

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Untersuchung des konzipierten Zuckeraustauschstoffes  
ENSO 16 auf seine sensorischen Merkmale, die Stabilität unter  
Hitzeeinwirkung und die Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel“

verfasst von / submitted by

Lena Marie Mußbacher, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2023 / Vienna, 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it  
appears on the student record sheet:

UA 066 659

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it  
appears on the student record sheet:

Masterstudium Lebensmittelchemie

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dipl. Ern. Wiss. Dr. Barbara Lieder, Privatdoz.



## Danksagung

Im Zuge des Verfassens dieser Masterarbeit durfte ich feststellen, dass es dafür die Unterstützung vieler Menschen braucht. Es braucht Menschen, die einen über den gesamten Weg von der Themenfindung und der Konzeptionierung bis hin zur Fertigstellung immer wieder mit Ratschlägen und inhaltlichen Diskussionen unterstützen oder auch einfach nur mit schmackhaftem Essen versorgen – und all diesen Menschen möchte ich hier danken. Zu allererst gilt mein Dank natürlich Univ.-Prof. Dipl. Ern. Wiss. Dr. Barbara Lieder, Privatdoz., welche meine Arbeit betreut hat und mich dabei unterstützt hat, die zahlreichen Hypothesen in eine kohärentes Gesamtbild zusammenzufügen. Auch möchte ich mich bei ihr für die immer schnelle und unkomplizierte Beantwortung meiner diversen Fragen bedanken. Bei Assoz. Prof. Mag. Dr. Marc Pignitter möchte ich mich dafür bedanken, dass er mir in der Zeit der analytischen Arbeit zur Seite stand und die Labortage mit seiner lustigen Art prägte. Ein großes Dankeschön geht auch an Marlies, Matthias, Markus und Arturo für die Unterstützung bei den Versuchen im Labor. Herrn Doktor Stefan Weisshaar danke ich stellvertretend für das gesamte Team der Medizinischen Universität Wien für die Vorbereitung und Durchführung der klinischen Studie. Darüber hinaus möchte ich mich an dieser Stelle auch bei den Teams der sensorischen Labors der BOKU Wien und der FH Wieselburg für ihre Arbeit bedanken. Des Weiteren möchte ich Manuel und Gabi von NEOH danken – zum einen, weil ich durch Manuel erst herausgefunden habe, dass es auch eine Welt ohne Zucker geben kann und so ENSO 16 entwickelt wurde; zum anderen bin ich auch dankbar dafür, dass ich während meiner Arbeitszeit Raum für das Schreiben und Forschen im Rahmen dieser Masterarbeit zur Verfügung gestellt bekommen habe. Ich möchte mich auch bei meiner Mama bedanken, die mich seit jeher immer unterstützt hat. Meiner Tante Helga danke ich, weil sie meine erste Anlaufstelle war, wenn ich emotionale Unterstützung brauchte – egal zu welcher Tageszeit. Vor allem möchte ich auch meinem Bruder Simon dafür danken, dass er immer ein offenes Ohr für mich hatte und ich jederzeit auf seine Hilfe zählen konnte. Daniel, dir möchte ich dafür danken, dass du in inhaltlichen Diskussionen durch dein medizinisches Fachwissen viele spezifische Fragen beantworten konntest. Mein größter Dank gilt Philipp. Danke, dass du immer genau zur richtigen Zeit entweder mit aufmunternden Worten, konstruktiver Kritik, delikatem Essen oder Unterstützung in komplizierten grammatikalischen Fragen an meiner Seite warst.

Für P.





|                                                                                            |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DANKSAGUNG .....</b>                                                                    | <b>II</b>   |
| <b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>                                                             | <b>V</b>    |
| <b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>                                                          | <b>X</b>    |
| <b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>                                                           | <b>XIII</b> |
| <b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>                                                         | <b>XVII</b> |
| <b>1 EINLEITUNG.....</b>                                                                   | <b>1</b>    |
| <b>2 WISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN UND KENNTNISSTAND .....</b>                              | <b>5</b>    |
| 2.1 SUCROSE, ZUCKERAUSTAUSCHSTOFFE, SÜßUNGSMITTEL UND PFLANZLICHE BALLASTSTOFFE .....      | 5           |
| <i>Sucrose.....</i>                                                                        | 5           |
| <i>Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe .....</i>                                           | 7           |
| <i>Steviolglycoside, Aspartam, Sucralose .....</i>                                         | 9           |
| <i>Xylit, Sorbit, Erythrit .....</i>                                                       | 11          |
| <i>Pflanzliche Ballaststoffe .....</i>                                                     | 14          |
| 2.2 METABOLISIERUNG VON ZUCKER, ZUCKERAUSTAUSCHSTOFFEN, UND PFLANZLICHEN BALLASTSTOFFEN .. | 15          |
| <i>Metabolisierung von Fruktose, Glukose und Saccharose.....</i>                           | 15          |
| <i>Metabolisierung von Steviolglycosiden, Aspartam und Sucralose.....</i>                  | 18          |
| <i>Metabolisierung von Xylit, Sorbit und Erythrit .....</i>                                | 19          |
| <i>Metabolisierung von pflanzlichen Ballaststoffen .....</i>                               | 20          |
| 2.3 REGULATION DES BLUTZUCKERSPIEGELS .....                                                | 21          |
| <i>Insulin und C-Peptid.....</i>                                                           | 23          |
| <i>Insulinresistenz .....</i>                                                              | 27          |
| 2.4 GRUNDLAGEN DER SENSORIK .....                                                          | 29          |
| <i>Der Sehsinn .....</i>                                                                   | 30          |
| <i>Der Geruchssinn.....</i>                                                                | 30          |
| <i>Der Geschmackssinn.....</i>                                                             | 32          |
| <i>Typ II Geschmackszellen – der Süßgeschmack .....</i>                                    | 34          |
| <i>Der Süßrezeptor TAS1R2/TAS1R3.....</i>                                                  | 34          |
| <b>3 ZIELSETZUNG UND HYPOTHESEN .....</b>                                                  | <b>38</b>   |

|          |                                                                |           |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4</b> | <b>MATERIAL UND METHODEN .....</b>                             | <b>41</b> |
| 4.1      | MATERIAL.....                                                  | 41        |
| 4.1.1    | Sensorische Untersuchungen .....                               | 41        |
|          | Verbrauchsmaterialien und Geräte.....                          | 41        |
|          | Zutatenlisten Backwaren.....                                   | 42        |
|          | Zusammensetzung der Lösungen und Einschmeckskala .....         | 44        |
| 4.1.2    | Analytische Untersuchungen.....                                | 46        |
|          | Verbrauchsmaterialien und Geräte .....                         | 46        |
|          | Chemikalien .....                                              | 48        |
|          | Zusammensetzungen der Lösungen .....                           | 48        |
| 4.1.3    | Klinische Studie.....                                          | 50        |
|          | Studienmedikamente.....                                        | 50        |
|          | Verbrauchsmaterialien und Geräte .....                         | 50        |
| 4.2      | METHODEN .....                                                 | 52        |
| 4.2.1    | Sensorische Untersuchungen .....                               | 52        |
|          | Dreiecktest - Vortest.....                                     | 52        |
|          | Testdurchführung Dreieckstest – Vortest.....                   | 52        |
|          | Akzeptanztest.....                                             | 54        |
|          | Testdurchführung Akzeptanztest .....                           | 54        |
|          | Zeitliches Geschmacksprofil .....                              | 56        |
|          | Testdurchführung – Zeitliches Geschmacksprofil.....            | 57        |
| 4.3      | ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN .....                               | 60        |
|          | Methodenentwicklung – Precursor Scan und Product Ion Scan..... | 60        |
|          | Hitzestabilitätstest mit ENSO 16 .....                         | 62        |
|          | Auswertung und Quantifizierung .....                           | 64        |
| 4.4      | KLINISCHE STUDIE.....                                          | 68        |
|          | Durchführung der klinischen Studie .....                       | 69        |
| 4.5      | STATISTIK.....                                                 | 73        |
|          | t-Test.....                                                    | 73        |
|          | Just about right - JAR.....                                    | 73        |
|          | Hedonische Skala.....                                          | 74        |
|          | Penalty Analyse – Just about Right Skala.....                  | 74        |
|          | Statistische Auswertung – Dreieckstest .....                   | 75        |

|                                                                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <i>Statistische Auswertung – Akzeptanztest .....</i>                                                              | <i>76</i>  |
| <i>Statistische Auswertung – Zeitliches Geschmacksprofil.....</i>                                                 | <i>76</i>  |
| <i>Statistische Auswertung – Klinische Studie .....</i>                                                           | <i>77</i>  |
| <b>5    ERGEBNISSE.....</b>                                                                                       | <b>79</b>  |
| 5.1    SENSORISCHE UNTERSUCHUNGEN .....                                                                           | 79         |
| 5.1.1    Vortest – Dreieckstest.....                                                                              | 79         |
| <i>Ergebnisse Dreieckstest.....</i>                                                                               | <i>79</i>  |
| 5.1.2    Akzeptanztest .....                                                                                      | 81         |
| <i>Struktur der Stichprobe .....</i>                                                                              | <i>81</i>  |
| <i>Mürbteigkekse.....</i>                                                                                         | <i>81</i>  |
| <i>Bewertung des Aussehens, Geruchs, Geschmacks und Textur der Mürbteigkekse .....</i>                            | <i>81</i>  |
| <i>Bewertung der Süß-Intensität, des Nachgeschmacks und Overall-Likings der Mürbteigkekse.....</i>                | <i>85</i>  |
| <i>Bewertung von Unterschied &amp; Präferenzen inklusive Begründungen der Mürbteigkekse .....</i>                 | <i>88</i>  |
| <i>Biskuitkuchen.....</i>                                                                                         | <i>90</i>  |
| <i>Bewertung des Aussehens, Geruchs, Geschmacks und Textur des Biskuitkuchens .....</i>                           | <i>90</i>  |
| <i>Bewertung der Süß-Intensität, des Nachgeschmacks und Overall-Likings des Biskuitkuchens .....</i>              | <i>94</i>  |
| <i>Bewertung von Unterschied &amp; Präferenzen inklusive Begründungen der Biskuitkuchen .....</i>                 | <i>96</i>  |
| <i>Sachertorte .....</i>                                                                                          | <i>98</i>  |
| <i>Bewertung des Aussehens, Geruchs, Geschmacks und Textur der Sachertorten.....</i>                              | <i>98</i>  |
| <i>Bewertung der Süß-Intensität, des Nachgeschmacks und des Overall-Likings der Sachertorten .....</i>            | <i>102</i> |
| <i>Bewertung von Unterschied &amp; Präferenzen inklusive Begründungen der Sachertorten .....</i>                  | <i>104</i> |
| <i>Zeitliches Geschmacksprofil .....</i>                                                                          | <i>106</i> |
| 5.2    ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN .....                                                                           | 110        |
| 5.3    KLINISCHE STUDIE.....                                                                                      | 112        |
| <i>Demografische- und Screening-Merkmale.....</i>                                                                 | <i>112</i> |
| <i>Ergebnisse Veränderung der Glukose-, Insulin- und C-Peptid-Levels im Vergleich von Glukose zu ENSO 16.....</i> | <i>113</i> |
| <i>Statistische Auswertung .....</i>                                                                              | <i>115</i> |
| <i>Ergebnisse der Befragung zur Verträglichkeit.....</i>                                                          | <i>116</i> |

|           |                                                                                                 |            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6</b>  | <b>DISKUSSION .....</b>                                                                         | <b>118</b> |
|           | SENSORISCHE UNTERSUCHUNGEN .....                                                                | 119        |
|           | <i>Dreieckstest</i> .....                                                                       | 119        |
|           | <i>Akzeptanztest</i> .....                                                                      | 120        |
|           | <i>Zeitliches Geschmacksprofil</i> .....                                                        | 124        |
|           | AUSWIRKUNG AUF DIE STABILITÄT BEI TEMPERATUREN BIS 200 °C.....                                  | 126        |
|           | UNTERSUCHUNG DER AUSWIRKUNG AUF DEN BLUTZUCKERSPIEGEL .....                                     | 128        |
| <b>7</b>  | <b>SCHLUSSBETRACHTUNG UND AUSBLICK .....</b>                                                    | <b>132</b> |
|           | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>                                                                    | <b>134</b> |
| <b>8</b>  | <b>SUMMARY.....</b>                                                                             | <b>135</b> |
| <b>9</b>  | <b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>                                                                | <b>136</b> |
| <b>10</b> | <b>ANHANG .....</b>                                                                             | <b>I</b>   |
|           | SPEZIFIKATION ROHSTOFFMISCHUNG ENSO 16 .....                                                    | I          |
|           | SPEZIFIKATIONEN ZU DEN EINZELNEN TEIGMISCHUNGEN MIT ZUCKER UND MIT ENSO 16.....                 | IV         |
|           | SENSORISCHE UNTERSUCHUNGEN .....                                                                | XIII       |
|           | <i>Fragebogen Dreieckstest</i> .....                                                            | xiii       |
|           | <i>Fragebogen Akzeptanztest</i> .....                                                           | xv         |
|           | <i>Fragebogen zeitliches Geschmacksprofil</i> .....                                             | xix        |
|           | <i>Berechnungen Dreieckstest</i> .....                                                          | xxi        |
|           | <i>Rohdaten Akzeptanztest</i> .....                                                             | xxii       |
|           | <i>Akzeptanztest – Penalty Analyse</i> .....                                                    | xxxiv      |
|           | <i>Akzeptanztest – Begründungen für wahrgenommene Unterschiede und Präferenzen</i><br>.....     | xxxvii     |
|           | <i>Zeitliches Geschmacksprofil</i> .....                                                        | lvi        |
|           | <i>Zeitliches Geschmacksprofil – Statistische Auswertung</i> .....                              | lix        |
|           | ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN .....                                                                | LXIII      |
|           | <i>Berechnungen von LOD und LOQ mitteld der Excel-Datenanalysenfunktion Regression</i><br>..... | lxiv       |
|           | KLINISCHE STUDIE.....                                                                           | LXX        |
|           | <i>Demografische Rohdaten</i> .....                                                             | lxx        |
|           | <i>Case Report Form – ENSO 16 Studie</i> .....                                                  | lxxiv      |

|                                                                                             |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <i>Normalisierte Daten zur Berechnung der AUC von Blutzucker, Insulin und C-Peptid ....</i> | <i>lxxx</i>  |
| <i>Statistische Auswertung – Aligned Rank Transform ANOVA und Bonferroni-Holm</i>           |              |
| <i>Korrektur.....</i>                                                                       | <i>lxxxi</i> |
| <i>SPSS Ergebnisse klinische Studie.....</i>                                                | <i>xcvi</i>  |
| <i>Rohdaten SPSS.....</i>                                                                   | <i>ci</i>    |
| <i>G-Power 3 Analyse.....</i>                                                               | <i>cix</i>   |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Chemische Struktur von Saccharose.....                                                                                    | 6  |
| Abbildung 2: Chemische Struktur von Glukose .....                                                                                      | 6  |
| Abbildung 3: Chemische Struktur von Fruktose.....                                                                                      | 7  |
| Abbildung 4: Chemische Struktur von Steviolglykosiden.....                                                                             | 10 |
| Abbildung 5: Chemische Struktur von Aspartam .....                                                                                     | 11 |
| Abbildung 6: Chemische Struktur von Sucralose .....                                                                                    | 11 |
| Abbildung 7: Chemische Struktur von Xylit.....                                                                                         | 12 |
| Abbildung 8: Chemische Struktur Sorbitol .....                                                                                         | 13 |
| Abbildung 9: Chemische Struktur von Erythrit.....                                                                                      | 13 |
| Abbildung 10: Unterschied und Vergleich der Stoffwechselwege von Fruktose und Glukose in der Leber .....                               | 17 |
| Abbildung 11: Vergleich der Metabolisierung, Absorption und Kalorienanzahl von Saccharose, Süßstoff und Zuckeralkoholen .....          | 20 |
| Abbildung 12: Wirkung von Glukagon und Insulin auf den Blutzuckerspiegel .....                                                         | 22 |
| Abbildung 13: Abbildung der Struktur von Insulin mit den zwei Ketten A und B und den drei ausgeprägten Disulfidbrücken .....           | 23 |
| Abbildung 14: Schematische Darstellung des Insulinrezeptors .....                                                                      | 25 |
| Abbildung 15: Darstellung der verschiedenen Wege der Wirkung von Insulin über die Andockung an den Insulinrezeptor IR .....            | 27 |
| Abbildung 16: Schematische Darstellung der Signaltransduktion des Geruchsinns .....                                                    | 32 |
| Abbildung 17: Schematische Darstellung des Süßrezeptors TAS1R2/TAS1R3.....                                                             | 35 |
| Abbildung 18: Schema der intrazellulären Signalweiterleitung nach der Konsumation von süßen Lebensmitteln. ....                        | 37 |
| Abbildung 19: Probendarreichung Dreieckstest an der FH Wiener Neustadt. ....                                                           | 53 |
| Abbildung 20: Darreichung der Mürbteigkekse, Sachertorte und des Biskuitkuchens auf dem Tablett mit den Probencodierungen. ....        | 55 |
| Abbildung 21: Platz eines Panelisten mit den Informationen zur Einschmeckskala und Onset, den Fragebögen und der Einschmeckskala ..... | 57 |
| Abbildung 22: Beispieldarstellung zur Erklärung des Begriffes Onset .....                                                              | 58 |
| Abbildung 23: Kalibriergerade mit Sucralose.....                                                                                       | 65 |
| Abbildung 24: Kalibriergerade mit Saccharose .....                                                                                     | 66 |
| Abbildung 25: Kalibriergerade mit Glukose .....                                                                                        | 66 |

|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 26: Kalibriergerade mit Fruktose .....                                                           | 67  |
| Abbildung 27: Darstellung des Studiendesigns der ENSO 16 Studie in Form eines Flowcharts.<br>.....         | 71  |
| Abbildung 28: Ergebnisse Dreieckstest Mürbteigkeks .....                                                   | 79  |
| Abbildung 29: Ergebnisse Dreieckstest Biskuitkuchen.....                                                   | 80  |
| Abbildung 30: Ergebnisse Dreieckstest – Sachertorte .....                                                  | 80  |
| Abbildung 31: Beliebtheitsurteile Aussehen des Akzeptanztests – Mürbteigkekse.....                         | 82  |
| Abbildung 32: Beliebtheitsurteile Geruch des Akzeptanztests – Mürbteigkekse.....                           | 83  |
| Abbildung 33: Beliebtheitsurteile Geschmack des Akzeptanztests – Mürbteigkekse.....                        | 84  |
| Abbildung 34: Beliebtheitsurteile Textur des Akzeptanztests – Mürbteigkekse.....                           | 85  |
| Abbildung 35: Beliebtheitsurteile Akzeptanztest – Wahrnehmung der Süße – Mürbteigkekse<br>.....            | 86  |
| Abbildung 36: Beliebtheitsurteile Nachgeschmack des Akzeptanztests – Mürbteigkekse. ....                   | 87  |
| Abbildung 37: Beliebtheitsurteile Gesamteindruck des Akzeptanztests – Mürbteigkekse.....                   | 88  |
| Abbildung 38: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Unterschiedsbewertung der<br>Mürbteigkekse.....  | 89  |
| Abbildung 39: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Präferenz der Mürbteigkekse ..                   | 89  |
| Abbildung 40: Akzeptanztest – Gesamtbewertung der Mürbteigkekse.....                                       | 90  |
| Abbildung 41: Beliebtheitsurteile Aussehen des Akzeptanztests – Biskuitkuchen .....                        | 91  |
| Abbildung 42: Beliebtheitsurteile Geruch des Akzeptanztests – Biskuitkuchen .....                          | 92  |
| Abbildung 43: Beliebtheitsurteile Geschmack des Akzeptanztests – Biskuitkuchen.....                        | 93  |
| Abbildung 44: Beliebtheitsurteile Textur des Akzeptanztests – Biskuitkuchen.....                           | 94  |
| Abbildung 45: Beliebtheitsurteile Akzeptanztest – Wahrnehmung der Süße – Biskuitkuchen<br>.....            | 95  |
| Abbildung 46: Beliebtheitsurteile Nachgeschmack des Akzeptanztests – Biskuitkuchen .....                   | 95  |
| Abbildung 47: Beliebtheitsurteile Gesamteindruck des Akzeptanztests – Biskuitkuchen.....                   | 96  |
| Abbildung 48: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Unterschiedsbewertung der<br>Biskuitkuchen ..... | 97  |
| Abbildung 49: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Präferenz der Biskuitkuches ....                 | 97  |
| Abbildung 50: Akzeptanztest – Gesamtbewertung der Biskuitkuchen.....                                       | 98  |
| Abbildung 51: Beliebtheitsurteile Aussehen des Akzeptanztests – Sachertorte .....                          | 99  |
| Abbildung 52: Beliebtheitsurteile Geruch des Akzeptanztests – Sachertorte .....                            | 100 |
| Abbildung 53: Beliebtheitsurteile Geschmack des Akzeptanztests – Sachertorte. ....                         | 101 |



|                                                                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Abbildung 54: Beliebtheitsurteile Textur des Akzeptanztests – Sachertorte. ....                                                                  | 102        |
| Abbildung 55: Beliebtheitsurteile Akzeptanztest – Wahrnehmung der Süße – Sachertorte                                                             | 103        |
| Abbildung 56: Beliebtheitsurteile Nachgeschmack des Akzeptanztests – Sachertorte.....                                                            | 103        |
| Abbildung 57: Beliebtheitsurteile Gesamteindruck des Akzeptanztests – Sachertorte .....                                                          | 104        |
| Abbildung 58: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Unterschiedsbewertung der Sachertorten.....                                            | 105        |
| Abbildung 59: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Präferenz der Sachertorten; n= 60 .....                                                | 105        |
| <i>Abbildung 60: Akzeptanztest – Gesamtbewertung der Sachertorten. ....</i>                                                                      | <i>106</i> |
| Abbildung 61: Sensorisches Profil von Zucker (rot, Kreis), Aspartam (blau, Dreieck) und ENSO 16 (gelb, Quadrat) im Vergleich .....               | 108        |
| Abbildung 62: Nachgeschmack von Zucker (rot, Kreis), Aspartam (blau, Dreieck) und ENSO 16 (gelb, Quadrat) im Vergleich .....                     | 109        |
| Abbildung 63: Gesamtergebnis der Veränderung des Blutzuckerspiegels.....                                                                         | 113        |
| Abbildung 64: Gesamtergebnis der Veränderung des Insulinspiegels .....                                                                           | 114        |
| Abbildung 65: Gesamtergebnis der Veränderung des C-Peptid Spiegels .....                                                                         | 114        |
| Abbildung 69: Randomisierungsliste für die Zuordnung der Studienmedikamente an die ProbandInnen an den zwei unterschiedlichen Studientagen. .... | lxxiii     |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Geräte [Sensorische Untersuchungen].....                                                                                                  | 41 |
| Tabelle 2: Verbrauchsmaterialien [Sensorische Untersuchungen].....                                                                                   | 41 |
| Tabelle 3: Programme [Sensorische Untersuchungen].....                                                                                               | 42 |
| Tabelle 4: Zutatenliste Sacherboden.....                                                                                                             | 42 |
| Tabelle 5: Zutatenliste Ganache.....                                                                                                                 | 43 |
| Tabelle 6: Zutatenliste fertige Sachertorte .....                                                                                                    | 43 |
| Tabelle 7: Zutatenliste Biskuitkuchen .....                                                                                                          | 43 |
| Tabelle 8: Zutatenliste Mürbteigkekse.....                                                                                                           | 44 |
| Tabelle 9: Schema Herstellung Einschmeckskala zur Durchführung des sensorischen Tests „Zeitliches Geschmacksprofi“.....                              | 44 |
| Tabelle 10: Zusammensetzung der Probelösungen Sucrose, Aspartam und ENSO 16.....                                                                     | 45 |
| Tabelle 11: Geräte [Analytische Untersuchungen] .....                                                                                                | 46 |
| Tabelle 12: Verbrauchsmaterialien [Analytische Untersuchungen] .....                                                                                 | 47 |
| Tabelle 13: Programme [Analytische Untersuchungen] .....                                                                                             | 48 |
| Tabelle 14: Chemikalien [Analytische Untersuchungen] .....                                                                                           | 48 |
| Tabelle 15: Eluenten.....                                                                                                                            | 48 |
| Tabelle 16: Konzentrationen der Sucralose, Saccharose, Glukose, Fruktose und ENSO 16 Ausgangslösungen für LC-MS Scan und LC-MS Product Ion Scan..... | 49 |
| Tabelle 17: Schema der Zusammensetzung der einzelnen Multikomponentenstandards für das Standardadditionsverfahren .....                              | 49 |
| Tabelle 18: ENSO 16 Lösungen Hitzeuntersuchung ohne Matrix .....                                                                                     | 49 |
| Tabelle 19: ENSO 16 Lösungen Hitzeuntersuchung mit Matrix .....                                                                                      | 49 |
| Tabelle 20: Studienmedikamente und Dosierung.....                                                                                                    | 50 |
| Tabelle 21: Verbrauchsmaterialien [klinische Studie].....                                                                                            | 50 |
| Tabelle 22: Geräte [klinische Studie].....                                                                                                           | 50 |
| Tabelle 23: Programme [klinische Studie] .....                                                                                                       | 51 |
| Tabelle 24: Probencodierung Dreieckstest .....                                                                                                       | 53 |
| Tabelle 25: Probencodierung Akzeptanztest .....                                                                                                      | 55 |
| Tabelle 26: Protokoll LC-MS Messung.....                                                                                                             | 61 |
| Tabelle 27: Analyse der MRM-Übergänge und spezifischen CE von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose mittels LC-MS .....                        | 62 |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabelle 28: Einwaage und Zusammensetzung der Versuchsansätze zur Hitzestabilitätsuntersuchung mit Matrix .....                                                                                                                                             | 63     |
| Tabelle 29: Einwaage und Zusammensetzung der optimierten Versuchsansätze zur Hitzestabilitätsuntersuchung mit Matrix .....                                                                                                                                 | 64     |
| Tabelle 30: Schema der Zusammensetzung der einzelnen Multikomponentenstandards zur Erstellung der Standardgeraden .....                                                                                                                                    | 65     |
| Tabelle 31: Werte von LOD und LOQ der einzelnen Substanzen Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose.....                                                                                                                                                | 67     |
| Tabelle 32: Zusammensetzung des Probenvolumens der Blutproben der klinischen Studie zur Untersuchung von ENSO 16 .....                                                                                                                                     | 70     |
| Tabelle 33: Fragebogen zur Erhebung der gastrointestinalen Symptome. ....                                                                                                                                                                                  | 72     |
| Tabelle 34: Ergebnisse Sensorisches Profil von Sucrose, Aspartam und ENSO 16 .....                                                                                                                                                                         | 107    |
| Tabelle 35: Ergebnisse Nachgeschmack von Sucrose, Aspartam und ENSO 16 .....                                                                                                                                                                               | 108    |
| Tabelle 36: Berechnete Konzentrationen angegeben als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung an Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose jeweils in g/L für die einzelnen Untersuchungen von ENSO 16 zur Überprüfung der Hitzestabilität im Überblick ..... | 110    |
| Tabelle 37: Übersicht der Demografischen- und Screening-Merkmale der ProbandInnen (n=15) der klinischen Studie dargestellt als Median (Interquartilsabstand). ....                                                                                         | 112    |
| Tabelle 38: Systolischer und Diastolischer Blutdruck .....                                                                                                                                                                                                 | 112    |
| Tabelle 39: Ergebnisse des Aligned Rank Transform ANOVA Tests .....                                                                                                                                                                                        | 115    |
| Tabelle 40: Auswertung des Fragebogens zur Anamnese der gastrointestinalen Symptome bei oraler ENSO 16-Einnahme .....                                                                                                                                      | 117    |
| Tabelle 41: Auswertung des Fragebogens zur Anamnese der gastrointestinalen Symptome bei oraler Glukose-Einnahme.....                                                                                                                                       | 117    |
| Tabelle 42: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von den Mürbteigkeksen mit ENSO 16. ....                                                                              | xxii   |
| Tabelle 43: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von den Mürbteigkeksen mit Zucker. ....                                                                               | xxiv   |
| Tabelle 44: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von dem Bisquitkuchen mit ENSO 16. ....                                                                               | xxvi   |
| Tabelle 45: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von dem Biskuitkuchen mit Zucker. ....                                                                                | xxviii |

|                                                                                                                                                                           |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Tabelle 46: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen vom der Sachertorte mit ENSO16. .... | xxx    |
| Tabelle 47: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von der Sachertorte mit Zucker. .... | xxxii  |
| Tabelle 48: Rohdaten Akzeptanztest.....                                                                                                                                   | xxxv   |
| Tabelle 49: Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Mürbteigkeksproben.. ....                             | xxxvii |
| Tabelle 50: Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Mürbteigkeksproben. n.....                              | xl     |
| Tabelle 51: Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Bisquitkuchen-Proben.. ....                           | xliii  |
| Tabelle 52: Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Bisquitkuchen-Proben. n.....                            | xliv   |
| Tabelle 53: Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Sachertorten.. ....                                   | xlix   |
| Tabelle 54: Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Sachertorten.....                                       | liii   |
| Tabelle 55: Bewertungen der sensorisch geschulten Panelisten von Zucker.....                                                                                              | lvi    |
| Tabelle 56: Bewertungen der sensorisch geschulten Paneliste von iAspartam .....                                                                                           | lvii   |
| Tabelle 57: Bewertungen der sensorisch geschulten Panelisten von ENSO 16.....                                                                                             | lviii  |
| Tabelle 58: Rohdaten für den Quade-Test und den Wilcoxon-Signed Rank Test.....                                                                                            | lxii   |
| Tabelle 59: Ergebnisse des Quade Tests .....                                                                                                                              | lxiii  |
| Tabelle 60: Ergebnisse des paarweisen Post-hoc Tests (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) nach Bonferroni Holm Adjustierung .....                                              | lxiii  |
| Tabelle 61: Mittelwerte der Areas der einzelnen Standards zur Erstellung der Standardgeraden .....                                                                        | lxiii  |
| Tabelle 62: Daten zur Berechnung der Konzentration von Sucralose. ....                                                                                                    | lxvi   |
| Tabelle 63: Daten zur Berechnung der Konzentration von Saccharose.....                                                                                                    | lxvii  |
| Tabelle 64: Daten zur Berechnung der Konzentration von Glukose.....                                                                                                       | lxviii |
| Tabelle 65: Daten zur Berechnung der Konzentration von Fruktose.....                                                                                                      | lxix   |
| Tabelle 66: Demografische Daten .....                                                                                                                                     | lxx    |
| Tabelle 67: Übersicht der Blutdruck und Nüchtern-Blutzuckerwerte Tag 2.....                                                                                               | lxxi   |
| Tabelle 68: Übersicht der Blutdruck und Nüchtern-Blutzuckerwerte Tag 1.....                                                                                               | lxxii  |

|                                                                                                                                                   |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabelle 69: Normalisierte Daten zur weiteren Berechnung der AUCs von Blutzucker, Insulin und C-Peptid.....                                        | lxxx |
| Tabelle 70: Normalisierte Daten zur weiteren Berechnung der AUCs von Blutzucker, Insulin und C-Peptid.....                                        | lxxx |
| Tabelle 71: Area under the curve (AUC; Zeitraum: 0-60 min und 0-180) der Blutzucker- Insulin- und C-Peptid-Werte. ....                            | cv   |
| Tabelle 72: Ergebnisse des Post-hoc Tests zwischen den untersuchten Blutzuckerparametern im Überblick .....                                       | cv   |
| Tabelle 73: Ergebnisse des Post-hoc Tests zur Identifizierung der signifikante Unterschiede im zeitlichen Verlauf auf den Blutzuckerspiegel ..... | cvi  |
| Tabelle 74: Ergebnisse des Post-hoc Tests zur Identifizierung der signifikante Unterschiede im zeitlichen Verlauf auf den Insulinspiegel. ....    | cvi  |
| Tabelle 75: Ergebnisse des Post-hoc Tests zur Identifizierung der signifikante Unterschiede im zeitlichen Verlauf auf das C-Peptid Level .....    | cvi  |

## Abkürzungsverzeichnis

|        |                                               |
|--------|-----------------------------------------------|
| ADI    | Acceptable Daily Intake                       |
| AGEs   | Glykosylierungsendprodukte)                   |
| AKH    | Allgemeines Krankenhaus Wien                  |
| AMP    | Adenosinmonophosphat                          |
| AMY    | Alpha Amylase                                 |
| ATP    | Adenosintriphosphat                           |
| BOKU   | Universität für Bodenkultur Wien              |
| cAMP   | Cyklisches Adenosinmonophosphat               |
| CRD    | Cysteinreichen Linkerregion                   |
| DAG    | Diacylglycerol                                |
| EFSA   | European Food Safety Authority                |
| eV     | Elektronenvolt                                |
| FAAs   | Freie Fettsäuren                              |
| FDA    | Food and Drug Administration                  |
| G6P    | Glukose-6-Phosphat                            |
| GDP    | Guanosin-diphosphat                           |
| GIP    | Gastrointestinales Insulinotopes Peptid       |
| GIPR   | GIP-Rezeptors                                 |
| GLP1   | Glucagon-like Peptide-1                       |
| GLP2   | Glucagon-like Peptide-2                       |
| GLUT 2 | Glukosetransporter 2                          |
| GLUT 4 | Glukosetransporter 4                          |
| GLUT 5 | Glukosetransporter 5                          |
| GPCR   | G-Protein gekoppelten Rezeptoren              |
| GRAS   | Generally Recognized As Safe                  |
| GRB2   | Wachstumsfaktor-Rezeptor-gebundenes Protein 2 |
| GS     | Glykogensynthase                              |
| GSK3   | Glykogen-Synthase-Kinase 3                    |
| GTP    | Guanosin-50-triphosphat                       |
| HIC    | Hepatische Insulin-Clearance                  |
| HPLC   | Hochleistungsflüssigkeitchromatographie       |

|                 |                                                       |
|-----------------|-------------------------------------------------------|
| HSL             | Hormonsensitive Lipase                                |
| IP <sub>3</sub> | 1,4,5-Inositoltriphosphat                             |
| IR              | Insulinrezeptor                                       |
| IRS             | Insulinrezeptorsubstrat                               |
| ITPR3           | Rezeptor von IP3                                      |
| JAR             | Just about Right                                      |
| KATP            | ATP-sensitiver Kaliumkanal                            |
| kcal            | Kilokalorien                                          |
| LC              | Flüssigkeitschromatographie                           |
| LC-MS           | Flüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie       |
| LOD             | Nachweisgrenze, Limit of Detection                    |
| LOQ             | Bestimmungsgrenze, Limit of Quantification            |
| m/z             | Masse-zu-Ladungs-Verhältnis                           |
| MS              | Massenspektrometrie                                   |
| NP-HPLC         | Normal Phasen Hochleistungsflüssigkeitchromatographie |
| PDE             | Phosphodiesterase                                     |
| PDK             | Phosphatidylinositolabhängige Kinasen                 |
| PEPCK           | Phosphoenolpyruvat-Carboxy-Kinase                     |
| PIP2            | Phosphatidylinositol-4,5-Bisphosphat                  |
| PIP3            | Phosphatidylinositol-3,4,5-Triphosphat                |
| PKB             | Proteinkinase B                                       |
| PLC             | Phospholipase C                                       |
| PLC 2           | Phospholipase C 2                                     |
| RP-HPLC         | Umkehrphasen Hochleistungsflüssigkeitchromatographie  |
| SGLT            | Natrium-Glukose-Cotransporter                         |
| SGLT1           | Natrium/Glukose-Cotransporter                         |
| SH2             | Src homology 2                                        |
| SOS             | Guanyl-Nukleotid-Austauschfaktor                      |
| STR             | Süßer Geschmacksrezeptor                              |
| TAS1R           | Typ-1-Geschmacksrezeptorfamilie                       |
| TAS2R           | Typ-2-Geschmacksrezeptorfamilie                       |
| TMD             | 7-Transmembrandomäne                                  |
| VFT             | Venusfliegenfallen-Domäne                             |

|       |                               |
|-------|-------------------------------|
| VLDL  | Very low density Lipoproteine |
| WHO   | Weltgesundheitsorganisation   |
| z. B. | Zum Beispiel                  |



# 1 Einleitung

Im Jahr 2020/2021 wurden laut Schätzungen von Statista weltweit 183 Millionen Kilogramm Zucker konsumiert (Statista, 2022a). Davon verzehrten die Österreicher pro Kopf durchschnittlich circa 30 Kilogramm (Statista, 2022b). Das entspricht 82 Gramm Zucker pro Tag. Dieser Zucker kann entweder in natürlicher Form als Bestandteil des Lebensmittels vorkommen oder im Zuge eines Verarbeitungsprozesses zugeführt worden sein. Dementsprechend ist es kaum verwunderlich, dass Zucker der Rohstoff der Wahl ist, wenn es darum geht, Lebensmittel zu süßen. Egal ob in Getränken, Joghurt, Gebäck, Süßwaren, Fertiggerichten, verschiedenen Wurstsorten – in vielerlei Produkten ist Zucker zu finden.

In diesem Zusammenhang ist des Weiteren zu beachten, dass sich die Zahl der übergewichtigen oder adipösen Menschen seit den 1970er Jahren weltweit verdoppelt hat. Die World Health Organization (WHO) spricht hier bereits von einer Epidemie des 21. Jahrhunderts (WHO, 2021). Ein hoher Zuckerkonsum kann dabei nicht nur zu Übergewicht oder Adipositas führen, sondern in Folge dieser Erkrankungen weiter zu Bluthochdruck, Herz- und Kreislauferkrankungen, Stoffwechselerkrankungen wie Glukose-Intoleranz oder Hyperglykämie und Diabetes Typ-2 führen. Letztere können auch durch die starken Auswirkungen von zuckerhaltigen Lebensmitteln auf den Blutzuckerspiegel induziert werden. Durch den übermäßigen Zuckerkonsum ergeben sich aber auch immer wieder neue Zivilisationskrankheiten, wie zum Beispiel die nichtalkoholische Fettleber. ForscherInnen sprechen hierbei bereits davon, dass 40 Prozent der westlichen Weltbevölkerung davon betroffen sind (Samji et al., 2019). Als Folgeerkrankung einer nichtalkoholischen Fettleber zählt neben Schlaganfall auch die Induktion von Krebs (Kim et al., 2017).

Laut den Richtlinien der WHO sollte die tägliche Aufnahme von freiem Zucker bei maximal 50 Gramm liegen, um das Risiko von Karies, Herz-Kreislauf-Krankheiten, Adipositas und Diabetes Typ-2 zu minimieren. Um noch mehr gesundheitliche Vorteile erzielen zu können, spricht die WHO sogar von einer Reduktion auf 25 Gramm freien Zucker pro Tag (WHO, 2020).

Die meisten Menschen unterschätzen ihren täglichen Konsum an Zucker. So gaben rund 40 Prozent der ÖsterreicherInnen im Zuge einer Befragung im Jahr 2019 an, dass sie täglich

zwischen 26 und 50 Gramm Zucker konsumieren. Tatsächlich ist der Zuckerkonsum, wie bereits oben erwähnt, mit 82 Gramm pro ÖsterreicherIn deutlich höher (Statista, 2022b). Die Reduktion des Zuckerkonsums ist für viele Menschen jedoch eine Herausforderung, nicht zuletzt da nur wenige Menschen bereit sind, auf den charakteristischen Geschmack von Zucker zu verzichten.

Zuckeraustauschstoffe, auch Zuckeralkohole genannt, können hier eine sinnvolle Alternative darstellen. Bei Zuckeralkoholen handelt es sich um Mono- und Disaccharide, bei denen eine Reduktion der Carbonylgruppe zur Alkoholgruppe stattgefunden hat (Marie & Pigott, 1991). Sie gehören zur Gruppe der Kohlenhydrate, da sie im Gegensatz zu Süßstoffen auch Kalorien enthalten (Paulus & Seidel, 2007). Zuckeralkohole haben weniger Kalorien als Sucrose und weisen ebenfalls einen süßen Geschmack auf. Verglichen mit der charakteristischen Süße von Sucrose gibt es hierbei eine sehr hohe Schwankungsbreite. Es gibt Zuckerersatzstoffe, welche nur 40 Prozent so süß sind und andere, die bis zu 3000-mal so süß sind wie Zucker (Müller und Hubert, 2007). Der süße Geschmack von Sucrose und alternativen Süßungsmitteln wird durch die Aktivierung des Süßrezeptors mit seinen zwei Untereinheiten TAS1R2 und TAS1R3 vermittelt. Aufgrund ihrer Wechselwirkung mit dem Stoffwechsel können sich manche Süßungsmittel ebenfalls auf den Blutzuckerspiegel auswirken (Sánchez-Tapia et al., 2019).

Xylit und Erythrit sind Vertreter von Zuckerersatzstoffen, aus Zuckeralkohole genannt, die heutzutage in jedem gut sortierten Supermarkt zu finden sind. Diese sind wie Zucker einsetzbar, sodass man z. B. Zucker in einem Kuchen in gleicher Menge durch Erythrit oder Xylit ersetzen kann. Ein Effekt, welcher bei Zuckeralkoholen immer wieder wahrgenommen wird, ist der kühle und teilweise metallische Geschmack im Mund. Dieser kommt durch die negative Lösungswärme zustande und ist insbesondere bei Erythrit und Xylit stark ausgeprägt (Krüger, 2007). Neben diesen beiden Zuckeralkoholen existieren weitere Süßungsmittel wie zum Beispiel Sucralose, Steviolglycoside oder Aspartam. Diese sind bis zu 600-mal so süß wie Zucker (Müller und Hubert, 2007). Neben einem charakteristischem Off-Flavour wie zum Beispiel Bitterkeit ist ein weiterer Nachteil dieser Stoffe, dass sie aufgrund der vielfach höheren Süße nur in sehr kleinen Mengen eingesetzt werden können. Somit können sie im täglichen Gebrauch das Volumen von Zucker in verschiedenen Rezepten nicht im Verhältnis 1:1 ersetzen und sind somit im Hausgebrauch in der Anwendung limitiert (Paulus und Seidel, 2007).

Bis heute gibt es demnach keine zufriedenstellende Alternative für Zucker für KonsumentInnen, welche 1:1 wie Zucker eingesetzt werden kann, weniger Kalorien hat, auch bei hohen Temperaturen stabil ist, dabei dem sensorischen Geschmacksprofil von Zucker sehr ähnlich ist und sich nicht auf den Blutzuckerspiegel auswirkt. Um die sensorischen und technologischen Nachteile auszugleichen, kommen häufig Mischungen von verschiedenen Zuckeraustauschstoffen zum Einsatz.

Zum heutigen Stand gibt es keine Studien, in denen eine Kombination von mehr als drei verschiedenen Zuckeraustauschstoffen auf ihre Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel untersucht wurde. In den meisten Fällen wurden lediglich einzelne Substanzen untersucht. Zum Beispiel wurde in einer Studie von Meyer-Gerspach et al. (2021) die Wirkung von Xylit auf den Blutzuckerspiegel untersucht. Es wurden 30 g Xylit in 200 mL Wasser gelöst und den StudienteilnehmerInnen oral verabreicht. Es zeigte sich, dass Xylit zu einem dosisabhängigen Anstieg von Glukose und Insulin im Blut führte. Erythritol hingegen hat keinen Einfluss auf den Blutzuckerspiegel, genauso wie Sucralose (Munro et al., 1998; Ahmad et al., 2020).

In der vorliegenden Arbeit soll nun eine neu entwickelte komplexe Mischung von Zuckeraustauschstoffen, genannt ENSO 16, hinsichtlich der sensorischen und metabolischen Eigenschaften charakterisiert werden. Im Detail setzt die vorliegende Arbeit drei Schwerpunkte zur Untersuchung der ENSO 16 Mischung. Ein Fokus dieser Arbeit liegt auf der sensorischen Bewertung von ENSO 16. Durch die Durchführung von sensorischen Tests mit KonsumentInnen und sensorisch geschulten Panelisten soll das zeitliche Geschmacksprofil, sowie die Akzeptanz und Präferenz der Rohstoffmischung geprüft werden. Ein zweiter Fokuspunkt zielt darüber hinaus auf die Frage nach der Stabilität von Zuckerersatzstoffen bei hohen Temperaturen ab. Diese soll durch die Entwicklung einer Flüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie Methode zur Untersuchung von wässrigen Lösungen mit ENSO 16 bei unterschiedlichen Temperaturen beantwortet werden. Der letzte Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung von ENSO 16 hinsichtlich der Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel. Eine randomisierte, doppelblinde, aktiv-kontrollierte Cross-over-Studie dient hierbei zur Bewertung der Wirkung des Zuckeraustauschstoffes ENSO 16 auf Parameter des Glukosestoffwechsels (Blutzucker, Insulin, C-Peptid) bei gesunden männlichen und weiblichen ProbandInnen. Als Interventionen wurden dafür zum einen ENSO 16 und zum anderen Glukose gewählt, um zu untersuchen, ob ENSO 16 sich signifikant geringer auf die genannten

Blutzuckerparameter der ProbandInnen nach oraler Einnahme der Studienmedikamente auswirkt. Zusammenfassend möchte diese Arbeit damit einen wichtigen Beitrag zum besseren Verständnis von Mischungen aus Zuckerersatzstoffen und deren Einsatzmöglichkeiten leisten.

## 2 Wissenschaftliche Grundlagen und Kenntnisstand

### 2.1 Sucrose, Zuckeraustauschstoffe, Süßungsmittel und pflanzliche Ballaststoffe

#### Sucrose

Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff sind die Elemente, aus denen Kohlenhydrate aufgebaut sind. Sie haben die allgemeine Summenformel  $(CH_2O)_n$  und werden in Aldosen und Ketosen unterteilt. Des Weiteren ist eine Einteilung in Monosaccharide, Disaccharide und Polysaccharide möglich. Durch die im Grundmolekül variierende Anzahl an Kohlenstoffatomen und durch die stereochemische Konfiguration der Wasserstoff- und Sauerstoffatome im Inneren des Moleküls entstehen viele verschiedenen Varianten von Kohlenhydraten. Für die Ernährung des Menschen sind die zwei Monosaccharide Glukose und Fruktose und das Disaccharid Saccharose (herkömmlicher Haushaltszucker) am wichtigsten. Die genannten Kohlenhydrate liefern der Körperzelle bei Konsumation pro Gramm 4 Kilokalorien (kcal). Bei Kohlenhydraten handelt es sich außerdem um Substanzen, welche natürlich auftreten und im Hinblick auf ihre Süßkraft unterschiedlich süß sind (Tappy & Lê, 2010).

Sucrose, so wie wir ihn heute kennen, spielte bis zum 18. Jahrhundert in der Ernährung der Menschen noch keine Rolle. Bis dorthin süßten unsere Vorfahren die Speisen mit Früchten oder Honig oder süßen Wurzeln. Ebenfalls lag der Fokus der Ernährung damals noch nicht hauptsächlich auf Kohlenhydraten, sondern eher auf Proteinen und ein wenig Fett. Heutzutage kann man Zucker aus Lebensmitteln kaum mehr wegdenken. Neben dem offensichtlichen Zucker in Backwaren, Süßwaren und dem bewussten Einsetzen von Zucker zum Süßen von z. B. Tee, wird Zucker häufig auch für KonsumentInnen nicht auf den ersten Blick erkennbar eingesetzt. Das ist vor allem in prozessierten Lebensmitteln und Fertiggerichten der Fall, wo Saccharose häufig aus technologischen Gründen eingesetzt wird. Neben den Vorteilen von Zucker, ein billiger Rohstoff und einfach in der Handhabung zu sein, bringt das Kohlenhydrat aber auch viele Nachteile vor allem auf die menschliche Gesundheit mit sich. Mittlerweile wurde durch diverse Studien bestätigt, dass eine zuckerreiche Ernährung Diabetes induzieren, Karies verursachen, zu Konzentrationsstörungen führen und die Bildung von Krebserkrankungen induzieren kann (Tappy & Lê, 2010).

Bei **Saccharose** handelt es sich um ein Disaccharid, welches aus je einem Molekül der beiden Monosaccharide Glukose und Fruktose besteht.  $\alpha$ -D-Glukose und  $\beta$ -D-Fruktose sind  $\alpha$ ,  $\beta$ -1,2-glykosidisch miteinander verbunden. Das Kohlenhydrat wird umgangssprachlich auch als Zucker, Kristallzucker und Haushaltszucker bezeichnet und wird weltweit am häufigsten zum Süßen von Lebensmitteln eingesetzt (Rippe & Angelopoulos, 2013). Das Zuckerrohr, die Zuckerpalme oder die Zuckerrübe dienen als Ausgangsstoffe für Saccharose. Saccharose kommt natürlich in fast allen Obst- und Gemüsesorten vor. Ihr glykämischer Index beträgt 70.

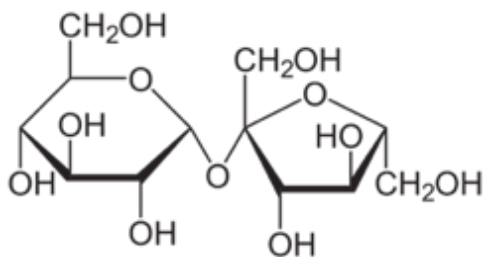


Abbildung 1: Chemische Struktur von Saccharose [Eigene Darstellung]

**Glukose** ist ein Monosaccharid mit der Summenformel  $C_6H_{12}O_6$ , welches wie Fruktose in einer L- oder D-Form vorliegen kann. Umgangssprachlich wird Glukose als Traubenzucker oder Dextrose bezeichnet. In fester Form liegt sie als Monohydrat mit geschlossenem Pyranring vor. Als  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Pyranose liegt sie vor, wenn sich die Glukose in wässriger Lösung befindet. Aus diesem Zustand kann sie ebenfalls wieder in eine kristalline Form kristallisiert werden, entweder in  $\alpha$ -Glucopyranose, in  $\beta$ -Glucopyranose oder in  $\beta$ -Glucopyranose-Hydrat (Schenck, 2006). Ein hoher Anteil an Glukose befindet sich in getrockneten Feigen sowie in Äpfeln und Birnen. Industriell wird Glukose durch enzymatische Hydrolyse hergestellt. Als Ausgangsstoff dient Glukose-Amylase, welche zum Beispiel durch Kartoffeln oder Mais gewonnen wird. Der entstehende Glukosesirup wird für die kristalline Form sprühgetrocknet. Der glykämische Index von Glukose beträgt 100 (Fellows, 2016).

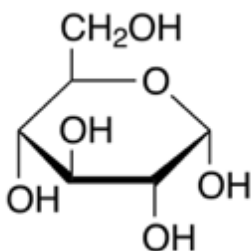


Abbildung 2: Chemische Struktur von Glukose [Eigene Darstellung]

**Fruktose** hat die gleiche chemische Formel wie Glukose, nämlich  $C_6H_{12}O_6$ . Der Unterschied liegt darin, dass Fruktose an der Position 2 eine Keto-Gruppe besitzt, während Glukose hier eine Aldehydgruppe aufweist. In kristalliner Form besitzt Fruktose die doppelte Süßkraft von Saccharose, wohingegen die Süßkraft in gelöster Form abnimmt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einzelne Monomere im Wasser ihre Konfiguration ändern (Biesalski et al., 2010). Natürlich kommt Fruktose vor allem in Früchten vor. Besonders in sehr reifen Äpfeln oder Trauben sowie in Trockenfrüchten ist der Gehalt sehr hoch, da die enthaltene Saccharose durch verschiedene Enzyme im Zuge des Reifungsprozesses in Glukose und Fruktose gespalten wird. Der Fruktosegehalt in Honig kann bis zu 40 % betragen, wohingegen das Zuckerrohr und die Zuckerrübe pro 20 % Saccharose nur 10 % Fruktose liefern. Aufgrund der Verstoffwechselung, weist es einen glykämischen Index von 22 auf (Tappy & Lê, 2010). Der genaue Ablauf des Stoffwechselweges wird im Kapitel 2.2 im Vergleich zu Glukose und Saccharose beschrieben.

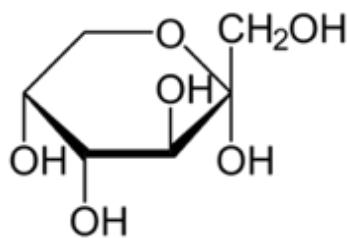


Abbildung 3: Chemische Struktur von Fruktose [Eigene Darstellung]

### Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe

Um Lebensmittel zu süßen werden neben Saccharose, Glukose (Traubenzucker) und Fruktose (Fruchtzucker) auch Zuckeraustauschstoffe (Zuckeralkohole) und Süßstoffe verwendet. Süßstoffe haben dabei den Vorteil, dass sie praktisch keine Kalorien mit sich bringen. Hierzu gehören unter anderem Steviolglycoside, Aspartam, und Sucralose. Zuckeralkohole wie Xylit, Sorbit und Erythrit sind ebenfalls Varianten, mit welchen man Kalorien einsparen kann. Es handelt sich dabei um natürlich vorkommende Bestandteile von Früchten (Birnen, Pflaumen) und Gemüsesorten (Mais, Zichorie) (Embuscado, 2006).

Bei Zuckeralkoholen handelt es sich um Mono- und Disaccharide, bei denen eine Reduktion der Carbonylgruppe zur Alkoholgruppe stattgefunden hat. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Struktur können Zuckeralkohole in hydrierte Monosaccharide (Sorbit, Mannit und Xylit) und

hydrierte Disaccharide (Isomalt und Maltit) eingeteilt werden (Marie & Pigott, 1991). Sie gehören zur Gruppe der Kohlenhydrate, da sie im Gegensatz zu Süßstoffen auch Kalorien aufweisen (Paulus & Seidel, 2007). Zuckeralkohole weisen eine hohe Stabilität gegenüber enzymatischen und chemischen Angriffen auf, weshalb beim Backen von Kuchen mit Zuckeralkoholen anstelle von Zucker manchmal die Bräunung ausbleibt, welche durch die Maillard-Reaktion zustande kommt (Embuscado, 2006). Zuckeralkohole im Allgemeinen weisen eine hohe Hygroskopie auf (Deis & Kearsley, 2012).

Ein Effekt, welcher bei Zuckeralkoholen immer wieder beobachtet wird, ist der kühle und teilweise metallische Geschmack im Mund. Dieser kommt durch die negative Lösungswärme zustande und ist besonders bei Erythrit und Xylit stark ausgeprägt (Krüger, 2007).

Bei der Süßkraft liegen die Süßstoffe klar vorne. Sie können bis zu 3000-mal süßer sein als herkömmlicher Haushaltszucker. Im Vergleich sind Zuckeralkohole meist weniger süß als Zucker. Jedoch wird Xylit eine ähnliche Süße wie Zucker zugeschrieben (Paulus & Seidel, 2007). Aus den oben genannten Gründen ist es nicht möglich, die Alternativen exakt wie Haushaltszucker einzusetzen, ohne Einbußen im Geschmack, in der Textur oder in der Handhabung des Lebensmittels festzustellen. Ein weiterer positiver Aspekt von Süßungsmitteln und Zuckeralkoholen ist dagegen, dass sie sich im Vergleich zu Saccharose und Glukose deutlich weniger bis gar nicht auf den Blutzuckerspiegel auswirken (Müller & Hubert, 2007).

Sowohl Süßungsmitteln als auch Zuckeralkoholen wurde eine E-Nummer zugeordnet. Jedoch ist es gemäß europäischem Lebensmittelgesetz nicht verpflichtend, diese E-Nummern auch in der Zutatenliste anzugeben (Amtsblatt der Europäischen Union, 2008). Die amerikanische Behörde FDA (Food and Drug Administration) und ihr europäisches Pendant EFSA (European Food Safety Authority) haben Süßungsmittel und Zuckeralkohole mit GRAS (Generally Recognized As Safe) Status versehen, sie als nicht toxisch eingestuft und einigen Vertretern einen ADI-Wert (Acceptable Daily Intake) zugeteilt. Zuckeralkohole und Süßstoffe sind in der Verordnung EG 1333/2008 reguliert (Amtsblatt der Europäischen Union, 2008). Im Folgenden werden die häufigsten Süßungsmittel und Zuckeralkohole genannt und ihre Eigenschaften beschrieben.



Bei **Steviolglycosiden**, oder auch einfach nur Stevia, handelt es sich um Süßstoffe welche aus der Pflanze *Stevia rebaudiana* gewonnen werden. Die Pflanze wurde im Nordosten von Paraguay entdeckt. Der süße Geschmack der Blätter ist auf die Glykoside Steviosid und Rebaudiosid A zurückzuführen (Lemus-Mondaca et al., 2012).

Bereits 1908 wurden die Blätter der Stevia-Pflanze chemisch untersucht. Rasenack behandelte sie mit heißem Alkohol und konnte so ein kristallines Glucosid isolieren (Rasenack, 1908, zit. nach Wood et al., 1955). Eupatorin, ein kristalliner und ebenfalls in Alkohol löslicher Stoff, sowie Rebaudin, ein amorpher und in Alkohol unlöslicher Stoff, wurden ein Jahr später von Dietrich entdeckt (Dietrich, 1909, zit. nach Wood et al., 1955).

Bridel und Lavielle schafften den Durchbruch im Jahr 1931, indem sie das Diterpenglycosid Steviosid fanden, welches 300-mal süßer als herkömmlicher Kristallzucker ist. Die zwei Forscher fanden ebenfalls ein Aglykon in der Stevia-Pflanze, welches sie Steviosid nannten (Bridel & Lavielle, 1931, zit. nach Wood et al., 1955). Rebaudiosid – eine Verbindung, die 450-mal süßer ist als Zucker – konnte 1970 isoliert werden (Kohda et al., 1976).

In japanischen Supermärkten wurden 1975 erstmals Produkte verkauft, welche mit Stevia gesüßt waren (Kienle, 2010). In Europa, Kanada und Amerika gestaltete sich der Verkauf schwieriger. Stevia wurde von der FDA anfangs nur in diätischen Supplementen erlaubt, nicht aber in Nahrungsmitteln und war demzufolge auch nur in Gesundheitsgeschäften erhältlich (Carakostas et al., 2008). Die finale Zulassung des Süßstoffes fand 2008 in Kanada und den USA statt. 2010 bekam Stevia auch in Europa von der EFSA eine positive Bewertung und wurde für den Einsatz in Lebensmitteln zugelassen (EFSA, 2010).

Der ADI für Steviolglycoside wurde mit 4 mg/kg Körpergewicht/Tag festgelegt. Stevia hat null Kilokalorien pro Gramm und ist auch für Diabetiker geeignet. Der Süßstoff trägt die E-Nummer E 960 (FAO, 2004).

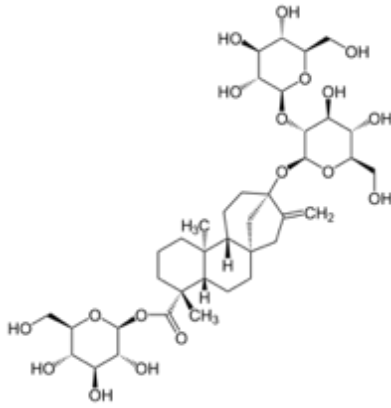


Abbildung 4: Chemische Struktur von Steviolglykosiden [Eigene Darstellung]

Die beiden Aminosäuren L-Asparaginsäure und L-Phenylalanin sind die Bestandteile von **Aspartam**, welche es zu einem Dipeptid machen. Die Herstellung von Aspartam geschieht chemisch durch die Dehydratation von Asparaginsäure. So entsteht ein Säureanhydrid, welcher mit Phenylalanin umgesetzt wird. Der Süßstoff wurde 1965 durch Zufall entdeckt und ist 180-mal süßer als Zucker.

Der Rohstoff ist unter trockenen Bedingungen sehr stabil (Ager et al., 1998). Zyklisierung zum Diketopiperazin Cycloaspartylphenylalanin und kleinen Mengen von  $\beta$ -Aspartam können durch zu hohe Temperaturen und einen hohen pH-Wert sowie durch zu lange Lagerung entstehen. Cycloaspartylphenylalanin kann in seiner Form als Ester dazu beitragen, präventiv gegen die Entstehung von Osteoarthritis zu wirken (Manion et al., 2011).

Bei Diketopiperazinen konnten sowohl bei In-vitro-Studien als auch bei Tierstudien mit Schädel-Hirn-Traumata signifikante neuroprotektive Eigenschaften festgestellt werden (Loane et al., 2015). Kakao und Käse sind Lebensmittel, in denen Diketopiperazine natürlich vorkommen. Durch die hohe Süßkraft benötigt man sehr wenig Aspartam, um ein Lebensmittel zu süßen.

Aspartam hat genauso wie Sucrose 4 Kcal pro Gramm. Da Aspartam circa 200-mal so süß ist wie Zucker, wird zum Süßen von Lebensmitteln und Getränken nur eine sehr geringe Menge des Stoffes zugesetzt. Die genannten 4 Kcal sind dadurch nahezu bedeutungslos. (Anton et al., 2010 und Higgins und Mattes, 2019). Die EFSA hat Aspartam einen ADI von 40 mg/kg Körpergewicht pro Tag zugeteilt; der Stoff ist seit 2006 zugelassen und trägt die E-Nummer E 951 (EFSA, o.d. (a)).

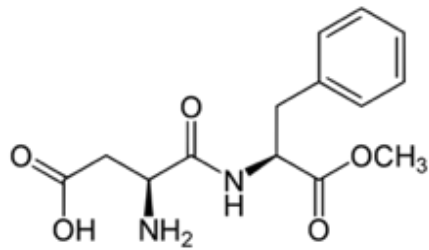


Abbildung 5: Chemische Struktur von Aspartam [Eigene Darstellung]

Durch ein Forschungsprogramm von Tate & Lyle in 1976 wurde **Sucralose** (1, 6 -Dichlor-1,6-Dideoxy- $\beta$ -D-Fructofuranosyl-4-Chlor-4-desoxy- $\alpha$ -D-galactopyranosid) entwickelt (Sims et al., 2000; Rymon Lipinski, 2005). Sucralose wird hergestellt, indem drei Hydroxylgruppen von Sucrose gegen Chloratome ausgetauscht werden (Frank et al., 2008). Der Stoff kann durch seine hohe Temperaturstabilität beim Kochen, Backen und Pasteurisieren eingesetzt werden. Die Basis von Sucralose ist ein Disaccharid, welches Substitutionen für 3 Hydroxylgruppen aufweist. Die gute Löslichkeit im Wasser kommt durch die Polyhydroxylierung zustande (Sims et al., 2000). Der Süßstoff ist circa 450 mal so süß wie Zucker und seit 1999 von der FDA zum Einsatz in Lebensmitteln zugelassen (FDA 1999). Der Zusatzstoff E 955 ist von der EFSA 2004 für den europäischen Markt zugelassen worden (Roth und Lück, 2012).

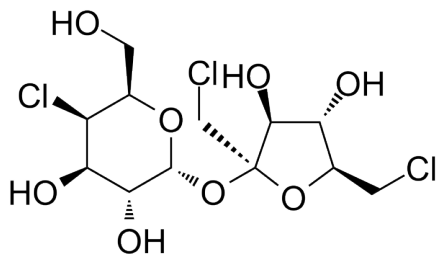


Abbildung 6: Chemische Struktur von Sucralose [Eigene Darstellung]

### Xylit, Sorbit, Erythrit

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts haben Fischer und Stahel erstmalig **Xylit** aus Buchenholzspänen gewonnen (Fischer & Stahel, 1891). Beinahe zeitgleich extrahierte Bertrand einen Xylitsirup aus Hafer und Weizen (Bertrand, 1891). Bei dem Namen Xylit beziehungsweise Xylitol handelt es sich um einen Trivialnamen für Pentanpentol. Das Molekül liegt in einer achiralen meso-Form vor und ist pseudoasymmetrisch. Es handelt sich um einen hygroskopischen Rohstoff, welcher heute durch ein biotechnologisches Verfahren mit dem

Einsatz von Hefen gewonnen wird. Xylit hat ungefähr dieselbe Süßkraft wie Haushaltszucker, dabei aber um 40 % weniger Kilokalorien (2,4 Kcal/g). Aufgrund seiner Eigenschaft, der Umgebung Wärme zu entziehen, erzeugt es einen kühlen und metallischen Effekt im Mund (Paulus & Seidel, 2007; Krüger, 2007). Je nach Quelle hat Xylit einen glykämischen Index von 7 – 13 und somit einen geringen Einfluss auf den Blutzuckerspiegel. Aus diesem Grund wird Xylit auch bei Diabetes-Patienten eingesetzt. Der Stoff mit der E-Nummer E 967 ist von der EFSA als Lebensmittelzusatzstoff zugelassen. Vor allem wegen seiner kühlenden und antikariogenen Eigenschaften wird Xylit gerne in Kaugummis eingesetzt (Milgrom et al., 2009; Mäkinen, 2010).

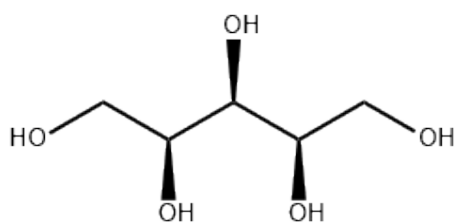


Abbildung 7: Chemische Struktur von Xylit [Eigene Darstellung]

In Gemüse, Tabak und Früchten kommt der Zuckeralkohol **Sorbitol** mit seinen sechs Kohlenstoffatomen in der Natur vor (Fang et al., 2020). In seiner festen Form tritt Sorbit in vier unterschiedlichen Kristallformen auf ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , und  $\delta$ ). Zudem existiert noch eine Glasübergangsform ( $\epsilon$ ). Alle dieser Formen haben unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften (Nezzal et al., 2009). Die  $\gamma$ -Form von Sorbitol wird aufgrund der guten Stabilität, geringen Hygroskopie und hohen Schmelztemperatur bevorzugt in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Bei Änderungen der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebung nimmt Sorbitol langsam Feuchtigkeit auf, was es zu einem ausgezeichneten Feuchthaltemittel in Backwaren macht. Wie auch andere Zuckeralkohole ist Sorbit relativ stabil und nimmt nicht an der Maillard-Reaktion teil. Der glykämische Index (GI) von Sorbit liegt bei 10, womit auch DiabetikerInnen diesen Stoff konsumieren können. Sorbit verursacht einen kühlen und circa 60 % so süßen Geschmack wie Saccharose und hat 2,6 kcal/g. Genau wie Xylit wird auch Sorbit eine antikariogene Wirkung zugesprochen (Godswill, 2017). Es sollten nicht mehr als 40 g Sorbit pro Tag konsumiert werden. Als Einzeldosis wird empfohlen maximal 10 g zu konsumieren (Yao et al., 2014). Der Zuckeralkohol ist ebenfalls von der FDA und EFSA zugelassen und im europäischen Raum durch die EG 1333/2008 reguliert (Amtsblatt der Europäischen Union, 2008).

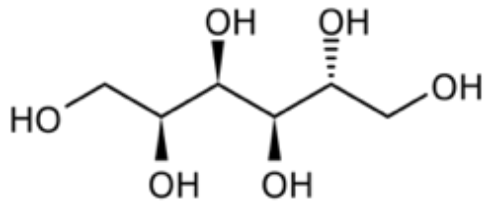


Abbildung 8: Chemische Struktur Sorbitol [Eigene Darstellung]

Erythrit oder auch Erythritol (meso-1,2,3,4-Tetrahydroxybutan) ist eine Kohlenstoffverbindung, welche stabil gegenüber von Hitze, Säuren und Basen ist (Moon et al., 2010). Der Stoff ist optisch inaktiv, obwohl er eine Symmetrieachse zwischen dem 2. und 3. C-Atom besitzt und deswegen 2 Chiralitätszentren hat (Bippes, 2007). Erythritol ist ein Polyol ohne reduzierende Endgruppen und bildet in seiner wasserfreien Form Kristalle. Bei 122 Grad Celsius beginnen diese Kristalle zu schmelzen (Moon et al., 2010). Erythrit wird durch Fermentation hergestellt. Hervorzuheben ist, dass aufgrund der außergewöhnlich guten Kristallisationseigenschaften ein sehr hoher Reinheitsgrad (99 %) erreicht wird (Roepers & Goossens, 1993). Interessant ist zudem, dass Erythrit in Lösungen den Siedepunkt nach oben und den Gefrierpunkt nach unten verschieben kann (Seo et al., 2001). Erythritol weist bei oraler Aufnahme einen stark kühlenden Effekt im Mund auf. Dieser kommt zustande, da Erythrit durch seine stark positive Lösungsenthalpie der Umgebung Wärme entzieht (Seo et al., 2001; Troostembergh & Goossens, 2004).

Ein Gramm Erythrit hat circa 0 bis 0,4 Kilokalorien, weswegen der Stoff als besonders kalorienarm zählt. Der glykämische Index von Erythrit beträgt 0 (Roepers & Goossens, 1993). Im Jahr 2003 hat der SCE (Wissenschaftliche Ausschuss für Lebensmittel) Erythrit (E 968) als unbedenklich eingestuft. 2004 wurde der Stoff von der EFSA in der europäischen Union für den Einsatz in Lebensmitteln zugelassen. Erst 2014 wurde der Stoff dann auch für den Einsatz in Getränken diskutiert und schließlich in der EU-Verordnung vom 12. Oktober 2015 für die Verwendung in Getränken zugelassen (Amtsblatt der Europäischen Union, 2015). Der Zuckeralkohol hat eine Süßkraft von circa 60-80 % von Saccharose und weist keinen bitteren Nachgeschmack auf (Seo et al., 2001; Troostembergh & Goossens, 2004). Neuen sensorischen Bewertungen zufolge wird Erythrit als adstringierend empfunden – sowohl im Geschmack, als auch im Nachgeschmack (Karl et al., 2020).

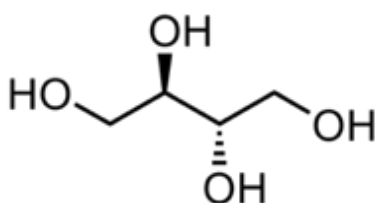


Abbildung 9: Chemische Struktur von Erythrit [Eigene Darstellung]

Pflanzliche Ballaststoffe, auch Naturfasern genannt, werden definiert als Zellwandbestandteile von pflanzlichen Lebensmitteln, welche vom menschlichen Verdauungssystem durch körpereigene Enzyme nicht vollständig oder gar nicht abgebaut werden können (Elmadfa & Leitzmann, 2004). Natürlich kommen Ballaststoffe neben sämtlichen Pflanzen auch als Form von Chitin in Insekten und Lignin vor. Lignin führt zu einer Verholzung von pflanzlichen Zellen. Ballaststoffe können lebensmitteltechnologisch auch noch aus anderen Quellen extrahiert und synthetisch hergestellt werden. Die Rohstoffe werden gewaschen und danach in heißem Wasser extrahiert. Anschließend finden Reinigungsschritte statt und teilweise eine enzymatische Hydrolyse, bevor die Mischung sprühgetrocknet und zu einem grob- bis feinpulvrigen Rohstoff verarbeitet wird (Deutsche Gesellschaft für Ernährung, o.D.).

Da Ballaststoffe sehr wenig bis gar nicht verdaut werden können, haben sie auch keine Kilokalorien und werden somit in Mahlzeiten oder prozessierten Lebensmitteln oft benutzt, um das Volumen zu erhöhen (Elmadfa, 2009). Ballaststoffe entstehen aus vielen unterschiedlichen Monomeren. Die Zusammensetzung dieser Monomere entscheidet über die Löslichkeit in Wasser und die Viskosität (McRorie & McKeown, 2017). Somit unterscheidet man zwischen wasserlöslichen und wasserunlöslichen Ballaststoffen.

Weitere Unterscheidungsmerkmale liegen noch in der Fähigkeit, Wasser zu binden, in der elektrischen Ladung und in der Fermentierbarkeit. Aufgrund ihrer präbiotischen Wirkung haben Ballaststoffe vor allem positive Effekte auf den Darm, die Darmflora und das Mikrobiom (Elmadfa et al., 2012). Ballaststoffreiche Mahlzeiten führen dazu, dass die Darmentleerung positiv beeinflusst wird und die Konsistenz des Stuhls weicher wird (Reimer et al., 2020). Außerdem halten ballaststoffreiche Mahlzeiten länger satt; durch die Fermentation von Ballaststoffen zu kurzkettigen Fettsäuren kann Energie gewonnen werden (Liu et al., 2022). Eine ballaststoffreiche Ernährung hat viele Vorteile, unter anderem kann das Risiko von kardiovaskulären Erkrankungen, Schlaganfall, Diabetes Typ 2 und Krebs gesenkt werden (Dauchet et al., 2005; Dauchet et al., 2006; Xue et al., 2021). Positive Auswirkungen haben Ballaststoffe auch auf die LDL-Konzentration des Cholesterins, ebenso wird ihnen eine

präventive Wirkung gegen Hypertonie und das Gesamtmortalitätsrisiko zugesprochen (Ruottinen et al., 2010; Xue et al., 2021; Liu et al. 2021; Zhang et al., 2022).

Eine neue Studie, welche 2019 im Lancet veröffentlicht wurde, kam zu der Erkenntnis, dass man mithilfe von Ballaststoffen den glykämischen Index in Lebensmitteln herabsetzen kann. Somit wirken sie sich positiv auf den Blutzuckerspiegel aus und Blutzuckerspitzen können sogar abgefangen werden (Reynolds et. al, 2019). Zhang et al. (2022) konnten feststellen, dass die Behandlung mit Ballaststoffen die Hyperglykämie bei Patientinnen mit Schwangerschaftsdiabetes lindern. Es konnten die perinatalen Ergebnisse verbessert werden. Das Auftreten einer gestörten Glukosetoleranz konnte durch eine ballaststoffreiche Ernährung nach der Geburt verringert werden.

Die WHO empfiehlt eine tägliche Aufnahme von 25 bis 30 g Ballaststoffen pro Tag. Es wird empfohlen, dass man ausreichend Flüssigkeit zu sich nimmt, wenn man eine ballaststoffreiche Ernährung forciert, da es sich hierbei um Quellstoffe handelt und sich die positiven Wirkungen laut Empfehlung nur durch ausreichende Flüssigkeitszufuhr einstellen können (McRorie & McKeown, 2017).

## 2.2 Metabolisierung von Zucker, Zuckeraustauschstoffen, und pflanzlichen Ballaststoffen

### Metabolisierung von Fruktose, Glukose und Saccharose

Saccharose wird durch bürstensaumständige Glukosidasen des Dünndarmepithels hydrolysiert und in ihre Bestandteile Glukose und Fruktose gespalten. Der Transporter GLUT5 (Glukosetransporter 5) ist dafür zuständig, dass die Produkte passiv in die Darmzellen aufgenommen werden. Die Absorption von Fruktose ist quantitativ limitiert. So kann es zu einer Überlastung des Transportsystems kommen und dies führt zu einer Malabsorption (Biesalski et al., 2010). Sowohl Fruktose als auch Glukose werden in den Enterozyten zu Laktat umgewandelt und dann ins Blut abgegeben, jedoch wird verhältnismäßig mehr Laktat bei der Verstoffwechselung von Fruktose produziert (12 % zu 2 %) (Björkman et al., 1984).

Der nicht umgewandelte Teil wird als Fruktose von GLUT2 (Glukosetransporter 2) von der basolateralen Seite der Darmzellen ins Blut transportiert. Die in das Blut abgegebene Fruktose wird durch die Pfortader in die Leber transportiert und dort durch GLUT2 aufgenommen. In der Leber wird die Fruktose in Fruktose-1-Phosphat umgewandelt. Dieser Vorgang ist ATP-abhängig und wird durch das Enzym Fruktokinase katalysiert (Tappy & Lê, 2010). Im nächsten Schritt wird die Fruktose durch das Leberenzym Aldolase B in Glycerinaldehyd und Dihydroxyacetonphosphat abgebaut. Aldolase B ist auch ein Enzym, welches im Glukose-Abbau mitwirkt und Fruktose-1,6-Bisphosphat in Glycerinaldehyd-3-Phosphat und Dihydroxyacetonphosphat spaltet (Mayes, 1993).

So können die entstandenen Metabolite vom Abbau der Fruktose hier auch als C3-Körper in die Glykolyse übergehen (Biesalski et al., 2010). Die Phosphorylierung des Glycerinaldehyds wird durch das Enzym Triosekinase durchgeführt; als Katalysator dient in diesem Schritt ATP. Das Produkt ist Glycerinaldehyd-3-Phosphat. Dieses kann auch in der Glykolyse gebildet werden (Mayes, 1993). Somit stellt dieser Schritt eine Überlappung mit Stoffwechselweg von Glukose dar. (Tappy & Lê, 2010).

Die Glukose wird im ersten Schritt der Glykolyse durch das Enzym Hexokinase IV (Glukokinase) zu Glukose-6-Phosphat (G-6-P) phosphoryliert. G-6-P wird weiter zu Fruktose-6-Phosphat (durch das Enzym Phosphofruktokinase) und anschließend zu Fruktose-1,6-Di-Phosphat abgebaut, welches durch Glycerinaldehyd-3-Phosphat in Pyruvat überführt wird. Durch die Umwandlung in Pyruvat kann eine Einschleusung in den Citratzyklus stattfinden. Das Hormon Insulin steuert den gesamten Abbauweg der Glukose. So wird die Expression und Aktivität der glykolytischen Enzyme reguliert und durch Rückkopplungsmechanismen dem Energiestatus der Zellen angepasst (Tappy & Lê, 2010).



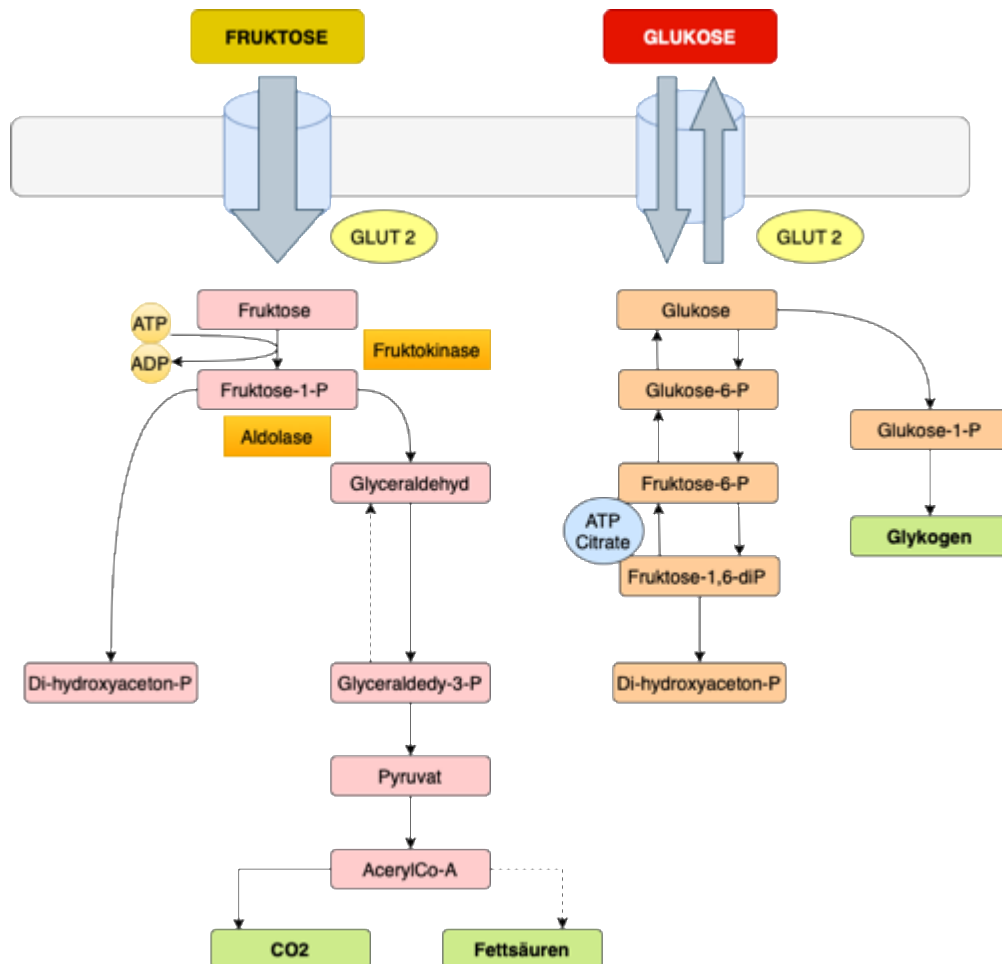


Abbildung 10: Unterschied und Vergleich der Stoffwechselwege von Fruktose und Glukose in der Leber [adaptierte Darstellung nach Rippe, 2013]

Nach oraler Aufnahme von Glukose erreichen nur etwa 15 % die Leber, wohingegen bei oraler Aufnahme von Fruktose fast die gesamte Menge die Leber erreicht. Die Glukose wird durch GLUT 2 in der Leber extrahiert und kann so als Glykogen gespeichert werden. Sie kann aber auch zur Energiegewinnung dienen und die Acetateinheiten werden für die Fettsäuresynthese gebraucht (Caballero et al., 2003). Fruktose wird nach Erreichen der Leber in Triosephosphat umgewandelt. Dieser Weg ist Insulin-unabhängig (Tappy & Lê, 2010).

Saccharose und Glukose führen zu einer Sekretion von GIP (Gastrointestinales Insulinotopes Peptid) und GLP-1 (Glucagon-like-Peptide-1). Bei GIP handelt es sich um ein Hormon mit 42 Aminosäuren. Nach der Nahrungsaufnahme wird es von den K-Zellen des Darms ausgeschüttet. Eine erhöhte Ausschüttung von GIP kann eine Insulinresistenz begünstigen. Mittlerweile gibt es mehrere Hinweise darauf, dass GIP die Fettablagerung in den Geweben fördert. In Tierstudien konnte durch die Blockade des GIP-Rezeptors (GIPR) eine Verbesserung der Insulinresistenz beobachtet werden (Irwin et al., 2020; Fisman & Tenenbaum, 2021).

Keyhani-Nejad et al. (2020) konnten im Zuge ihrer Untersuchungen zu diesem Thema ähnliche Ergebnisse beobachten. Die WissenschaftlerInnen untersuchten den Einfluss von GIP und GLP-1 auf die Entwicklung einer nichtalkoholischen Fettleber und der hepatischen Insulin-Clearance (HIC). Die Ergebnisse der Studie lassen darauf schließen, dass die endogene Freisetzung von GLP-1 zu einer erhöhten und die endogene Freisetzung von GIP zu einer reduzierten hepatischen Insulinextraktion führen kann. Es wird die Vermutung angestellt, dass die westliche Ernährung – gekennzeichnet durch einen hohen glykämischen Index – mit einer verringerten HIC und einer erhöhten Freisetzung von GIP korreliert.

Zusammenfassend kann nach der Betrachtung der beiden Stoffwechselwege gesagt werden, dass Saccharose zu gleichen Teilen auf den Lipidstoffwechsel und auf die Sensitivität von Insulin einwirken kann. Diese beiden Phänomene können auch gekoppelt stattfinden und zu einer beachtlichen Anzahl an Stoffwechselerkrankungen (Insulinresistenzen, Diabetes, Fettstoffwechselstörungen) des Menschen führen (Gibson et al., 2013).

#### Metabolisierung von Steviolglycosiden, Aspartam und Sucralose

**Steviolglycoside** gelangen vollkommen intakt vom oberen Gastrointestinaltrakt, über den Magen in den Dünndarm. Durch das Abtrennen von Glukose-Einheiten hydrolysieren die Darmbakterien die Steviolglycoside zu Steviol, welches über die Pfortader zur Leber gelangt. Dort wird Steviolglucoronid gebildet, welches Steviol verstoffwechselt. Der Stoff wird schließlich über den Urin ausgeschieden (Gardana et al., 2003). Eine Akkumulierung von Stevia, oder Nebenprodukten davon, wird findet im Körper beim Stoffwechsel nicht statt. Der Grund, warum Stevia keine Kalorien aufweist und auch keine Erhöhung auf den Insulin- oder Blutzuckerspiegel bewirkt, ist die Tatsache, dass Steviolglycoside im Verdauungstrakt sehr schlecht bis gar nicht absorbiert werden können (EFSA, o.d (b)).

Im Gastrointestinaltrakt wird **Aspartam** durch Peptidasen und Esterasen in Phenylalanin, Methanol und Asparaginsäure metabolisiert. Der Stoff wird entweder in den allgemeinen Kreislauf abgegeben oder zu Aspartylphenylalanin und Methanol hydrolysiert. In den Blutkreislauf kann der Stoff vor seiner Hydrolyse nicht gelangen (Magnuson et al., 2007).

**Sucralose** wird zu 85 % unmetabolisiert mit dem Fäzes ausgeschieden, der Rest als Glucuronid-Konjugat über den Urin.. So stellt Sucralose keine Energiequelle dar und weist aus diesem Grund auch keine Kalorien auf. Der Blutzuckerspiel wird deshalb auch nicht beeinflusst (Sims et al., 2000).

#### Metabolisierung von Xylit, Sorbit und Erythrit

Die Resorption von **Xylit** im Dünndarm erfolgt unvollständig, jedoch kann bei einer regelmäßigen Aufnahme des Stoffes die Resorption durch die Induzierung von Enzymen wie Alpha-Amylase (AMY) und Alpha Glucosidase erhöht werden. Dies kann zu einer verzögerten Magenentleerung und einer Hemmung der intestinalen Glukoseabsorption führen. (Chukwuma & Islam, 2015). Im Dickdarm wird Xylit dann durch Bakterien in Fettsäurebestandteile zerlegt, welche weiter verstoffwechselt werden zu CO<sub>2</sub> und Wasser. Da eine Verstoffwechselung stattfindet, wirkt sich der Stoff auch auf den Blutzuckerspiegel aus und hat je nach Quelle einen glykämischen Index von 7 – 13 (Milgrom et al., 2009; Mäkinen, 2010).

Im Dünndarm wird **Sorbit** langsam und passiv resorbiert und zunächst durch die Sorbit-Dehydrogenase (SDH) in Fruktose umgewandelt, dann in Fruktose-6-Phosphat und schließlich durch den glykolytischen Stoffwechselweg ausgeschieden (Adcock & Gray, 1957). Der Stoffwechsel von Sorbit wird nicht von Insulin reguliert, wodurch es zu keinem Anstieg des Blutzuckerspiegels kommt. Der glykämische Index (GI) von Sorbit liegt bei 10, womit auch DiabetikerInnen diesen Stoff konsumieren können (Godswill, 2017).

**Erythrit** gelangt in den Dünndarm, wird dort aufgenommen und gelangt über die Nieren in den Harn und hiernach zur Ausscheidung. Nur circa 10 % des aufgenommenen Erythrits gelangen in den Dickdarm. Somit treten Blähungen und abführende Wirkungen bei diesem Zuckeralkohol im Vergleich zu anderen seltener auf. Circa 0 bis 0,4 Kilokalorien hat ein Gramm Erythrit, weshalb der Stoff als besonders kalorienarm zählt. Der glykämische Index von Erythrit beträgt ebenfalls 0 (Roeper & Goossens, 1993).

| Saccharose                                                                                                                                                                                               | Süßstoffe                                                                                                                                      | Zuckeralkohole                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Wird zu 100 % im Dünndarm absorbiert und durch die Metabolisierung in Glukose und Fruktose gespalten</p> <p>Energielieferant</p> <p>Führt zu einem Anstieg des Blutzuckerspiegels</p> <p>4 kcal/g</p> | <p>Werden nicht resorbiert und haben folglich auch keine Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel</p> <p>liefern keine Energie</p> <p>0 kcal/g</p> | <p>Werden nur teilweise absorbiert und metabolisiert</p> <p>liefern wenig bis keine Energie</p> <p>2 kcal/g bis 0 kcal/g</p> |

Abbildung 11: Vergleich der Metabolisierung, Absorption und Kalorienanzahl von Saccharose, Süßstoff und Zuckeralkoholen  
[Eigene Darstellung]

## Metabolisierung von pflanzlichen Ballaststoffen

Ballaststoffe haben einen positiven Einfluss auf den Stoffwechsel des menschlichen Körpers. Sie tragen zu einem lang anhaltenden Sättigungsgefühl bei, wirken sich positiv auf das Mikrobiom und damit das Immunsystem aus und führen zu einer Stimulierung der Darmaktivität (Morrison et al., 2020). Den Stoffwechsel von Fetten und Glukose beeinflussen lösliche Ballaststoffe, indem sie hier als gelbildende und viskose Substanzen agieren. Die Darmfunktion wird von unlöslichen Ballaststoffen beeinflusst, da diese aufquellen. Diese durchwegs konträren Wirkungen heben sich nicht gegenseitig auf, sondern wirken im Körper synergistisch. Gelangen Ballaststoffe in den Magen binden sie dort Flüssigkeit und sorgen so für eine Dehnung der Magenwand und dafür, dass der Chymus länger im Magen bleibt. Dies führt zu einem schneller ausgelösten Sättigungsgefühl, welches auch für eine längere Zeit anhält (Kristensen & Jensen, 2011). Die Darmperistaltik des Dünndarms wird durch die Wasserbindung ebenfalls angeregt. Wasserunlösliche Ballaststoffe sorgen dafür, dass die Verweilzeit im Dünndarm minimiert wird. Somit wird die Kontaktzeit zwischen dem Dünndarm und möglichen Nahrungstoxinen verkürzt (Elmadfa, 2009).

Die Rückresorption von Gallensäuren findet dadurch ebenfalls weniger statt, da diese mit Ballaststoffen gebunden und ausgeschieden werden und die Neubildung von sekundären Gallensäuren somit stattfinden kann. Für diesen Schritt wird Cholesterin benötigt, welches aus den Cholesterinspeichern des Körpers entnommen wird und der Grund für einen niedrigen Cholesterinspiegel bei einer ballaststoffreichen Ernährung sein kann (Gunnness & Gidley,

2010). Enzyme können durch das Vorhandensein von Ballaststoffen Verbindungen aus Kohlenhydraten schwerer angreifen. Somit können diese Verbindungen langsamer und in geringerer Menge aufgenommen werden.

Dies hat den Vorteil, dass der Anstieg des Blutzuckers nach der Nahrungsaufnahme geringer ausfällt und eine längere Sättigung mit sich bringt. Darmbakterien im Dickdarm fermentieren Ballaststoffe und bilden somit kurzkettige Fettsäuren, welche in weiterer Folge den pH-Wert absenken (Bird et. al, 2010). Die kurzkettigen Fettsäuren dienen außerdem den Darmbakterien zur Energieversorgung und helfen bei der Differenzierung zu Darmschleimhautzellen (Topping & Clifton, 2001). Besonders Bifidobakterien werden so positiv stimuliert, welche sich laut Studien wieder positiv auf verschiedene Parameter des Immunsystems auswirken. Eine immunmodulierende Wirkung wird aber auch bestimmten Ballaststoffen selbst zugesagt. So sollen Mannosen – Oligosaccharide, welche aus 6 bis 10 Einfachzuckern aufgebaut sind – einen positiven Einfluss auf die Bildung von Zytokinen – Interleukin 6 und 10 sowie Interferon-beta – haben. Zellen des erworbenen Immunsystems zu aktivieren und den Zuckerabbau in Immunzellen zu erhöhen sind ebenfalls positive Eigenschaften, welche Ballaststoffe im Zuge der Metabolisierung auf den menschlichen Körper haben. Mannosen haben durch ihre Fähigkeit aufgrund der charakteristischen Verknüpfung den Vorteil, dass sie die Aufnahme und die Verdauung von bestimmten Stoffen im Dünndarm verhindern können und somit diese Stoffe bis in den Dickdarm transportieren können. Das wirkt sich positiv auf die Darmwand und vor allem auf das menschliche Mikrobiom und somit wieder auf das Immunsystem aus (Oliver et al., 2021).

### 2.3 Regulation des Blutzuckerspiegels

Für die Regulation des Blutzuckerspiegels ist ein komplexes Zusammenspiel aus Hormonen verantwortlich – vor allem aber Insulin und Glukagon. Beide werden in der Bauchspeicheldrüse des Menschen produziert. In der Bauchspeicheldrüse gibt es die  $\beta$ -Zellen und die  $\alpha$ -Zellen. Die  $\beta$ -Zellen machen 70% der Inselzellen aus und bilden das Insulin. Glukagon wird in den anderen 30 % gebildet. Insulin ist als Hormon dafür verantwortlich, den Blutzuckerspiegel zu regulieren. Darüber hinaus ist es wachstumsfördernd. Das Hormon wird vor allem während der Konsumation von Mahlzeiten freigesetzt und sorgt dafür, dass das Fett- und Muskelgewebe die Glukose gemeinsam mit Kalium aus dem Blut schnell aufnehmen. Ein

niedriger Blutzuckerspiegel führt demnach zu einer Hemmung von Insulin. Neben der Regulation des Blutzuckers wirkt Insulin auch auf den Fettstoffwechsel und führt dort zur Bildung von Fettsäuren und deren Umbau in die Speicherform Triglyzeride.

Für einen Anstieg des Blutzuckerspiegels ist das Hormon Glukagon verantwortlich. Das Hormon wird ausgeschüttet, wenn der Blutzucker zu niedrig ist. Glukose wird in der Leber als Glykogen gespeichert; hier liegt auch der Wirkungsort des Glukagons. Glukagon baut Glykogen ab und ist so für die Neubildung von Zucker verantwortlich, bei gleichzeitiger Hemmung des Zuckerabbaus. Das führt dazu, dass die Glukose wieder ins Blut abgegeben wird, anstatt direkt in den Leberzellen wieder verbraucht zu werden. Die Ausschüttung von Glukagon wird durch einen hohen Blutzuckerspiegel gehemmt. Gemeinsam regulieren sie die Plasmaglukose von 80-100 mg/dl (Nüchtern) auf über 150 mg/dl nach einer Mahlzeit (Müller-Esterl, 2004; Meshkani & Adeli, 2009; Birbaumer & Schmidt, 2010).

Da in dieser Arbeit der Anstieg des Blutzuckerspiegels untersucht wird, wird das Hormon Insulin und sein Stoffwechsel im Folgenden näher beschrieben.

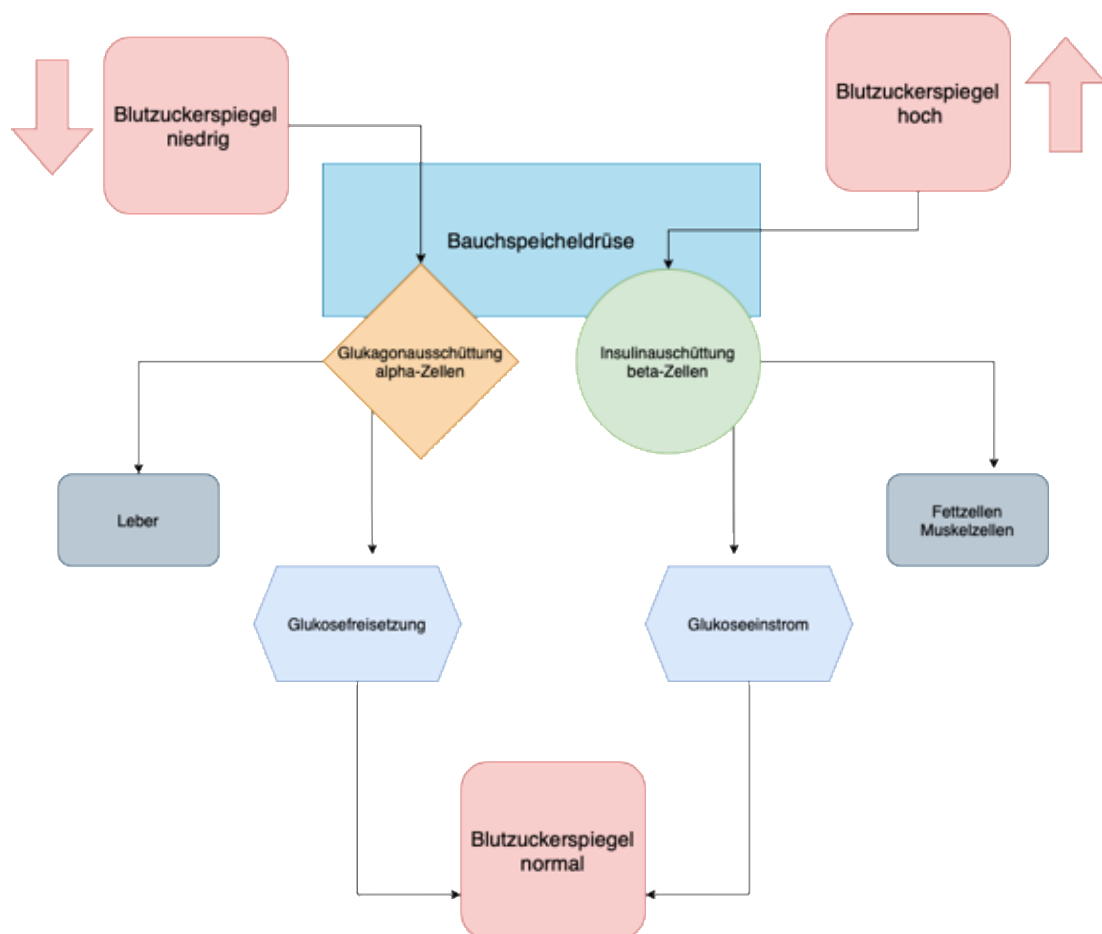


Abbildung 12: Wirkung von Glukagon und Insulin auf den Blutzuckerspiegel [Eigene Darstellung nach Hinghofer-Szalkay, o.D.]

Prä- und Proinsulin entsteht durch die Translation der RNA-Polymerase, das Präinsulin wird dann im ER (Endoplasmatisches Retikulum) zu Proinsulin. Wichtig hierfür ist der Einbau von einem C-Peptid. In weiterer Folge entsteht ein Molekül Insulin durch die Spaltung des C-Peptides im Golgi-Apparat. Beide werden in Vesikeln gespeichert, wobei Insulin durch den Einfluss von Zink als Hexamer vorliegt. Sowohl Insulin als auch das C-Peptid werden nach einem hormonalen oder nervalen Reiz, meist ausgelöst durch Nahrungsaufnahme, in die Pfortader abgegeben (Pessin & Saltiel, 2000). Das C-Peptid gilt als diagnostischer Marker, denn wie oben erwähnt geht aus jedem Vorläufermolekül ein C-Peptid und ein Molekül Insulin hervor.

So kann man durch die Bestimmung des Levels an C-Peptid auf die von der Bauchspeicheldrüse produzierte Menge an Insulin schließen. Bei Krankheiten wie Diabetes lässt sich so die Sekretion von Insulin nachverfolgen und eine eventuelle Unterzuckerung diagnostizieren, welche durch einen Überschuss von Insulin induziert worden sein kann (Müller-Esterl, 2004; Meshkani & Adeli, 2009).

Das endogene Peptidhormon Insulin besteht aus den zwei Ketten A und B, welche über 2 Disulfidbrücken zwischen Cysteinen an den Positionen A 7 nach B 7 und A 20 nach B 19 miteinander verknüpft sind. Die Kette A besteht aus 21, die Kette B aus 30 Aminosäuren. An der Kette A ist eine weitere Disulfidbrücke zwischen A 11 (Cystein) und A 11 (Cystein) ausgeprägt. Gemeinsam bildet das Molekül so eine Tertiärstruktur aus (Pessin & Saltiel, 2000).

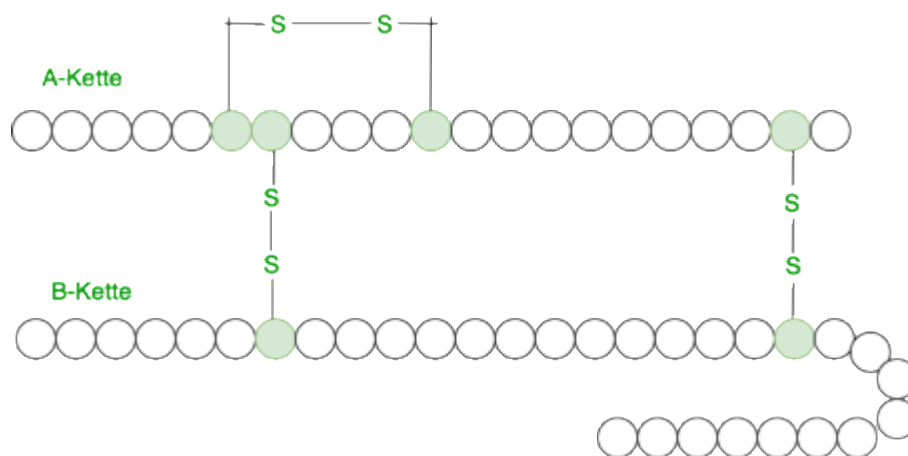


Abbildung 13: Abbildung der Struktur von Insulin mit den zwei Ketten A und B und den drei ausgeprägten Disulfidbrücken  
[Eigene Darstellung nach Werner, 2012]

Wie oben erwähnt wird Insulin über den Blutstrom durch die Pfortader transportiert, um Hepatozyten, Adipozyten und Myozyten, also insulinempfindliche Gewebe und Zellen, zu erreichen. Insulin löst mit dem Andocken an den Insulinrezeptor (IR) mehrere Signalkaskaden aus. Die Glukoseabgabe im Fett- und Muskelgewebe wird gefördert und die Glukoseproduktion in der Leber gehemmt. Letzteres passiert durch die Hemmung der Glykogenolyse, welche weiter auch die Glukoneogenese hemmt.

Bei Insulinstimulation wird die Glukose in der Leber als Glykogen gespeichert und so wird der Blutzuckerspiegel gesenkt und der zelluläre Glukosesspeicher wieder aufgefüllt. Im Fettstoffwechsel wird die Lipogenese durch Insulin gefördert. Der Glukosefluss wird von Insulin für die Synthese von freien Fettsäuren (FAAs) und die Veresterung von diesen zu Triglyceriden verwendet. Dies passiert in den Adipozyten durch die Lipoproteinlipase, welche die Lipoproteine lysiert. Diese wiederum setzen die FAAs frei, welche schlussendlich wieder von den Adipozyten aufgenommen werden. Die freien FAAs werden in den Fettzellen wieder in Form von Triglyceriden gespeichert.

Die im Fettgewebe gespeicherten Triglyceride werden durch die von Insulin induzierte Hemmung von der hormonsensitiven Lipase (HSL) hydrolysiert. Dies führt dazu, dass die Zellen ihre Lipid- beziehungsweise Energiespeicher wieder auffüllen (Müller-Esterl, 2004; Meshkani & Adeli, 2009). Das Sterol Response Element Binding Protein 1c (SREBP1c) ist dafür verantwortlich, dass Triglyceride zu Very Low Density Lipoproteinen (VLDL) zusammengesetzt werden und dann über den Blutstrom zu Muskel- und Fettzellen gelangen. SREBP1c ist verantwortlich für die Aktivierung von Genen, die die Synthese von Triglyceriden, Fettsäuren, Phospholipiden und auch Cholesterin vorantreiben. Insulin hat ebenfalls noch Einfluss auf das Zellwachstum, -proliferation und -differenzierung, die hämodynamische Homöostase und die Proteinsynthese (Müller-Esterl, 2004).

Der Insulinrezeptor (IR) ist dafür verantwortlich, dass die verschiedenen Wirkungen von Insulin ausgelöst werden. Es handelt sich beim IR um einen heterodimeren Phosphotyrosin-Kinase-Transmembranrezeptor. Der Rezeptor besteht aus vier Einheiten. Die zwei  $\alpha$ -Einheiten fungieren als Hormonbindungsstelle. Nach der Bindung von Insulin an die extrazelluläre Domäne wird der Rezeptor an seinen zytoplasmatischen  $\beta$ -Tyr-Resten autophosphoryliert



(Salmeen et al., 2000). Die Phosphorylierung führt dazu, dass das Insulinrezeptorsubstrat (IRS) aktiviert wird. Das Substrat hat mehrere phosphorylierte Tyrosinreste, welche als Andockstellen für mehrere nachgeschaltete Effektormoleküle dienen. So können die drei Hauptsignalkaskaden aktiviert werden. Diese sind der CAP-Cbl-Tc10-Weg, der die Translokation des GLUT-4-Rezeptors zur Zellmembran in Muskel- und Fettzellen steuert und dadurch die Glukoseaufnahme in diesen Zellen verbessert, der Phosphatidylinositol-3-Kinase PI3K-PKB-Weg, der hauptsächlich den Glukosestoffwechsel reguliert, und der Ras-Mitogen-aktivierte Proteinkinase (MAPK)-Weg, der das Zellwachstum und die Zelldifferenzierung reguliert (Leclercq et al., 2007; Koren & Fantus, 2007).

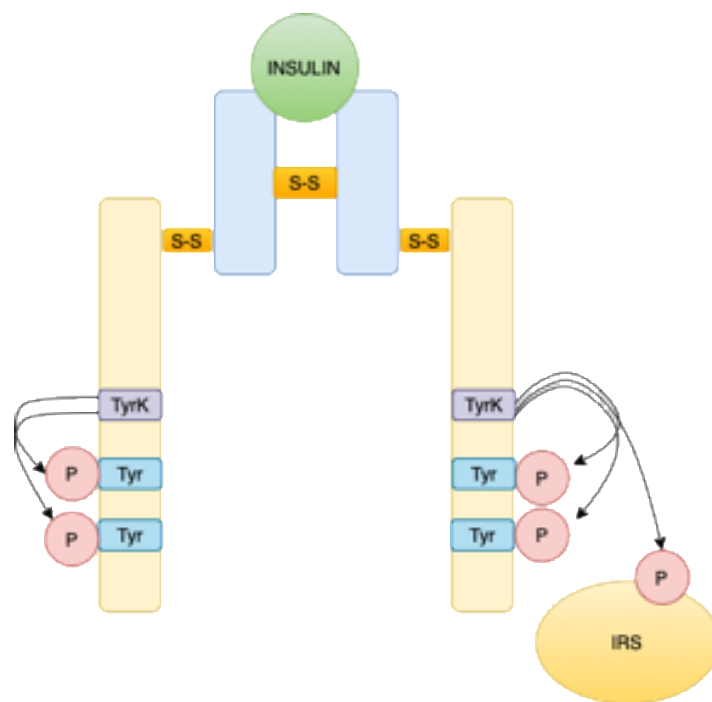


Abbildung 14: Schematische Darstellung des Insulinrezeptors [Eigene Darstellung nach Oetzel, 2012]

#### PI3K-PKB-Signalweg:

Phosphotyrosin-Bindungsdomänen des IRS erkennen die phosphorylierten Tyr-Reste des IR. Src homology 2 (SH2), die Untereinheit p85 von PI3K, bindet die Reste, wodurch PI3K zur Membran transportiert wird. Phosphatidylinositol-4,5-Bisphosphat (PIP<sub>2</sub>) wird zu Phosphatidylinositol-3,4,5-Triphosphat (PIP<sub>3</sub>) phosphoryliert, es findet die Aktivierung von phosphatidylinositolabhängigen Kinasen (PDK) statt. PDK1 phosphoryliert PKB (Proteinkinase B) an Thr308. Dies führt nur zu einer teilweisen Aktivierung von PKB. Die vollständige Aktivierung führt über eine weitere Phosphorylierung an Ser473, die durch PDK2 vermittelt wird. PKB kann sich jetzt von der Membran lösen und phosphoryliert jetzt mehrere Substrate im Zellkern und

Zytoplasma. PKB aktiviert ebenfalls eine Phosphodiesterase (PDE), welche die Hydrolysierung von cAMP zu AMP vorantreibt, denn die metabolische Wirkung von Insulin wird durch ein Absinken des cAMP-Levels verursacht. So wird der Glukosestoffwechsel reguliert.

Der Glukosespiegel im Serum kann nun gesenkt werden, indem Glukose als Glykogen gespeichert wird. Das passiert indem PKB durch GSK3 (Glykogen- Synthase-Kinase 3) phosphoryliert wird, denn daraus resultiert, dass die Glykogensynthase (GS) weniger phosphoryliert werden kann, wodurch die Aktivität der GS höher bleibt. Phosphoryliertes PKB inaktiviert durch zytosolische Retention FOXO-1; so kann Phosphoenolpyruvat-Carboxy-Kinase (PEPCK) gehemmt werden. PEPCK ist das Schlüsselenzym der Glukoneogenese. Die Glukose-6-Phosphatase wird ebenfalls gehemmt (Koren et al., 2007).

#### CAP-Cbl-Tc10-Signalweg:

Wenn der IR aktiviert wird, kann es auch zu einer Translokation von Glukosetransporter 4 (GLUT 4) kommen. Cbl, ein Protein, wird so phosphoryliert. Der Cbl-CAP-Komplex wird an die Lipid Raft (Bereich in der Lipidmembran) rekrutiert und es kommt zur Aktivierung des CAP-Cbl-Tc10-Signalwegs. Als Folge kommt es zu einem verstärkten Glukosetransport über GLUT 4 in den Adipozyten und Muskelzellen. PKB ist für das Verlagern von GLUT 4 zur Plasmamembran zuständig (Lizcano & Alessi, 2002; Müller-Esterl, 2004). Müller-Esterl (2004) formulierte den Effekt des Insulins zusammenfassend folgendermaßen: „Der Nettoeffekt der durch Insulin vermittelten Aktivierung der IR ist die Senkung des Serumglukosespiegels durch Steigerung des Glukoseimports, der Speicherung von Glukose als Glykogen und durch Hemmung der Glukoneogenese.“

#### MAPK-Weg:

GRB2 wird durch phosphoryliertes IRS an die Membran rekrutiert und fungiert so als Andockstelle für SOS (Guanyl-Nukleotid-Austauschfaktor). Dieser kann Ras (G-Protein) durch die Substitution von GDP in GTP aktivieren und löst dann die Phosphorylierung und Aktivierung von verschiedenen Kinasen (RAF1, MEK, MAPK) aus. MAPK transloziert in den Zellkern und kann dort die Transkriptionsfaktoren hinsichtlich des Zellwachstums und der -differenzierung beeinflussen. Ebenso kann es die Proteinsynthese beeinflussen (Müller-Esterl, 2004; Biddinger & Kahn, 2006).

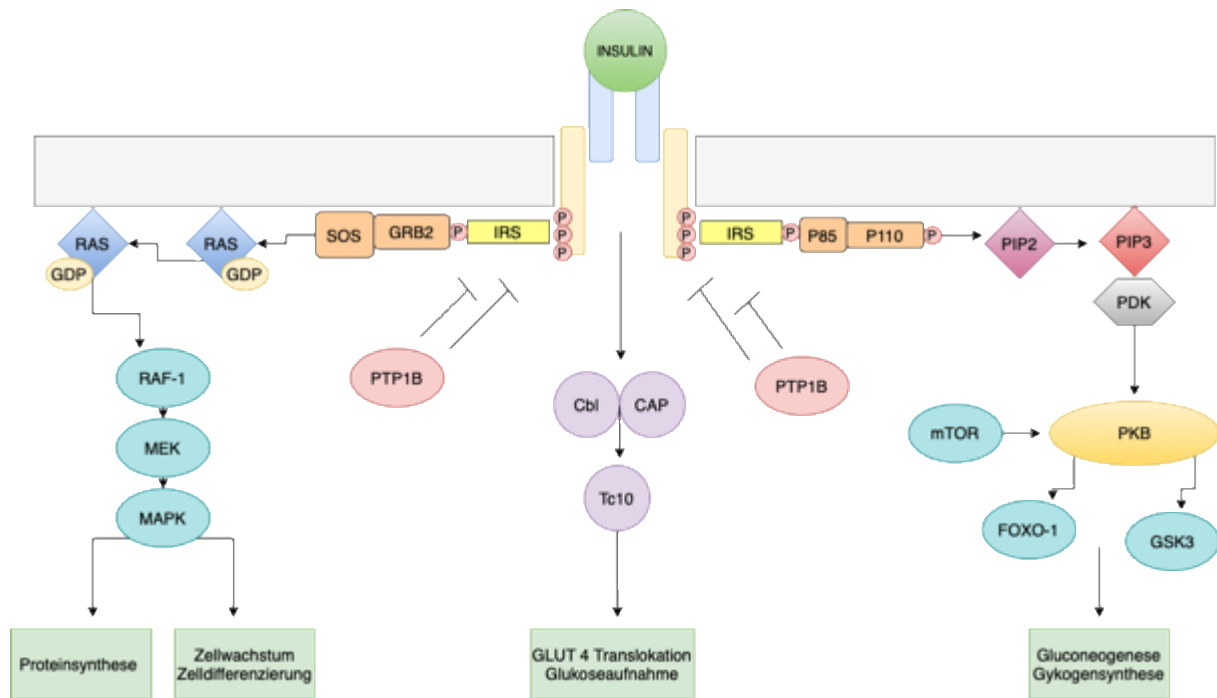


Abbildung 15: Darstellung der verschiedenen Wege der Wirkung von Insulin über die Andockung an den Insulinrezeptor IR  
[Eigene Darstellung nach Freissmuth et. al, 2020]

## Insulinresistenz

Insulinresistent sind jene Personen, bei denen ein normaler Insulinspiegel keine ausreichende Insulinwirkung in insulinempfindlichen Zellen induzieren kann. Zu insulinempfindlichen Zellen zählen Leber-, Muskel- und Fettzellen (Meshkani & Adeli, 2009). Rauchen, erhöhtes Alter, genetische Veranlagung, wenig Sport und eine hyperkalorische und zuckerreiche Ernährung sind einige Faktoren, die eine Insulinresistenz hervorrufen können (Brady et al., 2018). Ein hyperglykämischer Zustand, also eine zu große Menge an Zucker im Blut, ist eine der Folgen bei einer Insulinresistenz. PatientInnen im frühen Stadium einer Insulinresistenz reagieren mit einer Hypersekretion von Insulin durch die  $\beta$ -Zellen der Bauchspeicheldrüse, um einen hyperglykämischen Zustand zu verhindern. (Tripathy et al., 2019) Was anfangs gut funktioniert, führt jedoch zunehmend zu einer Herunterregulation von den Insulinrezeptoren. Die insulinempfindlichen Gewebe werden immer instabiler und die Bauchspeicheldrüse wird aufgrund der hohen Insulinproduktion zunehmend belastet und verliert Schritt für Schritt ihre Fähigkeit, Insulin zu produzieren (Esper et al., 2008).

Dies führt zu einer gestörten Insulinwirkung und weiter zu einem kompletten Ausfall der Insulinsekretion, was einen Anstieg des Serumglukosespiegels bedeutet. Zahlreiche

Zellfunktionen werden nun durch die chronische und systemische Hyperglykämie beeinflusst. Glukose ist in der Lage, Proteine und Phospholipide zu glykosylieren (an der NH<sub>2</sub>-Gruppe). So entstehen AGEs (Glykosylierungsendprodukte), welche die Bildung von ROS (reaktiver Sauerstoffspezies) induzieren was zu oxidativem Stress und weiter zu Entzündungszytokinen führt, welche die Funktion der Gefäße schädigen und zu einer erneuten Veränderung der Insulinsignalübertragung führen (Esper et al., 2008). Lipotoxizität wird ebenfalls durch eine Insulinresistenz begünstigt, indem vermehrt FAAs in der Leber produziert und freigesetzt werden. Dies führt weiter zu oxidativem Stress und Entzündungen, die Insulinsignalübertragung wird weiter beeinträchtigt (Despres & Lemieux, 2006). Ein Auszug verschiedener Anomalien, welche durch eine Insulinresistenz ausgelöst werden können, sind in folgender Liste aufgeführt (Meshkani & Adeli, 2009):

- Einlagerung von Fett in der Leber
- Müdigkeit
- Gesteigerter Energiestoffwechsel
- Abnahme der Sättigungssignale im Gehirn
- Verringerte Fettverbrennung
- Hyperglykämie
- Hyperinsulinämie
- Dyslipidämie
- Chronische Entzündungszustände
- Diabetes Typ-2
- Metabolisches Syndrom
- Mikro- und makrovaskuläre Erkrankungen
- Erblindung
- Nierenversagen
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- Schlaganfall

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Regulation des Blutzuckerspiegels im Körper ein hochkomplexer Prozess ist, bei dem zahlreiche Hormone, Enzyme und Organe interagieren.

## 2.4 Grundlagen der Sensorik

Die Beschäftigung mit der Wahrnehmung von Produkten und deren Inhaltsstoffen mit den menschlichen Sinnesorganen wird als Sensorik beschrieben (Derndorfer, 2006). Sie wird vor allem im Lebensmittelsektor eingesetzt, aber auch in der Kosmetik- und Automobilindustrie finden sensorische Untersuchungen statt. In der Lebensmittelindustrie werden sensorische Methoden und Untersuchungen vor allem in der Entwicklung eingesetzt, um neu entwickelte Produkte von geschulten und/oder ungeschulten Testpersonen hinsichtlich Geruch, Geschmack, Textur, Aussehen und Nachgeschmack bewerten zu lassen. Von KonsumentInnen wird die Akzeptanz und die Präferenz von Produkten bewertet, hier wird kein geschultes Panel eingesetzt. Anhand der durch die Bewertungen der Testpersonen gewonnenen Erkenntnisse, können dann die Produkte adaptiert, Qualitätsverbesserungen durchgeführt und in weiterer Folge auch das Produktportfolio optimiert werden (Derndorfer, 2006).

Die Ordnung der Proben bei sensorischen Tests (sowohl auf Unterschied als auch auf Akzeptanz) erfolgt üblicherweise sequentiell, monadisch und randomisiert angeordnet. Wenn der sensorische Kern eines Produktes getestet werden soll, ist es notwendig, seine Markenidentität und Herkunft unkenntlich zu machen: Die Proben werden blind gereicht, sind also mit neutralen Codes gekennzeichnet. Soll der Einfluss der Optik des Produkts auf die Geschmacksakzeptanz ausgeschaltet werden, ist eine Verkostung unter Rotlicht möglich (Dürschmid, 2010).

Riechen, Schmecken, Fühlen, Sehen und Hören sind die fünf Sinne des Menschen, welche für sensorische Prüfungen relevant sind. Mit Hilfe der Sinnesorgane können Menschen physikalische (Temperatur, Licht) und chemische (Geschmack, Geruch) Reize wahrnehmen. Diese Informationen können mithilfe der Rezeptoren in den Sinnesorganen in elektrische Signale umgewandelt werden. Diese Erregung wird dann an das zentrale Nervensystem (ZNS) weitergeleitet (Derndorfer, 2006). Im Folgenden werden der Sehsinn, der Geruchssinn und vor allem der Geschmacksinn mit der Süßwahrnehmung näher beschrieben, da in den sensorischen Untersuchungen dieser Arbeit hierauf der Fokus liegt.

## Der Sehsinn

120 Millionen Stäbchen und 6 Millionen Zapfen in der Netzhaut (Retina) des Menschen sind die Photorezeptoren, die dafür verantwortlich sind, dass ein Lichtreiz in ein elektrisches Signal umgewandelt wird (Grüsser & Grüsser-Cornehls, 1997). Die Lichtinformation wird dann von den Bipolarzellen weiter auf die Ganglienzellen übertragen, diese leiten sodann die Information über den Sehnerv an das Gehirn weiter (Ansorge & Leder, 2011). Die Stäbchen ermöglichen das Schwarz-Weiß sehen, während die drei unterschiedlichen Zapfentypen (K, M und L) für das Farbsehen verantwortlich sind. Die Zapfen sind viel sensibler und nehmen auch Licht in einem breiteren Spektrum an Wellenlängen auf. Generell liegt der Sehbereich des Menschen zwischen 380 und 780 nm (Schönhammer, 2009; Frings und Müller, 2014). Bei sensorischen Untersuchungen zum Geschmack ist es wichtig, dass die Proben auf einem neutralen Geschirr und neutralem Untergrund präsentiert werden, denn die Farbe des Geschirrs und des Raums können in die Wahrnehmung des Geschmacks einfließen. Dadurch kann die Farbe des Geschirrs die Intensität des Geschmacks abschwächen oder auch intensivieren. Vor allem die Farbe Rot hat hier einen enormen Einfluss. Eine Studie von Genshow et al. (2012) hat nachgewiesen, dass Testpersonen eher zu Produkten auf blauer oder weißer Farbe greifen als zu Produkten mit roter Farbe. Die Testpersonen konsumierten weniger Lebensmittel von Tellern mit roter Farbe, die Akzeptanz war dennoch bei allen drei Farben gleich hoch.

Sensoriklabore sind aus den oben genannten Gründen üblicherweise in weiß, beige oder hellgrau gehalten; das Geschirr, auf dem die Proben gereicht werden, sowie die Tablettts sind weiß. Für Getränke sind die Becher meist weiß oder durchsichtig gehalten und jeder Prüfplatz verfügt über standardisierte Lichtquellen. Es ist möglich, die Verkostungen unter Rot- oder Blaulicht durchzuführen, um sämtliche Farbe des Produkts und der Umgebung unkenntlich zu machen (Derndorfer, 2016).

## Der Geruchssinn

Pronasal (direktes Riechen des Produktes) und retronasal (Riechen des Produktes während des Verzehrs) sind zwei Arten, wie Gerüche wahrgenommen werden. Letzgenannte Geruchswahrnehmung wird oft mit Geschmack verwechselt, da es eine direkte Verbindung

zwischen der Riechschleimhaut des Menschen und der Mundhöhle gibt und so Moleküle des Geruchs von der Mundhöhle zur Riechschleimhaut (*Regio olfactoria*) wandern können. Erdige oder fruchtige Wahrnehmungen sind Beispiele, die auf die retronasale Geruchswahrnehmung zurückzuführen sind. Die *Regio olfactoria* besteht aus über 30 Millionen Riechzellen, welche sich jeden Monat neu bilden. Das Riechepithel umfasst außerdem noch sekretorische Zellen (Bowmansche Drüsenzellen) zur Schleimabsonderung und Basalzellen, welche sich wieder in Riechzellen umwandeln. Manche Substanzen lösen beim Riechen auch ein Brennen in der Nase aus. Dies hat mit dem *Nervus trigeminus* (5. Hirnnerv) zu tun: Trigeminale Geruchsstoffe wie Pfeffer oder Essig reizen die Nervenenden des 5. Hirnnervs, wodurch der Geruch auch oft als stechend in der Nase empfunden wird (Derndorfer, 2016).

Gerüche werden generell nicht nur von einem Rezeptor wahrgenommen. Wenn man zum Beispiel eine Himbeere riecht, dann wird eine Kombination an Rezeptoren aktiviert. Diese ergeben dann im Zusammenspiel den charakteristischen Himbeerduft. Wenn ein Duftstoff – diese sind meist hydrophob – zur Riechschleimhaut gelangt, muss dieser zuerst gelöst werden. Das geschieht auf der obersten Schleimschicht. hOBP-2A ist ein sogenanntes *Odorant Binding Protein* – das einzige, das beim Menschen bisher entdeckt wurde. An dieses Protein sollen die Riechstoffe binden. Die Bindung erfolgt unselektiv, jedoch hat das Protein eine hohe Affinität für Fettsäuren und Aldehyde (Teixeira et al., 2016). Wenn nun ein Duftstoff an den Rezeptor bindet, wird ein rezeptorgekoppeltes G-Protein sowie das Enzym Adenylatzyklase II aktiviert. Der sekundäre Botenstoff cAMP kann so gebildet werden und ist sodann dafür verantwortlich, dass die Kationenkanäle aktiviert werden und es zu einem Einstrom von  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Na}^{+}$  in der Riechzelle kommt. Der  $\text{Cl}^{-}$  Ionenkanal wird durch das einströmende  $\text{Ca}^{2+}$  geöffnet, wodurch  $\text{Cl}^{-}$  in die Zelle strömt, was in einer Ladungsänderung resultiert (Witt und Hansen, 2009).

Andere Typen von Rezeptorzellen nutzen zum Beispiel Guanylcyclase D (Protein) oder TRPM5, (Kalziumkanal) um ein Aktionspotenzial auszulösen. Außerdem können Geruchsstoffe auch Rezeptoren hemmen oder um den Rezeptor konkurrieren (Teixeira et al., 2016). Da die Riechzellen zu den primären Sinneszellen zählen, sind sie in der Lage, selbst Aktionspotenziale auszulösen und an die gekoppelten Nervenfasern weiterzugeben. Diese bündeln sich zu größeren Fäden (*Fila olfactoria*) und gelangen in den Riechkolben (*Bulbus olfactorius*) und weiter ins Riechhirn, dem primären olfaktorischen Kortex, und weiter zum *orbitofrontalen Kortex*. Das limbische System und der Hypothalamus sind für die emotionale Bewertung von

Gerüchen unerlässlich (Schönhammer, 2009). Um Gerüche beziehungsweise Riechstoffe wieder „aus der Nase“ zu bekommen, sind die *Bowmannschen Drüsenzellen* mit ihrem kalziumhaltigen Sekret verantwortlich.

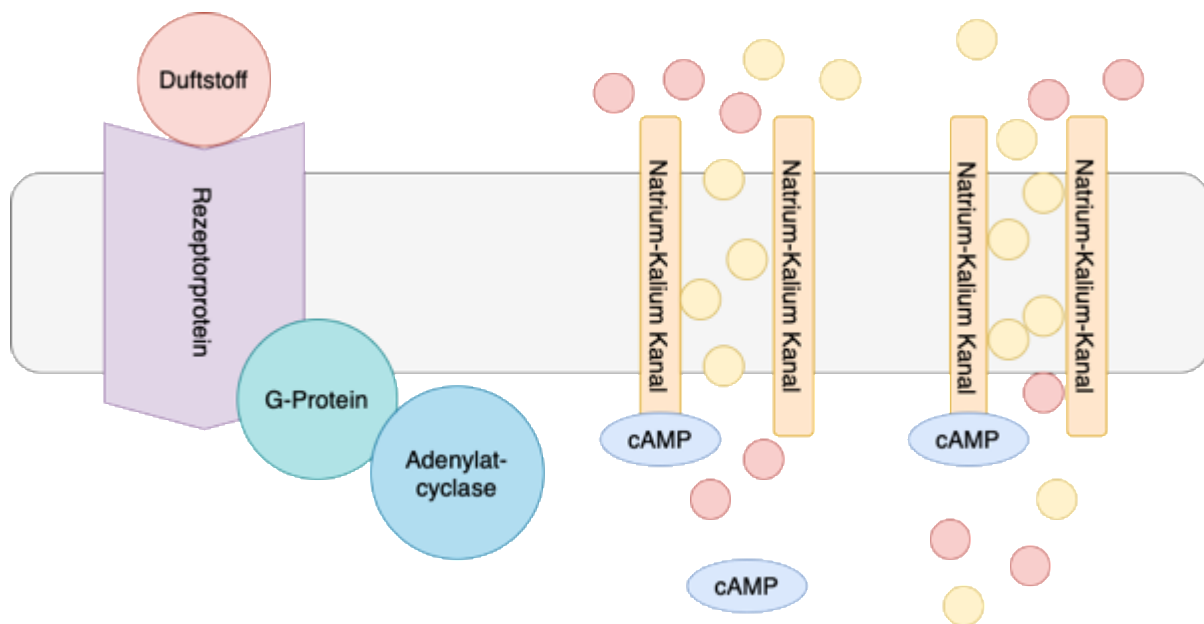


Abbildung 16: Schematische Darstellung der Signaltransduktion des Geruchsinns [Eigene Darstellung nach Feigenspan, 2017]

## Der Geschmackssinn

Der Geschmackssinn gehört zu den chemischen Sinnen und wird auch häufig als sogenannter Nahsinn bezeichnet, da die schmeckende Substanz in direkten Kontakt mit der Rezeptorzelle kommen muss, damit eine Geschmacksempfindung stattfinden kann (Schubert und Godersky, 1996). Man unterscheidet die Geschmacksarten süß, sauer, salzig, bitter und umami. Nach neuesten Forschungen wird auch diskutiert, ob fettig, metallisch, Kalzium und kokumi als Geschmacksarten definiert werden. Die Evidenz ist für fettig dabei am stärksten (Maruyama et al., 2012; Di Pizio et al., 2019).

Die Geschmacksknospen, wovon jede aus circa 40-60 Geschmackssinnes-, Basal- und Stützzellen aufgebaut ist, sind die Vermittler der Geschmackswahrnehmung. Die Sinneszellen sind nicht nur auf der Zungenoberfläche verteilt, sondern auch am Gaumen, am Kehldeckel und an der Rachenwand. Die Geschmacksrezeptorzellen gruppieren sich zu Geschmacksknospen und sind in Papillen eingebettet. Es existieren Blattpapillen,



Wallpapillen, Pilzpapillen und Fadenpapillen. Letztere sind für das orale Tastempfinden und die Aufräuhung der Zunge erforderlich, haben aber keine Geschmacksknospen in sich (Hatt, 2007). Geschmackrezeptorzellen sind nicht nur auf der Zunge zu finden, sondern auch im Atmungssystem, im Fettgewebe, in Spermen, im Nervensystem und im Gastrointestinaltrakt (Jang et al., 2007; Meyer et al., 2012; Simon et al., 2013; Lee und Cohen, 2014; Kohno, 2017). An der Oberfläche der Plasmamembran liegt die Geschmackspore, welche durch die fadenförmigen Zellfortsätze und Mikrovilli vergrößert ist und sich so mit Speichel füllen kann. Im Speichel können sich dann Geschmacksubstanzen lösen.

Die Geschmacksknospe ist mit den Geschmackssinneszellen über Synapsen verknüpft. Geschmackssinneszellen sind anders als Geruchssinneszellen nicht in der Lage, selbst Aktionspotenziale auszulösen, aus diesem Grund wird die Synapse zur Weiterleitung der Signale an die Nervenfasern benötigt. Geschmacksreize aktivieren die Geschmackrezeptorzellen und Neurotransmitter werden aus den basalen Enden freigesetzt. Diese werden auf benachbarte afferente Hirnnerven übertragen. So kann die Information über den Geschmack zu den Bereichen der Geschmackswahrnehmung im Gehirn weitergeleitet werden (Fernstrom, 2015; Fernstrom et al., 2012; Lee & Owyang, 2017).

In den Geschmacksknospen findet man die Geschmackszellen Typ I (gliaartig), Typ II (G-Protein gekoppelte Rezeptoren) und Typ III (exprimieren Ionenkanäle), wobei nur Typ II und III Sinneszellen sind. Typ II Sinneszellen bilden Rezeptoren für süß, bitter und umami aus. Saure Stimuli werden von den Geschmackszellen Typ III detektiert. Salzige Stimuli werden von bisher undefinierten Geschmackszellen detektiert (Chandrashekar et al., 2010; Manzini & Czesnik, 2009; Janssen & Depoortere, 2013). Von den G-Protein gekoppelten Rezeptoren (GPCR) sind zwei Familien bekannt, welche für die Selektivität des Geschmackstimulus verantwortlich sind: die Typ-1 und die Typ-2 Geschmackrezeptorfamilie (TAS1R und TAS2R).

Der Süßrezeptor sowie der Umamirezeptor sind aus Subtypen der TAS1R-Familie zusammengesetzt. So besteht der Süßrezeptor aus einer TAS1R2- und einer TAS1R3- Untereinheit und der Umamirezeptor aus einer TAS1R1- und einer TAS1R3- Untereinheit (Hoon et al., 1999; Max et al., 2001 ). Im Folgenden wird der Typ II Geschmackrezeptor und vor allem der Süßrezeptor näher erklärt.

## Typ II Geschmackszellen – der Süßgeschmack

Circa ein Drittel aller Geschmackszellen stammen vom Typ II (Manzini & Czesnik, 2009). Wie bereits erwähnt setzt sich der Rezeptor für den Süßgeschmack aus TAS1R2 und TAS1R3 zusammen. Es handelt sich um ein Heterodimer, nach Roper und Chaudhari (2017) binden alle süß schmeckenden Verbindungen an diesen Rezeptor. Je nach Substanz geschieht das jedoch nicht immer an derselben Position. So binden in der Spalte der Venusfliegenfallen-Domäne zum Beispiel der Süßstoff Aspartam und Zucker – jedoch nicht genau an derselben Stelle. Durch Studien an Mäusen fand man heraus, dass es auch andere Signaltransduktionswege geben muss, denn selbst durch einen Mangel an TAS1R2 und TAS1R3 reagierten die Mäuse auf süße Reize (Damak et al., 2003; Treesukol et al., 2011). Margolskee et al. (2007) und Mace et al. (2007) haben herausgefunden, dass die enteroendokrinen Zellen des Dünndarms ebenfalls den Süßgeschmacksrezeptor TAS1R2+TAS1R3 und zugehörige Signalkomponenten wie Gustducin und TRPM5 enthalten.

Dies führt dazu, dass die Expression von SGLT1 (Natrium-Glukose-Cotransporter 1) und GLUT2 (Glukosetransporter 2) in den Enterozyten in Reaktion auf den Zuckergehalt und Süßstoffgehalt der Nahrung erhöht wird (Margolskee et al., 2007; Mace et al., 2007). Durch die Koexpression von Bürstensaum-Disaccharidasen in TAS1R3-positiven Geschmackszellen zusammen mit GLUT und SGLT1 sind diese Zellen in der Lage, den Brennwert von Oligosacchariden, Disacchariden und Stärke zu erkennen. Beide Signalwege können als "Zufallsdetektoren" für Substanzen dienen, die sowohl süß sind als auch einen Brennwert haben, um den Brennwert einer süßen Substanz zu bewerten. Es wird vermutet, dass eine ausreichende Hemmung der KATP-Kanäle in TAS1R3-Geschmackszellen durch erhöhtes ATP diese Zellen depolarisieren und eine Wahrnehmung von Süße auslösen könnte (Sukumaran et al., 2016).

### Der Süßrezeptor TAS1R2/TAS1R3

Wie bereits erwähnt können verschiedene Zucker (Fruktose, Glukose) und Süßstoffe (Aspartam, Sucralose), süße Proteine (Thaumatococcus) und D-Aminosäuren (D-Serin) den Süßrezeptor aktivieren, jedoch binden nicht alle an dieselbe Stelle. Die zwei Untereinheiten des Rezeptors bestehen jeweils aus folgenden Komponenten: einer Venusfliegenfallen-

Domäne (VFT) [N-terminal und extrazellulär], 7-Transmembrandomäne (TMD) und einer cysteinreichen Linkregion (CRD) [verbindet Domänen] (Behrens & Meyerhof, 2011; Fernstrom et al., 2012; Lee & Owyang, 2017).

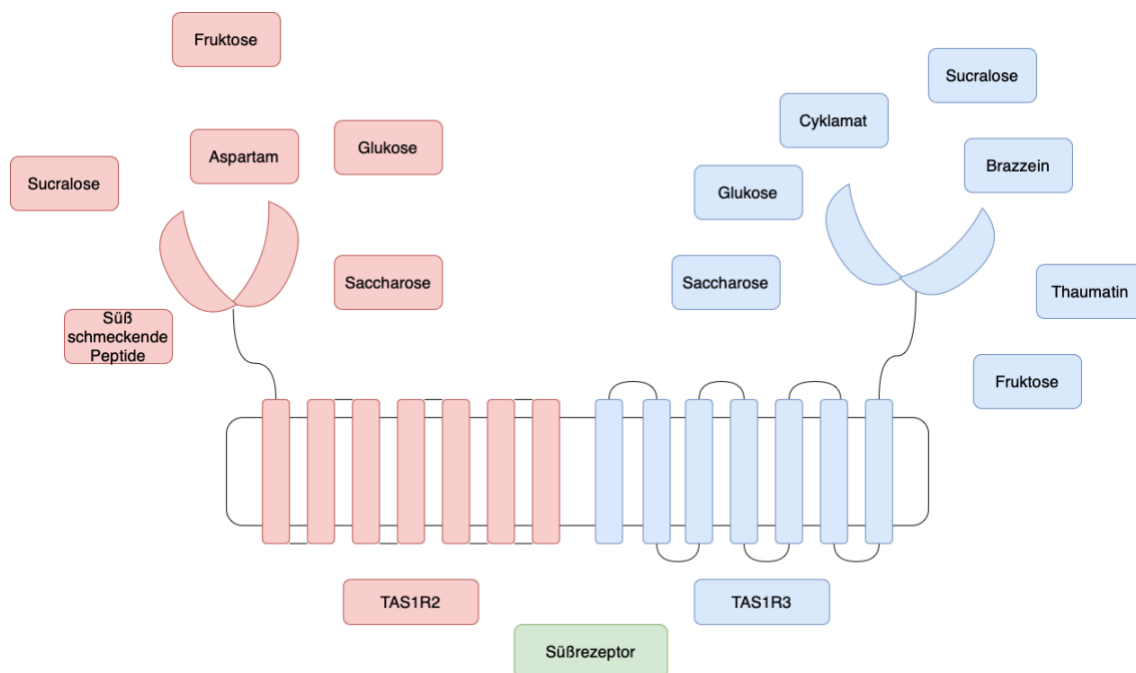


Abbildung 17: Schematische Darstellung des Süßrezeptors TAS1R2/TAS1R3 und Zuordnung der Bereiche der Wirkung der genannten süß-wirkenden Substanzen [Eigene Darstellung nach Fernstrom et al., 2012.]

Neue Forschungen weisen darauf hin, dass der Inositol-1,4,5-Triphosphat (IP3)-Stoffwechselweg für den süßen Geschmack verantwortlich ist (Liman et al., 2014). Davor wurde davon ausgegangen, dass der cAMP-Signalweg für den süßen Geschmack verantwortlich ist. Die Bindung eines Liganden (z. B. ein kalorischer Zucker) an den süßen Geschmacksrezeptor (STR) führt zum Austausch von Guanosin-50-triphosphat (GTP) gegen GDP (Guanosindiphosphat). Dafür verantwortlich ist die G-Untereinheit, was zu ihrer Dissoziation und zur Aktivierung der Phospholipase C 2 (PLC 2) führt. PLC 2 spaltet Phosphatidylinositol-4,5-bisphosphat zu Diacylglycerin und IP3 (Zhang et al., 2003). IP3 bindet an seinen Rezeptor (ITPR3), der an der Membran des endoplasmatischen Retikulums lokalisiert ist und die Freisetzung von  $\text{Ca}^{2+}$  auslöst (Clapp et al., 2001). Der anschließende Anstieg des intrazellulären  $\text{Ca}^{2+}$ -Spiegels führt zur Öffnung des kationenselektiven Kanals, was zu einem Natrium-Einstrom und einer Depolarisation der Membran führt. Dies löst die Freisetzung von Adenosintriphosphat (ATP) aus. So werden die Rezeptoren in den Geschmacksnerven aktiviert und die Geschmacksinformation an das Gehirn übertragen (Liu & Liman, 2003).

Durch Experimente mit TAS1R2- und TAS1R3-Knockout-Mäusen und TAS1R2 + TAS1R3-Doppelknockout-Mäusen konnte beobachtet werden, dass TAS1R2 allein nicht in der Lage ist, auf Süßstoffe zu reagieren. So wurde darauf geschlossen, dass es STR-unabhängige Signalwege geben muss (Zhao et al., 2003; Damak et al., 2003; Ciu et al., 2006).

Zum einen gibt es hier den SGLT-vermittelten-Signalweg (SGLT = Natrium-Glukose-Cotransporter). Dieser wurde als erstes in den enteroendokrinen Zellen im Dün- und Dickdarm beschrieben. Glukose und Natriumionen werden von SGLT1 (Natrium-Glukose-Cotransporter 1) kotransportiert. Dies passiert aus dem Darmlumen (Verhältnis von 2:1) und führt durch eine Depolarisierung zu einem Aktionspotenzial und zur Sekretion von GLP1 und GLP2 (Glucagon-like Peptide-1 und Glucagon-like Peptide-2) (Armour et al., 2022).

Zum anderen gibt es den KATP-vermittelten-Signalweg (KATP = ATP-sensitiver Kaliumkanal). Der KATP-Weg hängt von der Erzeugung von ATP aus der in die Betazellen transportierten Glukose ab. Betazellen exprimieren GLUT2 (Glukosetransporter 2) und Glucokinase. Beide sind nur bei Glukosekonzentrationen über 5,5 mmol/L aktiv (Hjørne et al., 2022; Ishihara, 2022). Die Verstoffwechselung von phosphorylierter Glukose über die Glykolyse und den Zitronensäurezyklus erhöht das Verhältnis von ATP zu ADP. Das führt zur Schließung des KATP-Kanals, Depolarisierung der Zellmembran und Sekretion von Insulin. Dieser Weg findet vor allem in den Alpha- und Delta-Zellen der Bauchspeicheldrüse, in glukosesensitiven Neuronen des Hypothalamus und in enteroendokrinen Zellen statt (Sukumaran et al., 2016; Yasumatsu et al., 2020).

Glukosetransporter, darunter SGLT1, mehrere Mitglieder der GLUT-Familie und KATP, werden zusammen mit TAS1R3 in süßen Geschmackszellen exprimiert (Yasumatsu et al., 2020).

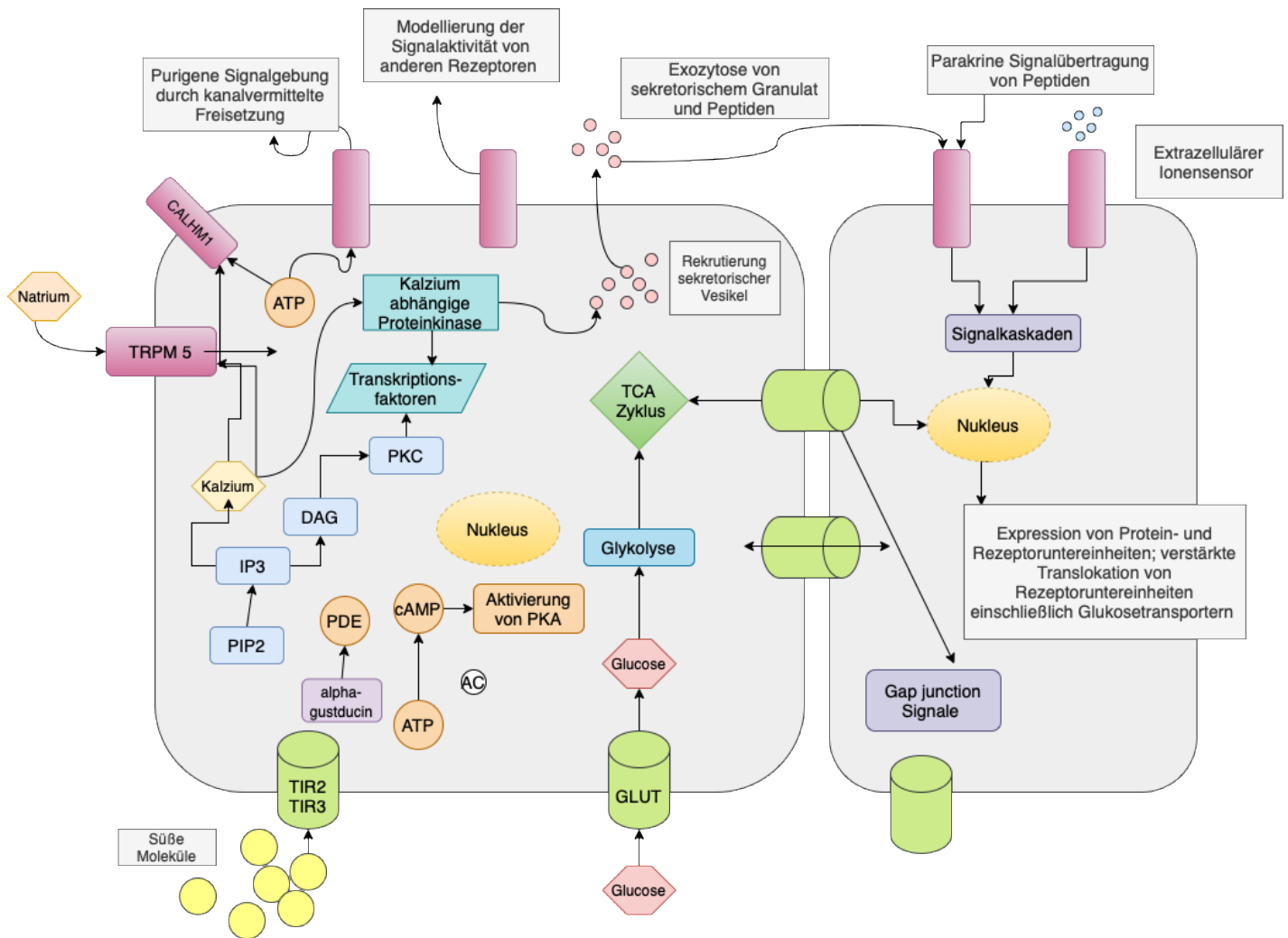


Abbildung 18: Schema der intrazellulären Signalweiterleitung nach der Konsumation von süßen Lebensmitteln. [Eigene Darstellung nach Boron & Boulpaep, 2020 und Clapham, 2003]

### 3 Zielsetzung und Hypothesen

Um dem stetigen Anstieg an übergewichtigen und adipösen Menschen entgegenwirken zu können und den damit verbundenen Folgeerkrankungen wie Diabetes Typ-2, Herz-Kreislauf-Krankheiten, nichtalkoholische Fettleber, Schlaganfall und Krebs vorzubeugen, empfiehlt die WHO die Aufnahme von Sucrose in Getränken und Lebensmitteln zu reduzieren. Konkret zielt die Empfehlung auf eine Reduktion auf maximal 5 % der Gesamtenergieaufnahme ab, was umgerechnet circa 25 g Sucrose pro Tag entspricht (WHO, 2021). Eine durchschnittliche Person in Österreich nimmt dagegen im Durchschnitt 82 g Sucrose pro Tag zu sich (Statista, 2022b).

Zuckerersatzstoffe wie Süßungsmittel oder Zuckeralkohole könnten einen wertvollen Beitrag für die Lösung dieser Problematik leisten. Mit ihnen wird nicht das Volumen der Nahrung reduziert, sondern die Energiedichte der Lebensmittel mitunter stark herabgesetzt, da die oben genannten Alternativen eine deutlich geringere bis gar keine Kalorienanzahl aufweisen. Auf den süßen Geschmack muss theoretisch nicht verzichtet werden. Praktisch jedoch hinterlassen viele dieser Süßungsmittel einen kühlen und metallischen Geschmack im Mund. Viele KonsumentInnen bringen auch einen bitteren und oft auch zu künstlichen, süßen Geschmack mit Lebensmitteln und Getränken in Verbindung, welche mit Zuckerersatzstoffen gesüßt wurden (Fernstrom, 2015). Außerdem gibt es als 1:1 Ersatz von Sucrose im Moment nur zwei Alternativen am Markt: Xylit und Erythrit. Beide Zuckeraustauschstoffe sind mit den oben erläuterten negativen sensorischen Attributen verbunden. Die künstlichen Süßungsmittel werden bis heute nur einzeln und nicht in Kombination angeboten und untersucht. Es sind keine Arbeiten bekannt, welche eine Kombination aus 2 oder mehr Zuckeraustauschstoffen hinsichtlich ihres sensorischen Profils, ihrer Hitzestabilität und ihrer Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel untersuchen.

Vor diesem Hintergrund wurde ENSO 16 konzipiert. Bei ENSO 16 handelt es sich um eine Rohstoff-Mischung, welche von NEOH by Alpha Republic GmbH entwickelt wurde. ENSO 16 besteht aus insgesamt 16 Bestandteilen wovon 30 % Süßungsmittel und 70 % pflanzliche Ballaststoffe sind. Die pflanzlichen Ballaststoffe stammen aus der Zichorie, aus Mais und aus der Agave; die verwendeten Süßungsmittel setzen sich unter anderem aus Erythrit, Sucralose und Polydextrose zusammen. Die Mischung wurde konzipiert, um einen adäquaten

Zuckerersatz herstellen zu können, welcher im Gegensatz zu anderen Süßstoffen und Süßungsmitteln kein kühles Mundgefühl, kein Brennen, keinen metallischen Geschmack und keinen künstlichen und bitteren Nachgeschmack verursacht. Die Mischung wurde zudem so entwickelt, dass er sich durch die Zusammensetzung der 16 enthaltenen Rohstoffe nicht auf den Blutzuckerspiegel auswirken soll. Dies ist nicht nur den ausgewählten Zuckerersatzstoffen geschuldet, sondern vor allem den zugefügten pflanzlichen Ballaststoffen. Die Mischung ist bei Raumtemperatur und in einer kühlen und trockenen Umgebung 24 Monate haltbar. Sämtliche Inhaltstoffe haben von der FDA den GRAS-Status und sind somit entsprechend des derzeitigen Wissensstands als unbedenklich für den menschlichen Verzehr eingestuft. Das Aussehen von ENSO 16 ist creme-weiß, die Textur ist die eines feinen Pulvers. ENSO 16 soll und kann im täglichen Gebrauch 1:1 wie herkömmliche Sucrose eingesetzt werden. Im Anhang ist das Produktspezifikations-Datenblatt zu finden. (siehe Anhang, i)

Bei einigen Zuckeraustauschstoffen handelt es sich um große Moleküle mit Ringstrukturen. Solche chemischen Konfigurationen sind anfällig für komplexe Zersetzungsreaktionen bei höheren Temperaturen (Barker & Smalley, 1971). In dieser Arbeit soll nun untersucht werden, ob die enthaltenen Stoffe in der Mischung ENSO 16 bei hohen Temperaturen bis 200 Grad Celsius stabil bleiben. Da die Flüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie zur Analyse von Zuckerersatzstoffen gute Ergebnisse in bisherigen Studien erzielte, zieht auch die vorliegende Arbeit diese Methode heran. Ziel ist die Entwicklung einer Methode, mit der untersucht werden kann, dass der Gehalt an Saccharose, Glukose und Fruktose beim Erhitzen von wässrigen Lösungen mit ENSO 16 quantitativ nicht ansteigt. Es soll gezeigt werden, dass ENSO 16 bei hohen Temperaturen stabil ist und sich keine Verbindungen bilden, welche eine höhere Energiedichte haben und sich somit auf den Blutzuckerspiegel auswirken.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist es zu untersuchen, ob der Geschmack von ENSO 16 von KonsumentInnen dem Geschmack von Sucrose als gleich empfunden wird. Im ersten Schritt sollte erhoben werden, ob KonsumentInnen (ungeschulte Prüfpersonen) im Zuge eines Unterschiedstests signifikante Unterschiede zwischen den mit ENSO 16 hergestellten Produkten und den zuckerbasierten Referenzprodukten erkennen würden. Hierfür wurden die Sachertorte, ein Biskuitkuchen und Mürbteigkekse als relevante Produktgruppen herangezogen. Sofern für die Produktgruppen signifikante Unterschiede im Unterschiedstest gezeigt werden, sollten die Produkte in einem weiteren Schritt einem Akzeptanztest

unterzogen werden, um zu erheben, inwiefern sich die Akzeptanz zwischen den Vergleichsprodukten unterscheidet. Im Detail sollte erhoben werden, inwiefern die KonsumentInnen Geruch, Geschmack, Textur, Nachgeschmack und die Produkte insgesamt im Vergleich beurteilen, sodass schließlich eine Aussage darüber getroffen werden kann, ob und in welchem Ausmaß KonsumentInnen den Einsatz von ENSO 16 in den gewählten Produktgruppen akzeptieren. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Süßwahrnehmung der Produkte gelegt werden. Eine spezifische Zielgruppe wurde im Vorfeld definiert. So wurden nur Personen zwischen 7 und 60 Jahren zu den sensorischen Testungen ausgewählt. Die Prüfpersonen sollten ebenfalls keine Allergien, Unverträglichkeiten oder Abneigungen gegen in den Verkostungsproben eingesetzte Zutaten aufweisen. Um neben den oben genannten Sensoriktests auch noch das zeitliche Geschmacksprofil von ENSO 16 im Vergleich zu Sucrose und einem anderen Süßungsmittel zu untersuchen, wurden sensorisch geschulte Panelisten gebeten, die Stoffe bezüglich verschiedener Attribute wie Zeit zum Einsetzen der Süße, Bitterkeit, metallischer Geschmack, Adstringenz, Süßintensität und Nachklang der Süße nach dem Ausspucken der Probe zu bewerten.

Derzeit gibt es keine Studien, in denen eine Kombination von mehreren Zuckeraustauschstoffen hinsichtlich der Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel untersucht wird. In einer Studie von Meyer-Gerspach et al. aus dem Jahr 2021 wurde die Wirkung von Xylit untersucht. Es wurden 30 g Xylit in 200 mL Wasser gelöst und den Studienteilnehmenden oral verabreicht. Es zeigte sich, dass Xylit zu einem dosisabhängigen Anstieg von Glukose und Insulin im Blut führte. Für ENSO 16 wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Mischung eine deutlich geringere Auswirkung auf Marker des Glukosestoffwechsels (Plasmaglukose, Insulin, C-Peptid) im Vergleich zu einer äquivalenten Glukosedosis hat. Aus diesem Grund wurde eine klinische Studie in Kooperation mit dem AKH Wien durchgeführt, welche die oben aufgestellte Hypothese testen soll. Als primäres Ziel der Studie wurde die Prüfung der Wirkung von oral verabreichtem ENSO 16 oder Glukose auf den Plasmaglukosespiegel definiert. Als sekundäres Ziel der Studie gilt die Prüfung der Wirkung von oral verabreichtem ENSO 16 oder Glukose auf die Freisetzung von Plasmainsulin und die Freisetzung von C-Peptid im Plasma. Außerdem wird die Auswirkung von ENSO 16 oder Glukose auf gastrointestinale Symptome anhand eines Fragebogens bewertet.



## 4 Material und Methoden

### 4.1 Material

#### 4.1.1 Sensorische Untersuchungen

##### Verbrauchsmaterialien und Geräte

*Tabelle 1: Geräte [Sensorische Untersuchungen]*

| Gerät                                | Hersteller                             |
|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Becherglas (50 mL)                   | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE |
| Becher (zum Trinken und Reinspucken) |                                        |
| Bürette (10 mL, $\pm 0,02$ ml genau) | B. Braun Melsungen AG, Melsungen, DE   |
| Präzisionswaage, Entris 224I-1S      | Satorius AG, G.ttingen, DE             |
| Präzisionswaage, PioneerTM           | OHAUS, Parsippany, US                  |
| Rundkolben (200 mL, 500 mL)          | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE |
| Spatel (diverse Größen)              | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE |
| Handmixer Kult S                     | WMF                                    |
| Rührschüsseln                        | IKEA                                   |

*Tabelle 2: Verbrauchsmaterialien [Sensorische Untersuchungen]*

| Material                             | Hersteller                             |
|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Becher (klein, zum Verkosten)        |                                        |
| Laborhandschuhe, MicroflexTM         | Thermo Fisher Scientific, Waltham, US  |
| Wischtücher, Rotizell®-Taschentücher | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE |

Tabelle 3: Programme [Sensorische Untersuchungen]

| Programm                       | Hersteller                                    |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| Microsoft Excel                | Microsoft Corporation, Redmond, USA           |
| Microsoft Excel-Add-On XLStat® | Microsoft Corporation, Redmond, USA           |
| Prism 8                        | GraphPad Software Inc, San Diego, USA         |
| RedJade®                       | Tragon Corporation, Illinois, USA             |
| Stagraphics 19                 | Statgraphics Technologies, Inc, Virginia, USA |
| SPSS 28                        | IBM Corporation, Armonk, NY, USA              |

## Zutatenlisten Backwaren

Bei sämtlichen Zutaten der Backwaren (sofern nicht explizit anders erwähnt) handelt es sich um Produkte, welche in lokalen Supermärkten zu finden sind.

Tabelle 4: Zutatenliste Sacherböden

| Zutat*             | Menge [kg] |
|--------------------|------------|
| Biskuit Mix Soft** | 1,32       |
| ENSO / Sucrose***  | 0,68       |
| Kakao              | 0,10       |
| Butter (flüssig)   | 0,25       |
| Wasser, ca.        | 0,65 L     |

\*für 8 Sacherböden

\*\*Hersteller STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH (genaue Zutatenliste siehe Anhang, iv)

\*\*\*es wurden jeweils 8 Böden mit Sucrose und 8 Böden mit ENSO 16 hergestellt

Die feuchten Zutaten wurden zuerst mit einem Handmixer für 6 Minuten aufgeschlagen, die trockenen Zutaten wurden danach hinzugegeben und für weitere 5 Minuten gemixt. Die Böden wurden in einer Springform mit dem Durchmesser von 20 cm bei 190 °C Heißluft für 40 Minuten gebacken.

Tabelle 5: Zutatenliste Ganache

| Zutat      | Menge [kg] |
|------------|------------|
| Schokolade | 1,20       |
| Obers      | 0,80       |

\*für 8 Sachertorten

Tabelle 6: Zutatenliste fertige Sachertorte

| Zutat*            | Menge [kg] |
|-------------------|------------|
| Sacherboden       | 0,40       |
| Marillenkönfitüre | 0,17       |
| Ganache           | 0,25       |

\* für eine fertige Sachertorte

Tabelle 7: Zutatenliste Biskuitkuchen

| Zutat              | Menge [kg] |
|--------------------|------------|
| Biskuit Mix Soft** | 1,32       |
| ENSO / Sucrose***  | 0,68       |
| Wasser, ca.        | 0,65 L     |

\* für 8 Biskuitkuchen

\*\*Hersteller STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH (genaue Zutatenliste siehe Anhang, iv)

\*\*\*es wurden jeweils 8 Biskuitkuchen mit Sucrose und 8 Biskuitkuchen mit ENSO 16 hergestellt

Die feuchten Zutaten wurden zuerst in einem Handmixer für 6 Minuten aufgeschlagen, die trockenen Zutaten wurden danach hinzugegeben und für weitere 5 Minuten gemixt. Die Kuchen wurden in einer Kastenform mit einer Länge von 35 cm bei 190 °C Heißluft für 40 Minuten gebacken.

Tabelle 8: Zutatenliste Mürbteigkekse

| Zutat*               | Menge [kg] |
|----------------------|------------|
| Mürbteig Mischung ** | 0,755      |
| ENSO 16 / Sucrose*** | 0,245      |
| Wasser               | 0,100 L    |

\* für 70 Stück Mürbteigkekse

\*\*Hersteller STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH, (genaue Zutatenliste siehe Anhang, iv)

\*\*\*es wurden jeweils 70 Mürbteigkekse mit Sucrose und 70 Mürbteigkekse mit ENSO 16 hergestellt

Alle Zutaten wurden in eine Rührschüssel gegeben, die trockenen Zutaten wurden mit den feuchten Zutaten vermengt. Die gesamte Masse wurde 9 Minuten mit einem Handmixer aufgeschlagen und bei 190 °C Heißluft für 10 Minuten gebacken.

#### Zusammensetzung der Lösungen und Einschmeckskala

Tabelle 9: Schema Herstellung Einschmeckskala zur Durchführung des sensorischen Tests „Zeitliches Geschmacksprofil“.

| Süßintensität | Zuckerlösung [mL] | Wasser [mL] |
|---------------|-------------------|-------------|
| 0 %           | 0                 | 200         |
| 0,6 %         | 12                | 188         |
| 2 %           | 40                | 160         |
| 5 %           | 100               | 100         |
| 10 %          | Nur Stocklösung*  | 0           |

\* Für die Stocklösung wurden 50 g Sucrose in einen 500 mL Rundkolben gegeben und bis zur Marke aufgefüllt

Tabelle 10: Zusammensetzung der Probelösungen Sucrose, Aspartam und ENSO 16.

| Rohstoff        | Hersteller                               | Süßintensität | Rohstoff [g] | Wasser [mL] |
|-----------------|------------------------------------------|---------------|--------------|-------------|
| <b>Aspartam</b> | Sigma-Aldrich, Darmstadt, DE             | 5 %           | 0,038        | 200         |
| <b>ENSO 16</b>  | NEOH by Alpha Republic GmbH,<br>Wien, AT | 5 %           | 26           | 200         |
| <b>Sucrose</b>  | Wiener Zucker, AGRANA, Wien,<br>AT       | 5 %           | 10           | 200         |

#### 4.1.2 Analytische Untersuchungen

##### Verbrauchsmaterialien und Geräte

Tabelle 11: Geräte [Analytische Untersuchungen]

| Gerät                                                 | Hersteller                                    |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Analysenwaage New Classic MS                          | Mettler-Toledo GmbH, Wien, AT                 |
| Becherglas (50 mL, 200 mL, 500 mL, 1 L)               | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE        |
| Duranglasflasche (500 mL)                             |                                               |
| Eppendorf Centrifuge 5810 R                           | Eppendorf SE, Hamburg, DE                     |
| Luna 5 µm NH <sub>2</sub> 100 Å, LC Column 250 x 2 mm | Phenomenex Inc., California, USA              |
| Ofen                                                  | HERAEUS GesmbH, Wien, AT                      |
| PerfectSpin Mini Zentrifuge                           | PEQLAB Biotechnologie GmbH, Erlangen, DE      |
| Pioneer Waage PA114                                   | Ohaus Corporation, New Jersey, USA            |
| Pioneer Waage PA2102                                  | Ohaus Corporation, New Jersey, USA            |
| Rühr- und Heizplatte VMS-C4                           | VWR International GmbH, Darmstadt, DE         |
| Shimadzu LCMS-8040 – Triple Quadrupole MS             | Shimadzu HandelsgmbH, Korneuburg, AT          |
| Spatel (diverse Größen)                               | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE        |
| (U)HPLC-DAD, UltiMate 3000RS                          | Dionex, Thermo Fisher Scientific, Waltham, US |
| Ultraschallbad USC TH                                 | VWR International GmbH, Darmstadt, DE         |
| Vortexmischer RS-VA10                                 | Phoenix Instrument GmbH, Garbsen, DE          |
| Wiegeschale                                           |                                               |

Tabelle 12: Verbrauchsmaterialien [Analytische Untersuchungen]

| Material                                                                           | Hersteller                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Bürette (10 mL, 20 mL, $\pm 0,02$ ml genau)                                        | B. Braun Melsungen AG, Melsungen, DE      |
| Einmalkanüle, Sterican® Standardkanülen, Gr. 2, steril                             | B. Braun Melsungen AG, Melsungen, DE      |
| Einmalspritze, Injekt® Solo, steril, 2 mL                                          | B. Braun Melsungen AG, Melsungen, DE      |
| Eppendorf Research Pipetten (20 $\mu$ L, 200 $\mu$ L, 500 $\mu$ L, 1000 $\mu$ L)   | Eppendorf SE, Hamburg, DE                 |
| Eppendorf Tubes (1 mL, 2 mL)                                                       | Eppendorf SE, Hamburg, DE                 |
| Filterpapier 32 cm                                                                 | Whatman International Ltd., Maidstone, UK |
| Laborhandschuhe, Microflex™                                                        | Thermo Fisher Scientific, Waltham, US     |
| Messkolben (10 mL, 25 mL, 50 mL)                                                   | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE    |
| Messzylinder (100 mL, 500 mL, 1L)                                                  | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE    |
| Mikroeinsatz 0,2 mL, 30,75x5 mm Klarglas                                           | VWR International GmbH, Darmstadt, DE     |
| Pipettenspitzen TipOne® (10 $\mu$ L; 200 $\mu$ L; 500 $\mu$ L; 1000 $\mu$ L)       | STARLAB INTERNATIONAL GmbH                |
| Präzisionswaage, Entris 224I-1S                                                    | Satorius AG, Göttingen, DE                |
| Präzisionswaage, Pioneer™                                                          | OHAUS, Parsippany, US                     |
| Rotilabo® Spritzenfilter, PVDF, unsteril, 22 $\mu$ m Porengröße, 13 mm Durchmesser | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE    |
| Schraubkappen, PP, schwarz, ND8                                                    | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE    |
| Silikon Septum 08020103                                                            | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE    |
| Tubes 50 m                                                                         | Sarstedt AG & Co. KG, Nümbrecht, DE       |
| Vial 32 x 11,6 mm, FLK 103.367                                                     | Shimadzu HandelsgmbH, Korneuburg, AT      |

Tabelle 13: Programme [Analytische Untersuchungen]

| Programm                           | Hersteller                            |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Chromeleon Client Program 6.80 SR9 | Shimadzu HandelsgmbH, Korneuburg, AT  |
| Excel 2019                         | Microsoft Corporation, Redmond, USA   |
| LabSolutions                       | Shimadzu HandelsgmbH, Korneuburg, AT  |
| Prism 8                            | GraphPad Software Inc, San Diego, USA |
| Simplot 11                         | SYSTAT, Inpixon GmbH, Königsallee, DE |

## Chemikalien

Tabelle 14: Chemikalien [Analytische Untersuchungen]

| Chemikalie                               | Hersteller                             |
|------------------------------------------|----------------------------------------|
| Acetonitril, für HPLC LC MS              | VWR International GmbH, Darmstadt, DE  |
| Ammoniaklösung 25%, LiChropur® für LC-MS | Merck Millipore, Massachusetts, USA    |
| D (-) – Fruktose                         | AppliChem GmbH, Darmstadt, DE          |
| D (+) – Glukose wasserfrei               | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE |
| D (+) – Saccharose                       | Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, DE |
| ENSO 16                                  | NEOH by Alpha Republic GmbH, Wien, AT  |
| Ethanol absolute                         | VWR International GmbH, Darmstadt, DE  |
| Sucralose, Tate & Lyle PLC               | Tate & Lyle PLC, London, UK            |
| Wasser, für HPLC LC MS                   | VWR International GmbH, Darmstadt, DE  |

## Zusammensetzungen der Lösungen

Tabelle 15: Eluenten

| Eluent   | Chemikalie               | Menge [mL] |
|----------|--------------------------|------------|
| <b>A</b> | NH <sub>3</sub> [25%]    | 1          |
|          | Wasser [für HPLC, LC-MS] | 499        |
| <b>B</b> | CH <sub>3</sub> CH       | 500        |



Tabelle 16: Konzentrationen der Sucralose, Saccharose, Glukose, Fruktose und ENSO 16 Ausgangslösungen für LC-MS Scan und LC-MS Product Ion Scan

| Chemikalie | Einwaage [mg] | Bidest. Wasser [mL] |
|------------|---------------|---------------------|
| Sucralose  | 1,4           | 1,4                 |
| Saccharose | 1,4           | 1,4                 |
| Glukose    | 1,1           | 1,1                 |
| Fruktose   | 1,1           | 1,1                 |
| ENSO 16    | 10            | 1                   |

Tabelle 17: Schema der Zusammensetzung der einzelnen Multikomponentenstandards für das Standardadditionsverfahren

| Sample | Sucralose [ $\mu$ L] | Saccharose [ $\mu$ L] | Glukose [ $\mu$ L] | Fruktose [ $\mu$ L] | ENSO [ $\mu$ L] |
|--------|----------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| 1      | 2                    | 50                    | 50                 | 50                  | 848             |
| 2      | 4                    | 100                   | 100                | 100                 | 696             |
| 3      | 6                    | 150                   | 150                | 150                 | 544             |
| 4      | 8                    | 200                   | 200                | 200                 | 392             |
| 5      | 10                   | 250                   | 250                | 250                 | 240             |
| 6      | 12                   | 300                   | 300                | 300                 | 88              |

\*Ausgangslösungen für die Erstellung der Multikomponentenstandards siehe Tabelle 16

Tabelle 18: ENSO 16 Lösungen Hitzeuntersuchung ohne Matrix

| Chemikalie     | Menge  |
|----------------|--------|
| ENSO 16        | 200 g  |
| Bidest. Wasser | 700 mL |

Tabelle 19: ENSO 16 Lösungen Hitzeuntersuchung mit Matrix

| Chemikalie        | Menge  |
|-------------------|--------|
| Kekse mit ENSO 16 | 100 g  |
| Bidest. Wasser    | 350 mL |

#### 4.1.3 Klinische Studie

##### Studienmedikamente

Tabelle 20: Studienmedikamente und Dosierung

| Stoff                     | Hersteller                                                                            | Dosierung                             |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>ENSO 16</b>            | NEOH by Alpha Republic GmbH                                                           | 30 g, gelöst in 200 ml Leitungswasser |
| <b>Glukose<br/>Pulver</b> | Special Ingredients Ltd, 4, Foxwood<br>Industrial Park, Chesterfield, S41 9RN<br>U.K. | 30 g, gelöst in 200 ml Leitungswasser |

##### Verbrauchsmaterialien und Geräte

Tabelle 21: Verbrauchsmaterialien [klinische Studie]

| Verbrauchsmaterialien                               | Hersteller                                              |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| HCG Pregnancy Test                                  | DIPROmed GmbH, Vösendorf, AT                            |
| Serum Clot Activator Röhrchen Vacuette®<br>(8 mL)   | Greiner Bio-One International GmbH,<br>Kremsmünster, AT |
| Sodium Fluoride K3EDTA Röhrchen<br>Vacuette® (4 mL) | Greiner Bio-One International GmbH,<br>Kremsmünster, AT |
| Venenverweilkatheter: Vasofix Saefly 18G            | B. Braun Melsungen AG, Melsungen, DE                    |
| Zellstofftupfer                                     | Lohmann&Rauscher                                        |

Die Blutabnahme wurde am AKH Wien, Abteilung für klinische Pharmakologie, vom dortigen Personal durchgeführt. Weiteres, hier nicht angeführtes, Studienmaterial, welches im Rahmen der Durchführung der klinischen Studie vom Studienpersonal des AKH benutzt wurde, kann in der Abteilung für klinische Pharmakologie angefragt werden.

Tabelle 22: Geräte [klinische Studie]

| Gerät                      | Hersteller                                   |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| Blutzuckermessgerät FORA 6 | SMART OTC GmbH, Konstanz, DE                 |
| Überwachungsmonitor VISTA  | Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lübeck, DE         |
| Stauschlauch               |                                              |
| Zentrifuge Rotina 380R     | Andreas Hettich GmbH & Co.KG, Tuttlingen, DE |

*Tabelle 23: Programme [klinische Studie]*

| Programm                                          | Hersteller                            |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Excel 2019                                        | Microsoft Corporation, Redmond, USA   |
| Prism 8                                           | GraphPad Software Inc, San Diego, USA |
| Statistiksoftware R<br>(v4.2.0; R Core Team 2022) | Bell Laboratories, now GNU project    |
| SPSS 28                                           | IBM Corporation, Armonk, NY, USA      |

## 4.2 Methoden

### 4.2.1 Sensorische Untersuchungen

#### Dreiecktest - Vortest

Der Dreieckstest zählt zu den analytischen Methoden und gibt Auskunft darüber, ob Unterschiede zwischen sehr ähnlichen und optisch gleichen Produkten durch geschulte Prüfpersonen erkennbar sind. Den ProbandInnen werden drei Proben gereicht, wovon zwei Proben gleich sind und eine sich davon unterscheidet. Die abweichende Probe soll von den Prüfpersonen identifiziert werden. Damit kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob signifikant Unterschiede zwischen zwei ähnlichen Vergleichsprodukten wahrnehmbar sind (Derndorfer, 2016). Wenn ungeschulte Prüfpersonen Unterschiede zwischen den Produkten identifizieren sollen und um statistisch fundierte Ergebnisse generieren zu können, ist eine Probandenanzahl von 30 Personen notwendig (Oehlenschläger & Manthey-Karl, 2010). Bei den ProbandInnen des Dreieckstests, welcher im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurde, handelte es sich um KonsumentInnen, nicht um geschulte Panelisten.

#### Testdurchführung Dreieckstest – Vortest

Der Test wurde am 02.04.2022 im Sensoriklabor der FH Wr. Neustadt, Campus Wieselburg, durchgeführt, welches laut DIN EN ISO 8589 eingerichtet ist. Die Aussendung für den Vortest wurde von zuständigen Personen am Campus Wieselburg durchgeführt. Es wurden Personen vor Ort sowie über den Foodblog Food Pioneers rekrutiert. Den ProbandInnen wurde mitgeteilt, dass es sich bei den Proben um jeweils zwei gleiche und eine abweichende handelt. Die abweichende Probe sollte identifiziert werden.

46 KonsumentInnen (39 bei den Sachertorten) nahmen an dieser sensorischen Testung teil. Insgesamt verkosteten 28 weibliche und 18 männliche Personen die Mürbteigkekse und den Biskuitkuchen und 25 weibliche und 14 männliche Personen die Sachertorte. Die Proben wurden sequentiell monadisch und randomisiert in der Reihenfolge Torte, Biskuit und Kekse gereicht. Die Proben wurden mit Probencodes versehen, welche in Tabelle 24 aufgelistet sind. Rückkosten war innerhalb der Proben, wie im Dreieckstest üblich, erlaubt.

Zum Neutralisieren wurde Wasser angeboten. Die Darreichung erfolgte blind, also ohne Information zu Hersteller oder Marke. Auf die im Produkt enthaltenen Allergene Weizen, Milch, Eier und Spuren von Nüssen wurde ausdrücklich im Begrüßungstest hingewiesen. In Abbildung 19 ist die Probendarreichung abgebildet.

Tabelle 24: Probencodierung Dreieckstest

| Probe                  | Code |      |
|------------------------|------|------|
| <b>Kuchen</b>          | 1425 | 7624 |
| <b>Kuchen ENSO 16</b>  | 5905 | 2947 |
| <b>Keks</b>            | 6475 | 9713 |
| <b>Keks ENSO 16</b>    | 3122 | 4950 |
| <b>Biskuit</b>         | 4683 | 8390 |
| <b>Biskuit ENSO 16</b> | 5738 | 2185 |



Abbildung 19: Probendarreichung Dreieckstest an der FH Wiener Neustadt.

Das Testdesign sowie die Datenerfassung wurden mit Hilfe des Programms RedJade® (Tragon Corporation, Illinois, USA) computerunterstützt durchgeführt. Der dafür verwendete Prüfplan sowie der Fragebogen sind dem Anhang zu entnehmen. (siehe Anhang, xiii) Die erhobenen Daten wurden anschließend in das Microsoft Excel-Add-On XLStat® (Microsoft Corporation, Redmond, USA) überführt.

Die Auswertung des Dreieckstests erfolgt über die Binomialverteilung. Anhand dieser lässt sich unter Berücksichtigung der Probandenanzahl und der gewährten Irrtumswahrscheinlichkeit

ermitteln, ob ein Unterschied zwischen zwei Proben signifikant erkannt werden konnte, also ob der erkannte Unterschied zufällig zustande gekommen ist oder nicht (Derndorfer, 2016). Der sogenannte p-Wert gibt dabei die Wahrscheinlichkeit für das Zustandekommen des beobachteten Unterschieds zwischen zwei Proben an, unter der Annahme, dass sich die Proben nicht unterscheiden. Für die Berechnung der Signifikanz ist das Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit) anzugeben, welches in der Regel mit fünf Prozent angenommen wird (Derndorfer, 2016).

### Akzeptanztest

Der Akzeptanztest wird den hedonischen Prüfmethoden zugeordnet. Dieser wird unter anderem eingesetzt um abzuschätzen, wie sehr ein Produkt KonsumentInnen zusagt. Diese Methode beruht nicht auf analytischen, objektivierten Beurteilungen durch wenige, gut geschulte sensorische Prüfpersonen, sondern sie erfasst die subjektiven, ganzheitlichen Bewertungen von KonsumentInnen (Dürschmid, 2010). Der paarweise Akzeptanztest ist eine Sonderform des Akzeptanztests, bei dem immer zwei Proben gleichzeitig verkostet und beurteilt werden. Dies hat den Vorteil, dass bei sehr ähnlichen Proben eher Unterschiede in der Beurteilung erfragt werden können als bei einer sequentiell monadischen Darreichung. Die Prüfpersonen werden dabei zufällig aus der spezifischen Zielgruppe ausgewählt, die sensorische Sensitivität dieser Personen spielt keine Rolle (Derndorfer, 2016). Laut DIN EN ISO 11136 darf die Anzahl von 60 Testpersonen für eine statistische Auswertung nicht unterschritten werden (DIN, 2020). Bei den ProbandInnen des Akzeptanztests, welcher im Zuge dieser Arbeit durchgeführt wurde, handelte es sich um KonsumentInnen, nicht um geschulte Panelisten.

### Testdurchführung Akzeptanztest

Der Akzeptanztest wurde am 17. und 18. August 2022 an der Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien im Sensoriklabor der Muthgasse 18 durchgeführt. Die Rekrutierung für den Akzeptanztest an der BOKU Wien fand durch einen Doodle Link statt, welcher intern an der BOKU, sowie extern an Bekannte und Familie weitergegeben wurde. Zusätzlich wurden ProbandInnen auch noch vor Ort rekrutiert. Den ProbandInnen wurde mitgeteilt, dass es sich bei den gereichten Proben um Kuchen und Kekse handelt. Erst wurden Beliebtheitsurteile aller

Proben hinsichtlich Aussehen, Geruch, Geschmack, Nachgeschmack und Textur auf einer 9 Punkte Hedonik-Skala abgefragt, dann die Intensität der Süße auf einer JAR (Just About Right) Skala bewertet und abschließend gefragt, ob sich die zwei Proben sensorisch unterschieden und ob eine Präferenz besteht. Zusätzlich sollten Begründungen für diese Entscheidungen frei formuliert werden. Die Proben wurden in der Reihenfolge Kekse, Biskuit und Sachertorte verkostet. Die Reihenfolge der beiden Proben Zucker und ENSO 16 am Tablett wurde randomisiert. Zusätzlich erhielten die Testpersonen warmes Wasser, um zwischen den Proben zu neutralisieren und die Wahrnehmungsfähigkeit wiederherzustellen.

Der Akzeptanztest wurde mit 60 KonsumentInnen durchgeführt. An der Verkostung nahmen 25 Männer, 33 Frauen und 2 Personen, welche ihr Geschlecht nicht angaben, teil. Die Proben wurden paarweise und randomisiert gereicht. In Tabelle 25 sind die Randomisierungs-codes der einzelnen Proben aufgelistet. Rückkosten war innerhalb der Probenpaare erlaubt. Zum Neutralisieren wurde warmes Wasser angeboten. Die Darreichung erfolgte blind, also ohne Information zu Hersteller oder Marke. Auf die im Produkt enthaltenen Allergene Weizen, Milch, Eier und Spuren von Nüssen wurde ausdrücklich hingewiesen. In Abbildung 20 ist die Darreichung der Proben dargestellt.

Tabelle 25: Probencodierung Akzeptanztest

| Probe                  | Code |
|------------------------|------|
| <b>Kuchen</b>          | 473  |
| <b>Kuchen ENSO 16</b>  | 661  |
| <b>Keks</b>            | 233  |
| <b>Keks ENSO 16</b>    | 713  |
| <b>Biskuit</b>         | 998  |
| <b>Biskuit ENSO 16</b> | 168  |



Abbildung 20: Darreichung der Mürbteigkekse, Sachertorte und des Biskuitkuchens auf dem Tablett mit den Probencodierungen.

Das Testdesign sowie die Datenerfassung wurden mit Hilfe des Programms RedJade® (Tragon Corporation, Illinois, USA) computerunterstützt durchgeführt. Der dafür verwendete Prüfplan sowie der Fragebogen sind dem Anhang zu entnehmen. (siehe Anhang, xv) Die erhobenen Daten wurden anschließend in Microsoft Excel-Add-On XLStat® (Microsoft Corporation, Redmond, USA) überführt.

Im Hauptteil des Fragebogens wurden mittels 9-Punkt-Hedoniskalen der Geruch, der Geschmack, die Textur, der Nachgeschmack sowie die Gesamtakzeptanz in der angeführten Reihenfolge abgefragt. Die Beurteilung des Geschmacks wurde um eine JAR-Frage zur Süße erweitert, um zu erheben, ob die Beurteilung der Gesamtakzeptanz abhängig von der wahrgenommenen Süße der Proben ist. Danach wurden die Prüfpersonen gebeten, anzugeben, ob sie einen Unterschied zwischen den jeweiligen Probenpaaren wahrnehmen konnten und sofern diese Frage mit ja beantwortet wurde, ihre Präferenz aus den jeweiligen zwei Vergleichsproben zu nennen. Abschließend wurden die TeilnehmerInnen gebeten, demographische Daten wie Alter und Geschlecht anzugeben.

#### Zeitliches Geschmacksprofil

Die Wahrnehmung von sensorischen Eigenschaften eines Produktes mit den menschlichen Sinnen wird mit einer deskriptiven Analyse beschrieben. Für die Analyse werden bestimmte beschreibende Attribute verwendet, um das Produkt charakterisieren zu können. Nachdem alle typischen Eigenschaften für die zu bewertenden Produkte gesucht wurden, wird jedem einzelnen Attribut eine Intensität zugeordnet. Eine Linienskala dient hier als Bewertungsgrundlage. Zur Auswertung werden die Mittelwerte der Bewertungen eines jeden Attributs verwendet und anschließend in einem Spiderweb-Diagramm dargestellt. Anhand dieses Diagramms werden die unterschiedlichen Produkte gut miteinander verglichen. Für die Durchführung dieses Tests wird ein geschultes Panel mit 8 bis 12 Personen benötigt. Außerdem muss jeder versucht mit mindestens einer Wiederholung durchgeführt werden. Mit den erhaltenen Ergebnissen, kann dann eine Optimierung des Produktes erfolgen (Derndorfer, 2006). Bei den ProbandInnen, welche das zeitliche Geschmacksprofil von Sucrose, ENSO 16 und Aspartam ermittelten, handelte es sich um geschulte Panelisten.



Die Durchführung des Tests fand am Institut für Physiologische Chemie der Fakultät für Chemie an der Universität Wien im Christian Doppler Labor für Geschmacksforschung am 11., 12., und 16. August 2022 statt. Die Rekrutierung für den sensorischen Test „Zeitliches Geschmacksprofil“ an der Universität Wien fand durch das dortige Personal statt, welches die geschulten Panelisten der internen Datenbank kontaktierte, sowie durch einen Aushang an den Tagen der Durchführung des Tests und aktiver Rekrutierung der Panelisten vor Ort. Jede Probe wurde an mindestens zwei unterschiedlichen Tagen verkostet, mit einem Minimum von 8 Panelisten. Die Panelisten wurden gebeten, mindestens eine Stunde vor dem Test keine Lebensmittel und Getränke mit intensivem Geschmack zu konsumieren. Als Beispiel wurden Kaugummi, Kaffee und Knoblauch genannt. Außerdem wurden die Panelisten gebeten, mindestens eine Stunde vor der Verkostung nicht zu rauchen.

Am 11. Und 12. August verkosteten 10 Panelisten die drei Proben, am 16. August verkosteten 11 Panelisten die drei Proben. Insgesamt wurden die drei Proben von 21 Personen bewertet. Die Lösungen wurden in kleinen Plastikbechern mit je 20 mL Inhalt gereicht. Die Plastikbecher wurden mit Labels versehen. Die Proben erhielten die Nummern 1, 2 und 3 und die Becher der Einschmeckskala wurden von 0 bis 4 gelabelt. Abbildung 21 zeigt den Platz eines Panelisten mit der Einschmeckskala, den drei Fragebögen (pro Probe ein separater Fragebogen, doppelseitig bedruckt), einer Stoppuhr, einem Wasserbecher, einem Spuckbecher und der Erklärung für den Begriff Onset.

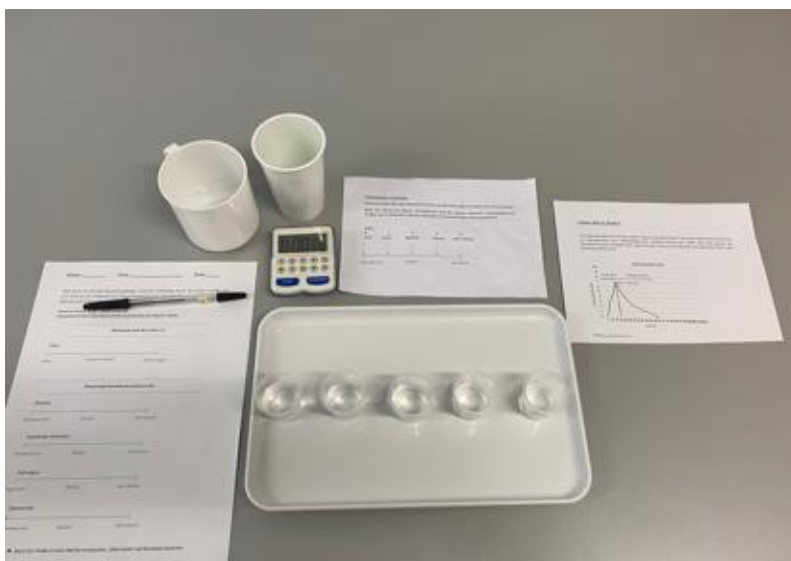


Abbildung 21: Platz eines Panelisten mit den Informationen zur Einschmeckskala und Onset, den Fragebögen und der Einschmeckskala

Für die Evaluierung des sensorischen Profils von ENSO 16 im Vergleich zu herkömmlichem Haushaltszucker und Aspartam wurde im ersten Schritt ein Fragebogen erstellt. Der Fragebogen umfasste die Attribute Onset, Bitterkeit, metallischer Geschmack, Adstringenz, Süßintensität und Süßintensität nach Ausspucken der Probe. Onset bedeutet hierbei die Zeit, bis zum ersten Erreichen der maximalen Süße. Eine Verzögerung kann bei Süßstoffen durchaus möglich sein, findet aber in den ersten Sekunden statt, in denen die Probe in den Mund genommen wird. In Abbildung 22 wird ein Beispiel für Onset aufgeführt.

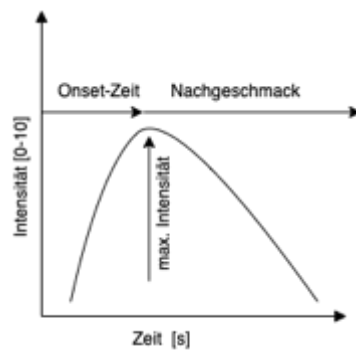


Abbildung 22: Beispieldarstellung zur Erklärung des Begriffes Onset [Eigene Darstellung].

Des Weiteren wurde die Zeit bis zum Ende der Süßwahrnehmung abgefragt und in dieser Periode erneut die Bitterkeit, der metallische Geschmack und die Adstringenz, um den Nachgeschmack der Probe ebenfalls beurteilen zu können. Die Bewertung der Intensität der einzelnen genannten Attribute fand mithilfe einer zehn Zentimeter langen unstrukturierten Linienskala statt. Zu Beginn wurde den ProbandInnen eine Einschmeckskala (siehe Tabelle 9) gereicht. Diese enthielt Zuckerlösungen in den Intensitäten 0 %, 0,6 %, 2 %, 5 % und 10 %. 0% entspricht auf der Linienskala 0 cm und dem Vermerk „überhaupt nicht süß“. 2 % entspricht auf der Linienskala 5 cm (Mitte der Skala) und dem Vermerk „deutlich“. 10 % entspricht auf der Linienskala 10 cm und dem Vermerk „sehr intensiv“. Dazwischen liegen 0,6 % (2,5 cm) und 5 % (7,5 cm).

Bevor die erste Lösung der Einschmeckskala von den ProbandInnen verkostet wurde, wurden diese gebeten, den Mund mit Wasser zu neutralisieren und das Wasser zu schlucken. Danach sollten sie die Proben 0 bis 4 verkosten, indem sie diese mehrere Sekunden im Mund behalten und danach ausspucken sollten. Die drei Proben wurden jeweils auf eine Süßintensität von 5% eingestellt. Die Konzentrationen wurden intern in der Firma NEOH by Alpha Republic GmbH getestet und abgestimmt und mit den Mengen und Erfahrungen des Personals des Christian

Doppler Geschmackslabors an der Universität Wien finalisiert. Die genauen Mengen an Sucrose, Aspartam und ENSO 16 können Tabelle 10 entnommen werden.

Den Panelisten wurde zuerst die Einschmeckskala und danach die die drei Proben gereicht (Reihenfolge 1, 2 und 3), wobei es sich bei der Probe 1 um Sucrose, bei 2 um Aspartam und bei 3 um ENSO 16 handelte. Diese drei Proben wurden anhand der oben genannten Attribute evaluiert. Die ProbandInnen wurden gebeten den Mund erneut mit Wasser zu spülen und das Wasser zu schlucken, dann sollten sie die erste Probe in den Mund nehmen und gleichzeitig die Stoppuhr starten. Innerhalb der ersten zwei Sekunden musste das Attribut Onset bewertet werden. Innerhalb der nächsten 30 Sekunden die Attribute Bitterkeit, metallischer Geschmack, Adstringenz und Süßintensität. Danach musste die Probe ausgespuckt werden. Für die Bewertung des Nachgeschmacks wurde der Fragebogen umgedreht und es wurde die Süßwahrnehmung nach dem Ausspucken der Probe bewertet, die Zeit bis zum Ende der Süßwahrnehmung und erneut die Bitterkeit, der metallische Geschmack und die Adstringenz. Außerdem konnten die ProbandInnen am Ende noch eigene Anmerkungen anfügen. Dieses Verfahren mussten die Panelisten für jede der drei Proben durchführen. Der Fragebogen wurde aus der Studie von Karl et al. (2020) übernommen und ist im Anhang zu finden (siehe Anhang, xix).

Die verschiedenen Proben wurden jeweils 1,5 Stunden, bevor der erste Panelist am Test teilnahm, hergestellt. Für die Einschmeckskala wurden 50 g Sucrose in ein Becherglas eingewogen und mit einem Trichter in einen 500 mL Rundkolben überführt. Der Trichter wurde mit Leitungswasser gespült und der Kolben wurde bis zur Markierung mit Leitungswasser aufgefüllt. Die Lösung wurde in einem Zeitraum von 15 Minuten immer wieder geschwenkt. 5 kleine Glasflaschen mit einem Volumen von je circa 230 mL wurden vorbereitet. In die erste Glasflasche mit der Konzentration von 5 % (Lösung 0) wurden nur 200 mL Wasser gefüllt. Für die Konzentration von 0,6 % (Lösung 1) wurden 12 mL Zuckerlösung mit einer Pipette in die Glasflasche überführt und 188 mL Leitungswasser wurden hinzugegeben. 40 mL Stocklösung und 160 mL Wasser ergaben die Konzentration von 2 % für die Lösung 2 der Einschmeckskala. Lösung 3 setzte sich aus 100 mL Stocklösung und 100 mL Leitungswasser zusammen und ergibt somit eine Konzentration von 5 %. In die letzte Flaschen wurden 200 mL Stocklösung gefüllt mit einer Konzentration von 10 %. Alle Volumina über 12 mL wurden mit einer Mensur abgemessen. Für die drei Proben wurden ebenfalls Lösungen

hergestellt, jeweils in Konzentrationen, welche der Süße einer 5 %-igen Zuckerlösung entsprechen. Für die Zuckerlösung wurden 10 g Sucrose in ein Becherglas eingewogen und mit einem Trichter in einen 200 mL Rundkolben überführt. Der Trichter wurde mit Leitungswasser gespült und bis zur Markierung mit Leitungswasser aufgefüllt. Für die Aspartam Lösung wurden 38 mg Aspartam in ein Becherglas eingewogen, für die ENSO-Lösung 26 g ENSO 16. Beide Ansätze wurden jeweils mit einem mit einem Trichter in einen 200 mL Rundkolben überführt. Der Trichter wurde mit Leitungswasser gespült und bis zur Markierung mit Leitungswasser aufgefüllt. Alle drei Lösungen wurden geschwenkt und für 15 Minuten bei Raumtemperatur stehen gelassen. Dann wurden sie erneut für jeweils circa eine Minute geschwenkt und erneut 10 Minuten bei Raumtemperatur stehen gelassen und danach erneut für jeweils circa eine Minute geschwenkt, bevor sie ausgeschenkt wurden.

### 4.3 Analytische Untersuchungen

#### Methodenentwicklung – Precursor Scan und Product Ion Scan

Durch eine Flüssigkeitschromatographie mit gekoppeltem Triple-Massenspektrometer (LC-MS) konnten die Massenspezies und Fragmente von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose erfasst werden. In Anlehnung an die LC/MS/MS Analysis of Saccharides (NH2P-40 2D) Methode, welche in der Datenbank von Shodex gefunden wurde, wurde die Analyse im negativen Ionenmodus durchgeführt (Shodex, o.d.). Für Eluent A wurde eine 0,05 %  $\text{NH}_3$ -Lösung verwendet. Hierfür wurden 1 mL 25% iger  $\text{NH}_3$  in eine Duranflasche pipettiert, mit 499 mL HPLC-Wasser aufgefüllt und gut gemischt. Für Eluent B wurden 500 mL Acetonitril in eine 500 mL Duranflasche überfüllt. Die mobile Phase war polar. Die Analyten konnten somit aufgrund ihrer Polarität aufgetrennt werden. Die Lösungen wurden im Laufe des Versuchs ein weiteres Mal genau nach diesem Prinzip hergestellt. Aus den Ausgangslösungen von Tabelle 26 wurden nochmals Verdünnungen erstellt. Es wurden jeweils 10  $\mu\text{L}$  Sucralose-, Glukose-, Saccharose-, und Fruktoselösung entnommen und in ein 1 mL Eppendorf-Gefäß überführt und mit jeweils 990  $\mu\text{L}$  bidestilliertem Wasser aufgefüllt. Ein Multikomponentenstandard wurde ebenfalls hergestellt. Hierfür wurden jeweils 10  $\mu\text{L}$  Saccharose-, Sucralose-, Glukose- und Fruktoselösung entnommen und in ein 1 mL Eppendorf-Gefäß überführt und mit 990  $\mu\text{L}$  bidestilliertem Wasser aufgefüllt. Sowohl die Ausgangslösungen als auch die Verdünnungen und der Multikomponentenstandard wurden für jeweils 3 Minuten gevortext und

anschließend für 3 Minuten in einer Tischzentrifuge abzentrifugiert. Danach wurden je 200 µL in einen Mikroeinsatz pipettiert und dieser wurde in ein Vial überführt. Die Vials wurden in den Autosampler bei 4 °C gegeben und dort auch gelagert. Die Auftrennung fand bei 40 °C in einer NH<sub>2</sub> Silika Säule (Luna 5 µm NH<sub>2</sub> 100 Å, 250 x 2 mm von Phenomenex) statt und es wurden jeweils 5 µL Probe in ein UltiMate 3000 Series HPLC-System (Dionex, Thermo Fisher Scientific) injiziert. An die Silika-Oberfläche gebundene Aminogruppen dienen als schwacher Anionenaustauscher. Es wurde unter folgenden Bedingungen gemessen:

Tabelle 26: Protokoll LC-MS Messung

| Protokoll LC-MS          |                                             |
|--------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Eluent A</b>          | 0,05 % NH <sub>3</sub>                      |
| <b>Eluent B</b>          | CH <sub>3</sub> CH                          |
| <b>Methode</b>           | Isokratisch                                 |
| <b>Flussrate</b>         | 0,5 mL / min                                |
| <b>Injektionsvolumen</b> | 5 µL                                        |
| <b>Detektor</b>          | ESI-MS/MS                                   |
| <b>Modus</b>             | Negativ                                     |
| <b>Säule</b>             | Luna 5 µm NH <sub>2</sub> 100 Å, 250 x 2 mm |
| <b>Säulenofen</b>        | 40 °C                                       |

Im Multiple Reaction Mode (MRM), wurde die finale Methode dann bestimmt. Mit dieser Methode konnten dann die Precursor-Ionen-Massen bestimmt werden. Anhand der Anpassung der eV (Elektronenvolt) konnten nochmals spezifischere Übergänge identifiziert werden. Die Spektren wurden mit der Einstellung m/z (Masse-zu-Ladungs-Verhältnis) 50 bis 500 identifiziert. In Tabelle 27 sind die ermittelten Übergänge und Kollisionsenergien von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose gemeinsam mit der spezifischen Retentionszeit aufgelistet.

Tabelle 27: Analyse der MRM-Übergänge und spezifischen CE von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose mittels LC-MS

| Substanz          | Precursor-Ion [m/z] | Product-Ion [m/z] | CE [eV] | Modus | Zeit [min] |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------|-------|------------|
| <b>Sucralose</b>  | 395                 | 359               | 15      | -     | 1,89       |
| <b>Saccharose</b> | 341                 | 89                | 30      | -     | 3,40       |
| <b>Glukose</b>    | 179                 | 89                | 10      | -     | 3,00       |
| <b>Fruktose</b>   | 179                 | 89                | 5       | -     | 2,60       |

Mit den ermittelten MRM-Übergängen wurden die Hitzestabilitätstest von ENSO 16 durchgeführt.

#### Hitzestabilitätstest mit ENSO 16

Um die Stabilität von ENSO 16 zu untersuchen und um nachzuweisen, dass sich trotz Hitzeeinwirkung die Menge an freiem Sucrose in Form von Saccharose, Glukose und Fruktose nicht verändert, wurden mit oben genanntem LC-MS Protokoll ENSO 16 Lösungen mit und ohne Matrix (Keks mit ENSO 16 als Zuckerersatz) untersucht. Die Versuche fanden jeweils in Triplikaten an zwei unterschiedlichen Tagen statt.

Für die ENSO 16 Lösungen ohne Matrix wurden jeweils 200 g ENSO 16 in ein 1 L Becherglas eingewogen und mit 700 mL bidestilliertem Wasser (RT) aufgelöst. Die Lösung wurde 10 Minuten auf einer Rührplatte mithilfe eines Rührkolbens gerührt, anschließend 5 Minuten stehen gelassen und dann weitere 5 Minuten auf der Rührplatte mithilfe eines Rührkolbens gerührt. Diese Schritte wurden bei Raumtemperatur durchgeführt. Als Temperaturen wurden 100 °C, 150 °C und 200 °C gewählt, da diese Temperaturen dem normalen Gebrauch von KonsumentInnen beim Kochen und Backen entsprechen. Es wurde jeweils auch eine Blindprobe, welche nur aus Wasser bestand, mituntersucht. Die Proben in den Bechergläsern wurden in einem Ofen für 45 Minuten bei den jeweiligen Temperaturen erhitzt. Diese Zeit entspricht den durchschnittlichen Backzeiten von Kuchen. Die Temperatur wurde am Ofen direkt eingestellt und mithilfe von einem Thermometer überprüft. Als Indikator für die Wiederfindung diente der Gehalt an Sucralose in der ENSO 16 Mischung.

Des Weiteren wurde untersucht, ob der Rohstoff auch in einer Matrix bei hohen Temperaturen stabil bleibt. Hierzu wurden Mürbteigkekse bei 200 Grad Celsius gebacken. In einem Gefrierbeutel wurden 100 g Kekse auf eine Größe von 1-2 mm zerkleinert. Die genauen Einwaagen sind in der untenstehenden Tabelle 28 aufgelistet. Die zerkleinerten Kekse wurden dann für die Extraktion in ein 500 mL Becherglas mit Rührmagnet überführt und mit 70 mL bidestilliertem Wasser versetzt. Die Mischung wurde 15 Minuten auf der Rührplatte gerührt, anschließend 15 Minuten in ein Ultraschallbad gestellt und danach nochmals 15 Minuten auf der Rührplatte gerührt. Die oben genannten Schritte wurden noch zweimal wiederholt, bis insgesamt 210 mL zu der Keksmasse hinzugegeben wurden. Anschließend wurde die Lösung für 15 Minuten in ein Ultraschallbad gestellt. Danach wurde die Masse in 50 mL Tubes überführt. Diese wurden bei 3000 rpm für 15 Minuten zentrifugiert und die wässrige Phase wurde mit einer Pasteur Pipette entnommen, erneut in 50 mL Tubes überführt und die wässrige Phase wurde erneut 15 Minuten bei 3000 rpm zentrifugiert. Der Überstand der jeweiligen Tubes wurde in ein 500 mL Becherglas überführt und hieraus wurden die Proben für die LC-MS Untersuchung genommen. Bevor die Probenlösung in das Gerät überführt wurde, wurde sie zuerst durch Spritzenfilter mit einer Porengröße von 22 µm gefiltert. Es wurden jeweils 200 µL der Probe in einen Vialeinsatz überführt. Der Versuch wurde in Dreifachbestimmung durchgeführt und als Blindprobe wurden 45 g ENSO 16 eingesetzt. Bei dieser Menge handelt es sich um die enthaltene Menge von ENSO 16 in 100 g Mürbteigkeks.

*Tabelle 28: Einwaage und Zusammensetzung der Versuchsansätze zur Hitzestabilitätsuntersuchung mit Matrix*

| <b>Versuchansatz:</b> | <b>Einwaage:</b> | <b>Bidest. Wasser*</b> |
|-----------------------|------------------|------------------------|
| <b>1 Kek</b>          | 100,37 g Kek     | 210 mL                 |
| <b>2 Kek</b>          | 100,51 g Kek     | 210 mL                 |
| <b>3 Kek</b>          | 100,05 g Kek     | 210 mL                 |
| <b>1 ENSO 16</b>      | 45,07 g ENSO 16  | 210 mL                 |
| <b>2 ENSO 16</b>      | 45,15 g ENSO 16  | 210 mL                 |
| <b>3 ENSO 16</b>      | 45,18 g ENSO 16  | 210 mL                 |

\* Es wurde eine Dreifach-Extraktion durchgeführt – es wurden jeweils 70 mL bidest. Wasser zu den Keksen oder zu ENSO 16 hinzugefügt, bis ein Endvolumen von 210 mL erreicht wurde

Um zu überprüfen, ob die Extraktion erfolgreich war, wurde zum Vergleich noch Ethanol in unterschiedlichen Konzentrationen als Extraktionsmittel ausgewählt. Der Ansatz erfolgte

entsprechend der oben beschriebenen Extraktion, als Extraktionslösung wurde jedoch als erstes 100% iger Ethanol benutzt. Im Folgenden ist die Durchführung mit der Extraktion mit dem 80%igen Ethanol beschrieben. Es wurden zwei Mal 1 L Extraktionslösung aus absolutem Ethanol hergestellt. Dafür wurden jeweils 800 mL absoluter Ethanol in eine 1 L Duranglasflasche gefüllt und mit 200 mL bidestilliertem Wasser auf 1 L aufgefüllt um eine 80 %ige Lösung herzustellen. Die Lösung wurde gut geschüttelt. Die Durchführung fand zum größten Teil übereinstimmend mit der oben beschriebenen Durchführung mit Wasser als Lösungsmittel statt. Für die Dreifachextraktion wurden hier jeweils 200 mL 80%ige Ethanol-Extraktionslösung zugefügt bis ein Endvolumen von 600 mL erreicht wurde. Es wurden jeweils 200 µL der Probe in einen Vialeinsatz überführt. Der Versuch wurde in Dreifachbestimmung durchgeführt. Als Blindprobe wurden anstatt 100 g Keks jeweils 45 g ENSO 16 eingestzt. Mit den Blindproben wurde gleich verfahren wie mit den Proben des Hauptversuchs.

*Tabelle 29: Einwaage und Zusammensetzung der optimierten Versuchsansätze zur Hitzestabilitätsuntersuchung mit Matrix*

| <b>Versuchsansatz:</b> | <b>Einwaage:</b> | <b>Extraktionslösung* [Ethanol 80%]</b> |
|------------------------|------------------|-----------------------------------------|
| <b>1 Keks</b>          | 100,15 g         | 600 mL                                  |
| <b>2 Keks</b>          | 100,17 g         | 600 mL                                  |
| <b>3 Keks</b>          | 100,20 g         | 600 mL                                  |
| <b>1 ENSO 16</b>       | 45,05 g          | 600 mL                                  |
| <b>2 ENSO 16</b>       | 45,07 g          | 600 mL                                  |
| <b>3 ENSO 16</b>       | 45,03 g          | 600 mL                                  |

\* Es wurde eine Dreifach-Extraktion durchgeführt – es wurden jeweils 200 mL Ethanol 80 % zu den Keksen oder zu ENSO 16 hinzugefügt, bis ein Endvolumen von 600 mL erreicht wurde

### Auswertung und Quantifizierung

Für jeden der zu untersuchenden Analyten (Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose) wurde eine Kalibrationskurve anhand der Standardadditionsmethode erstellt. Bevor der erste Multikomponentenstandard gemessen wurde, wurde im Zuge des Waschschrilles ein Blank vermessen. Die Zusammensetzung der Multikomponentenstandards zur Erstellung der einzelnen Standardgeraden ist in Tabelle 30 aufgelistet. Anhand dieser Geraden und der damit erhaltenen Geradengleichungen konnte die Berechnung mithilfe der integrierten Peakflächen



stattfinden. In den folgenden Abbildungen sind die Standardgeraden für Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose dargestellt. Für die Erstellung wurden jeweils die Mittelwerte aus der Dreifachmessung herangezogen.

Tabelle 30: Schema der Zusammensetzung der einzelnen Multikomponentenstandards zur Erstellung der Standardgeraden

| Sample | Sucralose [ $\mu\text{L}$ ] | Saccharose [ $\mu\text{L}$ ] | Glukose [ $\mu\text{L}$ ] | Fruktose [ $\mu\text{L}$ ] | ENSO [ $\mu\text{L}$ ] |
|--------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1      | 2                           | 50                           | 50                        | 50                         | 848                    |
| 2      | 4                           | 100                          | 100                       | 100                        | 696                    |
| 3      | 6                           | 150                          | 150                       | 150                        | 544                    |
| 4      | 8                           | 200                          | 200                       | 200                        | 392                    |
| 5      | 10                          | 250                          | 250                       | 250                        | 240                    |
| 6      | 12                          | 300                          | 300                       | 300                        | 88                     |

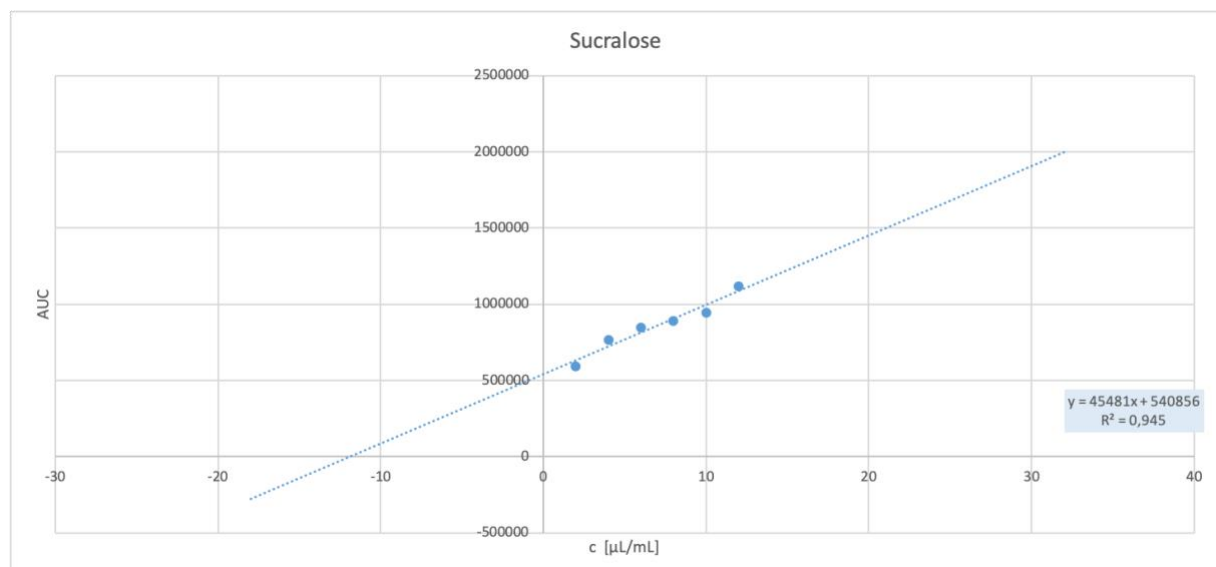


Abbildung 23: Kalibriergerade mit Sucralose,  $n=6$

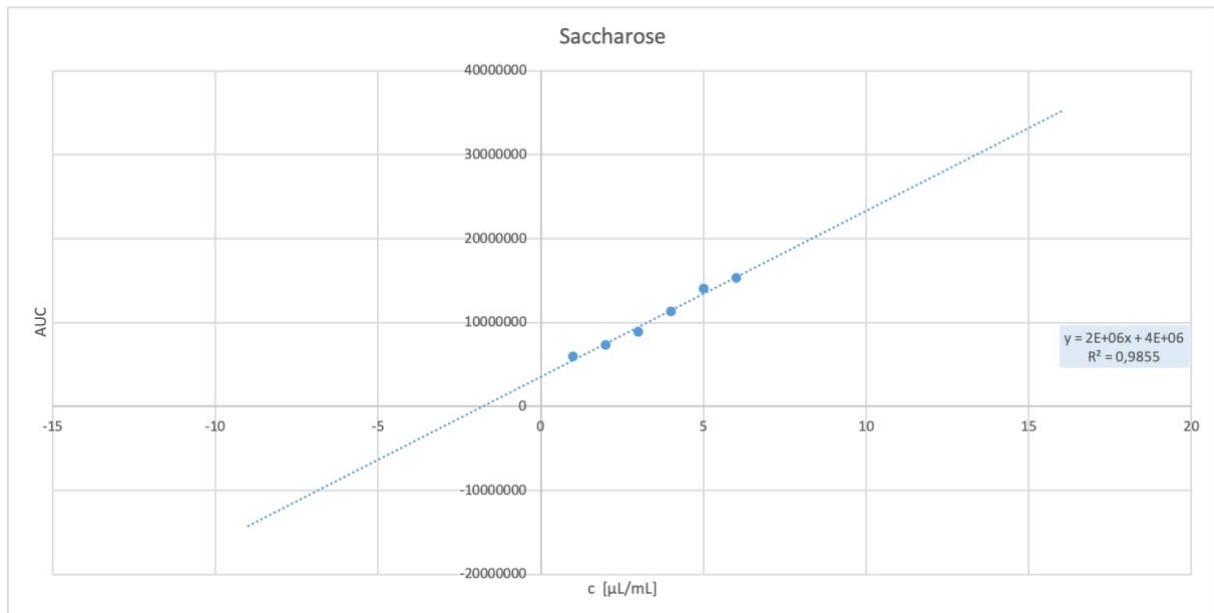


Abbildung 24: Kalibriergerade mit Saccharose,  $n=6$

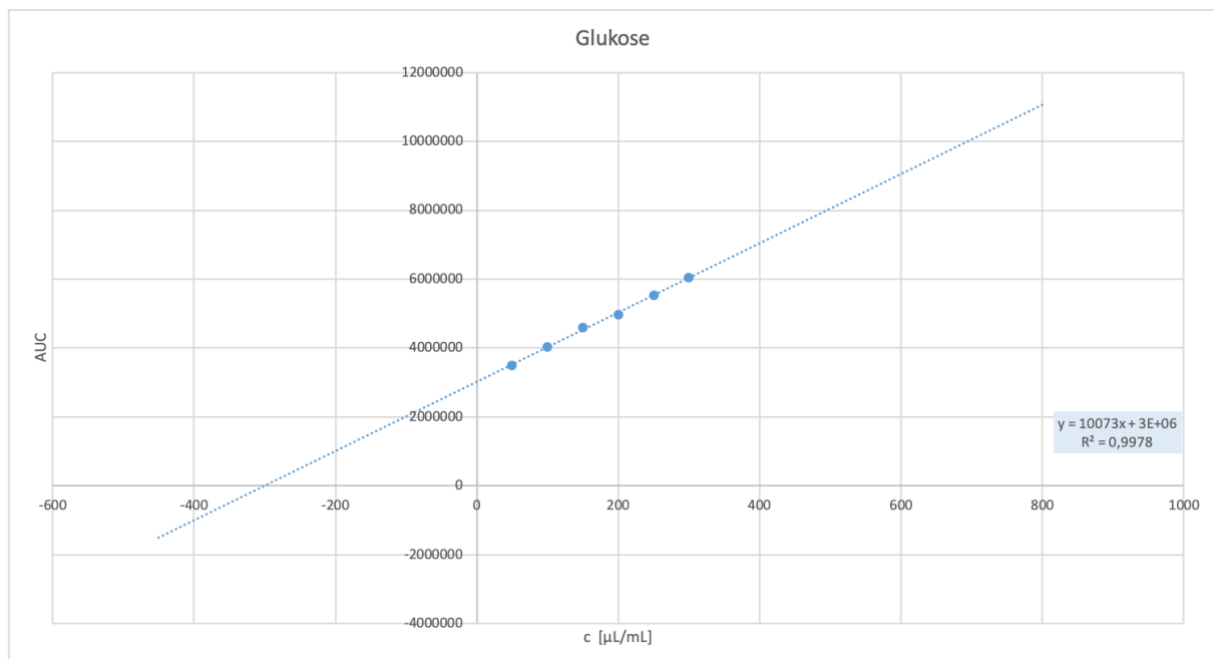


Abbildung 25: Kalibriergerade mit Glukose,  $n=6$

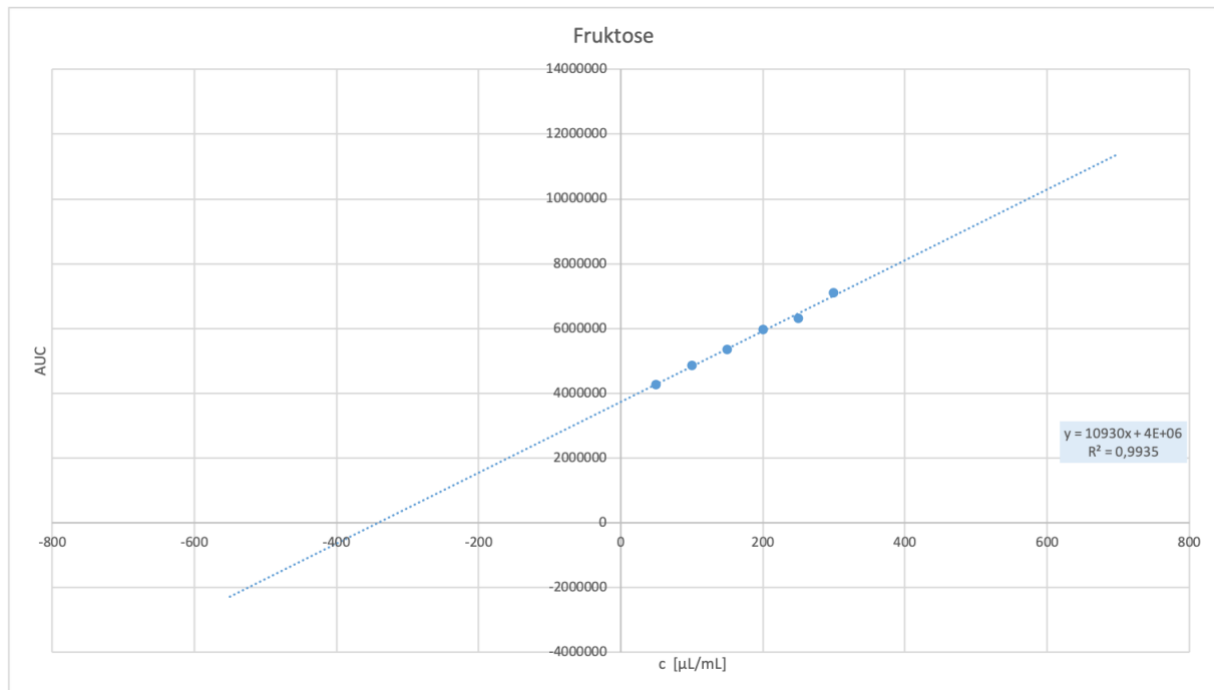


Abbildung 26: Kalibriergerade mit Fructose, n=6

Die Werte für LOD (Nachweisgrenze, Limit of Detection) und LOQ (Bestimmungsgrenze, Limit of Quantification) wurden mithilfe von Excel berechnet. Anhand der Funktion Datenanalyse mit der Formel Regression wurden die Werte für den Standard Error (Intercept) und den Coefficients (X Variable 1) berechnet und mit den folgenden Formeln wurden LOD und LOQ für Sucralose, Saccharose, Glukose und Fructose berechnet. In Tabelle 31 sind die Werte für LOD und LOQ der einzelnen Substanzen aufgelistet und im Anhang (xxi) sind die Berechnungen mit Excel zu finden.

$$LOD = 3,3 * \frac{\text{Standard Error (Intercept)}}{\text{Coefficients (X Variable 1)}}$$

$$LOQ = 10 * \frac{\text{Standard Error (Intercept)}}{\text{Coefficients (X Variable 1)}}$$

Tabelle 31: Werte von LOD und LOQ der einzelnen Substanzen Sucralose, Saccharose, Glukose und Fructose

|                    | Sucralose | Saccharose | Glukose | Fructose |
|--------------------|-----------|------------|---------|----------|
| <b>LOD [µL/mL]</b> | 3,09      | 38,90      | 15,19   | 25,97    |
| <b>LOQ [µL/mL]</b> | 9,39      | 117,90     | 46,01   | 78,68    |

#### 4.4 Klinische Studie

Es handelt sich um eine randomisierte, doppelblinde, aktiv-kontrollierte Cross-over-Studie zur Bewertung der Wirkung des Zuckeraustauschstoffs ENSO 16 auf Parameter des Glukosestoffwechsels bei gesunden männlichen und weiblichen Probanden. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Wien unter der Nummer 1126/2022 genehmigt. Das Studiendesign wurde an eine Studie von Mayer-Gerspach et. al aus dem Jahr 2021 angelehnt. Das primäre Ziel der Studie ist die Prüfung der Wirkung von oral verabreichtem ENSO 16 (30 g) oder Glukose (30 g) auf den Plasmaglukosespiegel. Die Fläche unter der Kurve (AUC) der Plasmaglukoseprofile (0-180 min) wird zwischen verschiedenen Studientagen verglichen. Das sekundäre Ziel ist die Prüfung der Wirkung von oral verabreichtem ENSO 16 (30 g) oder Glukose (30 g) auf die Freisetzung von Plasmainsulin und die Freisetzung von C-Peptid im Plasma. Die Fläche unter der Kurve (AUC) der Hormonprofile (0-180 min) wird zwischen verschiedenen Studientagen verglichen. Als sekundäres Ziel dieser Studie gilt auch die Bewertung der Auswirkungen von ENSO 16 oder Glukose auf gastrointestinale Symptome anhand eines Fragebogens.

Für die Durchführung der klinischen Studie wurden vorab Ein- und Ausschlusskriterien formuliert. Als Einschlusskriterien wurden unter anderem ein Alter von  $\geq 18$  Jahren definiert, ein BMI von 18-25 kg/m<sup>2</sup> und ein Nüchtern-Blutzucker von  $\leq 100$ mg/dL (Point-of-Care-Gerät). Ausschlusskriterien waren Substanz- oder Alkoholmissbrauch, Rauchen, die regelmäßige Einnahme von Medikamenten (außer oralen Verhütungsmitteln), einschließlich rezeptfreier Medikamente innerhalb von 2 Wochen vor Studientag 1, chronische medizinische Erkrankungen, Nahrungsmittelallergien und diätetische Einschränkungen, Schwangerschaft und die Teilnahme an einer anderen klinischen Studie 3 Wochen vor Studientag 1. Frauen im gebärfähigen Alter waren für diese Studie zugelassen. Ein Schwangerschaftstest (Urin) wurde am Studientag 1 und 2 vor der Verabreichung der Prüfpräparate durchgeführt. Weibliche Probanden mit einem positivem Schwangerschaftstest wurden von der Studie ausgeschlossen.

Für diese Studie konnte keine formale Berechnung der Stichprobengröße durchgeführt werden, da ENSO 16 noch nie in einer klinischen Studie auf Glukosestoffwechselparameter in einer klinischen Studie getestet wurde. Es gibt Hinweise darauf, dass Zuckeraustauschstoffe

getrennt untersucht werden müssen, da sich Süßstoffe in ihrer chemischen Struktur und ihrer physiologischen Auswirkungen auf den Glukosestoffwechsel unterscheiden (Hunter et al., 2019). Auf der Grundlage einer Cross-over-Studie mit dem Zuckeraustauschstoff Xylitol in hohen Dosen war jedoch eine Stichprobengröße von 12 Personen angemessen, um signifikante Unterschiede im Ergebnisparameter nachzuweisen (Meyer-Gerspach et al., 2021). Auf der Grundlage dieser Studienergebnisse und der verfügbaren statistischen Empfehlungen (Julious, 2005) wurde eine Stichprobengröße von 15 gewählt. Aufgrund fehlender Daten zur Auswirkung von ENSO 16 im Vergleich zu Glukose auf die Plasmaglukose-AUC (0-60 min) wird ein Unterschied von 10 % zwischen den Gruppen als klinisch relevant angenommen. Bei einer Stichprobengröße von 15 Probanden (Cross-Over) kann ein Unterschied von mindestens 10 % zwischen den AUCs (mit einer Standardabweichung von 10 %) mit einem gepaarten t-Test bei einem Signifikanzniveau von 5 % (zweiseitig) mit einer Aussagekraft von 80 % festgestellt werden. Diese Stichprobengröße umfasst auch zwei Drop-outs.

Die Randomisierung wurde anhand einer vordefinierten Randomisierungsliste aus der Webanwendung unter [www.randomizer.org](http://www.randomizer.org) durchgeführt. Eine Beispiel-Randomisierungsliste ist im Anhang zu finden. (siehe Anhang, lxxiii) Für Probanden, die ihre Einwilligung vorzeitig zurückziehen (z. B. nach Studientag 1), wurden Ersatzkits für die Zuckerersatzstoffmischung zur Verfügung gestellt. Diese Kits (2 Tubes) werden mit dem Studientag und mit einem Großbuchstaben (A oder B) anstelle der Randomisierungsnummer beschriftet. Die Tubes selbst sind ebenfalls unmissverständlich mit einem Etikett und dem Studientag beschriftet und die Studienmedikamente können aufgrund des völlig identischen Aussehens und Geruchs (weiße, pulverförmige Substanz und süßer Geruch) von den ProbandInnen oder dem Prüfpersonal nicht unterschieden werden. Die Entblindung erfolgt, nachdem die Daten des letzten Probanden erhoben wurden.

#### Durchführung der klinischen Studie

15 gesunde ProbandInnen  $\geq 18$  Jahre wurden durch einen Aushang sowie über eine internen ProbandInnen-Datenbank des AKH Wien rekrutiert. Diese bekamen 30 g ENSO 16 oder 30 g Glukose oral verabreicht, um die Auswirkungen auf die Marker des Glukosestoffwechsels zu bewerten. Die Zuckerersatzstoffmischung wurde in 200 mL Leitungswasser gelöst. Nach der Randomisierung erhielten die ProbandInnen am ersten Studientag ENSO 16 (Gruppe A) oder

Glukose (Gruppe B). Nach einer Auswaschphase von mindestens einer Woche erhielten die Probanden Glukose (Gruppe A) oder ENSO 16 (Gruppe B) am zweiten Studientag. Eine Screening-Untersuchung (Einschluss-/Ausschlusskriterien, Anamnese usw.) wurde am ersten Studientag durchgeführt, bevor die Zuckerersatzstoffmischung verabreicht wurde. Die Zuckerersatzstoffmischung wurde nach einer mindestens 10-stündigen Nüchternheit über Nacht verabreicht. Kaugummikauen ist für die Dauer der Studie an jedem Studientag und 10 Stunden vor der Einnahme der Zuckerersatzstoffmischung verboten.

Die ProbandInnen erhielten eine Venenkanüle und das Blut wurde zu 8 vordefinierten Zeitpunkten entnommen (0 - 15 - 30 - 45 - 60 - 90 - 120 - 180 Minuten;  $\pm 3$  Minuten zu jedem Zeitpunkt). Die venöse Blutentnahme wird über eine Verweilkanüle in einer antekubitalen Vene durchgeführt. Pro Studientag wurden den TeilnehmerInnen pro Zeitpunkt jeweils 4 mL venöses Blut in ein Natriumfluorid-K3EDTA-Röhrchen für die Untersuchung der Plasmaglukose abgenommen und 8 mL venöses Blut wurden in ein Serumröhrchen mit Gerinnungsaktivator abgenommen. Anhand der Blutproben in dem Serumröhrchen wurden die Bestimmungen der Insulin- und C-Peptid Werte durchgeführt. Insgesamt werden an den Studientagen 16 venöse Blutproben entnommen. In Tabelle 32 ist das Schema der Zusammensetzung der Blutproben dargestellt. Die Serumröhrchen mit Gerinnungsaktivator zur Bestimmung der Insulin- und C-Peptid-Konzentrationen werden 30 Minuten nach der Entnahme bei Raumtemperatur in der Abteilung für Klinische Pharmakologie bei 2800 U/min für 10 Minuten zentrifugiert, um eine Hämolyse zu verhindern, die die Analyse beeinträchtigen könnte. Die Plasmaglukose-, Insulin- und C-Peptid-Konzentrationen werden unmittelbar nach dem Studientag in der Abteilung für Labormedizin des AKH Wiens unter Einhaltung der Standardverfahren analysiert.

*Tabelle 32: Zusammensetzung des Probenvolumens der Blutproben der klinischen Studie zur Untersuchung von ENSO 16*

|                                      | Probenvolumen [mL] | Anzahl der Proben | Volumen [mL] |
|--------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------|
| <b>Plasma Glukose<sup>a</sup></b>    | 4                  | 16 <sup>c</sup>   | <b>64</b>    |
| <b>Insulin, C-Peptid<sup>b</sup></b> | 8                  | 16 <sup>c</sup>   | <b>128</b>   |
| <b>Total</b>                         |                    |                   | <b>192</b>   |

a: 4 ml in Natriumfluorid-K<sub>3</sub>EDTA-Röhrchen (Vacuette, Greiner Bio-One, Österreich)

b: 8 ml in Serumröhrchen mit Gerinnungsaktivator (Vacuette, Greiner Bio-One, Österreich)

c: zu 0-15-30-45-60-90-120-180 min ( $\pm 3$  min) am Studientag 1 bzw. 2

Die StudienteilnehmerInnen müssen außerdem einen Fragebogen ausfüllen, um gastrointestinale Symptome anhand einer Checkliste mit folgenden Fragen zu bewerten: (a) Bauchschmerzen, (b) Übelkeit, (c) Erbrechen, (d) Durchfall, (e) Bauchgrummeln, (f) Blähungen, (g) Aufstoßen und (h) Flatulenz. Die TeilnehmerInnen wurden gebeten, zwischen "kein Symptom" (0 Punkte), "leichte Symptome" (1 Punkt) und "starke Symptome" (2 Punkte) für jede Frage zu jedem Zeitpunkt zu wählen. Das positive Votum der Studie wurde am 18.05.2022 erhalten. Die Studie wurde am 29.07.2022 abgeschlossen. In Abbildung 27 ist das Studien-Flowchart für ein besseres Verständnis des Studiendesigns abgebildet.

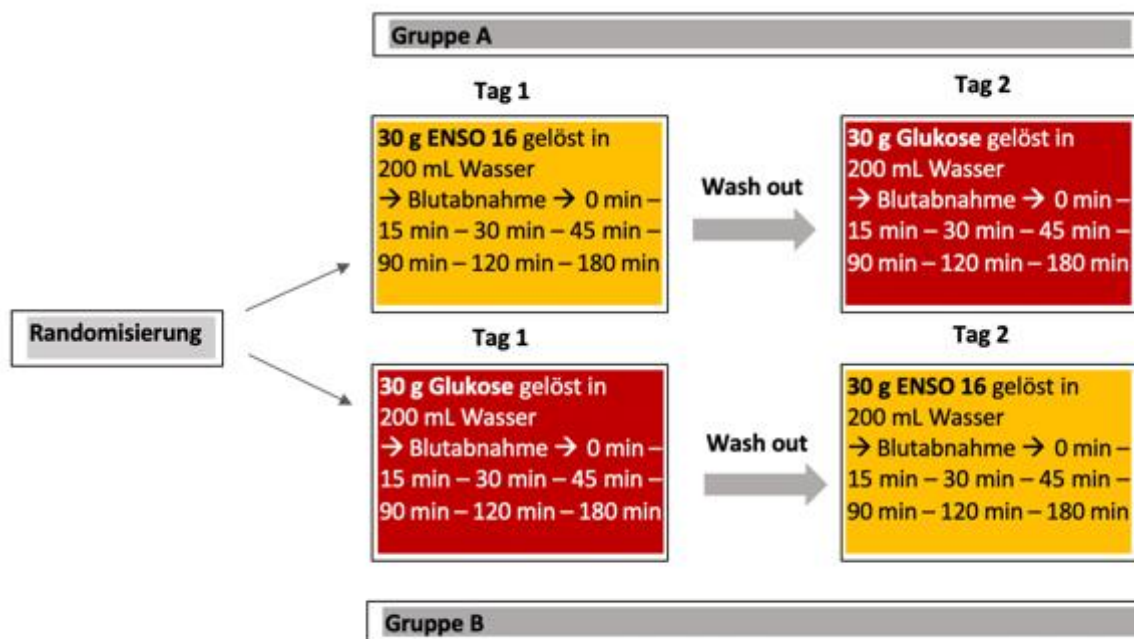


Abbildung 27: Darstellung des Studiendesigns der ENSO 16 Studie in Form eines Flowcharts. [Eigene Darstellung]

Mit Hilfe eines Fragebogens werden die subjektiven gastrointestinalen Symptome der Prüfpräparate nach Verabreichung von ENSO 16 oder Glukose zu jedem Zeitpunkt der Blutabnahme abgefragt. Die StudienteilnehmerInnen bewerten subjektiv 8 verschiedene Symptome - (a) Bauchschmerzen, (b) Übelkeit, (c) Erbrechen, (d) Durchfall, (e) abdominales Grummeln (Bauchknurren), (f) Blähungen, (g) Aufstoßen und (h) Flatulenz - mit "keine Symptome" (0 Punkte), "leichte Symptome" (1 Punkt) oder "schwere Symptome" (2 Punkte). In Tabelle 33 ist der Fragebogen, welche die StudienteilnehmerInnen an jedem der beiden Studientage ausfüllen mussten, dargestellt.

Tabelle 33: Fragebogen zur Erhebung der gastrointestinalen Symptome der Studienteilnehmer zu jedem Zeitpunkt der Blutabnahme. Der Fragebogen musste an jedem Studientag von jeder StudienteilnehmerIn ausgefüllt werden.

|                       | 0 min | 15 min | 30 min | 45 min | 60 min | 90 min | 120 min | 180 min |
|-----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| <b>Bauchschmerzen</b> |       |        |        |        |        |        |         |         |
| <b>Übelkeit</b>       |       |        |        |        |        |        |         |         |
| <b>Erbrechen</b>      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| <b>Durchfall</b>      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| <b>Bauchknurren</b>   |       |        |        |        |        |        |         |         |
| <b>Blähungen</b>      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| <b>Aufstoßen</b>      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| <b>Flatulenz</b>      |       |        |        |        |        |        |         |         |



## 4.5 Statistik

### t-Test

Um zu überprüfen, ob signifikante Unterschiede zwischen den Verteilungen der Beliebtheitsdaten von zwei voneinander abhängigen Produkten vorliegen oder nicht, wird der t-Test (für verbundene Stichproben) herangezogen. T-Tests zeigen, ob es signifikante Unterschiede zwischen zwei Probenpaaren gibt. Darüber hinaus gibt es noch einen gepaarten t-Test, welcher verwendet wird, um Werte vor und nach einer Behandlung/Adaption/Optimierung zu vergleichen. Wenn ein signifikanter Unterschied vorliegt, dann ist die Nullhypothese ( $H_0$ ) verworfen und es gilt die Alternativhypothese ( $H_1$ ) (Dürschmid, 2010).

Der sogenannte p-Wert gibt die Wahrscheinlichkeit für das Zustandekommen des beobachteten Unterschieds zwischen zwei Proben an, unter der Annahme, dass sich die Proben nicht unterscheiden (Derndorfer, 2016). Für die Berechnung der Signifikanz ist das Signifikanzniveau anzugeben. Dieser kritische Wert sagt aus, ob das Zustandekommen eines Unterschiedes zwischen den Proben auf einen Zufall, der durch die Stichprobenauswahl zustande kam, zurückzuführen ist. Der Wert wird in der Regel mit fünf Prozent angenommen (Derndorfer, 2016).

### Just about right - JAR

Just about right Fragestellungen werden eingesetzt, um die „idealen“ Intensitäten, wie z.B. die Süße zu ermitteln. Hierzu kommen drei- bis fünfstufige Skalen zum Einsatz, letztere reicht von „viel zu“, über „gerade richtig“, bis hin zu „viel zu wenig“ (Derndorfer, 2016). Die Auswertung erfolgt mittels Penalty Analyse, dafür muss auf einer hedonischen Skala die allgemeine Beliebtheit abgefragt werden. Dadurch kann ermittelt werden, ob die verschiedenen Merkmale eine negative oder positive Auswirkung auf die Gesamtakzeptanz haben (Reif, 2013).

## Hedonische Skala

Mittels Akzeptanztest kann die Gesamtakzeptanz, sowie die Akzeptanz von einzelnen Sinneseindrücken, wie z.B. Aussehen, Geruch, Geschmack oder Textur erhoben werden. Eine häufig eingesetzte Skala hierfür ist die 9-Punkte-Hedonik-Skala, welche von 1 = „mag ich überhaupt nicht“ bis 9 = „mag ich besonders gern“ reicht. Aber auch 7- bzw. 5-Punkte-Skalen finden in der Durchführung Anwendung. Aus den Akzeptanzbeurteilungen der KonsumentInnen werden Mittelwerte errechnet, womit die durchschnittliche Akzeptanz aufgezeigt werden kann. Hierbei findet die Varianzanalyse oder der t-Test Anwendung (Derndorfer, 2016).

Die Darstellung von Beliebtheitsdaten kann in Form von Häufigkeitshistogrammen vorgenommen werden. Mit Hilfe einer Betrachtung der Verteilung der Urdaten kann auch erkannt werden, ob es innerhalb der untersuchten Stichprobe Gruppen gibt, beispielsweise AblehnerInnen und BefürworterInnen des Produkts. Zur Charakterisierung der Verteilung können der Mittelwert zur Beschreibung ihrer Lage und die Standardabweichung zur Beschreibung ihrer Variabilität herangezogen werden (Dürschmid, 2010).

## Penalty Analyse – Just about Right Skala

Für die Auswertung der JAR-Skalen (Just about right) werden die Häufigkeiten und Mittelwerte der Beurteilungen herangezogen und miteinander verglichen (Derndorfer, 2016). Bei sehr geringen Idealwertangaben ist ergänzend eine Verteilungsanalyse in Form einer Penalty Analyse empfehlenswert, wobei die Auswirkungen der Extremkategorien auf die Gesamtakzeptanz untersucht werden (Busch-Stockfisch, 2018). Für die Berechnung der Penalties wird die 5-teilige JAR-Skala zunächst zu einer 3-teiligen Skala modifiziert. Die Kategorien „zu stark“ und „viel zu stark“ sowie „zu schwach“ und „viel zu schwach“ werden jeweils zusammengefasst.

Die Akzeptanzmittelwerte derjenigen ProbandInnen, welche das Produkt als „gerade richtig“ eingestuft haben, werden dann mit den Akzeptanzmittelwerten jener Prüfpersonen verglichen, welche das Produkt als „zu schwach“ oder „zu stark“ eingestuft haben. Daraus werden die sogenannten mean drops (Mittelwertsabfälle) berechnet. Mithilfe eines multiplen

Vergleichstest zwischen den Mittelwerten der JAR- und der beiden nicht JAR-Kategorien wird ein p-Wert berechnet, welcher eine Aussage über die Signifikanz der Unterschiede zwischen den Gruppen zulässt. Ein signifikantes Ergebnis bedeutet, dass die jeweilige Eigenschaftsbeurteilung auf der JAR-Skala die Ergebnisse der Gesamtakzeptanz beeinflusst. Je höher die Penaltyzahl, umso mehr Einfluss hat die betrachtete Eigenschaft auf die Gesamtakzeptanz (Bongartz und Mürset, 2011).

#### Statistische Auswertung – Dreieckstest

Die Auswertung des Dreieckstests erfolgt über die Binomialverteilung. Anhand dieser lässt sich unter Berücksichtigung der Probandenanzahl und der gewährten Irrtumswahrscheinlichkeit ermitteln, ob ein Unterschied zwischen zwei Proben signifikant erkannt werden konnte, also ob der erkannte Unterschied zufällig zustande gekommen ist oder nicht (Derndorfer, 2016). Der sogenannte p-Wert gibt dabei die Wahrscheinlichkeit für das Zustandekommen des beobachteten Unterschieds zwischen zwei Proben an, unter der Annahme, dass sich die Proben nicht unterscheiden. Für die Berechnung der Signifikanz ist das Signifikanzniveau (Irrtumswahrscheinlichkeit) anzugeben, welches in der Regel mit fünf Prozent angenommen wird (Derndorfer, 2016).

Die statistische Auswertung wurde mit dem Microsoft Excel Ad-On XLStat® durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde die Struktur der Stichprobe mittels Häufigkeitszählung ausgewertet und in Diagrammen dargestellt. Um zu ermitteln, ob die Prüfpersonen signifikant Unterschiede zwischen den jeweiligen Vergleichspaaren identifizieren konnten, wurde die Binomialverteilungsrechnung nach Clopper-Pearson durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde der Standardwert von fünf Prozent angenommen.

Für die Prüfung der Daten auf Signifikanz wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied. ( $>0,05$ )
- H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied. ( $\leq 0,05$ )

Lag der ermittelte p-Wert unter 0,05 wurde folglich die Null-Hypothese abgelehnt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Programmen IBM SPSS Statistics 25 und dem Microsoft Excel Add-On XLStat® durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde die Struktur der Stichprobe mittels Häufigkeitszählung ausgewertet und in Diagrammen dargestellt. Zur Auswertung der 9-Punkt-Hedonik-Skalen wurden die Häufigkeiten der einzelnen Skalennoten gezählt und in Balkendiagrammen dargestellt. Zudem wurde das arithmetische Mittel errechnet und grafisch dargestellt. Um zu ermitteln, ob zwischen den Bewertungen der Probenpaare signifikante Unterschiede bestehen, wurde der t-Test (bei verbundenen Stichproben) durchgeführt. Als Signifikanzniveau wurde der Standardwert von fünf Prozent angenommen.

Für die Prüfung der Daten auf Signifikanz wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied. ( $>0,05$ )
- H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied. ( $\leq 0,05$ )

Lag der ermittelte p-Wert unter 0,05 wurde folglich die Null-Hypothese abgelehnt.

Zur statistischen Analyse der Just-about-right-Skala wurde eine Häufigkeitszählung durchgeführt. Außerdem wurde durch eine Penalty Analyse in XLStat® überprüft, ob in Bezug auf die im Akzeptanztest überprüfte Süßintensität ein eventueller Optimierungsbedarf gegeben ist. Für die Prüfung wurde wiederum ein Signifikanzniveau von fünf Prozent zur Berechnung in XLStat® herangezogen.

Für die Prüfung der Daten auf Signifikanz wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- H0: Es gibt keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtakzeptanz. ( $>0,05$ )
- H1: Es gibt einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtakzeptanz. ( $\leq 0,05$ )

Lag der ermittelte p-Wert unter 0,05 wurde folglich die Null-Hypothese abgelehnt.

## Statistische Auswertung – Zeitliches Geschmacksprofil

Die Skalen wurden mithilfe eines Lineals ausgewertet und die Daten wurden in ein Excel-Sheet übertragen. Die Auswertung und Darstellung der Ergebnisse als Spiderweb-Diagramm fand mithilfe von Microsoft Excel, 2019 statt. Die statistische Auswertung hinsichtlich der

Signifikanz der Unterschiede wurde mit SPSS 28 durchgeführt. Da es sich bei den Daten um nicht normalverteilte Daten handelte, wurde der Quade Test benutzt, welcher die Ergebnisse von drei bis fünf Gruppen miteinander vergleichen kann und eine höhere Teststärke als der Friedman Test hat. Mit dem Quade Test kann nun nachgewiesen werden, ob es einen Unterschied bei den drei getesteten Substanzen hinsichtlich der Verteilung der Daten gibt. Der Test bewertet ob sie im Median höher oder niedriger liegen und erkennt somit einen signifikanten Unterschied. Mit einem Post-hoc-Test, in dem Fall mit dem Wilcoxon-Signed-Rank Test, wurden die Gruppen, welche einen signifikanten Unterschied aufwiesen erneut untersucht, um den signifikanten Unterschied innerhalb der Gruppe zu identifizieren und durch die Adjustierung des p-Wertes auch zu verifizieren.

#### Statistische Auswertung – Klinische Studie

Nominale Daten werden als absolute Zahlen und Prozentsätze dargestellt, kontinuierliche Variablen als Mittelwert und Standardabweichung bzw. Median und Interquartilsbereich. Die AUCs für Blutzucker, Insulin und C-Peptid wurden nach der linearen Trapezregel berechnet, mit fünf (0, 15, 30, 45, 60) bzw. sieben (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 und 180 Minuten) Datenpunkten für die Intervalle 0-60 bzw. 0-180. Alle Ergebnisparameter wurden an die Ausgangswerte angepasst und geben somit die Veränderung gegenüber dem Ausgangswert an. Der Vergleich der Studienendpunkte wurde mit dem Wilcoxon-Signed-Rank-Test durchgeführt. Der Wilcoxon-Signed-Rank-Test wurde durchgeführt, da es sich bei den Daten um nicht-normalverteilte Daten handelt. Mit dieser statistischen Methode können zwei abhängige Stichproben dahingehend getestet werden, ob die zentralen Tendenzen verschieden sind. Die Stichproben müssen hier verbunden sein, aber die Messwerte unabhängig. Alle p-Werte sind Ergebnisse zweiseitiger Tests, und  $p < 0,05$  wurde im Vorfeld als Signifikanzniveau festgelegt. Um einen Anstieg des alpha-Fehlers durch multiples Testen zu verhindern, wurden die p-Werte mit der Bonferroni-Holm-Methode adjustiert. Die Auswirkungen von ENSO 16 oder Glukose auf gastrointestinale Symptome, die anhand des Fragebogens beurteilt wurden, wurden explorativ analysiert. SPSS 28 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA), Microsoft Excel 2019 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) und GraphPad Prism 8.0.2 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) wurden für die statistische Analyse und die grafische Darstellung verwendet.

Für die Prüfung der Daten auf Signifikanz wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Anstieg von Blutzucker, Insulin und C-Peptid zwischen Glukose und ENSO 16 ( $\geq 0,05$ )
- H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen dem Anstieg von Blutzucker, Insulin und C-Peptid zwischen Glukose und ENSO 16 ( $< 0,05$ )

Lag der ermittelte p-Wert unter 0,05 wurde folglich die Null-Hypothese abgelehnt

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Sensorische Untersuchungen

#### 5.1.1 Vortest – Dreieckstest

Insgesamt nahmen 46 Personen an der Verkostung der Mürbteigkekse und des Biskuitkuchens teil und 39 Personen an der Verkostung der Sachertorte. Das Alter der Prüfpersonen lag zwischen 12 und 58 Jahren. Der Median als auch der Mittelwert lagen bei 30 Jahren. Insgesamt verkosteten 28 weibliche (61 %) und 18 männliche (39 %) Personen die Mürbteigkekse und den Biskuitkuchen sowie 25 weibliche und 14 männliche Personen die Sachertorte.

#### Ergebnisse Dreieckstest

Den Mürbteigkekse verkosteten 46 Personen. Hier erkannten 39 Prüfpersonen die abweichende Probe. Aufgrund des Signifikanzniveaus von 5% ergibt das ein signifikantes Ergebnis ( $p\text{-Wert} < 0,0001$ ). Die Verteilung ist in Abbildung 28 dargestellt.

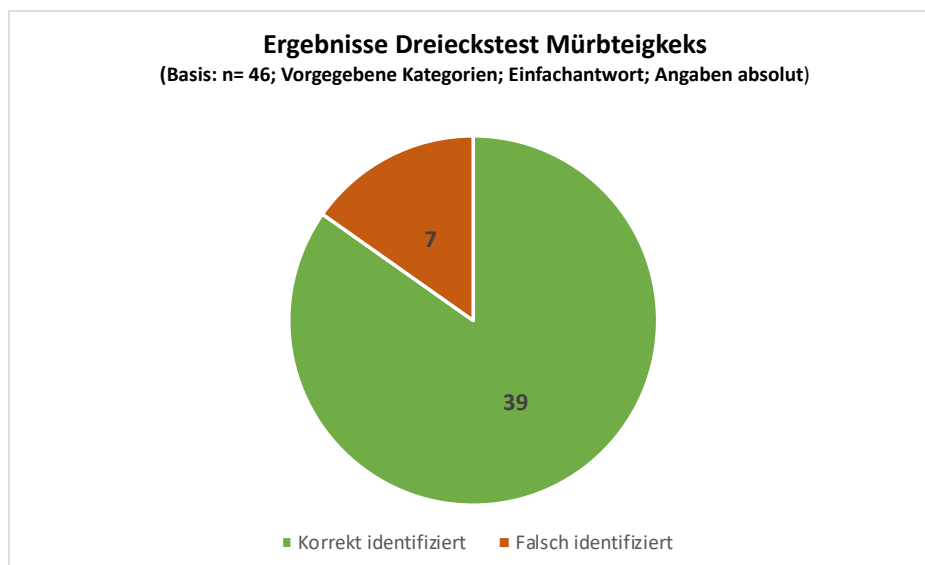


Abbildung 28: Ergebnisse Dreieckstest Mürbteigkekse, n= 46

Ebenfalls 46 Personen verkosteten den Biskuitkuchen, wobei 31 die abweichende Probe im Test korrekt identifizieren konnten. In Betracht eines Signifikanzniveaus von 5 % ergibt das ein signifikantes Ergebnis ( $p\text{-Wert} < 0,0001$ ). Die Verteilung ist in Abbildung 29 dargestellt.

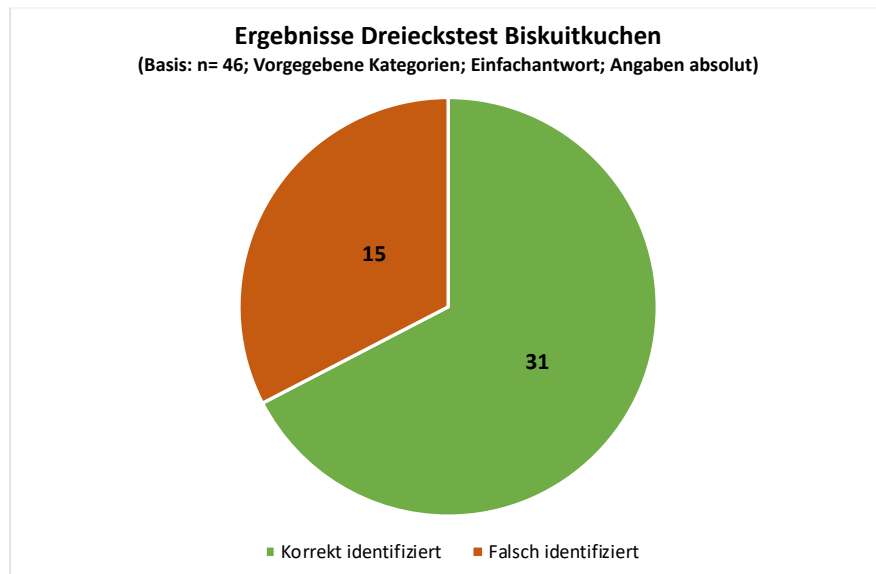


Abbildung 29: Ergebnisse Dreieckstest Biskuitkuchen, n= 46

Am Unterschiedstest zur Sachertorte nahmen 39 Personen teil. In Abbildung 30 ist ersichtlich, dass 30 Personen die abweichende Probe korrekt identifizieren. Es handelt sich hierbei um ein signifikantes Ergebnis in Betracht des Signifikanzniveaus von 5 % ( $p\text{-Wert} < 0,0001$ ).

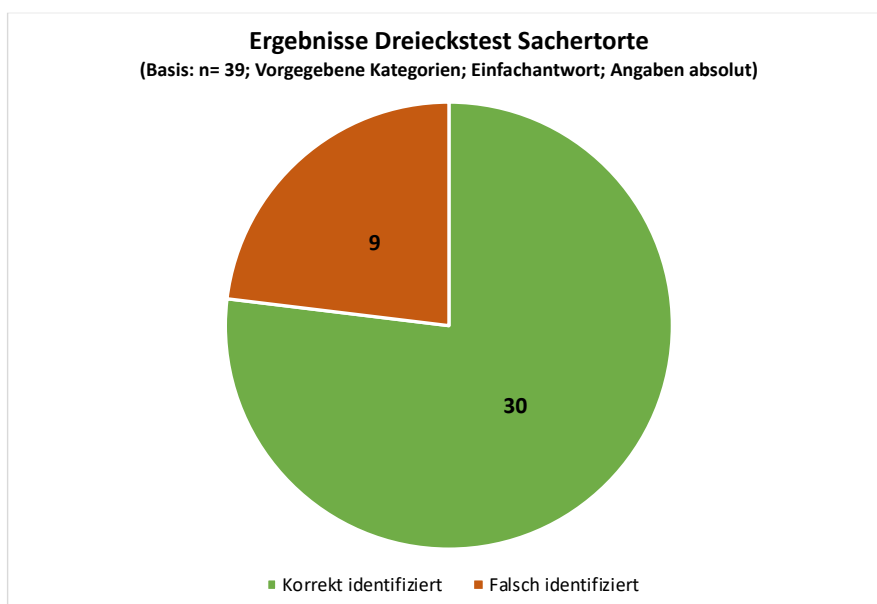


Abbildung 30: Ergebnisse Dreieckstest – Sachertorte; n= 39



Aufgrund dieser Ergebnisse und der starken Abweichungen wurde die Formel ENSO 16 angepasst. Sämtliche anderen Tests und Ergebnisse der Masterarbeit wurden mit der angepassten ENSO 16 Formel durchgeführt. Die Anpassung fand hinsichtlich der prozentualen Zusammensetzung von ENSO 16 statt. Vor der Anpassung betrug der Anteil an pflanzlichen Ballaststoffen 80 % und der Anteil an Zuckeraustauschstoffen 20 %. Die Mischung wurde auf ein Verhältnis von 70% pflanzliche Ballaststoffe und 30 % Zuckeraustauschstoffe angepasst. Durch interne sensorische Verkostungen der einzelnen Rohstoffe wurde auch bemerkt, dass die ausgewählten pflanzlichen Ballaststoffe aus der Zichorie einen erkennbaren metallischen und bitteren Off-Flavour aufweisen. Aus diesem Grund wurde dieser Anteil reduziert. Der Anteil an Erythrit wurde ebenfalls vermindert, um den kühlenden Effekt des Rohstoffes zu verringern. Die Zutatenliste von ENSO 16 lautet wie folgt: Pflanzliche Ballaststoffe (Agave, Zichorie, Mais), Füllstoff: Polydextrose; Süßungsmittel: Erythrit, Sucralose.

#### 5.1.2 Akzeptanztest

##### Struktur der Stichprobe

60 Personen im Alter zwischen 19 und 58 Jahren nahmen an der Verkostung teil. Davon waren 42 % Personen männlich und 56 % weiblich, 2 % wollten ihr Geschlecht nicht angeben. Im Mittelwert waren die Prüfpersonen 30,9 Jahre alt, der Median des Alters betrug 28 Jahre.

##### Mürbteigkekse

##### Bewertung des Aussehens, Geruchs, Geschmacks und Textur der Mürbteigkekse

Bevor die Proben verkostet wurden, wurden die Prüfpersonen gebeten die Proben olfaktorisch zu beurteilen. Die Mürbteigkekse mit ENSO 16 bewerteten 38 % der Prüfpersonen hinsichtlich des Aussehens mit „mag ich gern“, 35 % der Prüfpersonen gaben die gleiche Bewertung bei der Sucrose-Variante an. Das Aussehen der Kekse mit ENSO 16 bewerteten 20 % der ProbandInnen mit „mag ich sehr gerne“. In der gleichen Kategorie stimmten 32 % der ProbandInnen für diese Bewertung bei dem Keks mit Sucrose ab. Jeweils 3 % der ProbandInnen stimmten sowohl bei der Variante mit ENSO 16 als auch bei der Variante mit Sucrose ab, dass sie die Proben bezüglich des Aussehens besonders gerne mögen. Das

Aussehen der Kekse mit ENSO 16 mochten 12 % der ProbandInnen nicht besonders. Nicht besonders mochten 3 % der ProbandInnen das Aussehen der Kekse mit Sucrose.

Die Mittelwerte liegen bei dem Keks mit ENSO 16 bei  $6,5 \pm 1,5$  und bei Sucrose bei  $6,8 \pm 1,4$  Punkten der 9-Punkte-Skala. Ein durchgeführter t-Test zeigt auf, dass kein signifikanter Unterschied in den Mittelwerten vorliegt. Die Verteilungen der Urteile über das Aussehen sind in Abbildung 31 in Form eines Balkendiagramms dargestellt.

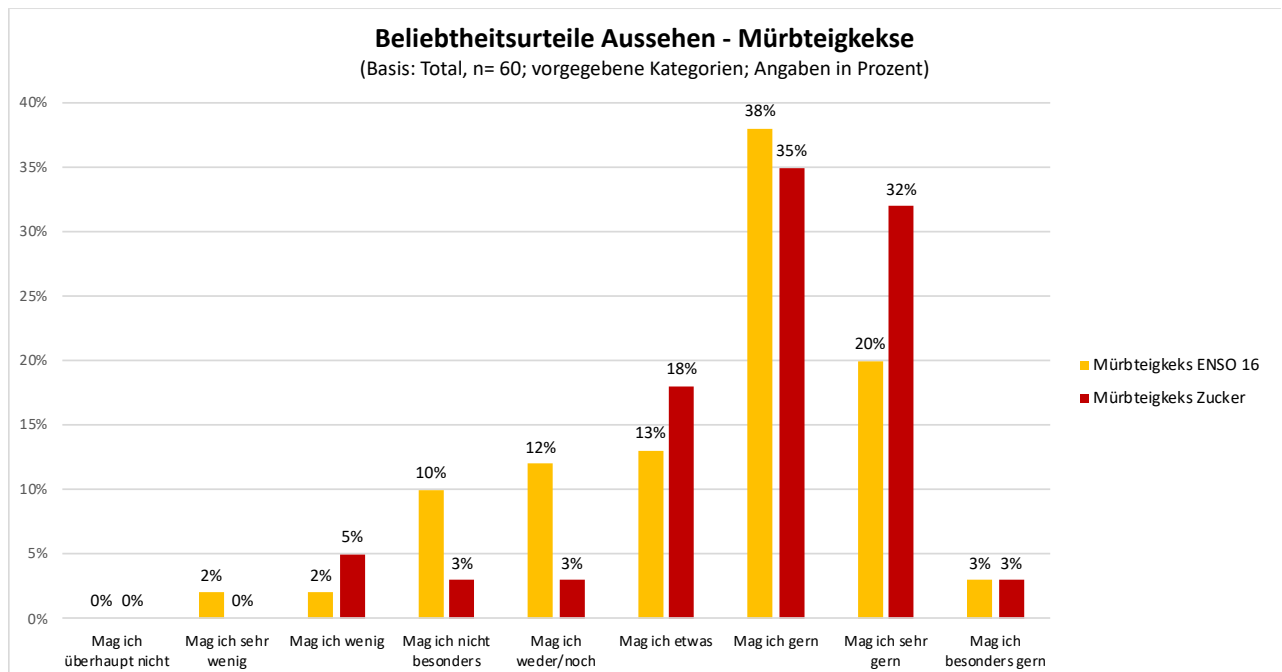


Abbildung 31: Beliebtheitsurteile Aussehen des Akzeptanztests – Mürbteigkekse; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Beim Geruch zeigten die ENSO 16-Kekse im Mittelwert eine Bewertung von  $7,2 \pm 1,0$ , wohingegen die Referenz-Kekse mit  $6,7 \pm 1,4$  Punkten beurteilt wurden. Durch den t-Test konnte gezeigt werden, dass ein signifikanter Unterschied in den Mittelwerten vorliegt (p-Wert = 0,02). Die ProbandInnen (45 %) beurteilten die Version mit ENSO 16 mit „mag ich gern“ hinsichtlich des Geruchs, 35 % taten dies bei der Version mit Sucrose. Für „mag ich sehr gern“ stimmten 33 % (ENSO 16) beziehungsweise 32 % (Sucrose) der ProbandInnen ab. Der Geruch des Kekses mit ENSO 16 wurde von 7 % als „mag ich besonders gern“ eingestuft, wohingegen nur 2 % so für den Keks mit Sucrose abstimmten. Die Verteilungen der Urteile über den Geruch sind in Abbildung 32 in Form eines Balkendiagramms dargestellt.

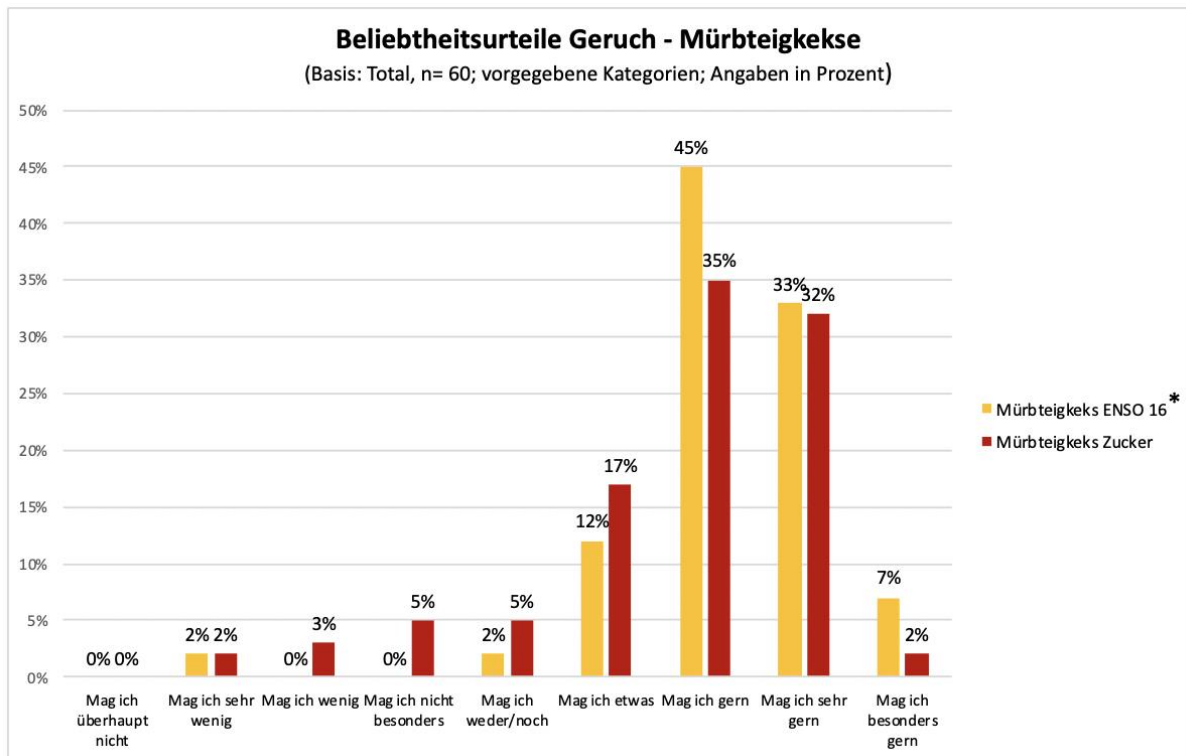


Abbildung 32: Beliebtheitsurteile Geruch des Akzeptanztests – Mürbteigkekse; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p-Wert = 0,02). Der Keks mit ENSO 16 wurde hinsichtlich des Geruchs signifikant besser bewertet; \* p < 0,05.

Beim Geschmack wurden beide Keks-Varianten fast gleich beurteilt. Der Mittelwert lag bei den ENSO 16-Keks bei  $6,5 \pm 1,6$  und bei den Sucrose-Keks bei  $6,4 \pm 1,5$  Punkten. Ein, mit diesen Mittelwerten durchgeführter t-Test zeigt keinen signifikanten Unterschied. Jeweils 33 % stimmten ab, dass sie die Kekse „gerne mögen“. 10 % der ProbandInnen mochten den Geschmack des Keks ENSO 16 „besonders gern“. Nur 3 % stimmten so für das Sucrose-Keks ab. Die Verteilungen der Urteile über den Geschmack sind in Abbildung 33 in Form eines Balkendiagramms dargestellt.

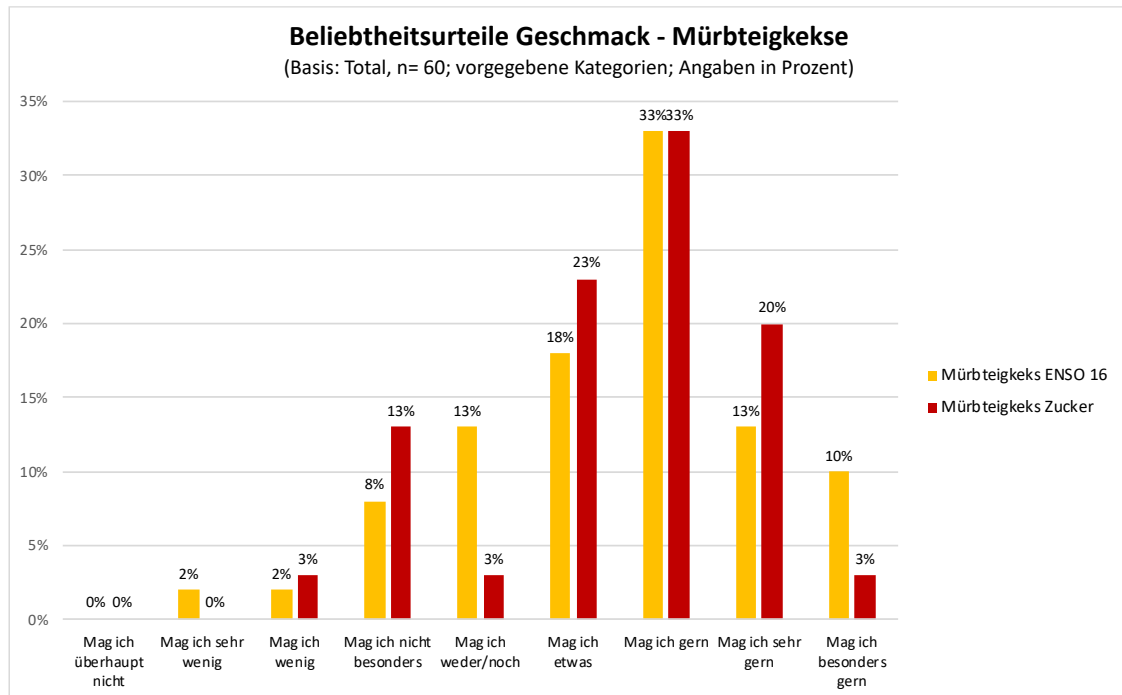


Abbildung 33: Beliebtheitsurteile Geschmack des Akzeptanztests – Mürbteigkekse; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Der Mittelwert der Textur beim Keks mit ENSO 16 lag bei  $6,7 \pm 1,5$  Punkten und beim Sucrose-Keks bei  $6,8 \pm 1,4$  Punkten der 9-Punkte-Skala. Die Durchführung eines t-Tests ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen der Textur der beiden Kekse. 48 % (ENSO 16) beziehungsweise 47 % (Sucrose) gaben an, dass sie den Keks „gerne mögen“. 5 % mögen die Textur der Variante mit ENSO 16 „besonders gerne“, wohingegen aber auch 7 % angaben, dass sie die Variante mit ENSO 16 „nicht besonders mögen“. 27 % der Testpersonen haben abgestimmt, dass sie die Textur des Kekses mit Sucrose „sehr gerne mögen“. Die Verteilungen der Urteile über die Textur sind in Abbildung 34 in Form eines Balkendiagramms dargestellt.

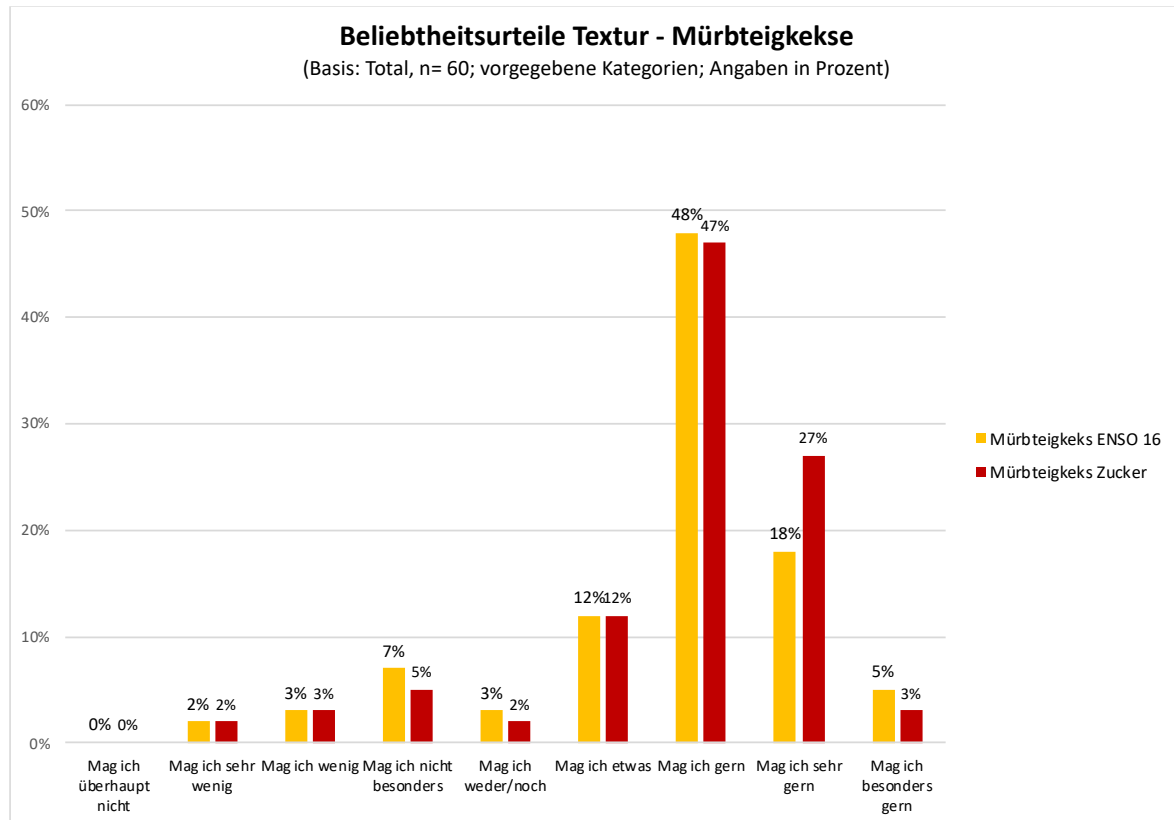


Abbildung 34: Beliebtheitsurteile Textur des Akzeptanztests – Mürbteigkekse; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

#### Bewertung der Süß-Intensität, des Nachgeschmacks und Overall-Likings der Mürbteigkekse

Abbildung 35 zeigt, dass 35 % der ProbandInnen die Kekse mit ENSO 16 als „zu wenig süß“ empfanden, wohingegen 13 % beim Sucrose-Keks die gleiche Bewertung abgaben. 65 % der ProbandInnen fanden den Sucrose-Keks „genau richtig“ und 48 % bewerteten den Keks mit ENSO 16 mit dem gleichen Attribut. 5 % der ProbandInnen gaben an, dass sie den Keks mit ENSO 16 als „viel zu wenig süß“ empfanden.

Wenn man „viel zu wenig süß“ mit -2, „etwas zu wenig süß“ mit -1, „genau richtig“ mit 0, „etwas zu süß“ mit +1 und „viel zu süß“ mit +2 skaliert, dann ergeben sich als Mittelwerte für das ENSO 16-Produkt – 0,31 und für das Keks mit Sucrose + 0,11. Der Keks mit Sucrose liegt näher an der „genau richtigen“ Süße als das Produkt mit ENSO 16.

Mit einer Penalty Analyse wurde überprüft, inwiefern die ermittelte Abweichung vom Optimum einen Einfluss auf die Gesamtbeurteilung hat. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Süße auf die Gesamtakzeptanz ermittelt werden ( $H_0$  wird angenommen).

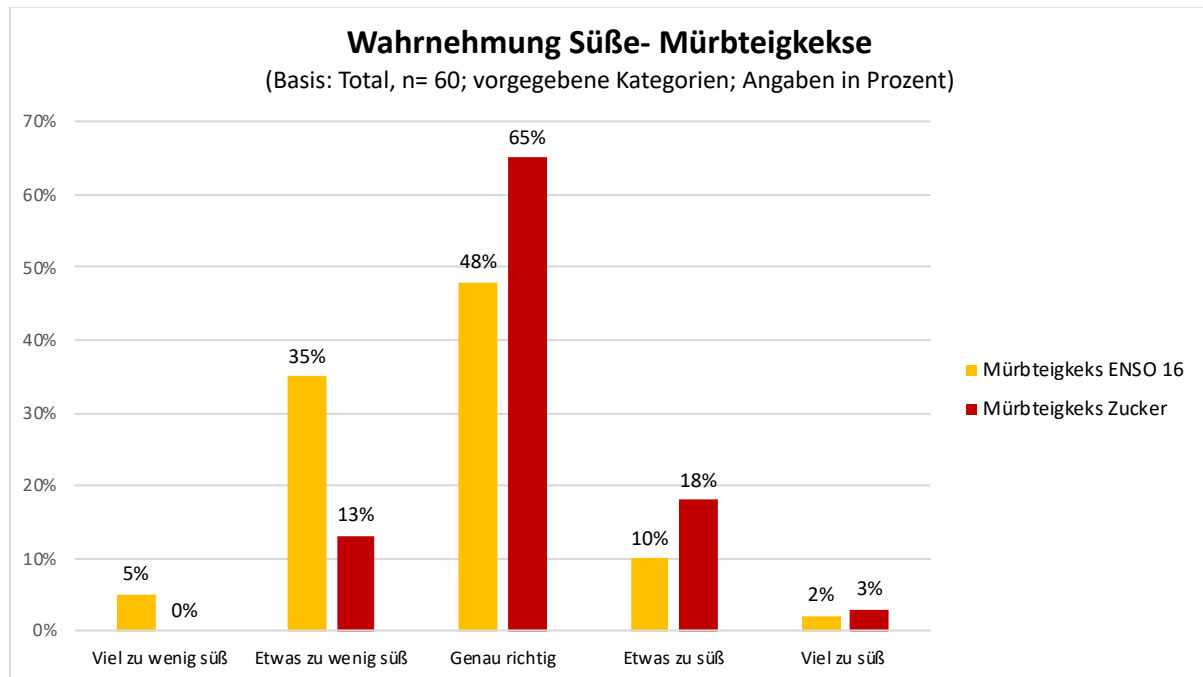


Abbildung 35: Beliebtheitsurteile Akzeptanztest – Wahrnehmung der Süße – Mürbteigkekse; n= 60; Eine Penalty Analyse lieferte keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei verschiedenen Keksproben.

Keinen signifikanten Unterschied konnte man in der Bewertung der ProbandInnen bezüglich des Nachgeschmacks anhand des t-Test feststellen. Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über den Nachgeschmack liegen bei ENSO 16 bei  $6,2 \pm 1,8$  und bei Sucrose bei  $6,5 \pm 1,3$  Punkten von 9 Punkten auf der 9-Punkte-Skala. Den Nachgeschmack des Kekses mit Sucrose bewerteten 35 % der ProbandInnen mit „mag ich gern“, wohingegen 30 % gleich für die ENSO-Variante abstimmten. Die Sucrose-Variante wurde von 22 % der Probandinnen mit „mag ich sehr gern“ bewertet und 15 % stimmten für „mag ich sehr gern“ bei der ENSO 16 Variante im Nachgeschmack. Die Testpersonen (7%) befanden die ENSO 16 Kekse als „besonders gut“, wohingegen keine Testperson so für das Keks mit Sucrose urteilte. Die Ergebnisse sind in Abbildung 36 grafisch dargestellt.

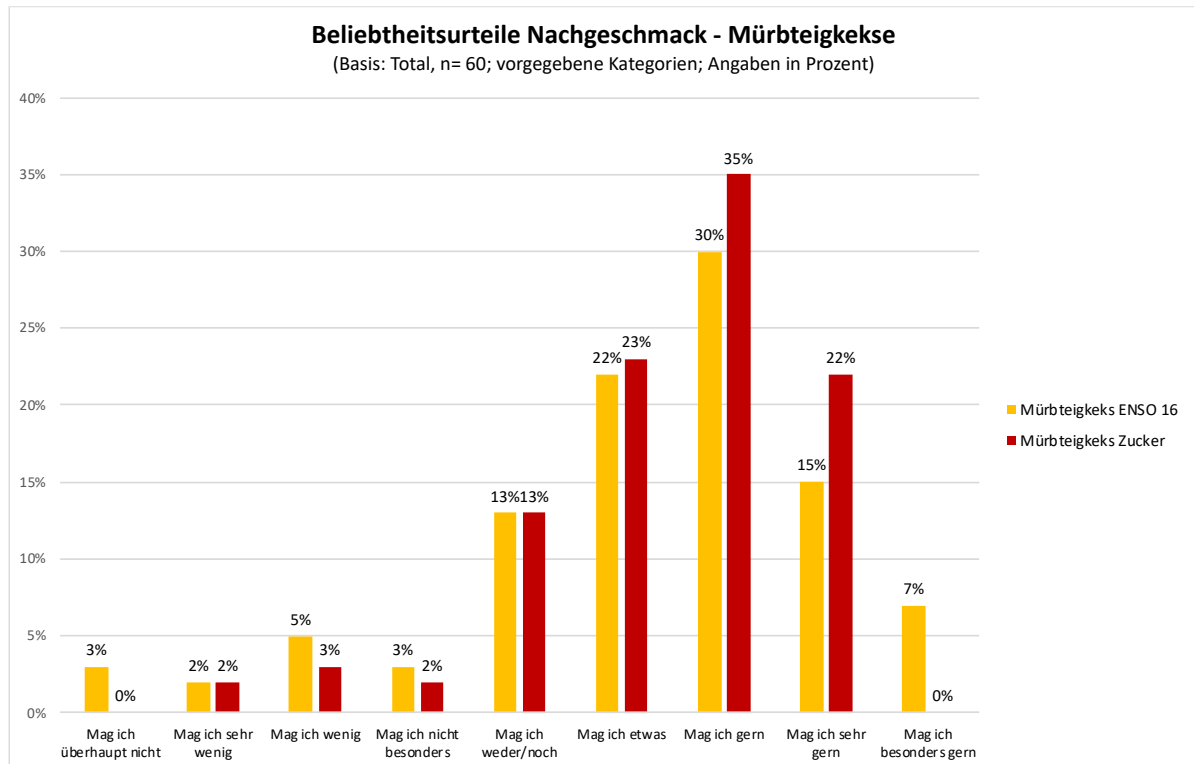


Abbildung 36: Beliebtheitsurteile Nachgeschmack des Akzeptanztests – Mürbteigkekse; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Die Verteilungen der Beliebtheitsurteile über das Overall-Liking (Gesamteindruck) sind in Abbildung 37 als Balkendiagramme grafisch dargestellt. Die Mittelwerte der Overall Liking-Urteile liegen bei den Keksen mit ENSO 16 bei  $6,4 \pm 1,6$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $6,7 \pm 1,2$  Punkten. Auch hier ergab ein t-Test keinen signifikanten Unterschied. 8 % der ProbandInnen gaben an, dass sie das Keks im Gesamteindruck mit ENSO 16 „nicht besonders mögen“, nur 2 % der ProbandInnen stimmten so für das Sucrose-Keks ab. 43 % (Sucrose) und 38 % (ENSO 16) stimmten bei den jeweiligen Keksen für „mag ich gern“. „Sehr gerne“ mögen 22 % der Testpersonen das Keks mit ENSO 16 und 15 % der Testpersonen das Keks mit Sucrose.

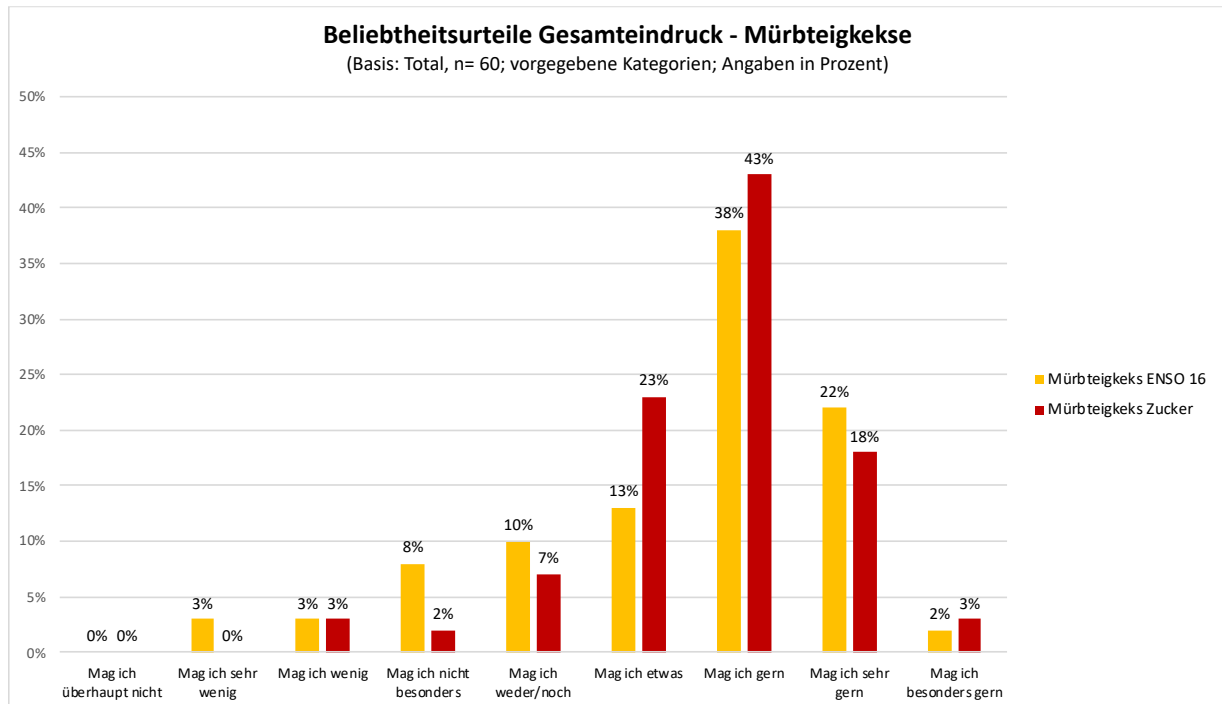


Abbildung 37: Beliebtheitsurteile Gesamteindruck des Akzeptanztests – Mürbteigkekse; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

### Bewertung von Unterschied & Präferenzen inklusive Begründungen der Mürbteigkekse

Nach den sensorischen Beurteilungen wurden die Prüfpersonen gebeten bekanntzugeben, ob sie der Meinung sind, dass sie zwei gleiche oder zwei unterschiedliche Proben verkostet haben und worin der Unterschied liegen könnte. Es zeigte sich, dass es zwar signifikante sensorische Unterschiede zwischen den zwei Kekse-Proben gibt (Abb. 38), aber diese zu keinem signifikanten Unterschied in der Präferenz führen (Abb. 32). Bei 60 Personen ist ab 38 Nennungen das Ergebnis signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,05. 58 von 60 Personen erkannten einen Unterschied und ungefähr gleiche viele Personen bevorzugten das Produkt mit ENSO 16 (26 von 60) bzw. das Sucrose-Produkt (28 von 60).





Abbildung 38: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Unterschiedsbewertung der Mürbteigkekse; n= 60

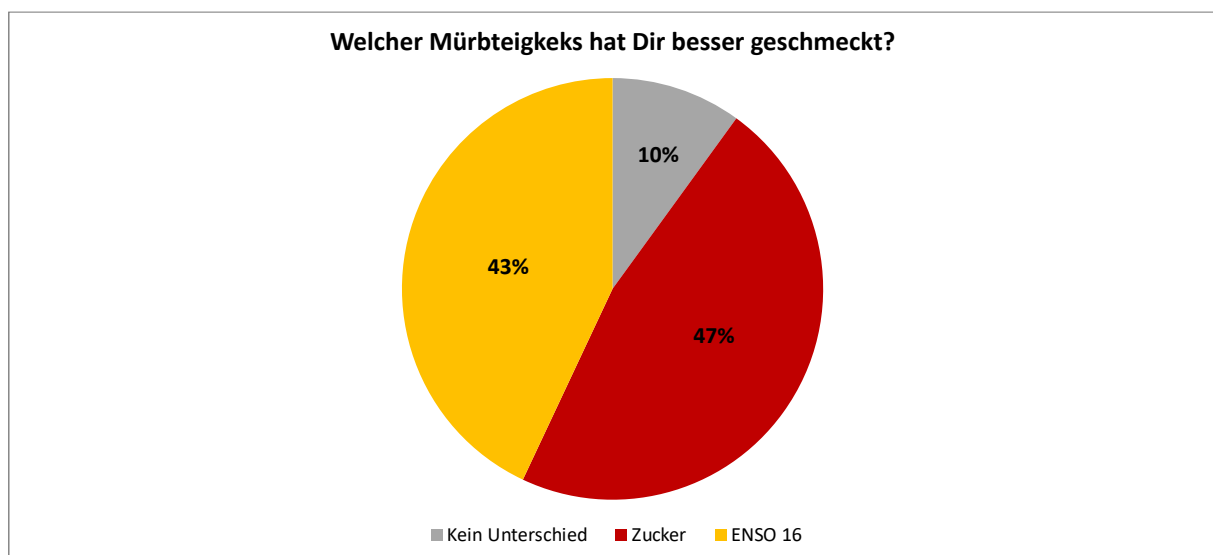


Abbildung 39: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Präferenz der Mürbteigkekse; n= 60

Um darzustellen, wie sich die beiden Proben voneinander unterscheiden und inwieweit sie signifikant unterschiedlich bewertet wurden, wurde ein t-Test mit den einzelnen Ergebnissen durchgeführt. Die Ergebnisse in Abbildung 40 zeigen, dass die Mürbteigkekse mit ENSO 16 im Vergleich zu den Mürbteigkekse mit Sucrose nur bezüglich des Geruchs einen signifikanten Unterschied aufweisen. Hier wurde die Variante mit ENSO 16 als signifikant besser bewertet. Bei allen anderen Beliebtheitsurteilen wurde das Mürbteigkeks mit ENSO 16 nicht signifikant unterschiedlich bewertet.

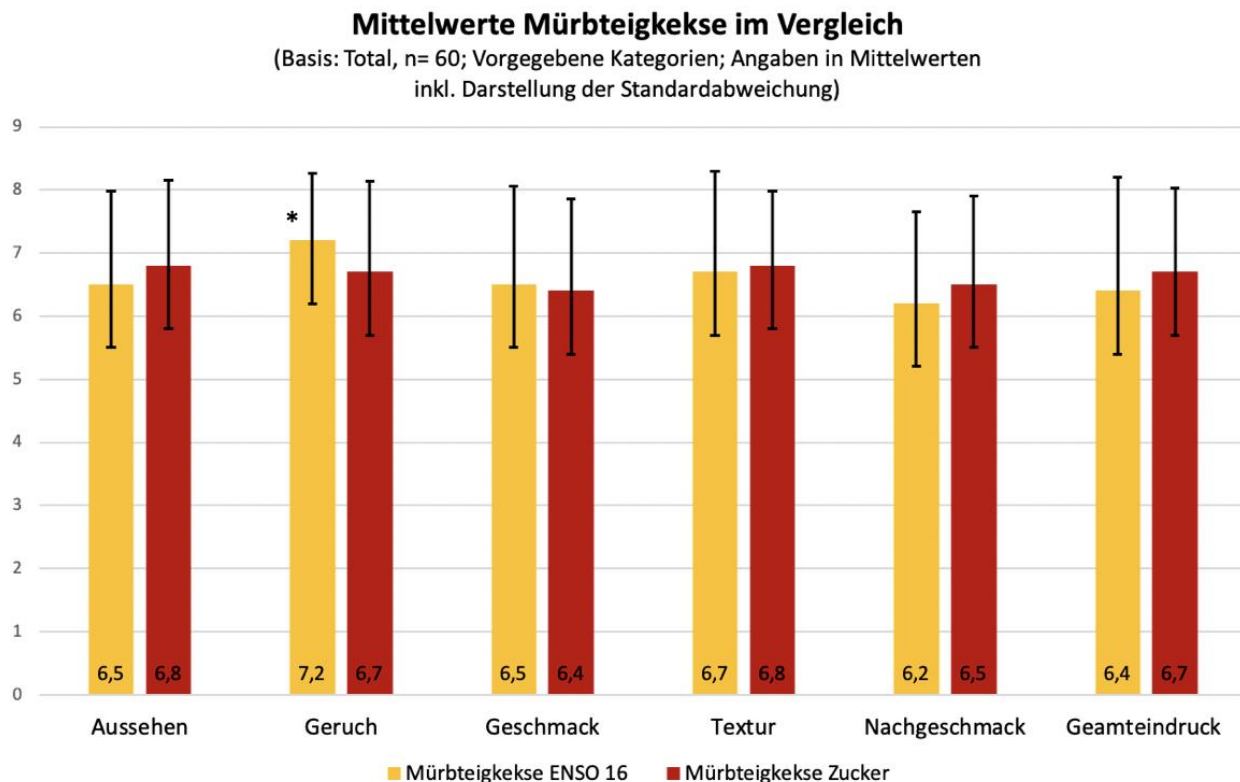


Abbildung 40: Akzeptanztest – Gesamtbewertung der Mürbteigkekse (angegeben in den Mittelwerten inkl. Darstellung der Standardabweichung) der einzelnen Bewertungen im Vergleich; Mithilfe des t-Tests konnte beim Geruch ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Keksproben ermittelt werden ( $p = 0,02$ ); \*  $p < 0,5$ .

Am Ende des Fragebogens gab es noch eine offene Frage, in welcher die ProbandInnen eine Begründung für die wahrgenommenen Unterschiede und Präferenzen formulieren sollten. Die Aussagen sind teils widersprüchlich und daher schwer auszuwerten. Die gesamten Beurteilungen sind im Anhang in Form einer Tabelle zu finden. (Siehe Angang, xxxvii)

## Biskuitkuchen

### Bewertung des Aussehens, Geruchs, Geschmacks und Textur des Biskuitkuchens

Die olfaktorische Beurteilung umfasste auch hier das Aussehen, den Geruch und den Geschmack. Den Biskuitkuchen mit ENSO 16 mögen 27 % der ProbandInnen hinsichtlich des Aussehens gerne, 27 % der ProbandInnen stimmten für dieses Attribut im Zusammenhang mit dem Sucrose-Biskuit. Besonders gerne mögen 3 % der ProbandInnen die Variante mit ENSO 16, wohingegen der Sucrose-Biskuit von 2 % der ProbandInnen hinsichtlich des Aussehens so bewertet wurde.

Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über das Aussehen liegen beim Produkt mit ENSO 16 bei  $6,3 \pm 1,5$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $6,1 \pm 1,6$  Punkten von der 9-Punkte-Skala. Ein t-Test ergab, dass kein signifikanter Unterschied vorliegt. Die Verteilungen der Urteile über das Aussehen sind in Abbildung 41 in Form eines Balkendiagramms dargestellt.

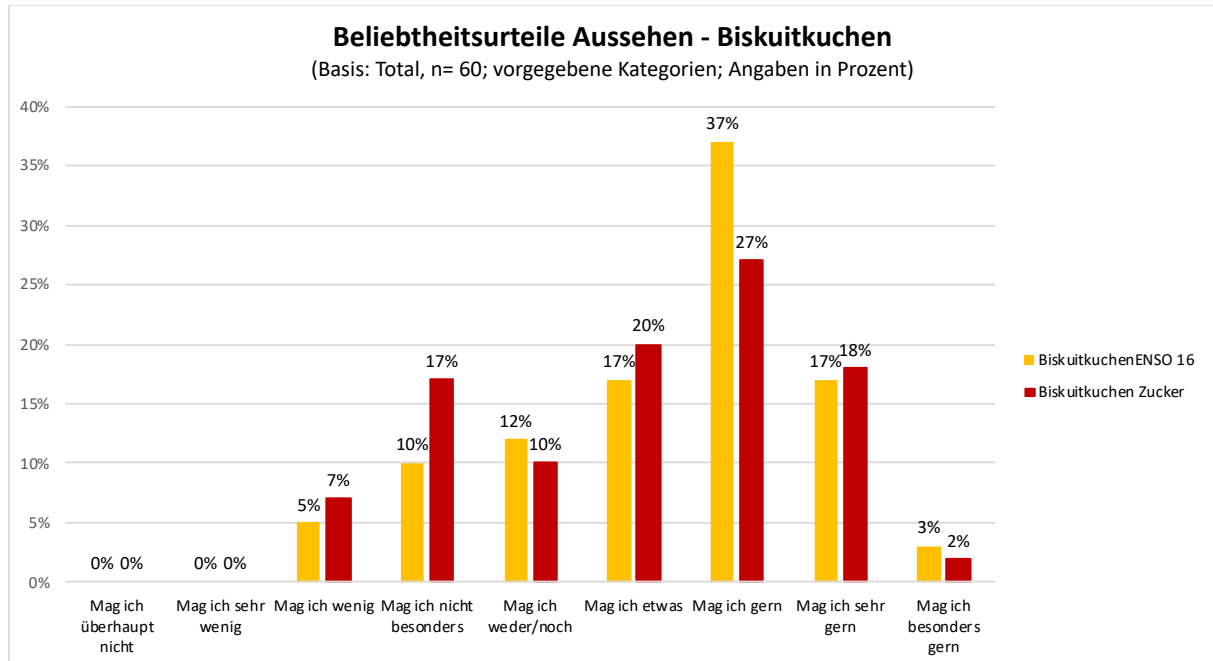


Abbildung 41: Beliebtheitsurteile Aussehen des Akzeptanztests – Biskuitkuchen; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Beim Geruch erzielte der Biskuitkuchen mit ENSO 16 im Mittelwert  $6,4 \pm 1,6$  Punkte, der Biskuit mit Sucrose im Mittel  $5,4 \pm 1,9$  Punkte der Skala erreichte. Ein signifikanter Unterschied konnte mithilfe des t-Tests festgestellt werden ( $p\text{-Wert} = 0,003$ ). Bei dem Biskuit von ENSO 16 gaben 17 % der Prüfpersonen an, dass sie diesen bezüglich des Geruchs „sehr gerne“ mögen, 7 % gaben an, dass sie den Geruch „besonders gerne“ mögen. Im Vergleich gaben 13 % an, dass sie den Geruch der Sucrose-Variante „sehr gerne“ mögen und 3 %, dass sie die Sucrose-Variante „besonders gerne“ mögen. Die Verteilungen bezüglich des Geruchs wurde in Abbildung 42 in Form eines Balkendiagramms dargestellt.

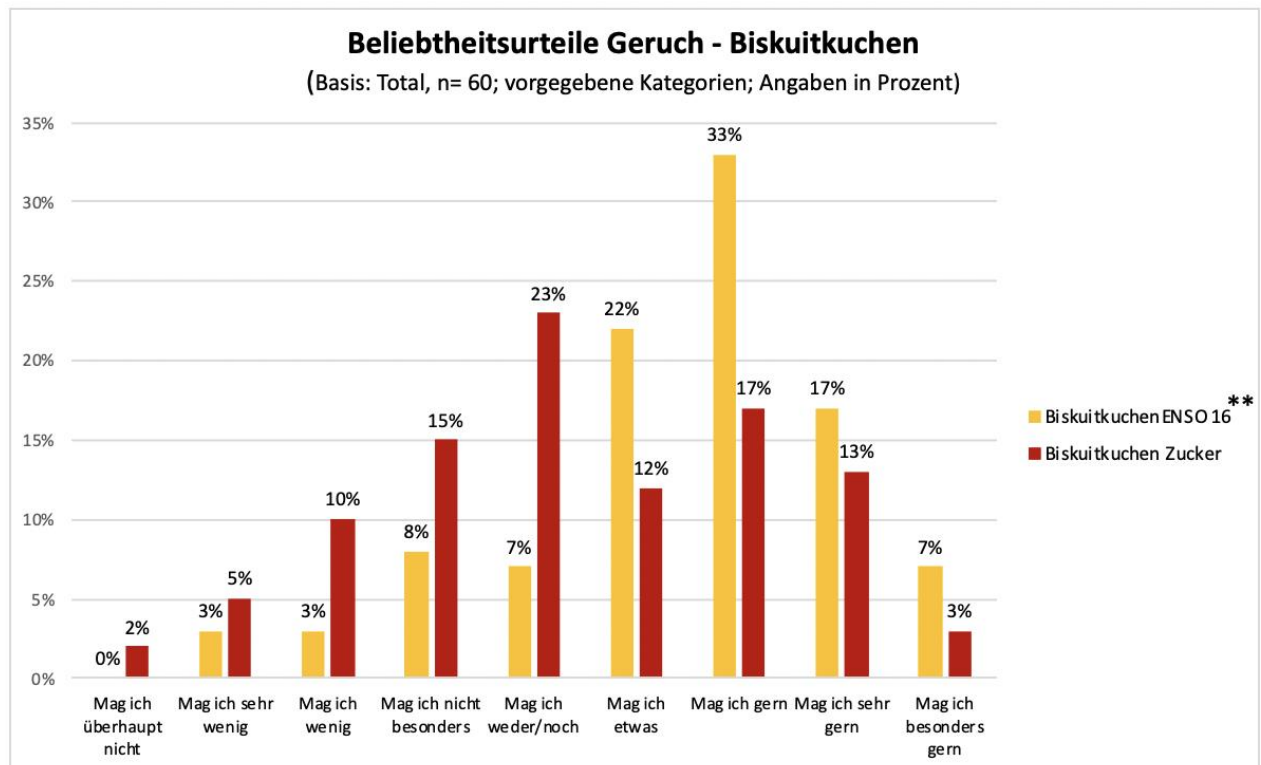


Abbildung 42: Beliebtheitsurteile Geruch des Akzeptanztests – Biskuitkuchen; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p$ -Wert = 0,003). Der Biskuitkuchen mit ENSO 16 wurde hinsichtlich des Geruchs signifikant besser bewertet; \*\*  $p < 0,01$ .

Beim Geschmack bewerteten 22 % der ProbandInnen den Biskuit mit ENSO 16 als „mag ich sehr gern“, wohingegen 10 % die Sucrose-Variante gleich bewerteten. Keine Testpersonen gaben an, dass sie das Sucrose-Produkt „besonders gerne“ mag. Im Vergleich entschieden sich 7 % der ProbandInnen für diese Bewertung bei der Variante mit ENSO 16. Die Verteilungen der Urteile über den Geschmack sind in Abbildung 43 in Form eines Balkendiagramms dargestellt. Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über den Geschmack liegen beim ENSO 16-Produkt bei  $6,4 \pm 1,8$  und beim Sucrose-Produkt bei  $5,6 \pm 1,6$  Punkten. Nach der Durchführung eines t-Tests konnte festgestellt werden ( $p$ -Wert = 0,02), dass dieser Unterschied signifikant ist..

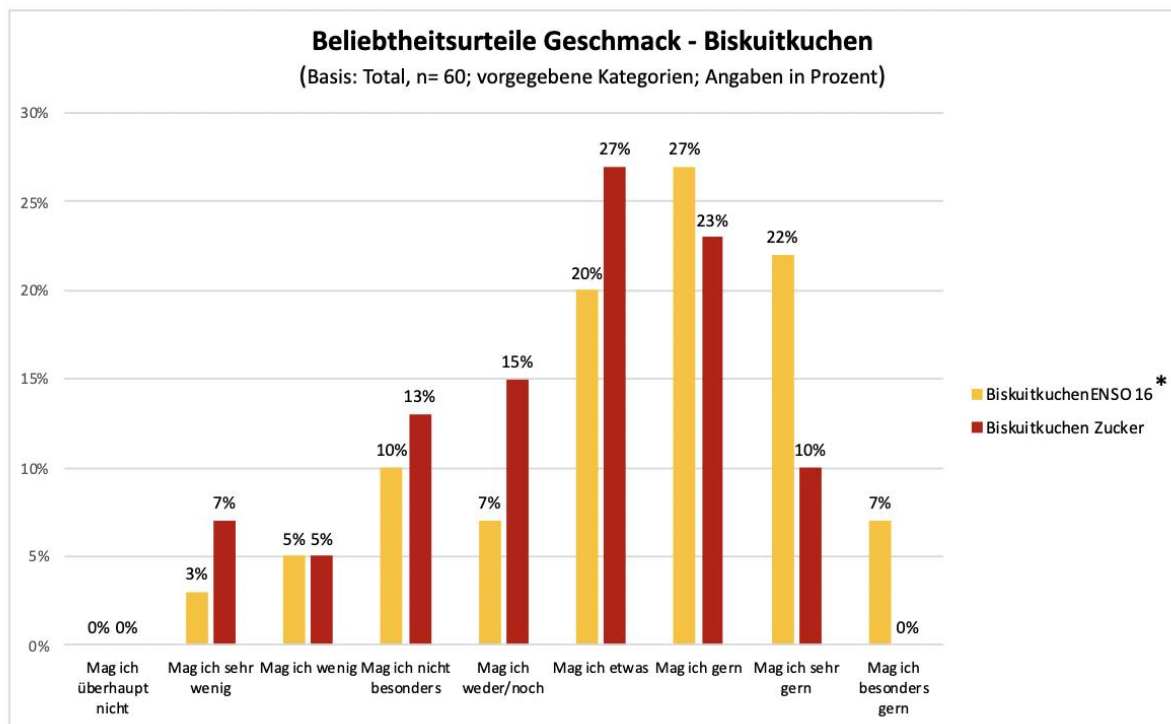


Abbildung 43: Beliebtheitsurteile Geschmack des Akzeptanztests – Biskuitkuchen; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p-Wert = 0,02). Der Biskuitkuchen mit ENSO 16 wurde hinsichtlich des Geschmacks signifikant besser bewertet; \*  $p < 0,05$ .

„Sehr gerne“ mögen 32 % der Prüfpersonen die Textur des Biskuitkuchens mit ENSO 16 und 15 % gaben an, dass sie die Textur „besonders gerne“ mögen. Das Sucrose-Produkt bekam in den gleichen Kategorien eine Bewertung von 18 % beziehungsweise 7 %. Die Verteilungen der Urteile über die Textur sind in Abbildung 44 in Form eines Balkendiagramms dargestellt. Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über die Textur liegen beim ENSO 16-Produkt bei  $6,9 \pm 1,9$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $5,6 \pm 2,4$  Punkten. Anhand eines t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p-Wert = 0,001).

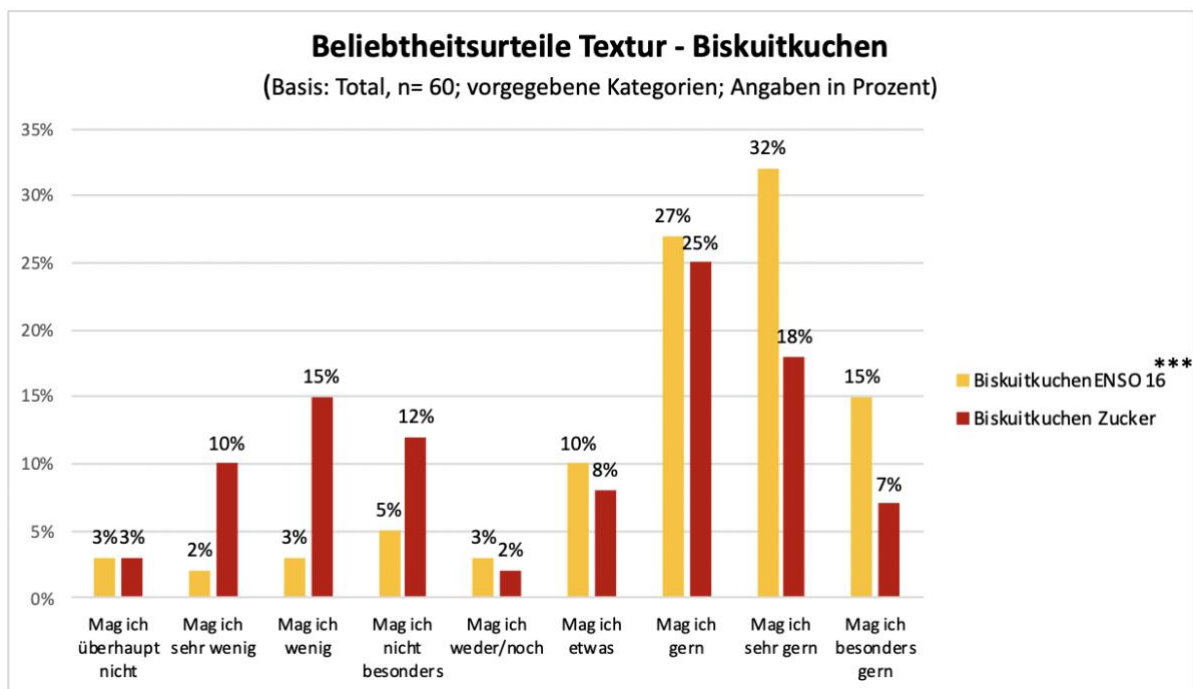


Abbildung 44: Beliebtheitsurteile Textur des Akzeptanztests – Biskuitkuchen; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p$ -Wert = 0,001). Der Biskuitkuchen mit ENSO 16 wurde hinsichtlich der Textur signifikant besser bewertet; \*\*\*  $p < 0,001$ .

#### Bewertung der Süß-Intensität, des Nachgeschmacks und Overall-Likings des Biskuitkuchens

Ein Just-About-Right Test wurde durchgeführt, um die Süße zu bewerten. 42 von 60 Personen gaben an, dass die Süße des Biskuitkuchens mit ENSO 16 genau richtig ist; das entspricht 70 % der ProbandInnen. Diese Bewertung gaben 29 Personen (48 %) dem Sucrose-Produkt. Die ProbandInnen (7 %) nannten beim Biskuit mit Sucrose, dass zu wenig süß ist, 3 % bewerteten den ENSO 16-Biskuit als viel zu süß. In Abbildung 45 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Wenn man „viel zu wenig süß“ mit -2, „etwas zu wenig süß“ mit -1, „genau richtig“ mit 0, „etwas zu süß“ mit +1 und „viel zu süß“ mit +2 skaliert, dann ergeben sich als Mittelwerte für das Produkt mit ENSO 16 -0,04 und für den Biskuit mit Sucrose -0,29. Der Biskuitkuchen mit ENSO liegt somit näher an der genau richtigen Süße, als das Produkt mit Sucrose. Mit einer Penalty Analyse wurde überprüft, inwiefern die ermittelte Abweichung vom Optimum einen Einfluss auf die Gesamtbeurteilung hat. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Süße auf die Gesamtakzeptanz ermittelt werden ( $H_0$  wird angenommen).

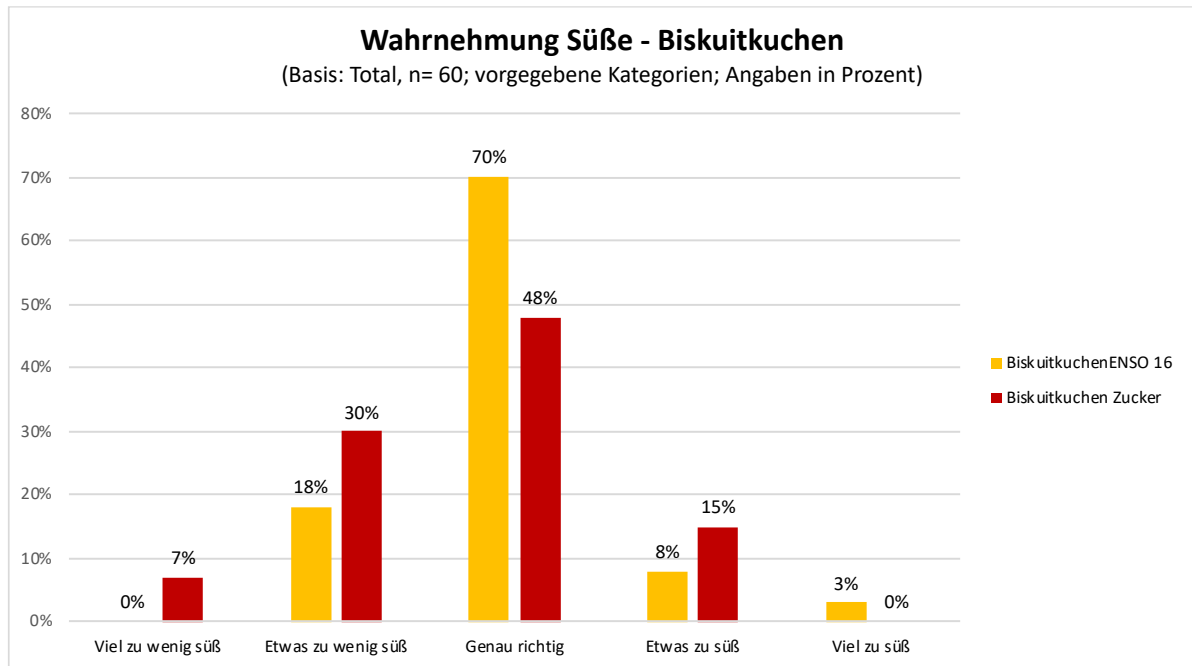


Abbildung 45: Beliebtheitsurteile Akzeptanztest – Wahrnehmung der Süße – Biskuitkuchen; n= 60; Eine Penalty Analyse lieferte keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei verschiedenen Keksproben.

Beim Nachgeschmack konnte mithilfe des t-Test kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Mittelwerte für das ENSO 16-Produkt ergaben  $6,0 \pm 1,8$  Punkte und für den Biskuit mit Sucrose  $5,5 \pm 1,7$  Punkte. Anhand des Balkendiagramms in Abbildung 46 konnte festgestellt werden, dass bei den Bewertungen „mag ich sehr gerne“ und „mag ich besonders gerne“ das ENSO 16-Produkt immer besser bewertet wurde (15 % zu 8 % und 8 % zu 3 %).

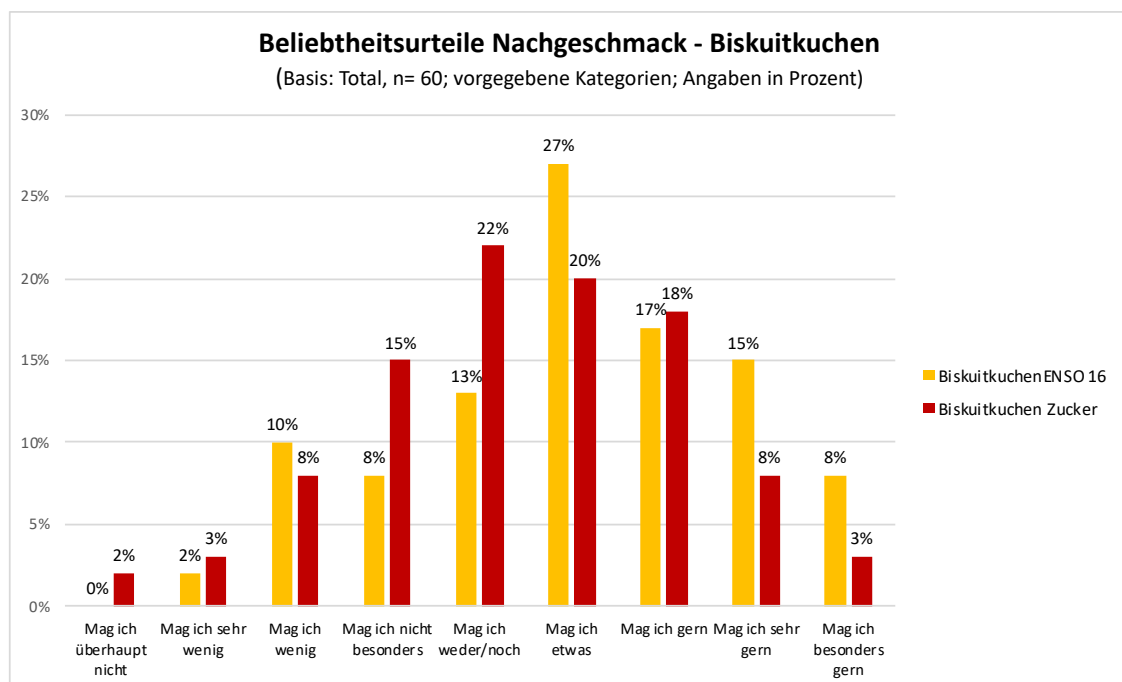


Abbildung 46: Beliebtheitsurteile Nachgeschmack des Akzeptanztests – Biskuitkuchen; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Auch beim Overall-Liking (Gesamteindruck) schneidet der Biskuit mit ENSO 16 besser ab, als das Referenzprodukt mit Sucrose. Die Testung ergab, dass 25 % den Kuchen mit ENSO 16 sehr gerne mögen, wohingegen nur 12 % diese Aussage beim Sucrose-Produkt tätigten. Die Mittelwerte der Overall Liking-Urteile liegen beim Produkt mit ENSO 16 bei  $6,3 \pm 1,8$  Punkte und beim Sucrose-Produkt bei  $5,4 \pm 1,9$  Punkte. Ein t-Test ergab einen signifikanten Unterschied (p-Wert = 0,008). In der Abbildung 50 sind sämtliche Bewertungen als Balkendiagramm dargestellt.

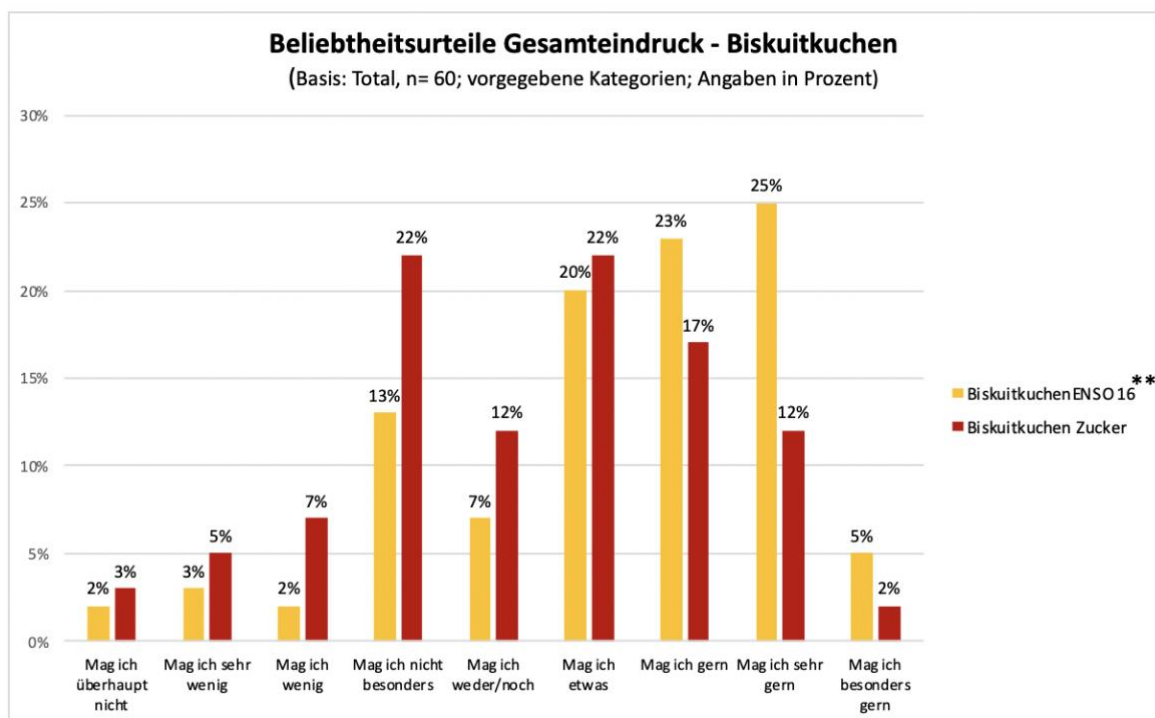


Abbildung 47: Beliebtheitsurteile Gesamteindruck des Akzeptanztests – Biskuitkuchen; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p-Wert = 0,008). Der Biskuitkuchen mit ENSO 16 wurde hinsichtlich des Gesamteindrucks signifikant besser bewertet; \*\* p < 0,01.

#### Bewertung von Unterschied & Präferenzen inklusive Begründungen der Biskuitkuchen

Einen Unterschied zwischen den beiden Proben erkannten 53 von 60 Personen (88%). Dieser Unterschied ist signifikant und wurde mit einem t-Test bestätigt (p-Wert = 0,0001). Das Produkt mit ENSO 16 wird von 41 Personen (68 %) bevorzugt, 12 Personen (20 %) bevorzugen das Produkt mit Sucrose und 7 Personen (12%) gaben keine Präferenz an. Die genauen Verteilungen sind in den Kreisdiagrammen in Abbildung 48 und 49 dargestellt.





Abbildung 48: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Unterschiedsbewertung der Biskuitkuchen; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p-Wert = 0,0001); \*\*\*  $p < 0,001$

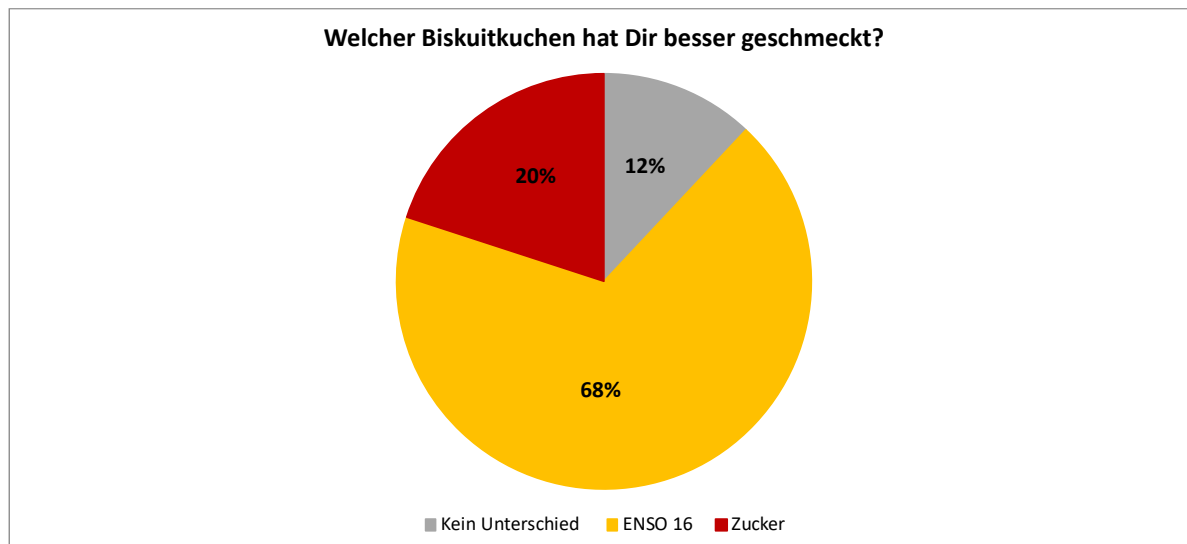


Abbildung 49: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Präferenz der Biskuitkuches; n= 60;

Inwiefern die beiden Vergleichsproben signifikant unterschiedlich beurteilt wurden, wurde mittels t-Test statistisch ermittelt und in Abbildung 50 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass der Biskuitkuchen mit ENSO 16 in allen Merkmalseigenschaften mit Ausnahme des Aussehens signifikant besser beurteilt wurde als der Referenz-Biskuitkuchen mit Sucrose.

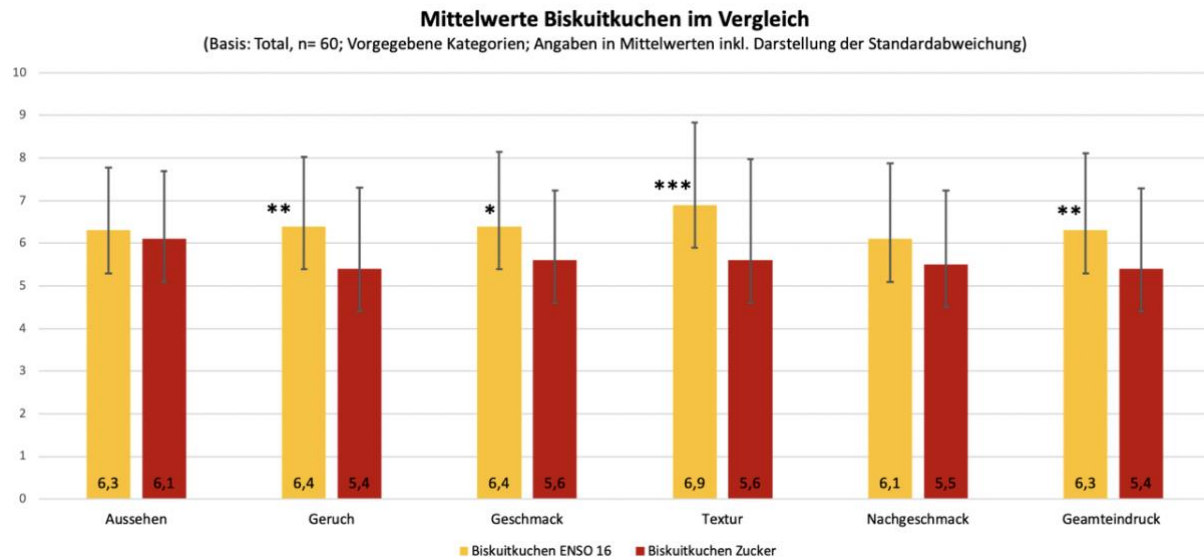


Abbildung 50: Akzeptanztest – Gesamtbewertung der Biskuitkuchen (angegeben in den Mittelwerten inkl. Darstellung der Standardabweichung) der einzelnen Bewertungen im Vergleich; Mithilfe des t-Tests konnten beim Geruch ( $p = 0,003$ ), beim Geschmack ( $p = 0,02$ ), bei der Textur ( $p = 0,001$ ) und bei dem Gesamteindruck ( $p = 0,008$ ) ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Biskuitkuchenproben ermittelt werden; \*  $p < 0,5$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

Die Auswertung der Begründungen der ProbandInnen gestaltete sich als schwierig. Es konnte abgeleitet werden, dass das Produkt mit ENSO 16 aufgrund seiner bräunlicheren Farbe, der Textur und des Geschmacks bevorzugt wurde. Als Gründe, warum der Sucrose-Biskuitkuchen schlechter abschnitt, wurde mehrmals ein künstlicher Geschmack und ein Geschmack nach Backpulver genannt. Die Tabelle mit den Begründungen ist im Anhang zu finden. (siehe Anhang, xliii)

## Sachertorte

### Bewertung des Aussehens, Geruchs, Geschmacks und Textur der Sachertorten

Die Sachertorte mit ENSO 16 mögen 40 % der ProbandInnen „gern“, wohingegen 18 % die Sucrose-Sachertorte so bewerteten. „Sehr gerne“ mögen 48 % das Aussehen der Sucrose-Sachertorte, 28 % bewerteten die Variante mit ENSO 16 gleich. Das Balkendiagramm mit den Urteilen über das Aussehen ist in Abbildung 51 zu finden. Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über das Aussehen liegen beim Produkt mit ENSO 16 bei  $7,1 \pm 1,3$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $7,7 \pm 1,3$  Punkten von insgesamt 9 zu erreichenden Punkten.

Ein t-Test ergab hier einen signifikanten Unterschied (p-Wert = 0,004). Das Sucrose-Produkt wies im Aussehen eine signifikant höhere Beliebtheit auf.

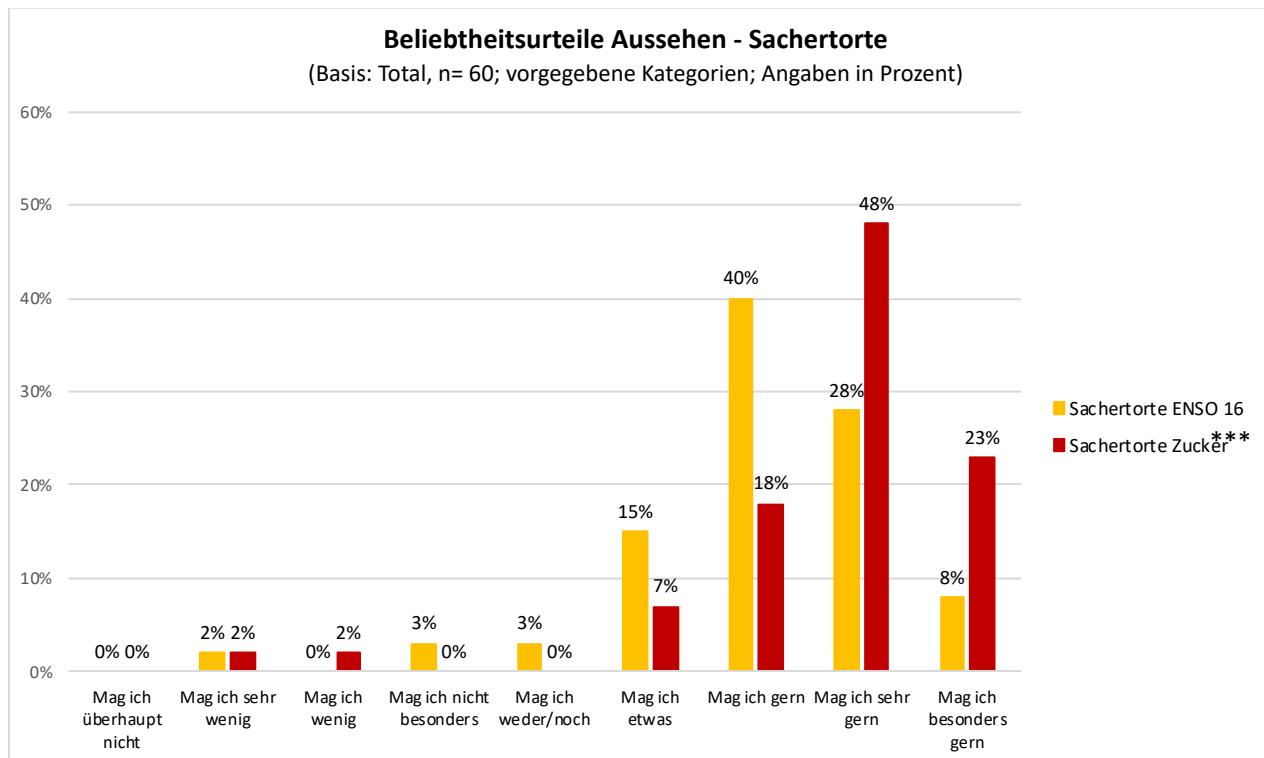


Abbildung 51: Beliebtheitsurteile Aussehen des Akzeptanztests – Sachertorte; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p = 0,004$ ). Die Sachertorte mit Sucrose wurde hinsichtlich des Aussehens signifikant besser bewertet;  $**p < 0,01$ .

Der Geruch wurde im Mittelwert beim Produkt mit ENSO 16 mit  $6,9 \pm 1,3$  Punkten und beim Sucrose-Produkt mit  $7,6 \pm 1,4$  Punkten bewertet. Ein t-Test ergab einen signifikanten Unterschied (p-Wert = 0,002). Den Geruch der Sachertorte mit ENSO 16 bewerteten 40 % mit „mag ich gerne“, 43 % bewerteten den Geruch der Sucrose-Variante als „mag ich sehr gerne“. Die Verteilungen der Bewertungen des Geruchs sind in Abbildung 52 in Form eines Balkendiagramms dargestellt.

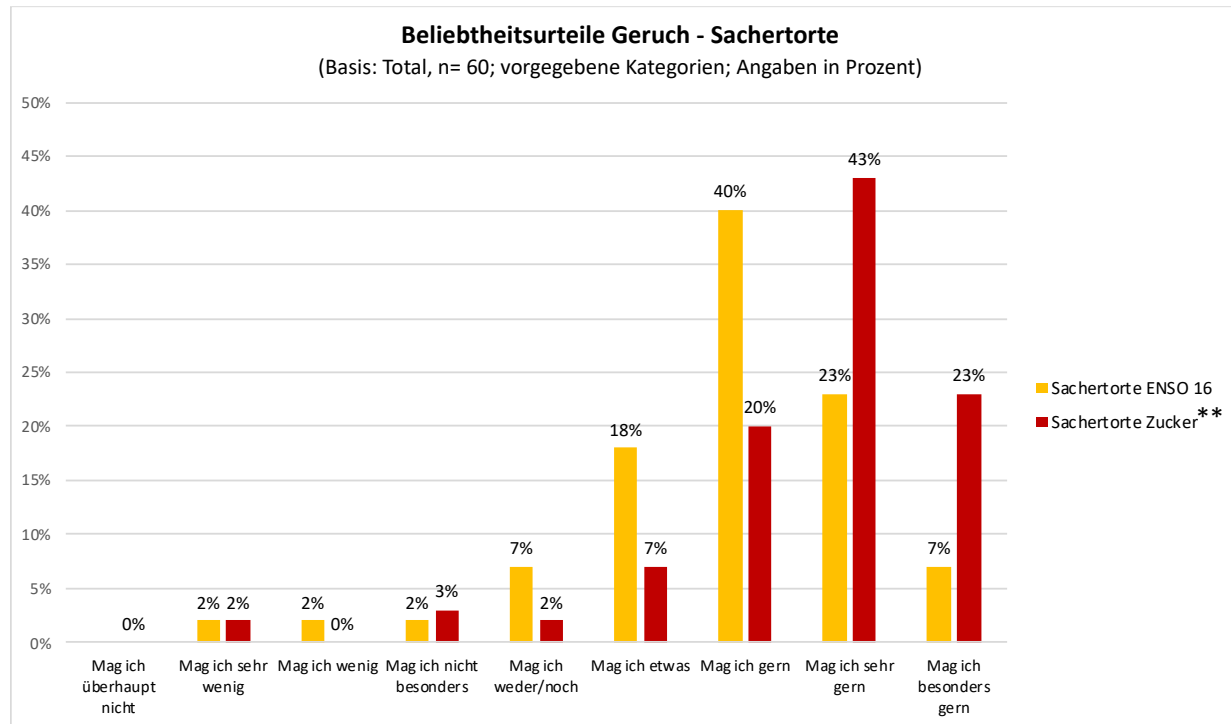


Abbildung 52: Beliebtheitsurteile Geruch des Akzeptanztests – Sachertorte; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p = 0,002$ ). Die Sachertorte mit Sucrose wurde hinsichtlich des Geruchs signifikant besser bewertet;  $**p < 0,01$ .

Beim Geschmack wurde die Variante mit Sucrose signifikant besser bewertet. Die ProbandInnen (23 %) gaben an, dass sie diese Variante mit Sucrose „besonders gerne“ mögen, wohingegen nur 8 % das Produkt mit ENSO 16 so bewerteten. Mit „mag ich sehr gern“ bewerteten 33 % den Geschmack der Sachertorte mit Sucrose und 18 % den Geschmack der Sachertorte mit ENSO 16. Es bewerteten 30 % der ProbandInnen die Torte mit ENSO 16 den Geschmack mit „mag ich gern“. In der gleichen Kategorie stimmten 27 % der ProbandInnen für die Variante mit Sucrose. In Abbildung 53 wurden die Ergebnisse in Form eines Balkendiagramms dargestellt. Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über den Geschmack liegen beim ENSO 16-Produkt bei  $6,4 \pm 1,7$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $7,4 \pm 1,7$  Punkten. Ein t-Test ergab einen signifikanten Unterschied ( $p$ -Wert = 0,003).

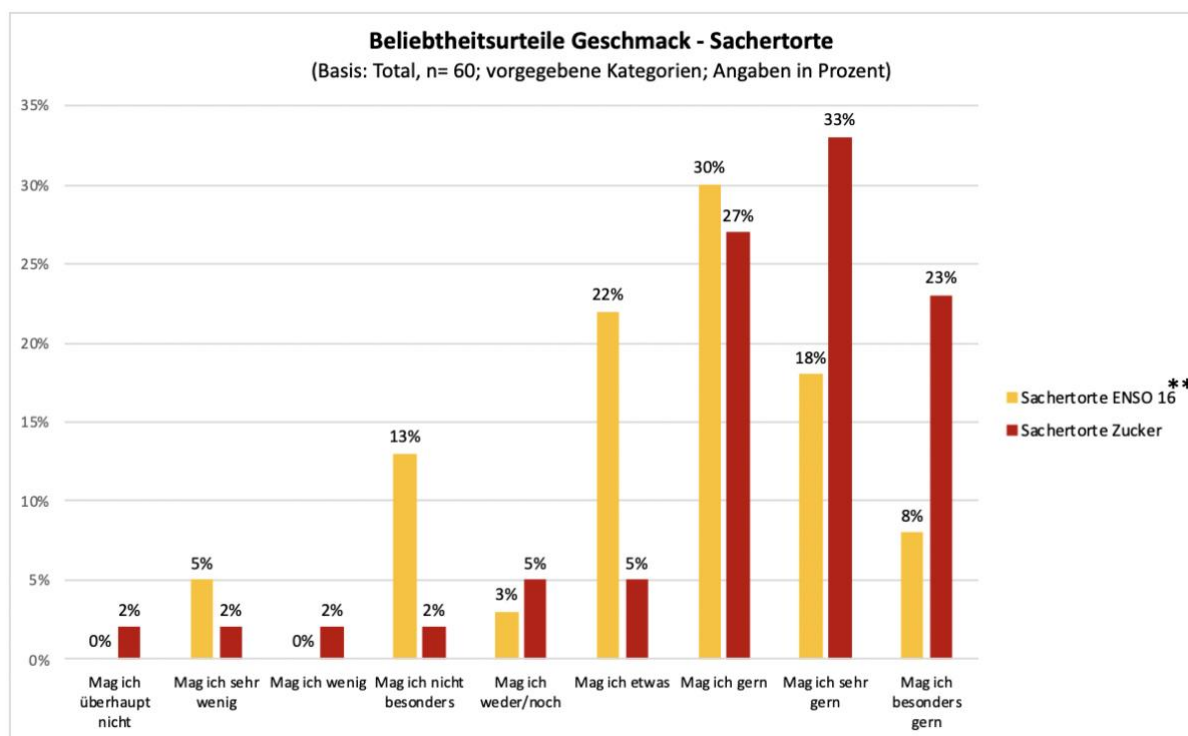


Abbildung 53: Beliebtheitsurteile Geschmack des Akzeptanztests – Sachertorte; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p-Wert = 0,003). Die Sachertorte mit Sucrose wurde hinsichtlich des Geschmacks signifikant besser bewertet; \*\*  $p < 0,01$ .

Die Textur der Sachertorte wurde von 33 % der Probandinnen bei der Sucrose-Variante als „mag ich gerne“ eingestuft. Diese Bewertung gaben 32 % der Sachertorte mit ENSO 16. Die Textur der Sachertorte mit Sucrose wurde in den Kategorien „mag ich sehr gerne“ mit 32 % (Sucrose) beziehungsweise 15 % (ENSO 16) und „mag ich besonders gerne“ mit 23 % (Sucrose) beziehungsweise 13% (ENSO 16) bewertet. Die Ergebnisse der Beliebtheitsbewertung zur Textur der Sachertorten sind in Abbildung 54 in Form eines Balkendiagramms dargestellt. Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über die Textur liegen bei der Sachertorte mit ENSO 16 bei  $6,5 \pm 1,8$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $7,5 \pm 1,3$  Punkten. Ein t-Test ergab hier einen signifikanten Unterschied (p-Wert < 0,001).

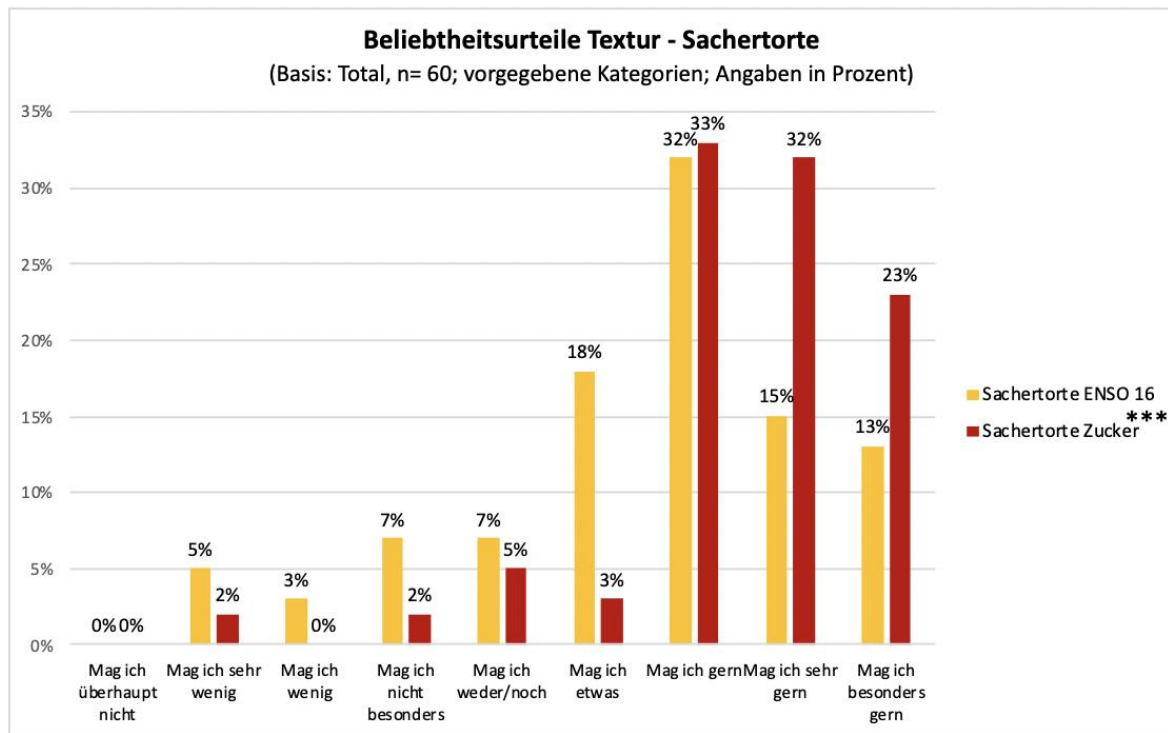


Abbildung 54: Beliebtheitsurteile Textur des Akzeptanztests – Sachertorte; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p$ -Wert < 0,001). Die Sachertorte mit Sucrose wurde hinsichtlich der Textur signifikant besser bewertet; \*\*\*  $p$  < 0,001.

#### Bewertung der Süß-Intensität, des Nachgeschmacks und des Overall-Likings der Sachertorten

Der Just-About-Right Test zur Bewertung der Süße ergab, dass beide Torten von ungefähr gleich vielen Personen als genau richtig süß wahrgenommen wurden (ENSO 16 von 37 Personen und Sucrose von 38 Personen). Die Sachertorte mit ENSO 16 fanden 62 % der KonsumentInnen genau richtig süß, 63 % der KonsumentInnen stimmten bei der Sucrose-Variante für diese Bewertung. „Etwas zu süß“ empfanden 27 % der ProbandInnen die Sachertorte mit Sucrose, 13 % bewerteten die Torte mit ENSO 16 mit dem gleichen Attribut. Die Ergebnisse sind in Form eines Balkendiagramms in Abbildung 55 dargestellt. Wenn man „viel zu wenig süß“ mit -2, „etwas zu wenig süß“ mit -1, „genau richtig“ mit 0, „etwas zu süß“ mit 1 und „viel zu süß“ mit +2 skaliert, dann ergeben sich als Mittelwerte für die ENSO 16 Sachertorte -0,05 und für die Sachertorte Sucrose 0,23. Die Sachertorte mit ENSO 16 ist damit sehr nahe am Wert „genau richtig“.

Mit einer Penalty Analyse wurde überprüft, inwiefern die ermittelte Abweichung vom Optimum einen Einfluss auf die Gesamtbeurteilung hat. Es konnte kein signifikanter Einfluss der Süße auf die Gesamtakzeptanz ermittelt werden ( $H_0$  wird angenommen).

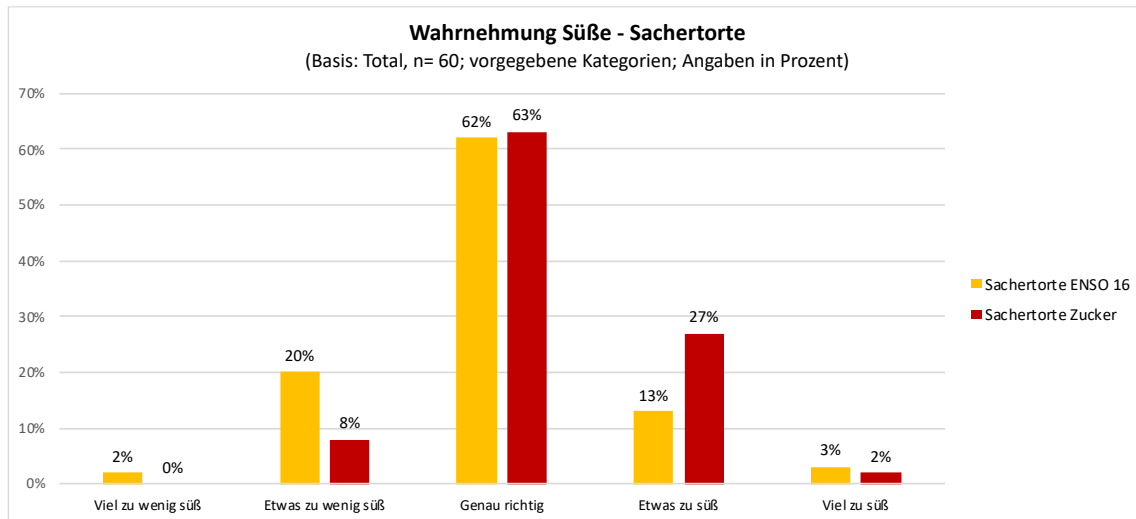


Abbildung 55: Beliebtheitsurteile Akzeptanztest – Wahrnehmung der Süße – Sachertorte; n= 60; Eine Penalty Analyse lieferte keinen signifikanten Unterschied zwischen den zwei verschiedenen Sachertorten.

Jeweils 22 % der ProbandInnen stimmten in den Kategorien „mag ich besonders gern“ und „mag ich sehr gern“ für die Sachertorte mit Sucrose. Die Sachertorte mit ENSO 16 wurde in den gleichen Kategorien mit 7 % beziehungsweise 13 % bewertet. Mit „mag ich gern“ stimmten 28 % für die Sachertorte mit Sucrose und 22 % für die Sachertorte mit ENSO 16. Die Bewertung der Beliebtheit des Nachgeschmacks ist in Abbildung 56 in einem Balkendiagramm dargestellt. Die Mittelwerte der Beliebtheitsurteile über den Nachgeschmack liegen bei der Sachertorte mit ENSO 16 bei  $6,0 \pm 1,9$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $7,1 \pm 1,6$  Punkten. Mit dem t-Test konnte ein signifikanter Unterschied errechnet werden ( $p$ -Wert < 0,001).

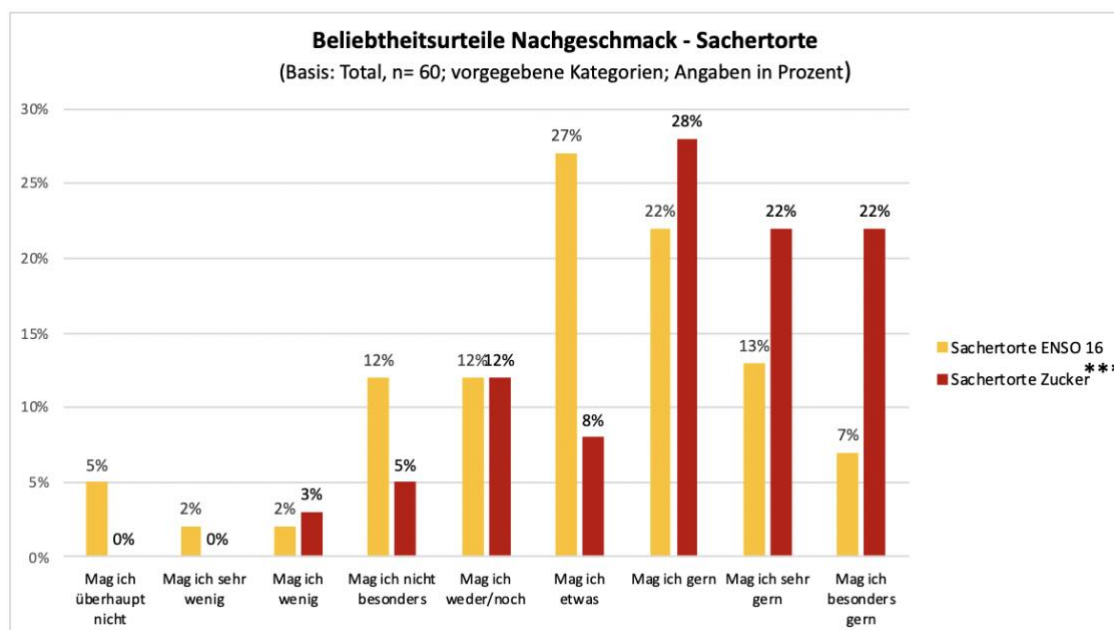


Abbildung 56: Beliebtheitsurteile Nachgeschmack des Akzeptanztests – Sachertorte; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p$ -Wert < 0,001). Die Sachertorte mit Sucrose wurde hinsichtlich des Nachgeschmacks signifikant besser bewertet; \*\*\*  $p$  < 0,001.

Die Mittelwerte der Overall-Liking-Urteile (Gesamteindruck) liegen beim Produkt mit ENSO 16 bei  $6,3 \pm 1,6$  Punkten und beim Sucrose-Produkt bei  $7,5 \pm 1,4$  Punkten. Ein t-Test ergab einen signifikanten Unterschied. Das Produkt mit ENSO 16 wurde im Mittel signifikant schlechter beurteilt als das Referenz-Produkt mit Sucrose ( $p\text{-Wert} < 0,001$ ). „Besonders gern“ mögen 23 % der ProbandInnen die Sachertorte mit Sucrose, wohingegen 3 % die Sachertorte mit ENSO 16 so bewerteten. Die Torte mit ENSO 16 wurde von 28 % der KonsumentInnen mit „mag ich gern“ bewertet. Die Sachertorte mit Sucrose wurde von 22 % gleich bewertet. In der Abbildung 57 sind die Bewertungen als Balkendiagramm dargestellt.

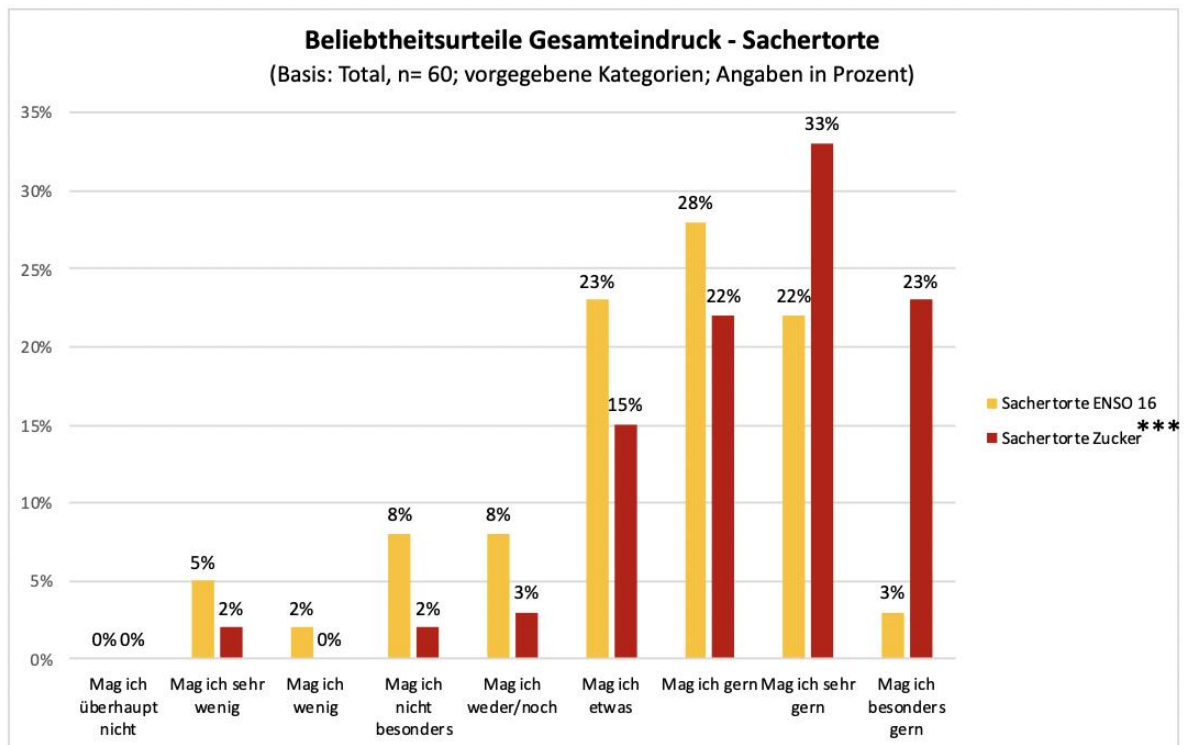


Abbildung 57: Beliebtheitsurteile Gesamteindruck des Akzeptanztests – Sachertorte; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p\text{-Wert} < 0,001$ ). Die Sachertorte mit Sucrose wurde hinsichtlich des Gesamteindrucks signifikant besser bewertet; \*\*\*  $p < 0,001$ .

#### Bewertung von Unterschied & Präferenzen inklusive Begründungen der Sachertorten

Einen Unterschied zwischen den beiden Proben erkannten 56 von 60 Personen (93%). Mit einem t-Test wurde ein signifikanter Unterschied ermittelt ( $p < 0,001$ ). Die Sachertorte mit Sucrose bevorzugten 41 Personen (68 %), 6 Personen (10 %) bevorzugten das Produkt mit ENSO 16 und 13 Personen (22%) haben keine Präferenz angegeben. Die Verteilungen sind in den Kreisdiagrammen in Abbildung 58 und 59 dargestellt.



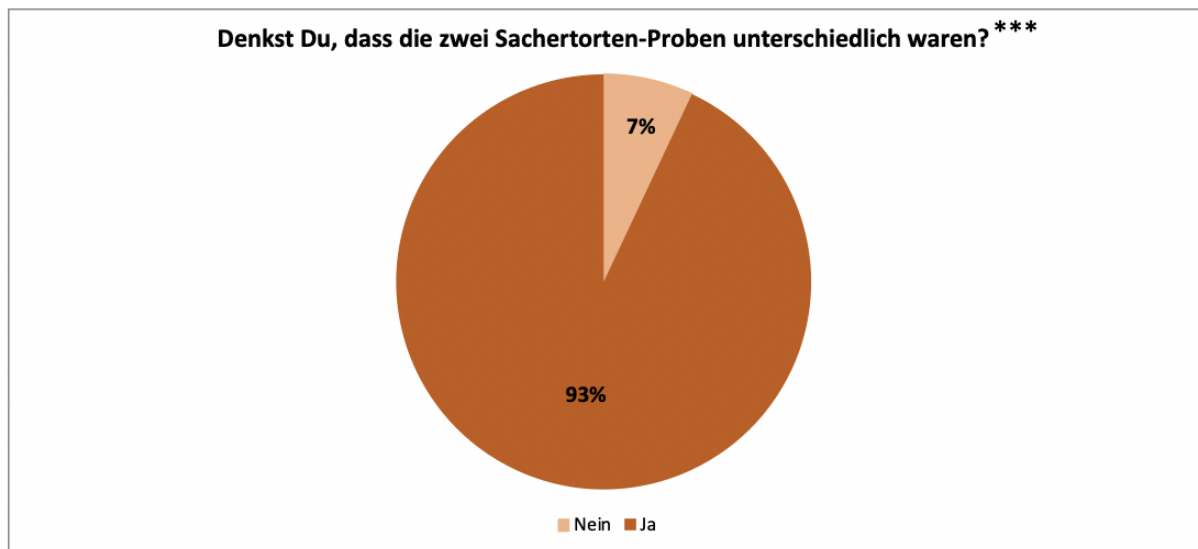


Abbildung 58: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Unterschiedsbewertung der Sachertorten; n= 60; Mithilfe des t-Tests konnte ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $p$ -Wert < 0,001); \*\*\*  $p < 0,001$ .

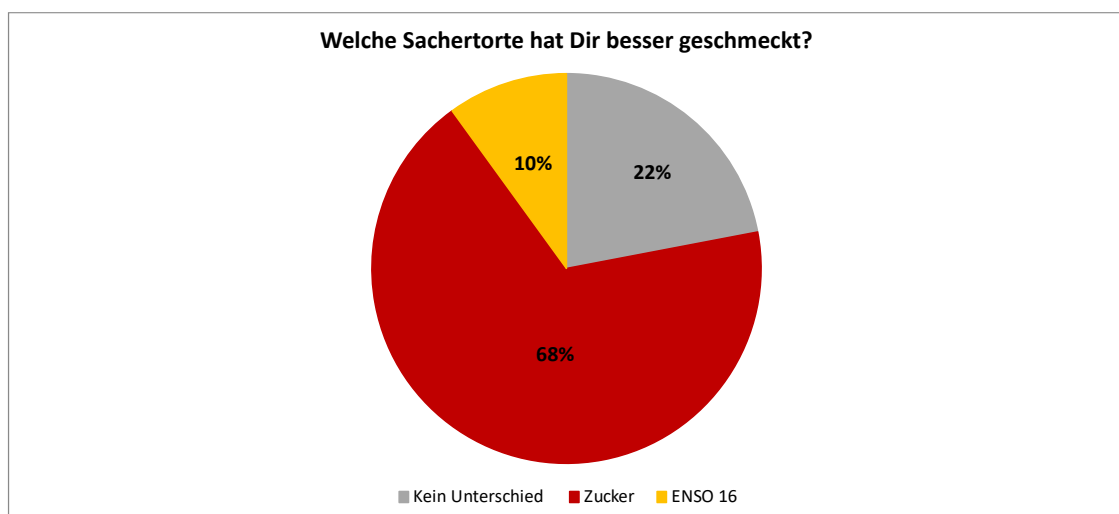


Abbildung 59: Akzeptanztest – Prozentuale Darstellung der Präferenz der Sachertorten; n= 60

Mithilfe des t-Tests wurde bewertet, inwieweit die zwei Vergleichsproben signifikant unterschiedlich beurteilt wurden. Die Ergebnisse in Abbildung 60 zeigen, dass die Sachertorte mit ENSO 16 in allen Merkmalseigenschaften im Vergleich zu der Variante mit Sucrose als signifikant niedriger eingestuft wurde. Die erzielten Mittelwerte von über 6 bei beiden Proben und in allen Merkmalseigenschaften können jedoch als hoch betrachtet werden.

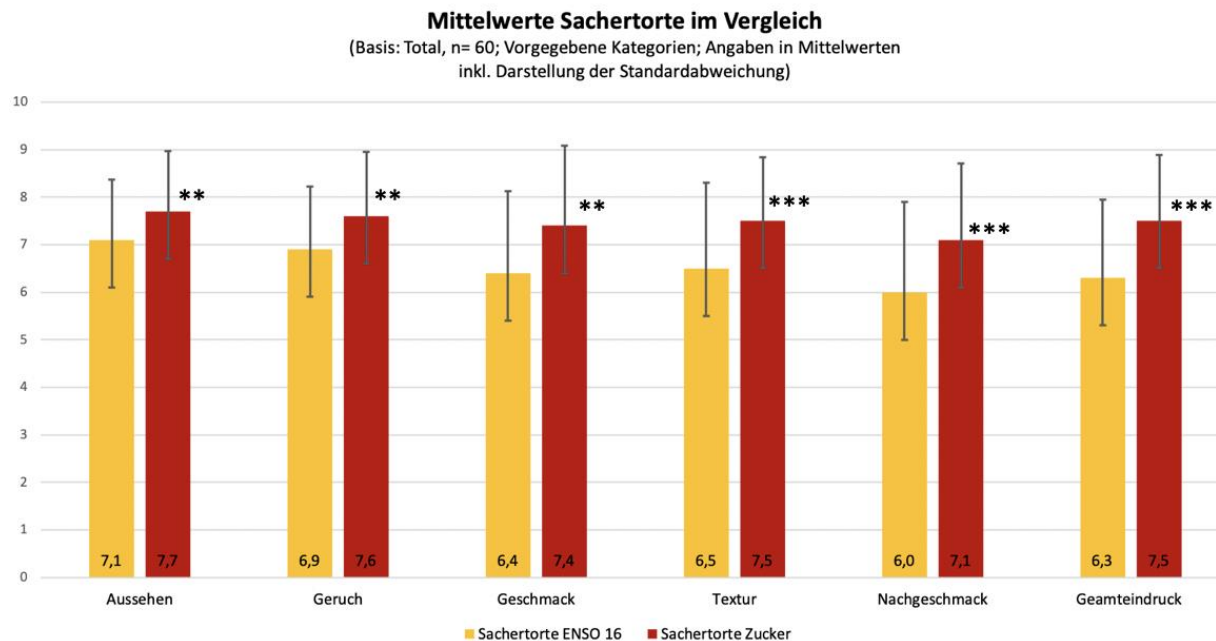


Abbildung 60: Akzeptanztest – Gesamtbewertung der Sachertorten (angegeben in den Mittelwerten inkl. Darstellung der Standardabweichung) der einzelnen Bewertungen im Vergleich; Mithilfe des t-Tests konnten beim Aussehen ( $p = 0,004$ ), beim Geruch ( $p = 0,002$ ), beim Geschmack ( $p = 0,003$ ), bei der Textur ( $p < 0,001$ ), beim Nachgeschmack ( $p < 0,001$ ) und bei dem Gesamteindruck ( $p < 0,001$ ) ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Sachertorten ermittelt werden; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

Die Auswertung der Begründungen der ProbandInnen ergab, dass das Produkt mit ENSO 16 eine schlechtere Textur hatte (trocken, pappig) und die Sachertorte mit Sucrose den Erwartungen an eine Sachertorte eher entsprach (angenehmeres Mundgefühl, besserer Schokoladen-geschmack, bessere Farbe, saftig). Die gesamte Tabelle mit den Begründungen ist dem Anhang zu entnehmen. (siehe Anhang, Seite xlix)

#### Zeitliches Geschmacksprofil

Die Auswertung der Linienskala fand mit einem Lineal statt und die gemessenen Werte in cm wurden in eine Excel Tabelle übertragen. Es wurden dann die Mittelwerte und die Standardabweichung mithilfe von Excel berechnet. Die Linienskala der Auswertung betrug 10 cm, welche für die Auswertung der Ergebnisse in 10 Punkte umgewandelt wurde. Es wurde von den Panelisten auch die Zeit bis zum Ende der Süßwahrnehmung abgefragt. Diese betrug im Mittelwert bei Sucrose  $89 \pm 37$  Sekunden, bei Aspartam  $98 \pm 46$  Sekunden und bei ENSO 16  $81 \pm 24$  Sekunden. In Tabelle 34 und 35 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der sensorischen Testung aufgelistet.

Mit den Mittelwerten aus diesen Tabellen wurde dann jeweils ein Netzdiagramm erstellt, um die Daten grafisch darzustellen. Anhand der Netzdiagramme in den Abbildungen 61 und 62 kann man erkennen, dass sowohl das sensorische Profil als auch das Profil des Nachgeschmacks zwischen ENSO 16 und Sucrose sehr ähnlich ist, wohingegen Abweichungen der einzelnen abgefragten Attribute zwischen ENSO 16 und Aspartam als auch zwischen Sucrose und Aspartam zu erkennen sind. Um signifikante Unterschiede ermitteln zu können, wurde ein Quade Test durchgeführt.

Es konnte festgestellt werden, dass es hinsichtlich der Bitterkeit und der Süßintensität signifikante Unterschiede zwischen den drei getesteten Rohstoffen Sucrose, Aspartam und ENSO 16 gibt. Der errechnete p-Wert ergab bei der Bitterkeit 0,04 und bei der Süßintensität 0,02. Da diese p-Werte  $< 0,05$  sind, wurde anschließend ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test durchgeführt und die p-Werte wurden anschließend mit der Bonferroni-Holm Methode adjustiert. So konnte nachgewiesen werden, dass es bei der Bitterkeit einen signifikanten Unterschied zwischen Sucrose und Aspartam ( $p = 0,03$ ) gibt und bei der Süßintensität zwischen Sucrose und Aspartam ( $p = 0,04$ ) und zwischen ENSO 16 und Aspartam ( $p = 0,02$ ). Es konnte weder bei der Bewertung der Bitterkeit noch bei der Bewertung der Süßintensität ein signifikanter Unterschied zwischen ENSO 16 und Sucrose ermittelt werden.

*Tabelle 34: Ergebnisse Sensorisches Profil von Sucrose, Aspartam und ENSO 16*

| <b>Rohstoff</b>       | <b>Onset</b> | <b>Bitterkeit</b> | <b>Metallischer Geschmack</b> | <b>Adstringenz</b> | <b>Süßintensität</b> |
|-----------------------|--------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Sucrose MW</b>     | 1,86         | 0,27              | 0,61                          | 0,56               | 5,73                 |
| <b>Sucrose STABW</b>  | 2,35         | 0,46              | 1,14                          | 0,89               | 1,81                 |
| <b>Aspartam MW</b>    | 2,13         | 1,36              | 1,00                          | 1,23               | 6,53                 |
| <b>Aspartam STABW</b> | 1,96         | 1,96              | 1,59                          | 1,49               | 2,42                 |
| <b>ENSO 16 MW</b>     | 1,88         | 0,55              | 0,70                          | 0,78               | 5,25                 |
| <b>ENSO 16 STABW</b>  | 1,75         | 0,81              | 0,97                          | 1,17               | 1,88                 |

Tabelle 35: Ergebnisse Nachgeschmack von Sucrose, Aspartam und ENSO 16

| Rohstoff       | Lingering | Bitterkeit | Metallischer Geschmack | Adstringenz |
|----------------|-----------|------------|------------------------|-------------|
| Sucrose MW     | 4,70      | 0,19       | 0,60                   | 1,30        |
| Sucrose STABW  | 2,13      | 0,47       | 1,36                   | 1,87        |
| Aspartam MW    | 5,16      | 0,86       | 0,93                   | 1,60        |
| Aspartam STABW | 2,48      | 1,15       | 0,92                   | 2,09        |
| ENSO 16 MW     | 4,19      | 0,33       | 0,70                   | 1,42        |
| ENSO 16 STABW  | 1,85      | 0,53       | 1,32                   | 1,35        |

Sensorisches Profil von Zucker, Aspartam und ENSO im Vergleich

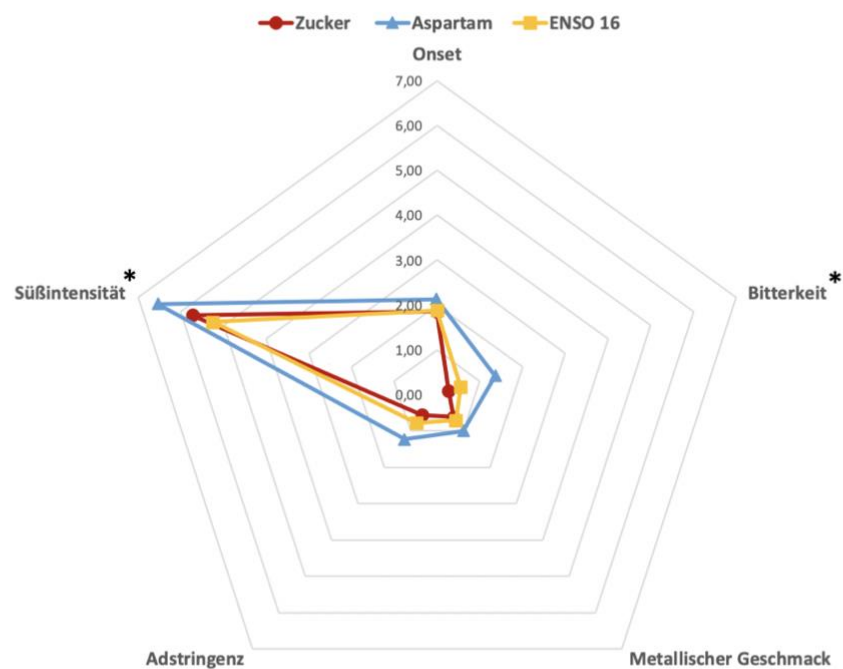


Abbildung 61: Sensorisches Profil von Zucker (rot, Kreis), Aspartam (blau, Dreieck) und ENSO 16 (gelb, Quadrat) im Vergleich; Zur Erstellung dieses Netzdiagrammes wurden die Mittelwerte der einzelnen Kategorien herangezogen.  $n = 21$ ; Mithilfe des Quade Tests konnte nachgewiesen werden, dass es hinsichtlich der Bitterkeit ( $p = 0,04$ ) und der Süßintensität ( $p = 0,02$ ) einen signifikanten Unterschied zwischen den drei getesteten Stoffen gibt. \*  $p < 0,05$ .

## Nachgeschmack Zucker, Aspartam und ENSO im Vergleich

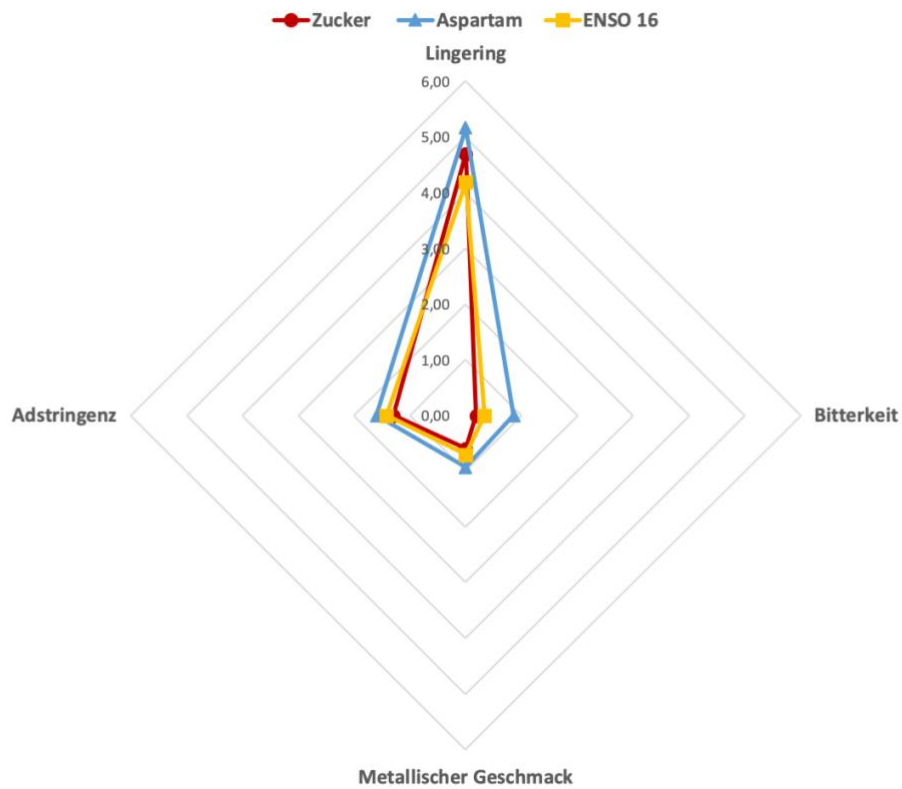


Abbildung 62: Nachgeschmack von Zucker (rot, Kreis), Aspartam (blau, Dreieck) und ENSO 16 (gelb, Quadrat) im Vergleich; Zur Erstellung dieses Netzdiagrammes wurden die Mittelwerte der einzelnen Kategorien herangezogen.  $n = 21$

## 5.2 Analytische Untersuchungen

Anhand der erhaltenen Geradengleichung und der Wert der AUCs der einzelnen Substanzen konnten die Konzentrationen von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose in einer ENSO 16 Lösung bei 0 Grad (200 g ENSO 16 in 700 mL Wasser) ermittelt werden. Ebenso wurden die Konzentrationen von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose in einer ENSO 16 Lösung bei 100 °C, 150 °C und 200 °C berechnet. Auch diese Lösungen setzten sich jeweils aus 200 g ENSO 16 und 700 mL Wasser zusammen. Die Untersuchung von ENSO 16 hinsichtlich der Stabilität in einer Matrix fand durch eine Lösung aus 100 g Keksen, gebacken bei 200 °C, mit 350 mL Wasser beziehungsweise 350 mL 80%igem Ethanol statt. Zum Vergleich wurden auch noch 100 g ENSO 16 in 350 mL 80 %igem Ethanol bei 0 Grad untersucht. Da sämtliche Messungen in Dreifachbestimmung durchgeführt wurden, sind die Ergebnisse der Konzentrationen der jeweiligen untersuchten Substanzen in Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung angegeben. In Tabelle 38 befinden sich die gesammelten Ergebnisse von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose im Überblick, jeweils angegeben als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung.

*Tabelle 36: Berechnete Konzentrationen angegeben als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung an Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose jeweils in g/L für die einzelnen Untersuchungen von ENSO 16 zur Überprüfung der Hitzestabilität im Überblick*

|                                   | Sucralose [g/L] | Saccharose [g/L] | Glukose [g/L]        | Fruktose [g/L]       |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|
| <b>ENSO 16 0 °C</b>               | 5,69 $\pm$ 0,52 | 4,76 $\pm$ 0,14  | 752,95 $\pm$ 116,40  | 704,09 $\pm$ 104,25  |
| <b>ENSO 16 100 °C</b>             | 6,50 $\pm$ 0,50 | 7,18 $\pm$ 0,10  | 735,38 $\pm$ 51,75   | 2035,84 $\pm$ 877,34 |
| <b>ENSO 16 150 °C</b>             | 6,18 $\pm$ 0,79 | 8,18 $\pm$ 0,38  | 1659,87 $\pm$ 197,40 | 2274,35 $\pm$ 198,22 |
| <b>ENSO 16 200 °C</b>             | 6,07 $\pm$ 0,92 | 8,14 $\pm$ 0,26  | 1089,70 $\pm$ 280,07 | 1197,45 $\pm$ 289,07 |
| <b>Keksmatrix in Ethanol 80 %</b> | 8,46 $\pm$ 2,31 | 0,00 $\pm$ 0,31  | -321,65 $\pm$ 23,21  | -472,09 $\pm$ 30,11  |
| <b>ENSO 16 in Ethanol 80%</b>     | 6,89 $\pm$ 2,25 | -0,20 $\pm$ 0,41 | -436,48 $\pm$ 45,99  | -457,91 $\pm$ 52,43  |

Die Berechnungen ergaben für Glukose und Fruktose in ENSO 16 bei den unterschiedlichen Temperaturen sowie bei der Extraktion in der Keksmatrix sehr hohe Werte. Anhand der Standardabweichung kann man ablesen, dass die Werte eine hohe Schwankung aufweisen. Sowohl bei Fruktose, als auch bei Glukose wurden Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze ermittelt. Die ermittelten Konzentrationen von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose in der ENSO 16 Lösung in Wasser bei 0°C verglichen mit denen von ENSO 16 in 80%igem Ethanol, weichen stark voneinander ab. Bei Glukose und Fruktose sind diese negativ.

Die Werte von Saccharose von ENSO 16 bei 0 °C schwanken innerhalb der einzelnen Untersuchungen. Der Gehalt an Saccharose bei hohen Temperaturen ist circa doppelt so hoch verglichen mit ENSO 16 bei 0 °C. In der Keksmatrix konnte kein Gehalt an Saccharose nachgewiesen werden. Die Werte von Sucralose steigen beim Erhitzen nur minimal an. Größere Schwankungen sind beim Vergleich zwischen ENSO 16 °C und ENSO 16 in 80%igem Ethanol erkennbar. Die errechneten Konzentrationen von Sucralose in der Keksmatrix sind sehr unterschiedlich.

### 5.3 Klinische Studie

#### Demografische- und Screening-Merkmale

Insgesamt haben an der klinischen Studie 15 Personen teilgenommen, wovon 8 Personen weiblich und 7 Personen männlich waren. Die Größe der ProbandInnen lag im Mittelwert bei  $172,5 \pm 10,2$  cm, das Gewicht bei  $66,3 \pm 11,0$  kg, der BMI im Mittelwert somit bei  $22,1 \pm 1,6$  kg/m<sup>2</sup>. Die Pulsrate lag im Mittelwert bei  $76 \pm 7$  Schlägen pro Minute. An beiden Tagen der Studie wurde von jeder Person der systolische und diastolische Blutdruck gemessen und auch der Nüchtern-Blutzucker (kapillar). Diese Werte sind als Mittelwerte und Standardabweichungen für die einzelnen Tage in Tabelle 38 zu finden.

*Tabelle 37: Übersicht der Demografischen- und Screening-Merkmale der ProbandInnen (n=15) der klinischen Studie dargestellt als Median (Interquartilsabstand).*

| Demografische und Screening-Merkmale |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| Pulsrate [beats/min]                 | 76 (69-85)       |
| Größe [cm]                           | 172,5 (165-168)  |
| Gewicht [kg]                         | 66,3 (55-83)     |
| BMI [kg/m <sup>2</sup> ]             | 22,1 (19,9-24,4) |
| Männliche Probanden                  | 7                |
| Weibliche Probanden                  | 8                |

*Tabelle 38: Systolischer und Diastolischer Blutdruck sowie die Werte des Nüchtern-Blutzuckers (n = 15) an den Tagen 1 und 2 dargestellt als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung.*

|                                  | Tag 1                         |                                |                             | Tag 2                         |                                |                             |
|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
|                                  | Systolischer Blutdruck [mmHg] | Diastolischer Blutdruck [mmHg] | Nüchtern Blutzucker [mg/dL] | Systolischer Blutdruck [mmHg] | Diastolischer Blutdruck [mmHg] | Nüchtern Blutzucker [mg/dL] |
| <b>MW <math>\pm</math> STABW</b> | 124,3 $\pm$ 11,4              | 76,7 $\pm$ 8,4                 | 87,3 $\pm$ 8,1              | 124,40 $\pm$ 11,71            | 74,33 $\pm$ 7,34               | 89,47 $\pm$ 7,41            |



## Blutzucker

Nach der oralen Einnahme von 30 g ENSO 16 betrug die mittlere Blutzucker  $AUC_{0-60}$   $105 \pm 212$  mg/dL gegenüber  $1666 \pm 1021$  mg/dL von Glukose ( $p = 0,0039$ ). Die mittlere Blutzucker  $AUC_{0-180}$  von ENSO 16 betrug  $-86 \pm 594$  mg/dL und von Glukose  $1259 \pm 2003$  ( $p = 0,0076$ ). In Abbildung 63 ist die Veränderung des Blutzuckerspiegels über den Zeitraum von 0 – 180 Minuten dargestellt.

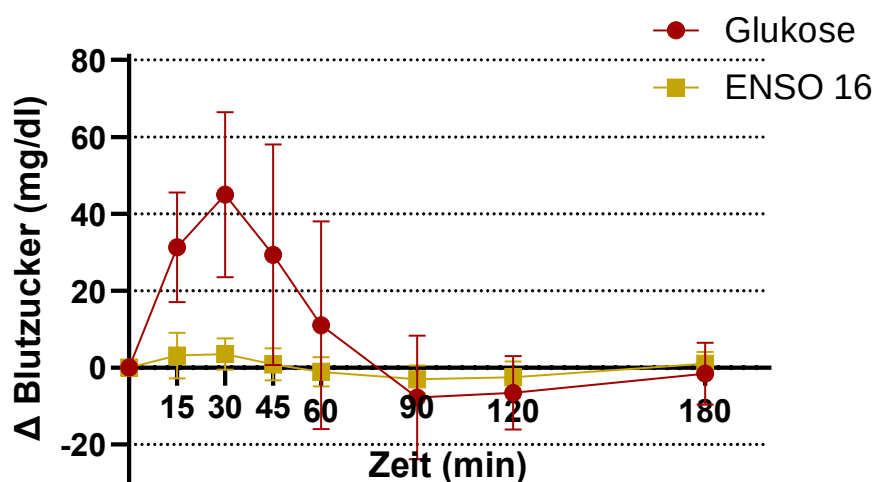


Abbildung 63: Gesamtergebnis der Veränderung des Blutzuckerspiegels (Berechnung mit normalisierten Werten) nach oraler Gabe von 30 g ENSO 16 (gelb, Quadrat) oder Glukose (dunkelrot, Kreis) vom Zeitpunkt 0 bis 180 Minuten nach der Verabreichung. Die Daten werden als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt.  $n = 15$ .

## Insulin

Nach der ENSO 16 Gabe betrug die mittlere  $AUC_{0-60}$   $60 \pm 103$   $\mu$ U/mL gegenüber  $1362 \pm 523$   $\mu$ U/mL von Glukose ( $p = 0,0039$ ). Die mittleren  $AUC_{0-180}$  von ENSO 16 und Glukose lagen bei  $-44 \pm 337$   $\mu$ U/mL und  $1509 \pm 833$   $\mu$ U/mL ( $p = 0,0039$ ). In Abbildung 64 ist die Veränderung des Insulinspiegels über den Zeitraum von 0 – 180 Minuten dargestellt.

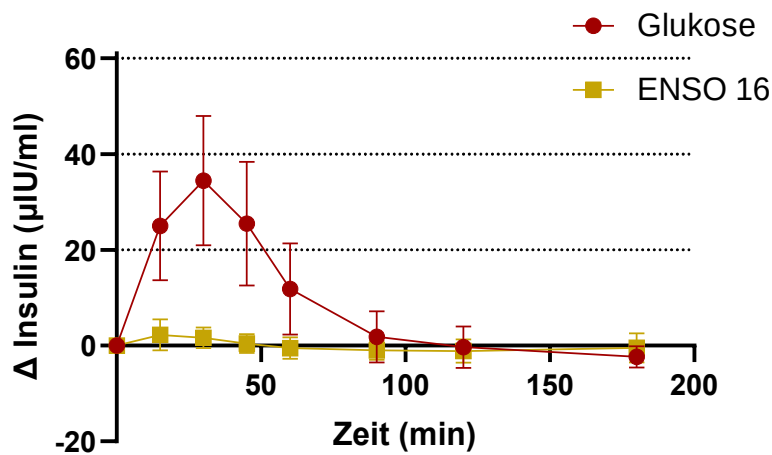


Abbildung 64: Gesamtergebnis der Veränderung des Insulinspiegels (Berechnung mit normalisierten Werten) nach oraler Gabe von 30 g ENSO 16 (gelb, Quadrat) oder Glukose (dunkelrot, Kreis) vom Zeitpunkt 0 bis 180 Minuten nach der Verabreichung. Die Daten werden als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt.  $n = 15$ .

## C-Peptid

Auch beim C-Peptid sind die AUCs von ENSO 16 im Vergleich zu Glukose signifikant geringer. Die mittlere  $AUC_{0-60}$  vom C-Peptid betrug  $14 \pm 7$  ng/mL (ENSO 16) und  $155 \pm 46$  ng/mL (Glukose) ( $p = 0,0039$ ). Die mittlere C-Peptid  $AUC_{0-180}$  mit ENSO 16 betrug  $10 \pm 28$  ng/mL und mit Glukose  $252 \pm 143$  ng/mL ( $p = 0,0039$ ). In Abbildung 65 ist die Veränderung des Levels an C-Peptid über den Zeitraum von 0 – 180 Minuten dargestellt.

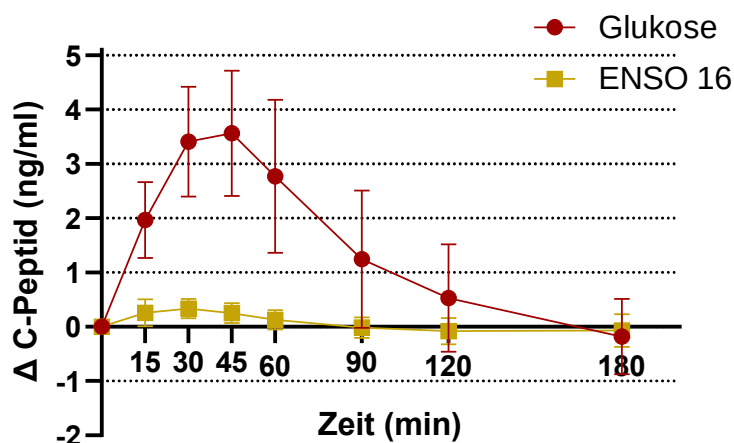


Abbildung 65: Gesamtergebnis der Veränderung des C-Peptid Spiegels (Berechnung mit normalisierten Werten) nach oraler Gabe von 30 g ENSO 16 (gelb, Quadrat) oder Glukose (dunkelrot, Kreis) vom Zeitpunkt 0 bis 180 Minuten nach der Verabreichung. Die Daten werden als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt.  $n = 15$ .

Mit einer Aligned Rank Transform ANOVA konnte nachgewiesen werden, dass sowohl die Art der Substanz (die Verabreichung von ENSO 16 oder Glukose), die Zeit und die Interaktion aus Substanz und Zeit (Substanz x Zeit) auf die abhängigen Variablen Blutzuckerspiegel, Insulinspiegel und C-Peptid Spiegel einen signifikanten Einfluss haben. In Tabelle 39 sind die Ergebnisse der p-Werte und Signifikanzen dargestellt.

*Tabelle 39: Ergebnisse des Aligned Rank Transform ANOVA Tests zur Identifizierung, ob es hinsichtlich der verabreichten Substanz (ENSO 16 oder Glukose), der Zeit oder der Interaktion zwischen Substanz und Zeit einen signifikanten Einfluss auf den Blutzuckerspiegel, den Insulinspiegel und den C-Peptid Spiegel gibt. (Sig. steht für Signifikanz mit den Niveaus \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ )*

|                 | Blutzucker |      | Insulin |      | C-Peptid |      |
|-----------------|------------|------|---------|------|----------|------|
|                 | p-Wert     | Sig. | p-Wert  | Sig. | p-Wert   | Sig. |
| Substanz        | <0.0001    | ***  | <0.0001 | ***  | <0.0001  | ***  |
| Zeit            | <0.0001    | ***  | <0.0001 | ***  | <0.0001  | ***  |
| Substanz x Zeit | <0.0001    | ***  | <0.0001 | ***  | <0.0001  | ***  |

Mithilfe eines Post-hoc Tests wurden die einzelnen Unterschiede getestet. Hierbei wurde eine Bonferroni-Holm Korrektur angewandt, um die Kumulierung des Alpha-Fehlers durch multiples Testen zu verhindern. In Tabelle 47 sind die Ergebnisse zum Vergleich der Art der Substanz (ENSO 16 oder Glukose) zu den jeweils gleichen Zeitpunkten dargestellt. Zu den Zeitpunkten 15 min (\*\*\*), 30 min (\*\*\*) und 45 min (\*\*\*) gibt es einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel zwischen ENSO 16 und Glukose.

Ein signifikanter Unterschied ist auch in Betrachtung auf den Insulinspiegel zwischen den beiden Treatments zu den Zeitpunkten 15 min (\*\*), 30 min (\*\*\*), 45 min (\*\*\*) und 60 min (\*\*\*) gegeben.

Betrachtet man die Ergebnisse des C-Peptids, so sind hier die meisten signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Substanz (ENSO 16 oder Glukose) gegeben. Hier kann jeweils zu den Zeitpunkten 15 min (\*\*\*) , 30 min (\*\*\*) , 45 min (\*\*\*) , 60 min (\*\*\*) , 90 min (\*\*\*) und 120 min (\*\*\*) ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Anhand der Ergebnisse des Post-hoc Tests inklusive der Bonferroni-Holm Korrektur konnte berechnet werden, dass es innerhalb der einzelnen Behandlungsgruppen (ENSO 16 oder Glukose) im zeitlichen Verlauf ebenfalls zu signifikanten Unterschieden kommt. Sowohl bei den Ergebnissen des Blutzuckerspiegels, des Insulinspiegels und des C-Peptid Spiegels wurden nach der Verabreichung mit Glukose im zeitlichen Verlauf deutlich mehr signifikante Unterschiede festgestellt werden als nach der Verabreichung von ENSO 16. Sämtliche Rohdaten zu den statistischen Tests sind im Anhang zu finden. (Siehe Anhang, lxxxi)

#### Ergebnisse der Befragung zur Verträglichkeit

Die Ergebnisse der Befragung zur Verträglichkeit wurden deskriptiv ausgewertet und sind in Tabelle 40 und 41 zur Übersicht dargestellt. Im Vergleich gaben mehr Personen Angaben zu diversen gastrointestinalen Symptomen bei der Konsumation von ENSO 16 an. Sowohl bei Glukose als auch bei ENSO 16 hat zu jedem der Zeitpunkte (0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 und 180 Minuten) eine Person geäußert, dass sie leichte Durchfall-Symptome hatte. Bei nochmaliger Durchsicht der Fragebögen konnte bestätigt werden, dass es sich in beiden Fällen um die gleiche Person handelte.

Leichte Bauchschmerzen meldete jeweils eine Person nach der Konsumation von ENSO 16 zu den Zeitpunkten 15, 90 und 120 Minuten. Bei der oralen Einnahme von Glukose meldete kein Proband das Symptom Bauchschmerzen. Bauchknurren ist das am häufigsten genannten Symptom sowohl bei ENSO 16 als auch bei Glukose.

Auffallend ist, dass zu den Zeitpunkten 60, 90, 120 und 180 Minuten mehr Personen bei der Testung von ENSO 16 dieses Symptom als leichtes Symptom nannten und sogar zwei Personen bei 180 Minuten angaben, dass sie schweres Bauchknurren hatten. Auch die Personen, welche Glukose testeten, gaben an, dass sie leichtes Bauchknurren vor allem ab 60 Minuten nach der oralen Einnahme verspürten. Jeweils eine Person meldete leichte Blähungen nach der Konsumation von ENSO 16 zu den Zeitpunkten 90 und 120 Minuten und eine Person meldete bei 180 Minuten leichte Flatulenz. Ebenfalls leichte Blähungen nach 30, 60, 90 und 120 Minuten meldeten jeweils eine Person nach der oralen Einnahme von Glukose.

Tabelle 40: Auswertung des Fragebogens zur Anamnese der gastrointestinalen Symptome bei oraler ENSO 16-Einnahme zu den Zeitpunkten 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 und 180 Minuten. Die Zahlen in den Spalten geben die Personenanzahl dar, welche zu den jeweiligen Zeitpunkten gastrointestinale Symptome hatten. Die hochgestellten Buchstaben geben die schwere der Symptome an. (a = keine Symptome, b = leichte Symptome, c = schwere Symptome)

| ENSO 16        | 0 min          | 15 min         | 30 min         | 45 min         | 60 min         | 90 min         | 120 min        | 180 min                         |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| Bauchschmerzen | 0              | 1 <sup>b</sup> | 0              | 0              | 0              | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 0                               |
| Übelkeit       | 0              | 1 <sup>b</sup> | 0              | 1 <sup>b</sup> | 0              | 0              | 0              | 0                               |
| Erbrechen      | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0                               |
| Durchfall      | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup>                  |
| Bauchknurren   | 2 <sup>b</sup> | 0              | 2 <sup>b</sup> | 4 <sup>b</sup> | 5 <sup>b</sup> | 6 <sup>b</sup> | 5 <sup>b</sup> | 4 <sup>b</sup> , 2 <sup>c</sup> |
| Blähungen      | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 0                               |
| Aufstoßen      | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0                               |
| Flatulenz      | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 1 <sup>b</sup>                  |

a = keine Symptome, b = leichte Symptome, c = schwere Symptome; Die Zahlen in den einzelnen Spalten stellen die Personenanzahl dar.

Tabelle 41: Auswertung des Fragebogens zur Anamnese der gastrointestinalen Symptome bei oraler Glukose-Einnahme zu den Zeitpunkten 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 und 180 Minuten. Die Zahlen in den Spalten geben die Personenanzahl dar, welche zu den jeweiligen Zeitpunkten gastrointestinale Symptome hatten. Die hochgestellten Buchstaben geben die schwere der Symptome an. (a = keine Symptome, b = leichte Symptome, c = schwere Symptome)

| Glukose        | 0 min          | 15 min         | 30 min         | 45 min         | 60 min         | 90 min         | 120 min        | 180 min        |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Bauchschmerzen | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Übelkeit       | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Erbrechen      | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Durchfall      | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> |
| Bauchknurren   | 2 <sup>b</sup> | 2 <sup>b</sup> | 0              | 0              | 2 <sup>b</sup> | 3 <sup>b</sup> | 3 <sup>b</sup> | 5 <sup>b</sup> |
| Blähungen      | 0              | 0              | 1 <sup>b</sup> | 0              | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 1 <sup>b</sup> | 0              |
| Aufstoßen      | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Flatulenz      | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |

a = keine Symptome, b = leichte Symptome, c = schwere Symptome; Die Zahlen in den einzelnen Spalten stellen die Personenanzahl dar.

## 6 Diskussion

Die vorliegende Arbeit untersuchte drei Hypothesen. Die erste Hypothese war, dass die Mischung ENSO 16, bestehend zu 30 % aus Süßungsmitteln und Zuckeraustauschstoffen und zu 70 % aus pflanzlichen Ballaststoffen, in sensorischen Tests im Vergleich mit herkömmlichen Haushaltszucker nicht unterschiedlich bewertet wird. Als zweite Hypothese wurde untersucht, ob die Mischung unter Hitzeeinwirkung ähnlich stabil wie Sucrose ist. Abschließend wurde die Hypothese analysiert, ob sich ENSO 16 im Vergleich zu der Aufnahme der gleichen Menge Glukose signifikant weniger auf die Parameter des Blutzuckerspiegels – Glukose, Insulin und C-Peptid – auswirkt.

Um diese Hypothesen testen zu können, wurde ENSO 16 anfangs in einem sensorischen Vorabtest, dem Dreieckstest, von ungeschulten KonsumentInnen im Vergleich zu Sucrose sensorisch überprüft. Dies fand im Zuge einer Verkostung von drei unterschiedlichen Backwaren (Mürbteigkeks, Biskuitkuchen und Sachertorte) statt, welche im Grundrezept identisch waren, sich lediglich jeweils am eingesetzten Mittel zum Süßen unterschieden. Hier wurde einmal herkömmlicher Haushaltszucker und einmal ENSO 16 benutzt. Anhand der Ergebnisse dieses Tests fand eine Adaptierung der Rohstoff-Verhältnisse statt. Alle folgenden Untersuchungen wurden mit der veränderten Mischung durchgeführt.

Nach dem Dreieckstest fanden mit dem angepassten ENSO 16 erneut sensorische Untersuchungen in Hinblick auf die erste Hypothese statt. Zum einen wurde ein Akzeptanztest mit ungeschulten KonsumentInnen durchgeführt. Zum anderen wurde mit geschulten Panelisten das zeitliche Geschmacksprofil von ENSO 16 im Vergleich zu Sucrose und Aspartam untersucht.

Zur Überprüfung der zweiten Hypothese wurde anhand einer Flüssigkeitschromatographie mit gekoppelter Massenspektrometrie versucht, eine Methode zu entwickeln, die für die Analyse der Konzentrationen von Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose in ENSO 16 sowie möglicher Veränderungen unter der Einwirkung von Temperaturen bis 200 °C geeignet war.

Für die Untersuchung der dritten Hypothese wurde eine randomisierte, doppelblinde, aktiv-kontrollierte Cross-over-Studie zur Bewertung der Wirkung von ENSO 16 auf die Parameter des Glukosestoffwechsels durchgeführt. Als zu untersuchende Substanzen wurden ENSO 16 und Glukose eingesetzt. Beide wurden den StudienteilnehmerInnen oral in einer Lösung aus jeweils 30 g Testsubstanz und 200 mL Wasser verabreicht.

## Sensorische Untersuchungen

### Dreieckstest

Der Unterschiedstest (Dreieckstest) ergab, dass die ungeschulten KonsumentInnen bei allen drei Proben (Sachertorte, Biskuitkuchen und Mürbteigkeks) signifikante Unterschiede feststellten. Der p-Wert betrug jeweils  $< 0,0001$ . Ein Unterschiedstest sagt nur aus, dass Unterschiede erkennbar sind, er sagt aber nicht aus, welche Probe von den KonsumentInnen bevorzugt wird (Derndorfer, 2016). Aufgrund dieser Tatsache wurden die KonsumentInnen vor Ort noch befragt, welche Variante der Backwaren ihnen mehr zusagte. Diese Befragung fand nach dem Test mündlich und stichprobenartig statt. Da hier die Mehrheit der Personen die Backwaren mit Sucrose als ihre Präferenz nannten und die Attribute „metallischer Geschmack“, „zu wenig süß“, „etwas bitterer“ und „nicht wie Kuchen schmecken soll“ mit den Varianten mit ENSO 16 in Verbindung brachten, wurde die Zusammensetzung von ENSO 16 angepasst. Es wurden keine neuen Rohstoffe verwendet und auch keine bereits enthaltenen Rohstoffe aus der Mischung entfernt, sondern das Verhältnis aus Zuckeraustauschstoffen und pflanzlichen Ballaststoffen wurde angepasst. Vor der Anpassung betrug der Anteil an pflanzlichen Ballaststoffen 80 % und der Anteil an Zuckeraustauschstoffen 20 %. Die Mischung wurde auf ein Verhältnis von 70% pflanzliche Ballaststoffe und 30 % Zuckeraustauschstoffe angepasst. Durch interne sensorische Verkostungen der einzelnen Rohstoffe wurde auch bemerkt, dass die ausgewählten pflanzlichen Ballaststoffe aus der Zichorie einen erkennbaren metallischen und bitteren Off-Flavour aufwiesen. Aus diesem Grund wurde dieser Anteil reduziert. Der Anteil an Erythrit wurde ebenfalls vermindert, um den kühlenden Effekt des Rohstoffes zu verringern. Die Zutatenliste von ENSO 16 lautet wie folgt: Pflanzliche Ballaststoffe (Agave, Zichorie, Mais), Füllstoff: Polydextrose; Süßungsmittel: Erythrit, Sucralose.

Die neue Mischung wurde danach einem Akzeptanztest unterzogen. Hier verkosteten 60 ungeschulte KonsumentInnen im Alter zwischen 7 und 58 Jahren die Mürbteigkekse, den Biskuitkuchen und die Sachertorte mit Sucrose oder ENSO 16. Im Mittelwert waren die Personen 30,8 Jahre alt. Bei der Bewertung der Mürbteigkekse hinsichtlich der Attribute Aussehen, Geruch, Geschmack, Textur, Nachgeschmack und Gesamteindruck konnte nur bei einem der oben genannten Attribute (Geruch) ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Im Vergleich mit dem Mürbteigkeks mit Sucrose wurde dem Mürbteigkeks mit ENSO16 ein bevorzugter Geruch zugesprochen. So wurde der Keks mit Sucrose im Mittelwert mit  $6,7 \pm 1,4$  Punkten und der Keks mit ENSO 16 mit  $7,2 \pm 1,0$  Punkten bewertet. Zusammenfassend kann man anhand dieser Beurteilung feststellen, dass sowohl die Kekse mit Sucrose als auch die Kekse mit ENSO 16 von den KonsumentInnen gleich gut akzeptiert werden. In Bezug auf den Geruch ist die Akzeptanz der KonsumentInnen dem Produkt mit ENSO 16 gegenüber signifikant höher als dem Pendant mit Sucrose.

Bezüglich der Wahrnehmung der Süße ergab die Bewertung, dass das Keks mit Sucrose mit +0,11 im Mittelwert näher an 0 war, während der Mürbteigkeks mit ENSO 16 mit einer Bewertung von -0,31 versehen wurde. Die Attribute wurden hier zu einer Skala aus Zahlen umgewandelt, wobei 0 die genau richtige Süße widerspiegelte. So ergab sich für „viel zu wenig süß“ der Score -2, für „etwas zu wenig süß“ der Score -1, „genau richtig“ wurde der Score 0 zugeilt, „etwas zu süß“ bekam den Score +1 und „viel zu süß“ wurde mit +2 skaliert. Bei sehr geringen Idealwertangaben ist ergänzend eine Verteilungsanalyse in Form einer Penalty Analyse empfehlenswert, wobei die Auswirkungen der Extremkategorien auf die Gesamtakzeptanz untersucht werden (Busch-Stockfisch, 2018). Es konnte hierbei kein signifikanter Einfluss der Süße auf die Gesamtakzeptanz ermittelt werden ( $H_0$  wird angenommen). Die Penaltyzahl beträgt bei dem Keks mit Sucrose 0,3, wohingegen sie beim Keks mit ENSO 16 1,6 beträgt. Je höher die Penaltyzahl, umso mehr Einfluss hat die betrachtete Eigenschaft auf die Gesamtakzeptanz (Bongartz & Mürset, 2011). Aus statistischer Sicht könnte eine Optimierung der Süße von ENSO 16 zu einer verbesserten Gesamtbeurteilung von 2,0 Skalenpunkten beitragen.



Der getestete Biskuitkuchen wurde von den ungeschulten Testpersonen in der Variante mit ENSO 16 in 4 der 7 Kategorien höher bewertet. Diese vier Kategorien sind Geruch, Geschmack, Textur und Gesamteindruck. Durch die Durchführung des t-Tests konnte ermittelt werden, dass der Biskuitkuchen bei Geruch, Textur und Gesamteindruck mit ENSO 16 höher bewertet wurde. Beim Aussehen und beim Nachgeschmack konnte zwischen den beiden Varianten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Man kann aufgrund dieser Ergebnisse darauf schließen, dass die KonsumentInnen den Biskuitkuchen mit ENSO 16 in diesen Kategorien genau so sehr akzeptieren wie die Variante mit Sucrose. Die Akzeptanz des Kuchens, welcher mit ENSO 16 gesüßt wurde, war hinsichtlich Geruch, Geschmack, Textur und Gesamteindruck sogar signifikant bis hochsignifikant höher als beim Referenzprodukt mit Sucrose. Bei der Beurteilung der Süße ergaben sich als Mittelwerte für das Produkt mit ENSO 16 -0,04 und für den Biskuit mit Sucrose -0,29. Als genau richtig süß wird ein Wert von 0 angesehen, dementsprechend liegt das Produkt mit ENSO 16 näher an der richtigen Süße. Eine Optimierung der Süße von ENSO 16 des Biskuitkuchens mit ENSO 16 statistisch gesehen nochmals um 1,7 Skalenpunkte verbessern.

Bei der Sachertorte haben die KonsumentInnen die Version mit Sucrose bei sechs von sieben getesteten Attributen als signifikant besser bewertet. Einzig bei der Süße liegt die Sachertorte mit ENSO 16 bei einer Bewertung von umgerechnet -0,05 näher an der genau richtigen Süße (0) vergleichen mit der Version mit Sucrose (0,23). Eine Penalty-Analyse hat ergeben, dass die Gesamtbewertung um 2,6 Skalenpunkte verbessert werden kann, wenn eine Optimierung von ENSO 16 stattfindet.

Anhand der oben aufgeführten Ergebnisse ist ersichtlich, dass ENSO 16 für den Einsatz in verschiedenen Produkten derselben Kategorie – in diesem Fall Backwaren – besser geeignet sein könnte als in anderen. So konnte festgestellt werden, dass ENSO 16 für den Einsatz in Mürbteigkeksen oder Biskuitkuchen tauglicher sein dürfte als für den Einsatz als Zuckerersatz in einer Sachertorte. Lee et al. (2021) haben in einer sensorischen Untersuchung ebenfalls den Einsatz von Zuckerersatzstoffen in Keksen getestet. Sie haben Sucrose zu 50 % bzw zu 100 % mit Ersatzstoffen wie Phyllodulcin, Xylit, Rhebaudiosid A und Sucralose ersetzt. Durch die Bewertungen der PanelistInnen wurde aufgezeigt, dass Kekse mit Sucrose gegenüber Keksen, welche zum Teil oder ganz mit Zuckerersatzstoffen gesüßt waren, bevorzugt wurden.

Eine mögliche Erklärung für die unterschiedlich gute Einsetzbarkeit von ENSO 16 in den verschiedenen Backwaren, könnten die Ballaststoffe in der Mischung sein. Der Anteil an pflanzlichen Ballaststoffen in ENSO 16 liegt bei 70 %. Der Effekt von pflanzlichen Ballaststoffen auf die rheologischen Parameter von Teigen wurde bereits gut untersucht. So gibt es mittlerweile Erkenntnisse dazu, dass Ballaststoffe Teige besser knetbarer machen können. Außerdem konnte durch den Einsatz von Ballaststoffen der Teig luftiger gemacht werden, wobei aber gleichzeitig auch das Volumen des Teiges verringert wurde (Packkia-Doss et al., 2019). Bei Brotteigen konnte man feststellen, dass Ballaststoffe zu einer festeren Kruste führten. Kuchen wurden durch den Einsatz von Ballaststoffen im Zuge des Backprozesses dunkler. Studien haben ebenfalls herausgefunden, dass Ballaststoffe aus der Kartoffel anders wirken als Ballaststoffe aus dem Apfel. So zeigten Brote mit Kartoffel-Ballaststoffen eine harte Kruste, während Brote mit Apfel-Ballaststoffen keine harte Kruste generierten (Kučerová et al., 2013). Canalis et al. (2017) haben den Einsatz von Ballaststoffen für die Herstellung von Keksen untersucht. Die WissenschaftlerInnen haben herausgefunden, dass die Beimischung von Inulin den Teig mehr ausbreiten ließ und sich somit positiv auf die Keksqualität auswirkte. Durch Ballaststoffe aus Hafer wurden die Kekse eher fester und widerstandsfähiger (Packkia-Doss et al., 2019). Beim Vergleich der verschiedenen Backwaren kann man nun erkennen (Abbildung 20), dass bei der Mürbteigkekse mit ENSO 16 tatsächlich mehr aufgegangen zu sein scheinen als ihre Pendanten mit Sucrose. Die Sachertorte mit ENSO 16 sieht im Vergleich mit der mit Sucrose gesüßten Variante luftiger aus. Der Teig ist großporig, jedoch ist sie vom Volumen her geringer als die Sucrose-Sachertorte. Das erkennt man in Abbildung 20 daran, dass die Torte weniger hoch ist. Somit konnten hier ebenfalls die Erkenntnisse von Packkia-Doss et al. (2019) festgestellt werden. Kučerová et al. (2013) fanden heraus, dass Kuchen mit Ballaststoffen im Backprozess dunkler werden. Das konnte im Vergleich der Biskuitkuchen ebenfalls beobachtet werden. Die Version mit ENSO 16 wirkt dabei deutlich dunkler. Bei der Version mit ENSO 16 ist ebenso erkennbar, dass der Teig mehr große Poren aufweist, dabei aber im Volumen geringer ist als der Biskuitkuchen mit Sucrose. Aus den oben genannten Beispielen kann man ableiten, dass der Ballaststoffanteil in der Mischung, wie bereits durch Literatur bestätigt, sich auf die rheologischen Eigenschaften der Teige unterschiedlich auswirkt. Aus diesem Grund sollten diesbezüglich noch weitere Untersuchungen stattfinden, um ENSO 16 optimal in diversen Teigen einsetzen zu können.

Man konnte durch die Auswertung der Ergebnisse zum Akzeptanztest feststellen, dass der Einsatz von ENSO 16 in der Sachertorte von den befragten KonsumentInnen weniger Gefallen fand. Morin-Audebrand et al. haben 2021 in einer Studie „die Rolle der Neuheitserkennung im Lebensmittelgedächtnis“ untersucht. Im Zuge ihrer Untersuchungen haben die ForscherInnen herausgefunden, dass das Gedächtnis des Geschmacks sehr empfindlich reagiert, wenn es um die Abwandlung von bekannten Produkten geht. Mojet und Köster (2002) haben diesen Aspekt ebenfalls untersucht und dabei herausgefunden, dass Frauen hier deutlich spezifischer reagieren als Männer. Laureati et al. (2008) kamen darüber hinaus zu der Erkenntnis, dass das Alter bei der Neuheitserkennung im Lebensmittelgedächtnis keine Rolle spielt. Die WissenschaftlerInnen kamen jedoch ebenfalls zu dem Schluss, dass Frauen hier stärker reagieren als Männer. Durch diese Ergebnisse könnte man nun die Vermutung herleiten, dass sich die Sachertorte als Versuchsgebäck eher schlecht eignet, um einen neuen Rohstoff zum Süßen auszutesten. Bei der Sachertorte handelt es sich in Österreich um eine sehr häufig konsumierte Süßspeise. Man könnte also vermuten, dass die zufällig ausgesuchten KonsumentInnen bereits Sachertorten gemäß dem Originalrezept konsumiert und den Geschmack verinnerlicht hatten. Wenn man nun noch die Aussagen der Beliebtheits- und Präferenzurteile der KonsumentInnen in Betracht zieht (siehe Anhang, xxxvii und folgend), kann man auch erkennen, dass vor allem die Textur, der weniger schokoladige Geschmack und der leicht süß künstliche Nachgeschmack Gründe für die schlechtere Beurteilung der Sachertorte mit ENSO 16 ausmachen. Eine weitere Möglichkeit wäre es an dieser Stelle auch, die zwei unterschiedlich gesüßten Sachertorten von geschulten Panelisten verkosten zu lassen. Der Vorteil hier liegt daran, dass die Panelisten, im Vergleich zu den KonsumentInnen, kein Fachwissen hinsichtlich des Produktes haben. Sie sind also deutlich weniger involviert als KonsumentInnen und dabei sensorisch viel sensibler ausgebildet (Derndorfer, 2016).

Hervorzuheben ist des Weiteren, dass hinsichtlich der Süße von ENSO 16 im Vergleich zu Sucrose bei keiner der drei Backwaren ein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte. Das legt den Schluss nahe, dass ENSO 16 nicht am Gehalt an Süße verbessert werden sollte, eine Adaptierung bezogen auf die eingesetzten Ballaststoffe aber zu empfehlen ist. Hier sollten noch weitere Untersuchungen hinsichtlich der Auswirkung auf rheologische Eigenschaften der Mischung stattfinden um sicherzustellen, dass ENSO 16 optimal als Zuckerersatz in jeglicher Backware einzusetzen ist.

Um das zeitliche Geschmacksprofil von ENSO 16 zu untersuchen, wurde der Stoff im Vergleich mit herkömmlichem Haushaltszucker und Aspartam von geschulten Panelisten überprüft. Wie in Abbildung 64 und 65 auf dem Spinnennetz-Diagramm sichtbar ist, ist das sensorische Profil von Sucrose und ENSO 16 sehr ähnlich. Dies gilt auch für das Profil des Nachgeschmacks der beiden Stoffe. Man kann durch die visuelle Darstellung gut erkennen, dass ENSO 16 dem Geschmacksprofil von Sucrose deutlich ähnlicher ist als Aspartam. Dies konnte auch durch statistische Tests bestätigt werden. Der durchgeführte Quade-Test ergab einen signifikanten Unterschied der drei getesteten Rohstoffe bei den Attributen Bitterkeit und Süßintensität. Die anschließende Untersuchung mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test kombiniert mit einer Adjustierung der p-Werte durch die Bonferroni-Holm-Methode ergab, dass es bezüglich der Bitterkeit einen signifikanten Unterschied zwischen Sucrose und Aspartam gibt. Ein signifikanter Unterschied konnte bei der Süßintensität zwischen Sucrose und Aspartam zum einen und zum anderen zwischen ENSO 16 und Aspartam festgestellt werden. Durch diese Ergebnisse kann man darauf schließen, dass ENSO 16 ein zeitliches Süßprofil ähnlich wie Sucrose aufweist. Diese Erkenntnis ist in vielerlei Punkten sehr hilfreich. Vielen künstlichen Süßungsmitteln wird ein metallischer Geschmack und Nachgeschmack zugeschrieben. Dies verunsichert auch KonsumentInnen und schreckt eher vor dem Einsatz von Süßungs-Alternativen ab (Krüger, 2007). Auf Basis dieser Erkenntnisse lässt sich hingegen ein Bewusstsein dafür schaffen, dass es einen Zuckeraustauschstoff gibt, welcher nicht metallisch schmeckt, dabei aber weniger als die Hälfte der Kalorien von Sucrose aufweist.

Die oben genannten Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass die Rohstoffe, welche für ENSO 16 verwendet werden, in der Mischung die strukturelle Ähnlichkeit von Saccharose widerspiegeln dürften. Karl et al. (2020) konnten durch einen sensorischen Test mit 23 Panelisten – ähnlich wie er hier in dieser Masterarbeit durchgeführt wurde – einen Zusammenhang zwischen der Struktur von Zuckerersatzstoffen und dem Geschmacksempfinden untersuchen. Es konnte beobachtet werden, dass eine geringere strukturelle Ähnlichkeit mit Sucrose zu einer Verstärkung der Attribute Bitterkeit und Adstringenz führte. Ebenso gaben die Panelisten an, dass die Stoffe länger im Mund präsent waren und dass der Geschmack oft schon direkt nach der Aufnahme wahrgenommen wurde.

Aspartam diene in diesem Test als Positivkontrolle. Somit konnte sichergestellt werden, dass die Panelisten die Unterschiede erkennen und auch die Anzahl an Wiederholungen ausreichend war. Durch die Aspartam-Bewertungen der Panelisten konnte beobachtet werden, dass das Süßungsmittel für den Einsatz in Lebensmitteln und Getränken bezogen auf die getesteten Attribute nicht optimal ist. Aspartam wird am häufigsten zum Süßen von Lebensmitteln und Getränken eingesetzt, welche kalorienfrei sind oder ohne den Einsatz von Sucrose auskommen sollen. So findet man mittlerweile mehr als 5000 Lebensmittel oder Getränke weltweit am Markt, welche Aspartam beinhalten (Landrigan & Straif, 2021). Der Stoff wird aber meistens in Mischungen mit anderen Süßungsmitteln angewendet. (Czarnecka et al., 2021). Aspartam ist in der EU bereits seit 2006 von der EFSA als Süßungsmitteln in Lebensmitteln und Getränken zugelassen (EFSA, o.d. (a)). Bei Aspartam handelt es sich um ein Süßungsmittel, wo die Meinungen der ForscherInnen weltweit stark auseinander gehen. Zum einen gibt es ForscherInnen wie Landrigan & Straif, welche 2021 in einer Studie mit Nagetieren beobachtet haben, dass Aspartam hier als chemisches Karzinogen wirkt. Die Forscher konnten ebenfalls nachweisen, dass das Krebsrisiko auch bei Nachkommen von Nagern erhöht ist, wenn sie pränatal einer Aspartam-Exposition ausgesetzt waren. Debras et al. (2021) haben ebenfalls den Zusammenhang zwischen Süßungsmitteln – unter anderem Aspartam – und der Entstehung von Krebs untersucht. In dieser Studie wurden 102 865 Erwachsene aus der Kohorte NutriNet-Santé (Frankreich) einbezogen. Die Ermittlung der Nahrungsaufnahme inklusive der Gehalte an Süßungsmitteln fand durch 24-Stunden-Ernährungsaufzeichnungen statt. Es wurden hier auch die Markennamen der konsumierten Lebensmittel ermittelt. Aspartam konnte in dieser Studie mit einem erhöhten Risiko an Krebs zu erkranken in Verbindung gebracht werden. Fulgoni und Drewnowski (2022) haben anhand von Daten des NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) aus den Jahren 1988 bis 2018 den Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Süßungsmitteln und der Wahrscheinlichkeit an Krebs zu sterben untersucht. Sie konnten hier keinen Zusammenhang in über 60.000 Umfragen finden. Borghoff et al. (2023) haben die Datenlage rund um das Thema Aspartam und Krebsrisiko für Menschen ebenfalls untersucht. Die vorliegenden Erkenntnisse der ForscherInnen lassen vermuten, dass es hier keinen Zusammenhang gibt. Die ForscherInnen stellen die Hypothese in den Raum, dass die widersprüchlichen Ergebnisse durch Mängel an der Studienkonzeption und Studiendurchführung zustande kommen könnten. An dieser Stelle lässt sich zusammenfassen, dass es sich bei Aspartam um ein viel diskutiertes Süßungsmittel handelt und es weiterer Forschung bedarf, um die hier angeführten Hypothesen zu testen.

Eine weitere Hypothese dieser Arbeit war es, dass ENSO 16 bei Temperaturen bis 200 °C stabil bleibt. Dies wurde mit einer LC-MS Methode untersucht. Für die Detektion von Sucrose und Zuckerersatzstoffen eignet sich ein MS-Triplequadrupol am besten, da die Analyten durch die Koppelung mehrerer Detektoren miteinander besser quantifiziert werden können. In Anlehnung an die LC/MS/MS Analysis of Saccharides (NH2P-40 2D) Methode gemäß der Shodex Datenbank wurde die Analyse im negativen Ionenmodus durchgeführt Shodex. (o.D.). Die passenden Parameter für die Analyse konnten durch dieses Protokoll adaptiert werden; so wurde befunden, dass sich eine isokratische Methode aus den Eluenten A 0,05 % NH<sub>3</sub> und Eluenten B CH<sub>3</sub>CH zusammensetzte. Somit konnten die Retentionszeiten der Analyten, welche in der Methode von Shodex angegeben wurden, identifiziert werden, durch Feinjustierung konnten die Tailings ebenfalls minimiert werden. Durch die erste Messung mit ENSO 16 als Analyt wurde herausgefunden, dass manche der Analyten Fragmente bilden können. Aus diesem Grund wurde im MRM-Modus eine erneute Feinabstimmung durchgeführt und die exakten Übergänge der einzelnen Analyten bestimmt. Dadurch konnten für alle vier Analyten (Sucralose, Saccharose, Glukose und Fruktose) mittels des Standardadditionsverfahrens gute Kalibrierkurven erstellt werden. Durch die Bestimmtheitsmaße von 0,94 (Sucralose) und 0,99 (Saccharose, Glukose und Fruktose) kann ausgesagt werden, dass sämtliche Beobachtungen fast genau auf der Regressionsgeraden liegen. Die erarbeitete Methodik war theoretisch somit ausreichend empfindlich, um den angedachten Konzentrationsbereich der Analyten in den Hitzeproben zu umfassen. Bei der Betrachtung der Ergebnisse stellte sich dennoch heraus, dass dies praktisch nicht wie erwartet funktionierte. Für die Analyten Saccharose und Sucralose konnten gute Werte erzielt werden, jedoch lagen diese Werte außerhalb der errechneten LOD und LOQ Werte und die Konzentration an Sucralose um 15% höher als in der originalen ENSO Mischung. Der errechnete Gehalt an Saccharose von  $4,76 \pm 0,14$  g/L ist realistisch. Das Rohstoffdatenblatt von ENSO 16 gibt einen Gehalt von 2,4 g Sucrose auf 100 Gramm ENSO 16 an. Es handelt sich hierbei aber nicht um zugesetzten Sucrose, sprich einfach dektierbarer Saccharose, sondern um Restzucker durch den Einsatz verschiedener pflanzlichen Ballaststoffen. Es ist bei Saccharose zu beobachten, dass sich der Gehalt im Zuge der Hitzeeinwirkung circa verdoppelt. So konnten bei 200 °C  $8,14 \pm 0,26$  g/L Saccharose nachgewiesen werden. Sollten die Werte korrekt sein, wäre das ein Indiz dafür, dass sich durch den Einfluss von Hitze auf die Mischung ENSO 16 Bindungen aufbrechen, welche als

Verbindungen mit höherem Brennwert detektiert werden können. Bei den meisten Zuckeraustauschstoffen handelt es sich um große Moleküle mit Ringstrukturen. Solche chemischen Konfigurationen sind anfällig für komplexe Zersetzungsreaktionen bei höheren Temperaturen (Barker & Smalley, 1971). Die Berechnungen ergaben für Glukose und Fruktose in ENSO 16 bei den unterschiedlichen Temperaturen sowie bei der Extraktion in der Keksmatrix sehr hohe Werte. Anhand der Standardabweichung kann man ablesen, dass die Werte eine hohe Schwankung aufweisen. Sowohl bei Fruktose als auch bei Glukose wurden negative Konzentrationen ermittelt. Alle berechneten Konzentrationen liegen außerhalb der berechneten LOD und LOQ.

Aus diesem Grund muss man an dieser Stelle sagen, dass die ausgearbeitete Methode zwar gut für die einzelnen Analyten wirkt, für ENSO 16 als Matrix anscheinend aber nicht geeignet ist. Im Zuge von Literaturrecherchen konnte keine Quelle gefunden werden, welche eine Mischung aus Zuckeraustauschstoffen und Ballaststoffen auf ihre Gehalte mittels LC-MS untersucht. Aus diesem Grund war es schwierig die exakte Fehlerquelle zu identifizieren. Eine Möglichkeit kann die Matrix sein. Vor allem die Analysen der Analytkonzentrationen in der Keksmatrix zeigten nochmals abweichendere Werte auf. Sollte eine störende Matrix vorhanden sein, so kann das entweder zu einer Verstärkung oder zu einer Unterdrückung des Analytensignals führen. Außerdem kann so auch die Linearität, Richtigkeit und vor allem die Reproduzierbarkeit einer Messung beeinflusst werden (Cappiello et al., 2008). Probenvorbereitungstechniken wie Ultrafiltration könnten hier von Vorteil sein. Eine weitere Möglichkeit, dem Matrixeffekt zu entgehen, ist die Wahl von Retentionszeiten, welche außerhalb der Lösungsmittelfront und dem Ende des Gradienten liegen. Interne Standards stellen ebenfalls eine Möglichkeit dar, um Matrixeffekte auszugleichen. Wichtig ist es hier, interne Standards zu wählen, welche bei der gleichen Art der Ionisation und einer ähnlichen Retentionszeit wie die zu untersuchenden Analyten liegen. Auch die Art der Ionisation kann auf die Matrixeffekte wirken (Trufelli et al., 2010).

Im Zuge der analytischen Untersuchungen kam es auch zu einer Verstopfung der Säule. Obwohl die Proben allesamt durch einen Spitzenfilter filtriert wurden, kann es sein, dass die Partikelgröße innerhalb der einzelnen Proben zu groß war und somit auch die Ergebnisse verfälscht wurden. Da zuerst Sucralose und Saccharose und erst später Glukose und Fruktose vermessen wurden, könnte das eine mögliche Ursache für die erhaltenen Ergebnisse sein. Bei

ENSO 16 handelt es sich um ein extrem feines Pulver, welches auch sehr klebrig ist. Auch gelöst kann man eine starke Klebrigkeit der Lösung erkennen, wenn man sie zum Beispiel verschüttet oder gezielt an den Fingern testet. Diese Klebrigkeit könnte in der Säule auch zu Verklebungen der Silicaoberfläche führen und selbst nach Säuberung dazu führen, dass einige Stellen durch die Verklebung eventuell nicht mehr für eine chromatographische Trennung brauchbar sind. Durch die Unterschiede bei den Ergebnissen mit Ethanol beziehungsweise Wasser als Lösungsmittel konnte durch die unterschiedlichen Ergebnisse festgestellt werden, dass die verschiedenen Lösungsmittel einen Einfluss auf die Flächenwerte und damit auch auf die Konzentrationen haben. Es wurde in einer Dreifach-Extraktion gearbeitet. Jedoch könnte das Problem sein, dass zu wenig Wasser beziehungsweise zu wenig 80 %iger Ethanol für die Extraktion verwendet wurden. Es sind weitere Versuche mit mehr Flüssigkeit nötig.

Die Verdünnung der Proben könnte ebenfalls das Problem sein. So haben Sakai et al. (2015) in ihrem Versuch, künstliche Süßungsmittel in Getränken nachzuweisen, die Getränkeproben nochmal um den Faktor 500 verdünnt, und das in einem ihrer beiden Eluenten. Tsuruda et al. (2013) haben sowohl ihre flüssigen als auch ihre festen Proben in Methanol (80 %) extrahiert, dann ebenfalls stark verdünnt und die Probe anschließend noch mit einer Oasis WAX-Kartuschenreinigung gereinigt. Auch eine nachfolgende Reinigung der zu analysierenden Probe könnte ein möglicher Lösungsansatz des Problems sein. Weitere mögliche Gründe könnten in einer mangelnden Eignung der verwendeten Säule, einer zu geringen Selektivität der entwickelten Methode, falschen Gehalten aufgrund von unterschiedlichen Matrices oder dem Vorliegen einem systematischen Messfehlers liegen (Kromidas, 2017).

### Untersuchung der Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel

Die dritte Hypothese dieser Arbeit lautete, dass sich ENSO 16 verglichen mit Glukose signifikant weniger auf den Anstieg von Blutzucker, Insulin und C-Peptid auswirkt. Diese Hypothese konnte mit der durchgeführten klinischen Studie bestätigt werden. Es konnte mit einer Aligned Rank Transform ANOVA nachgewiesen werden, dass sowohl die Art der Substanz (die Verabreichung von ENSO 16 oder Glukose), die Zeit, sowie die Interaktion aus Substanz und Zeit (Substanz x Zeit) einen signifikanten Einfluss auf die abhängigen Variablen Blutzuckerspiegel, Insulinspiegel und C-Peptid Spiegel haben. Mithilfe eines Post-hoc Tests wurden die einzelnen Unterschiede getestet. Eine Bonferroni-Holm Korrektur wurde



durchgeführt, um die Kumulierung des Alpha-Fehlers durch multiples Testen zu verhindern. Dadurch konnte gezeigt werden, dass es zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb des beobachteten Zeitraums (0-180 min) zu signifikanten Unterschieden hinsichtlich der Auswirkung auf den Blutzuckerspiegel zwischen ENSO 16 und Glukose kam. Diese Ergebnisse wiederholten sich hinsichtlich des Insulinspiegels und des C-Peptid Levels.

Für diese Studie konnte keine formale Berechnung der Stichprobengröße durchgeführt werden, da ein vergleichbarer Stoff noch nie auf Glukosestoffwechselfparameter in einer klinischen Studie getestet wurde. Das Studiendesign wurde an eine 2021 durchgeführte Studie zur Untersuchung von Xylit auf den Glukosestoffwechsel angelehnt. In dieser Studie waren 12 Personen ausreichend, um signifikante Unterschiede nachzuweisen (Meyer-Gerspach et al., 2021). Auf der Grundlage dieser Studienergebnisse und der verfügbaren statistischen Empfehlungen (Julious, 2005) wurde eine Stichprobengröße von 15 gewählt. Diese theoretischen Erkenntnisse wurden mit einer G-Power-3 Analyse untersucht. Durch diese Analyse konnte herausgefunden werden, dass eine ProbandInnenanzahl von 15 bei der Untersuchung der Auswirkungen auf den Blutzucker eine Power von 77,6 % aufweist. Eine Power ab 85 % wird als sehr gut angesehen. Es wurde mit dem Tool weiter ermittelt, dass für eine Power von 95 % insgesamt 25 TeilnehmerInnen untersucht hätten werden müssen. Die Power für Insulin liegt bei 100 % und für das C-Peptid bei 99,9%. Aus diesen Ergebnissen kann man schließen, dass 15 ProbandInnen ausreichen, um signifikante Unterschiede nachzuweisen. Positiv hervorzuheben ist, dass durch den Ansatz der cross-over Studie jede Person direkt verglichen werden konnte.

In den Tabellen 48 bis 50 sind die Ergebnisse des Post-hoc Tests (inklusive Bonferroni Holm Korrektur) zur Identifizierung der signifikanten Unterschiede im zeitlichen Verlauf auf die Parameter Blutzucker, Insulin und C-Peptid innerhalb der einzelnen Substanzgruppen (ENSO 16, und Glukose) aufgelistet. Hier kann man erkennen, dass es bei beiden Substanzen über den zeitlichen Verlauf signifikante Unterschiede gibt. Beim Betrachten der Tabellen erkennt man auch, dass es bei Glukose im Verlauf der Zeit zu viel mehr signifikanten Ergebnissen kam. Es kam also zu einem viel höheren und längeren Anstieg der einzelnen Blutkonzentrationen. Durch die zusätzliche Darstellung der Standardabweichung zu den einzelnen Zeitpunkten kann man ebenfalls gut erkennen, dass diese bei Glukose viel höher ausfallen als bei ENSO 16. Ein Grund, warum ENSO 16 zu so stabilen Kurven führt, ist neben der halbierten Kalorienanzahl

auf 100 g wohl auch der hohe Gehalt an Ballaststoffen. Durch die Aufnahme von Ballaststoffen durch die Nahrung kann nachweislich die Aufnahme von Sucrose aus dem Verdauungstrakt in den Blutzuckerspiegel verlangsamt werden (Anderson & Ward, 1979). Dies führt nachweislich auch zu weniger hoch ansteigenden und konstanteren Blutzuckerkurven (Slavin, 2005). Eine groß angelegte Analyse sämtlicher bereits veröffentlichter Studien zu dem Effekt von Ballaststoffen in der Nahrung wurde für einen Artikels im Lancet durchgeführt. Es wurden Daten aus 58 klinischen Studien und 185 prospektiven Studien mit insgesamt 4635 erwachsenen TeilnehmerInnen hinsichtlich der Ergebnisse verglichen. Die WissenschaftlerInnen kamen zu dem Schluss, dass eine ballaststoffreiche Ernährung zu einem Rückgang an Diabetes Typ-2 Erkrankungen, kardiovaskulären Krankheiten und der Schlaganfallinzidenz führen kann. Außerdem wurde nachgewiesen, dass eine ballaststoffreiche Ernährung zu einer signifikanten Senkung des Körpergewichts, des Cholesterinwertes und des Blutdrucks führen kann (Reynolds et. al, 2019).

Neben den Auswirkungen von ENSO 16 oder Glukose auf die Plasmaparameter wurden auch die Auswirkungen auf die gastrointestinalen Symptome Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Bauchknurren, Blähungen, Aufstoßen und Flatulenz über den Zeitraum von 0 – 180 Minuten von den StudienteilnehmerInnen bewertet. So kann man auf den ersten Blick der beiden Tabellen 51 und 52 gut erkennen, dass es bei ENSO 16 mehr Nennungen in den oben genannten Kategorien gab. Es wurde bei Glukose kein einziges Mal angegeben, dass über den Verlauf der Zeit Bauchschmerzen auftraten, bei ENSO 16 wurde dieses Symptom bei 15 min, 90 min und 120 min angegeben. Auffallend ist auch, dass deutlich mehr Nennungen von leichten und schweren Symptomen von Bauchknurren bei ENSO 16 zu finden sind. Diese Ergebnisse können möglicherweise damit begründet werden, dass Zuckerersatzstoffe bei einem übermäßigem Verzehr häufig abführende Wirkungen zeigen (Plaza-Diaz et. al, 2020). Aus diesem Grund muss auf Produkten mit Süßungsmitteln der Hinweis „Kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken“ angeführt werden (Amtsblatt der Europäischen Union, 2008).

Im Zuge der klinischen Studie wurden nur die drei Parameter Glukose, Insulin und C-Peptid untersucht. Es gibt darüber hinaus noch weitere Plasmaparameter, welche sich auf den Blutzuckerspiegel auswirken. Diese umfassen GLP-1, GIP und Glucagon. Studien konnten bereits nachweisen, dass vor allem die Untersuchung von Süßungsmitteln hinsichtlich der

Auswirkung auf GLP-1 sinnvoll ist. So werden durch die Aufnahme von Süßungsmitteln die Süßrezeptoren TAS1R2 und TAS1R3 aktiviert (Sánchez-Tapia et. al, 2019). Diese sind auch im Gastrointestinaltrakt zu finden (Jang et. al, 2007). So wird über die Aktivierung von TAS1R3 der Glukosetransporter SGLT-1 aktiviert, was wiederum zu einer Ausschüttung von GLP-1 führt und somit zu einer Erhöhung des Levels dieses Plasmaparameters (Sánchez-Tapia et. al, 2019). Diese Ausschüttung kann wiederum Krankheiten wie Diabetes Typ-2 und Adipositas begünstigen. Da die Plasmaproben der ProbandInnen aufgehoben wurden, wäre eine Untersuchung der Auswirkung auf GLP-1 im Zuge einer Fortführung der klinischen Studie leicht möglich.

Die Wirkung von ENSO 16 wurde lediglich an jeweils einem Tag getestet. Da die oben genannte Auswirkung auf GLP-1 durch die Aktivierung von TAS1R3 induziert wird und die zwei Süßrezeptoren TAS1R2 und TAS1R3 erst bei einer anhaltenden Aufnahme von Süßungsmitteln richtig aktiviert werden (Sánchez-Tapia et. al, 2019), sollte ENSO 16 ebenfalls über einen längeren Zeitraum getestet werden.

## 7 Schlussbetrachtung und Ausblick

Durch die Untersuchungen in dieser Arbeit konnte festgestellt werden, dass der konzipierte Zuckerersatzstoff ENSO 16 als eine gute Alternative zu Sucrose gelten kann. Durch die Testung von ENSO 16 in verschiedenen Backwaren (Sachertorte, Biskuitkuchen und Mürbteigkekse) konnte durch die Bewertungen von 60 ungeschulten KonsumentInnen festgestellt werden, dass ENSO 16 im Vergleich mit Sucrose hinsichtlich der Süßwahrnehmung nie signifikant schlechter beurteilt wurde. In anderen Bereichen war dies nicht der Fall. Vor allem bei der Sachertorte wurde die Torte mit dem Zuckerersatz in 6 von 7 Kategorien schlechter bewertet. Hier konnte festgestellt werden, dass vor allem die Textur und das Aussehen kritisiert wurde. Durch entsprechende Literaturrecherchen konnte festgestellt werden, dass sich Ballaststoffe auf die rheologische Beschaffenheit von Teigen auswirkt (Packkja-Doss et al., 2019; Kučerová et al., 2013). Dies wurde durch die Ergebnisse in den Befragungen und den optischen Vergleichen der Backwaren mit und ohne Sucrose bestätigt. Um ENSO 16 optimal als 1:1 Zuckerersatz verwenden zu könnten, sollten hier noch weitere Tests durchgeführt werden und eventuell die Zusammensetzung der Ballaststoffe in der Mischung noch abgewandelt werden.

Um die Möglichkeit des 1:1 Austausches von ENSO 16 und Sucrose in sämtlichen Bereichen noch besser zu bestätigen, wäre die Durchführung einer erneuten Studie mit KonsumentInnen eine Möglichkeit. Eine Erweiterung der Produktgruppen wäre ebenfalls zu empfehlen. Ein mögliches Szenario wäre hier die gezielte Verkostung von jeweils einem Schokoriegel, einer Eissorte, einem Kuchen und einem süßen Brotaufstrich. All die genannten Produkte sollten die gleiche Grundrezeptur aufweisen, aber jeweils einmal mit Sucrose und einmal mit ENSO 16 gesüßt werden. Weiters sollten die Konsumententests größer angelegt sein und über die definierte Zielgruppe hinaus erweitert werden.

Im Zuge der sensorischen Charakterisierungen von ENSO 16 von geschulten Panelisten gelangte man zu den Erkenntnissen, dass das zeitliche Geschmacksprofil von ENSO 16 Sucrose ähnlicher ist als jenes von Aspartam. Auch das Profil des Nachgeschmacks ist zwischen ENSO 16 und Sucrose ähnlicher bewertet worden. Durch die Daten der Panelisten konnte durch statistische Untersuchungen festgestellt werden, dass es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Bitterkeit zwischen Sucrose und Aspartam, sowie signifikante Unterschiede hinsichtlich der Süßintensität zwischen Aspartam und ENSO 16 und zwischen Aspartam und

Sucrose gab. Der Versuch wurde aber lediglich von 21 Panelisten durchgeführt. Hier würde sich ein erneuter Versuch mit mehreren Panelisten an zwei aufeinanderfolgenden Tagen anbieten. Außerdem wäre es ratsam, ENSO 16 nicht nur mit Sucrose und Aspartam zu vergleichen, sondern auch mit anderen Zuckeraustauschstoffen wie Erythrit, Xylit, Sucralose und Saccharin.

Die Stabilität bei Hitze von ENSO 16 konnte im Zuge dieser Arbeit nicht befriedigend beurteilt werden. Hier sollte es eine erneute Untersuchung unter adaptierten Bedingungen geben. Die Proben sollten mehr verdünnt werden, es sollten die Eluenten angepasst werden und eine Filtration der Proben durch noch feinporigere Filter wäre von Vorteil, um einem Verstopfen der Säule entgegenzuwirken. Eventuell würde auch ein Wechsel des Chromatographieverfahrens von einer LC-MS auf GC-MS bessere Ergebnisse erzielen können.

Der Anstieg der Parameter Blutzucker, Insulin und C-Peptid über eine Zeitspanne von 0 – 180 Minuten war bei ENSO 16 signifikant geringer im Vergleich mit Glukose in der selben Konzentration. Um die Aussage hinsichtlich der Wirkung auf Blutzucker-Parameter zu verbessern, sollten weitere Plasmaparameter einbezogen werden. Die Auswirkung auf GLP-1, GIP und Glucagon sollte ebenfalls noch untersucht werden. In einer Folgestudie sollte ENSO 16 nicht nur mit Glukose verglichen werden, sondern weiters auch mit Saccharose. Um noch präzisere Aussagen über ENSO 16 treffen zu können, würde es sich auch anbieten, mehr ProbandInnen in die Studie einzuschließen. Anhand der durchgeführten Studie konnte eine wertvolle Vorarbeit für weitere Studien geschaffen werden. So wurde durch die Power-Analyse festgestellt, dass die ProbandInnenanzahl mit 15 für den Nachweis von signifikanten Unterschieden hinsichtlich des Blutzuckerspiegels nicht ausreichend ist. Hier würden 25 Personen benötigt werden. Für den Nachweis solcher Unterschiede auf die Levels von Insulin oder C-Peptid reichten jedoch 15 Personen. Es wäre darüber hinaus noch interessant zu untersuchen, wie sich ENSO 16 als Zutat in verschiedenen Lebensmitteln auf die verschiedenen Parameter des Blutzuckerspiegels auswirkt. Hier könnte ein möglicher Ansatz sein, Schokoriegel mit ENSO 16 versus Schokoriegel mit Sucrose von ProbandInnen konsumieren zu lassen und ebenfalls über eine Zeitspanne von 180 Minuten zu 8 definierten Zeitpunkten Blut abzunehmen.

## Zusammenfassung

Sucrose ist der Rohstoff der Wahl, wenn es um das Süßen von Lebensmitteln und Getränken geht. Ein übermäßiger Zuckerkonsum wird aber mit der Entstehung von Adipositas, Konzentrationsstörungen, Herz-Kreislauferkrankungen, Stoffwechselerkrankungen und Diabetes Typ-2 assoziiert. Um diesen negativen Aspekten entgegenzuwirken, können künstliche Süßungsmittel eingesetzt werden. Diese haben oft den Nachteil, dass sie einen Off-Flavour besitzen und Sucrose nicht 1:1 ersetzen können. Um diese Probleme zu adressieren, wurde ENSO 16 entwickelt. Es handelt es sich um eine Rohstoffmischung aus 70 % pflanzlichen Ballaststoffen und 30 % Zuckeraustauschstoffen. Durch sensorische Untersuchungen mit 60 ungeschulten KonsumentInnen wurde festgestellt, dass es hinsichtlich der Akzeptanz der Süßkraft zwischen Sucrose und ENSO 16 keinen signifikanten Unterschied gibt. Im Zuge des durchgeführten Akzeptanztests verkosteten die KonsumentInnen Mürbteigkekse, Biskuitkuchen und Sachertorte und bewerteten neben der Süße auch noch Aussehen, Geruch, Geschmack, Textur, Nachgeschmack und Gesamteindruck. Die Bewertungen ergaben, dass sich ENSO 16 unterschiedlich auf die rheologischen Eigenschaften der Teige auswirkt und der Zuckerersatz in Mürbteigkekse und Biskuitteigen signifikant besser akzeptiert wird, als dies in der Sachertorte der Fall ist. Die sensorische Bewertung von ENSO 16 von 21 geschulten Panelisten ergab, dass das zeitliche Geschmacksprofil sowie auch das Profil des Nachgeschmacks dem von Sucrose viel ähnlicher ist als jenem von Aspartam. Bezüglich der Bitterkeit konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Aspartam und Sucrose festgestellt werden. Die Süßintensität zwischen Sucrose und Aspartam und zwischen ENSO 16 und Aspartam wies ebenfalls jeweils einen signifikanten Unterschied auf. Die Hitzestabilität der Mischung sollte mittels einer LC-MS Methode untersucht werden. Hier konnten keine zufriedenstellenden Aussagen generiert werden. Um die Auswirkung des Zuckerersatzes ENSO 16 auf die Parameter des Blutzuckerspiegels Glukose, Insulin und C-Peptid zu untersuchen wurde eine klinische Studie durchgeführt. Durch die randomisierte, doppelblinde, aktiv-kontrollierte Cross-over-Studie mit 15 ProbandInnen konnte festgestellt werden, dass sich ENSO 16 im Verlauf der Zeit von 0 – 180 Minuten signifikant weniger auf die Konzentrationen der Parameter auswirkt, als es Glukose in der gleichen Menge tut.

## 8 Summary

Sucrose is the raw material of choice when it comes to sweetening foods and beverages. However, excessive sucrose consumption is associated with the development of obesity, impaired concentration, cardiovascular diseases, metabolic diseases and type 2 diabetes. To counteract these negative aspects, artificial sweeteners can be used. These often have the disadvantage of an off-flavor and cannot replace sucrose 1:1. ENSO 16 was developed to address these problems. It is a newly designed raw material blend of 70% vegetable fiber and 30% sucrose substitutes. Through sensory testing with 60 untrained consumers, it was found that there was no significant difference in terms of sweetness acceptance between sucrose and ENSO 16. In the course of the acceptance test, consumers tasted shortbread cookies, sponge cake and Sacher cake and evaluated not only sweetness but also appearance, odor, taste, texture, aftertaste and overall impression. The evaluations showed that ENSO 16 had a different effect on the rheological properties of the doughs and that the sucrose substitute was significantly more accepted in shortbread cookies and sponge cake doughs than in Sacher cake. The sensory evaluation of ENSO 16 by 21 trained panelists showed that the temporal taste profile as well as the aftertaste profile is much more similar to that of sucrose than to that of aspartame. With regard to bitterness, a significant difference was found between aspartame and sucrose. The sweetness intensity between sucrose and aspartame and between ENSO 16 and aspartame also showed a significant difference in each case. The heat stability of the mixture was to be investigated using an LC-MS method. No satisfactory conclusions could be generated here. In order to investigate the effect of the sucrose substitute ENSO 16 on the parameters of blood glucose levels glucose, insulin and C-peptide, a clinical study was conducted. Through the randomized, double-blind, active-controlled cross-over study with 15 proponents, it was found that ENSO 16 has significantly less effect on the concentrations of the parameters in the course of time from 0 - 180 minutes than glucose does in the same amount.

## 9 Literaturverzeichnis

- Adcock, L., & Gray, C. (1957). The metabolism of sorbitol in the human subject. *Biochemical Journal*, 65(3), 554–560.
- Ager, D. J., Pantaleone, D. P., Henderson, S. A., Katritzky, A. R., Prakash, I., & Walters, D. E. (1998). Commercial, Synthetic Nonnutritive Sweeteners. *Angewandte Chemie International Edition*, 37, 1802-1817.
- Ahmad, S. Y., Friel, J. K., & Mackay, D.S. (2020). Effect of sucralose and aspartame on glucose metabolism and gut hormones. *Nutrition Reviews*, 78(9), 725-746. doi: 10.1093/nutrit/nuz099. PMID: 32065635.
- Al-Sulaiti, H., Diboun, I., Agha, M. V., Mohamed, F. F. S., Atkin, S., Dömling, A. S., Elrayess, M. A., & Mazloun, N. A. (2019). Metabolic signature of obesity-associated insulin resistance and type 2 diabetes. *Journal of translational medicine*, 17(1), 348. <https://doi.org/10.1186/s12967-019-2096-8>
- Amtsblatt der Europäischen Union. (2008). *Verordnung (EG) 1333/2008 des Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe*. Abgerufen am 10.06.2022 von <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0033:de:PDF>
- Amtsblatt der Europäischen Union. (2015). *Verordnung (EU) 2015/1832 der Kommission vom 12. Oktober 2015*. Abgerufen am 10.06.2022 von <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1832&from=DE>
- Anderson, J. W., & Ward, K. (1979). High-carbohydrate, high-fiber diets for insulin-treated men with diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 32(11), 2312–2321. doi: 10.1093/ajcn/32.11.2312
- Ansorge, U., & Leder H. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit* (2. Auflage). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Anton, S. D., Martin, C. K., Han, H., Coulon, S., Cefalu, W. T., Geiselman, P., & Williamson, D. A. (2010). Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial



glucose and insulin levels. *Appetite*, 55(1), 37–43.  
<https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.03.009>

Armour, S. L., Frueh, A., & Knudsen, J. G. (2022). Sodium, Glucose and Dysregulated Glucagon Secretion: The Potential of Sodium Glucose Transporters. *Frontiers in pharmacology*, 13, 837664. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.837664>

Barker, A.J., & Smalley, R. K. (1971). Thermolytic Decomposition of Benzo-1,2-Isothiazol-3-One-1,1-Dioxide (Saccharin). *Tetrahedron Letters*, 12(48), 4629-4632.  
[https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)97548-3](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)97548-3)

Behrens, M., & Meyerhof, W. (2011). Gustatory and Extragustatory Functions of Mammalian Taste Receptors. *Physiology & Behavior*, 105(1), 4–13.  
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.02.010>

Bertrand, M. G. (1891). Recherches zur quelques dérivés du xylose In: *Bull Soc Chim Paris* (Band 5, S. 554–557).

Biddinger, S. B., & Kahn, C. R. (2006). From mice to men: insights into the insulin resistance syndromes. *Annu Rev Physiol*, 68, 123-158. doi: 10.1146/annurev.physiol.68.040104.124723

Biesalski, H. K., Bischoff, S. C., & Puchstein, C. (2010). *Ernährungsmedizin: Nach dem neuen Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer* (4., vollständig überarb. und erw. Auflage). Stuttgart: Thieme.

Bippes, M. T. (2007). Verfahrensentwicklung zur mikrobiellen Herstellung von Erythrit. [Dissertation, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig].

Birbaumer, N., & Schmidt, R.F. (2010). *Biologische Psychologie* (7. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.

Bird, A. R., Conlon, M. A., Christophersen, C. T., & Topping, D. L. (2010). Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Beneficial Microbes*, 1(4), 423-431. doi: 10.3920/BM2010.0041

- Björkman, O., Sahlin, K., Hagenfeldt, L., & Wahren, J. (1984). Influence of glucose and fructose ingestion on the capacity for long-term exercise in well-trained men. *Clinical Physiology*, 4(6), 483-494. doi: 10.1111/j.1475-097x.1984.tb00134.x
- Bojahr, J. (2015). *Aktivierung des humanen Süßgeschmacksrezeptors im zellbasierten Testsystem*. [Dissertation, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Potsdam].
- Bongartz, A., & Mürset, U. (2011). *Statistische Methoden in der Sensorik (Teil 2): Verbrauchertests*. Frankfurt am Main: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. Abgerufen am 22.08.2022 von [https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmittelsensorik/2011\\_6\\_Expertenwissen\\_Verbrauchertests.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmittelsensorik/2011_6_Expertenwissen_Verbrauchertests.pdf)
- Borghoff, S. J., Cohen, S. S., Jiang, X., Lea, I. A., Klaren, W. D., Chappell, G. A., Britt, J. K., Rivera, B. N., Choski, N. Y., & Wikoff, D. S. (2023). Updated systematic assessment of human, animal and mechanistic evidence demonstrates lack of human carcinogenicity with consumption of aspartame. *Food and chemical toxicology*, 172, 113549. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113549>
- Boron, W., & Boulpaep, E. (2020). *Concise Medical Physiology* (1. Auflage). ISBN 9780323655309
- Brady, E. M., Bodicoat, D. H., Hall, A. P., Khunti, K., Yates, T., Edwardson, C., & Davies, M. J. (2018). Sleep duration, obesity and insulin resistance in a multi-ethnic UK population at high risk of diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, 139, 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.03.010>
- Bridel, M., & Lavielle, R. (1931). Le principe a saveur sucre du Ka'ahe'e (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Bulletin de la Société de chimie biologique*, 13, 636-655.
- Busch-Stockfisch, M. (2018). *Praxishandbuch Sensorik* (Kapitel V 2.1.6, Sensorik von alkoholfreien Getränken). Hamburg: Behr's Verlag.
- Caballero, B., Finglas, P., & Trugo, L. (2003). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition - 2nd Edition*. San Diego: Academic Press. <https://www.elsevier.com/books/encyclopedia-of-food-sciences-and-nutrition/9780122270550>

- Canalis, M. S. B., Steffolani, M. E., Leon, A. E., & Ribotta, P. D. (2017). Effect of different fibers on dough properties and biscuit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(5), 1607-1615. doi: 10.1002/jsfa.7909
- Cappiello, A., Famiglini, G., Palma, P., Pierini, E., Termopoli, V., & Trufelli, H. (2008). Overcoming matrix effects in liquid chromatography-mass spectrometry. *Analytical chemistry*, 80(23), 9343–9348. <https://doi.org/10.1021/ac8018312>
- Carakostas, M. C., Curry, L. L., Boileau, A. C., & Brusick, D. J. (2008) Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 1-10.
- Chandrashekar, J., Kuhn, C., Oka, Y., Yarmolinsky, D. A., Hummler, E., Ryba, N. J., & Zuker, C. S. (2010). The cells and peripheral representation of sodium taste in mice. *Nature*, 464(7286), 297–301. <https://doi.org/10.1038/nature08783>
- Chukwuma, C. I., & Islam, M. S. (2015). Effects of xylitol on carbohydrate digesting enzymes activity, intestinal glucose absorption and muscle glucose uptake: a multi-mode study. *Food & function*, 6(3), 955–962. <https://doi.org/10.1039/c4fo00994k>
- Clapham, D. E. (2003). TRP channels as cellular sensors. *Nature*, 426(6966), 517–524. <https://doi.org/10.1038/nature02196>
- Clapp, T. R., Stone, L. M., Margolskee, R. F., & Kinnamon, S. C. (2001). Immunocytochemical evidence for co-expression of Type III IP3 receptor with signaling components of bitter taste transduction. *BMC neuroscience*, 2, 6. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-2-6>
- Cui, M., Jiang, P., Maillet, E., Max, M., Margolskee, R. F., & Osman, R. (2006). The heterodimeric sweet taste receptor has multiple potential ligand binding sites. *Current pharmaceutical design*, 12(35), 4591–4600. <https://doi.org/10.2174/138161206779010350>
- Czarnecka, K., Pilarz, A., Rogut, A., Maj, P., Szymańska, J., Olejnik, Ł., & Szymański, P. (2021). Aspartame-True or False? Narrative Review of Safety Analysis of General Use in Products. *Nutrients*, 13(6), 1957. <https://doi.org/10.3390/nu13061957>

- Damak, S., Rong, M., Yasumatsu, K., Kokrashvili, Z., Varadarajan, V., Zou, S., Jiang, P., Ninomiya, Y., & Margolskee, R. F. (2003). Detection of sweet and umami taste in the absence of taste receptor T1r3. *Science*, 301(5634), 850–853. doi: 10.1126/science.1087155
- Damak, S., Rong, M., Yasumatsu, K., Kokrashvili, Z., Varadarajan, V., Zou, S., Jiang, P., Ninomiya, Y., & Margolskee, R. F. (2003). Detection of sweet and umami taste in the absence of taste receptor T1r3. *Science*, 301(5634), 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1087155>
- Dauchet, L., Amouyel, P., & Dallongeville, J. (2005). Fruit and vegetable consumption and risk of stroke: a meta-analysis of cohort studies. *Neurology*, 65(8), 1193-1197.
- Dauchet, L., Amouyel, P., Hercberg, S., & Dallongeville, J. (2006). Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *The Journal of Nutrition*, 136(10), 2588-2593.
- Debras, C., Chazelas, E., Srouf, B., Druésne-Pecollo, N., Esseddik, Y., Szabo de Edelenyi, F., Agaësse, C., De Sa, A., Lutchia, R., Gigandet, S., Huybrechts, I., Julia, C., Kesse-Guyot, E., Allès, B., Andreeva, V. A., Galan, P., Hercberg, S., Deschasaux-Tanguy, M., & Touvier, M. (2022). Artificial sweeteners and cancer risk: Results from the NutriNet-Santé population-based cohort study. *PLoS medicine*, 19(3), e1003950. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003950>
- Deis, R. C., & Kearsley, M. W. (2012). Sorbitol and Mannitol. In *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (S. 331-346). Chichester: Wiley-Blackwell.
- Derndorfer, E. (2006). *Lebensmittelsensorik* (4. überarbeitete Auflage). Wien: Facultas.
- Derndorfer, E. (2016). *Lebensmittelsensorik* (5. überarbeitete Auflage). Wien: Facultas.
- Despres, J. P., & Lemieux, I. (2006). Abdominal obesity and metabolic syndrome. *Nature*, 444(7121), 881-887. doi: 10.1038/nature05488
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung. (o.D.). *Ausgewählte Fragen und Antworten zu Ballaststoffen*. Abgerufen am 16.09.2022 von <https://www.dge.de/wissenschaft/faqs/ausgewaehlte-fragen-und-antworten-zu-ballaststoffen/>

- Di Pizio, A., Yaron, B., Shoshan-Galeczki, J., Hayes, E., & Masha, Y. (2019). Bitter and Sweet Tasting Molecules: It's Complicated. *Neuroscience Letters*, 700, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.04.027>
- Dietrich, K. (1909). Über die Bestandteile der Paraguay-Süßstoffpflanze Eupatorium rebaudianum Ka'a he'e und ihre pharmazeutische Verwertbarkeit. *Pharmazeutische Zentralhalle* 50, 435-441.
- DIN. (2020, November). *Sensorische Analyse - Methodologie - Allgemeiner Leitfaden für die Durchführung hedonischer Prüfungen (Verbrauchertests) in einem kontrollierten Umfeld (ISO 11136:2014 + Amd 1:2020); Deutsche Fassung EN ISO 11136:2017 + A1:2020*.
- Dürschmid, K. (2010). *Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche. Teil 5: Affektive und hedonische Prüfungen*. Frankfurt am Main: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. Abgerufen am 22.08.2022 von [http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/sensorik/Downloads/Hedonische\\_P\\_ruefungen/Hedonik\\_AB\\_Sensorik\\_2010\\_04.pdf](http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/sensorik/Downloads/Hedonische_P_ruefungen/Hedonik_AB_Sensorik_2010_04.pdf)
- EFSA. (2010). Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. *EFSA Journal* 8(4), 1537. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1537>
- EFSA. (o.d. (a)). *Süßungsmittel*. Abgerufen am 08.02.2023 von <https://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/sweeteners>
- EFSA. (o.d. (b)). *Aspartam*. Abgerufen am 08.02.2023 von <https://www.efsa.europa.eu/de/topics/topic/aspartame>
- Elmadfa, I. (2009). *Ernährungslehre* (2. überarbeitete Auflage). Eugen Ulmer: Stuttgart.
- Elmadfa, I., & Leitzmann, C. (2004). *Ernährung des Menschen* (4. Auflage). Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Elmadfa, I., Hasenegger, V., Wagner, K. H., Putz, P., Weidl, N.M., Wottawa, D., Kuen, T., Seiringer, G., Meyer, A.L., Sturtzel, B., Kiefer, I., Zilberszac, A., Sgarabottolo, V., Meidlinger B., Rieder, A. (2012). *Österreichischer Ernährungsbericht 2012* (1. Auflage). Wien.
- Embuscado, M. E. (2006). Polyols. In Spillane, W. J. (Hrsg.), *Optimizing sweet taste in foods*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Esper, R. J., Vilarino, J. O., Machado, R. A., & Paragano, A. (2008). Endothelial dysfunction in normal and abnormal glucose metabolism. *Adv Cardiol*, 45, 17-43. doi: 10.1159/000115120
- Fang, T., Cai, Y., Yang, Q., Ogutu, C. O., Liao, L., & Han, Y. (2020). Analysis of sorbitol content variation in wild and cultivated apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 139–144.
- FAO. (2004). *Steviol Glycosides*. Abgerufen am 12.11.2022 von <https://www.fao.org/3/at988e/at988e.pdf>
- FDA. (1999). Food Additives Permitted for Direct Addition to Food for Human Consumption. *Federal Register* 64(208). Abgerufen von <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-1999-10-28/pdf/FR-1999-10-28.pdf>
- Feigenspan, A. (2017). Chemische Sinne. In: *Prinzipien der Physiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54117-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54117-3_16)
- Fellows, P. J. (2016). *Food Processing Technology* (S. 197). Woodhead Publishing. ISBN 978-0-08-100523-1
- Fernstrom, J. D. (2015). Non-Nutritive Sweeteners and Obesity. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 119–136. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015635>
- Fernstrom, J. D., Munger, S. D., Sclafani, A., De Araujo, I. E., Roberts, A., & Molinary, S. (2012). Mechanisms for Sweetness. *The Journal of Nutrition*, 142(6), 1134S-1141S. <https://doi.org/10.3945/jn.111.149567>
- Fischer, E., & Stahel, R. (1891). Zur Kenntniss der Xylose. In *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* (Band 24, Nummer 1, S. 528–539). doi: 10.1002/cber.189102401100
- Fisman, E. Z., & Tenenbaum, A. (2021). The dual glucose-dependent insulinotropic polypeptide (GIP) and glucagon-like peptide-1 (GLP-1) receptor agonist tirzepatide: a novel cardiometabolic therapeutic prospect. *Cardiovascular diabetology*, 20(1), 225. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01412-5>
- Frank, G. K. W., Oberndorfer, T. A., Simmons, A. N., Paulus, M. P., Fudge, J. L., Yang, T. T. & Kaye, W. H. (2008). Sucrose Activates Human Taste Pathways Differently from Artificial

Sweetener. *NeuroImage*, 39(4), 1559–1569. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.061>

Freissmuth, M., Offermans S., & Böhm S. (2020). *Pharmakologie und Toxikologie* (3. Auflage). Berlin: Springer.

Frings, S., & Müller, F. (2014). *Biologie der Sinne*. Berlin: Springer Berlin.

Fulgoni, V. L., 3rd, & Drewnowski, A. (2022). No Association between Low-Calorie Sweetener (LCS) Use and Overall Cancer Risk in the Nationally Representative Database in the US: Analyses of NHANES 1988-2018 Data and 2019 Public-Use Linked Mortality Files. *Nutrients*, 14(23), 4957. <https://doi.org/10.3390/nu14234957>

Gardana, C., Simonetti, P., Canzi, E., Zanchi, R., & Pietta, P. (2003). Metabolism of Stevioside and Rebaudioside A from *Stevia Rebaudiana* extracts by Human Microflora. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6618-6622. doi: 10.1021/jf0303619

Genshow, O., Reuter, L., & Wänke, M. (2012). The color red reduces snack food and soft drinks intake. *Appetite*, 58(2), 699-702. doi: 10.1016/j.appet.2011.12.023

Gey, M. H. (2008). Chromatographie. In *Instrumentelle Analytik und Bioanalytik: Biosubstanzen, Trennmethode, Strukturanalytik, Applikationen* (S. 97-112). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Gibson, S., Gunn, P., Wittekind, A., & Cottrell, R. (2013). The Effects of Sucrose on Metabolic Health: A Systematic Review of Human Intervention Studies in Healthy Adults. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(6), 591–614. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.691574>

Godswill, A. C. (2017). Sugar alcohols: chemistry, production, health concerns and nutritional importance of mannitol, sorbitol, xylitol, and erythritol. *International Journal of Advanced Research*, 3, 31–66.

Grüsser, O.-J., & Grüsser-Cornehls, U. (1997). Gesichtssinn und Okulomotorik. In *Physiologie des Menschen* (27. Auflage). Springer Verlag.

- Gunness, P., & Gidley, M. J. (2010). Mechanisms underlying the cholesterol-lowering properties of soluble dietary fibre polysaccharides. *Food & Function*, 1(2), 149-155. doi: 10.1039/c0fo00080a
- Harris, D. C. (2014) . *Lehrbuch der Quantitativen Analyse* (8. Auflage, S. 570-720). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Hatt, H. (2007). Geschmack und Geruch. In *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie* (S. 386-394). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Higgins, K. A., & Mattes, R. D. (2019). A randomized controlled trial contrasting the effects of 4 low-calorie sweeteners and sucrose on body weight in adults with overweight or obesity. *The American journal of clinical nutrition*, 109(5), 1288–1301. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy381>
- Hinghofer-Szalkay, H. (o.D.). *Insulinsystem*. Abgerufen am 10.11.2022 von <http://physiologie.cc/V.2.htm>
- Hjørne, A. P., Modvig, I. M., & Holst, J. J. (2022). The Sensory Mechanisms of Nutrient-Induced GLP-1 Secretion. *Metabolites*, 12(5), 420. <https://doi.org/10.3390/metabo12050420>
- Hoon, M. A., Adler, E., Lindemeier, J., Battey, J. F., Ryba, N. J., & Zuker, C. S. (1999). Putative mammalian taste receptors: a class of taste-specific GPCRs with distinct topographic selectivity. *Cell*, 96(4), 541–551. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(00\)80658-3](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(00)80658-3)
- Hunter, S. R., Reister, E. J., Cheon, E., & Mattes, R. D. (2019). Low Calorie Sweeteners Differ in Their Physiological Effects in Humans. *Nutrients*, 11(11), 2717. doi: 10.3390/nu1112717
- Ishihara H. (2022). Metabolism-secretion coupling in glucose-stimulated insulin secretion. *Diabetology international*, 13(3), 463–470. <https://doi.org/10.1007/s13340-022-00576-z>
- Jang, H-J., Kokrashvili, Z., Theodorakis M. J., Carlson, O. D., Kim, B-J., Zhou, J., Kim, H. H., Xu, X., Chan, S. L., Juhaszova, M., Bernier, M., Mosinger, B., Margolskee, R. F., & Egan, J. M. (2007). Gut-Expressed Gustducin and Taste Receptors Regulate Secretion of Glucagon-like Peptide-1. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(38), 15069–74. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706890104>



- Janssen, S., & Depoortere, I. (2013). Nutrient Sensing in the Gut: New Roads to Therapeutics? *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 24(2), 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2012.11.006>
- Jenkins, D. J., Kendall, C. W., & Vuksan, V. (1999). Inulin, oligofructose and intestinal function. *Journal of Nutrition*, 129 (7 suppl), 1431S-3S. doi: 10.1093/jn/129.7.1431S.
- Julious, S. A. (2005). Sample size of 12 per group rule of thumb for a pilot study. *Pharmaceutical Statistics*, 4(4), 287-291. <https://doi.org/10.1002/pst.185>
- Karl, C. M., Wendelin, M., Lutsch, D., Schleining, G., Dürschmid, K., Ley, J. P., Krammer, G. E., & Lieder, B. (2020). Structure-dependent effects of sweet and sweet taste affecting compounds on their sensorial properties. *Food chemistry: X*, 7, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2020.100100>
- Kaur, N., & Gupta, A. K. (2000). Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Biosciences*, 27(7), 703-714. doi: 10.1007/BF02708379.
- Keyhani-Nejad, F., Barbosa Yanez, R. L., Kemper, M., Schueler, R., Pivovarova-Ramich, O., Rudovich, N., & Pfeiffer, A. F. H. (2020). Endogenously released GIP reduces and GLP-1 increases hepatic insulin extraction. *Peptides*, 125, 170231. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2019.170231>
- Kienle, U. (2010). Ein Naturstoff macht Karriere. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 5, 199-203.
- Kim, G. A., Lee, H. C., Choe, J., Kim, M. J., Lee, M. J., Chang, H.-S., Bae, I. Y., Kim, H.-K., An, J., Shim, J. H., Kim, K. M., & Lim, Y.-S. (2017, 2. November). Association between non-alcoholic fatty liver disease and cancer incidence rate. *Journal of Hepatology*, 68(1), 140-146. doi: 10.1016/j.jhep.2017.09.012
- Kohda, H., Kasai, R., Yamasaki, K., Murakami, K., & Tanaka, O. (1976). New sweet diterpene glucosides for *Stevia rebaudiana*. *Phytochemistry*, 15(6), 981-983. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)84384-8](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)84384-8)

- Kohno, D. (2017). Sweet Taste Receptor in the Hypothalamus: A Potential New Player in Glucose Sensing in the Hypothalamus. *The Journal of Physiological Sciences*, 67(4), 459–65. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0535-y>
- Koren, S., & Fantus, I. G. (2007). Inhibition of the protein tyrosine phosphatase PTP1B: potential therapy for obesity, insulin resistance and type-2 diabetes mellitus. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 21(4), 621-640. doi: 10.1016/j.beem.2007.08.004
- Kristensen, M., & Jensen, M. G. (2011). Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite*, (56)1, 65-70. doi: 10.1016/j.appet.2010.11.147
- Kromidas, S. (2017). Das HPLC-MS-Buch für Anwender. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- Krüger, C. (2007). Xylit. In Rosenplenter, K., Nöhle, U. (Hrsg.), *Handbuch Süßungsmittel* (2. vollst. überarbeitete Auflage, S. 417-430). Hamburg: Behr's Verlag.
- Kučerová, J., Sottnikova, V., & Nedomova, S. (2013). Influence of Dietary Fibre Addition on the Rheological and Sensory Properties of Dough and Bakery Products. *Czech Journal of Food Sciences*, 31(4), 340-346. doi: 10.17221/352/2012-CJFS
- Landrigan, P. J., & Straif, K. (2021). Aspartame and cancer - new evidence for causation. *Environmental health*, 20(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00725-y>
- Laureati, M., Morin-Audebrand, L., Pagliarini, E., Sulmont-Rossé, C., Köster, E. P., & Mojet, J. (2008). Food memory and its relation with age and liking: an incidental learning experiment with children, young and elderly people. *Appetite*, 51(2), 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.02.019>
- Leclercq, I. A., Da Silva Morais, A., Schroyen, B., Van Hul, N., & Geerts, A. (2007). Insulin resistance in hepatocytes and sinusoidal liver cells: mechanisms and consequences. *Journal of Hepatology*, 47(1), 142-156. doi: 10.1016/j.jhep.2007.04.002
- Lee, A. A., & Owyang, C. (2017). Sugars, Sweet Taste Receptors, and Brain Responses. *Nutrients*, 9(7), 653. <https://doi.org/10.3390/nu9070653>

- Lee, R. J., & Cohen, N. A. (2014). Bitter and Sweet Taste Receptors in the Respiratory Epithelium in Health and Disease. *Journal of Molecular Medicine*, 92(12), 1235–1244. <https://doi.org/10.1007/s00109-014-1222-6>
- Lee, S. H., Choe, S. Y., Seo, G. G., & Hong, J. H. (2021). Can "Functional Sweetener" Context Increase Liking for Cookies Formulated with Alternative Sweeteners? *Foods*, 10(2), 361. <https://doi.org/10.3390/foods10020361>
- Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., & Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food chemistry*, 132(3), 1121–1132. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.140>
- Liman, E. R., Zhang, Y. V., & Montell, C. (2014). Peripheral coding of taste. *Neuron*, 81(5), 984–1000. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.02.022>
- Liu, D., & Liman, E. R. (2003). Intracellular Ca<sup>2+</sup> and the phospholipid PIP<sub>2</sub> regulate the taste transduction ion channel TRPM5. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(25), 15160–15165. <https://doi.org/10.1073/pnas.2334159100>
- Liu, H., Liao, C., Wu, L., Tang, J., Chen, J., Lei, C., Zheng, L., Zhang, C., Liu, Y. Y., Xavier, J., & Dai, L. (2022). Ecological dynamics of the gut microbiome in response to dietary fiber. *The ISME journal*, 16(8), 2040–2055. <https://doi.org/10.1038/s41396-022-01253-4>
- Liu, J., Y. Guo, X. Li, T. Si, & D.J. McClements. (2019). Effects of Chelating Agents and Salts on Interfacial Properties and Lipid Oxidation in Oil-in-Water Emulsions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 13718-13727.
- Liu, X., Yang, W., Petrick, J. L., Liao, L. M., Wang, W., He, N., Campbell, P. T., Zhang, Z. F., Giovannucci, E., McGlynn, K. A., & Zhang, X. (2021). Higher intake of whole grains and dietary fiber are associated with lower risk of liver cancer and chronic liver disease mortality. *Nature communications*, 12(1), 6388. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26448-9>
- Lizcano, J. M., & Alessi, D. R. (2002). The insulin signalling pathway. *Current Biology*, 12(7): R236-8. doi: 10.1016/s0960-9822(02)00777-7

- Loane, D. J., Stoica, B. A., & Faden, A. I. (2015). Neuroprotection for traumatic brain injury. *Handbook of clinical neurology*, 127, 343–366. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52892-6.00022-2>
- Mace, O. J., Affleck, J., Patel, N., & Kellett, G. L. (2007). Sweet taste receptors in rat small intestine stimulate glucose absorption through apical GLUT2. *The Journal of physiology*, 582(Pt 1), 379–392. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.130906>
- Magnuson, B. A., Burdock, G. A., Doull, J., Kroes, K. M., Marsh, G. M., Pariza, M. W., Spencer, P. S., Waddell, W. J., Walker, R., & Williams, G. M. (2007). Aspartame: A Safety Evaluation Based on Current Use Levels, Regulations, and Toxicological and Epidemiological Studies. *Critical Reviews in Toxicology*, 37, 629–727.
- Mäkinen, K. K. (2010). Sugar alcohols, caries incidence, and remineralization of caries lesions: a literature review. *International Journal of Dentistry* doi: 10.1155/2010/981072
- Manion, C. V., Hochgeschwender, U., Edmundson, A. B., Hugli, T. E., & Gabaglia, C. R. (2011). Dietary aspartyl-phenylalanine-1-methyl ester delays osteoarthritis and prevents associated bone loss in STR/ORT mice. *Rheumatology*, 50(7), 1244–1249. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ker089>
- Manzini, I., & Czesnik, D. (2009). Strukturelle und funktionelle Grundlagen des Schmeckens. In Hummel, T., Welge-Lüssen, A. (Hrsg.), *Riech- und Schmeckstörungen* (S. 27 – 41). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Margolskee, R. F., Dyer, J., Kokrashvili, Z., Salmon, K. S., Ilegems, E., Daly, K., Maillet, E. L., Ninomiya, Y., Mosinger, B., & Shirazi-Beechey, S. P. (2007). T1R3 and gustducin in gut sense sugars to regulate expression of Na<sup>+</sup>-glucose cotransporter 1. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(38), 15075–15080. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706678104>
- Marie, S., & Pigott, J. R. (1991). *Handbook of sweeteners*. Glasgow, England: Blackie.
- Maruyama, Y., Reiko, Y., Motonaka, K., & Yuzuru, E. (2012). Kokumi Substances, Enhancers of Basic Tastes, Induce Responses in Calcium-Sensing Receptor Expressing Taste Cells. *PLoS One*, 7(4): e34489. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034489>

- Marzec, A., Kowalska, J., Domian, E., Galus, S., Ciurzyńska, A., & Kowalska, H. (2021). Characteristics of Dough Rheology and the Structural, Mechanical, and Sensory Properties of Sponge Cakes with Sweeteners. *Molecules*, 26(21), 6638. <https://doi.org/10.3390/molecules26216638>
- Max, M., Shanker, Y. G., Huang, L., Rong, M., Liu, Z., Campagne, F., Weinstein, H., Damak, S., & Margolskee, R. F. (2001). Tas1r3, encoding a new candidate taste receptor, is allelic to the sweet responsiveness locus Sac. *Nature genetics*, 28(1), 58–63. <https://doi.org/10.1038/ng0501-58>
- Mayes, P. A. (1993). Intermediary metabolism of fructose. *The American journal of clinical nutrition*, 58(5 Suppl), 754S-765S.
- Mayes, P. A., & Laker, M. E. (1986). Effects of acute and long-term fructose administration on liver lipid metabolism. *Progress in biochemical pharmacology*, 21, 33–58.
- McRorie, J. W., Jr, & McKeown, N. M. (2017). Understanding the Physics of Functional Fibers in the Gastrointestinal Tract: An Evidence-Based Approach to Resolving Enduring Misconceptions about Insoluble and Soluble Fiber. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 117(2), 251–264. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2016.09.021>
- Meshkani, R., & Adeli, K. (2009). Hepatic insulin resistance, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Clinical Biochemistry*, 42(13-14), 1331-1346. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2009.05.018
- Meyer-Gerspach, A. C., Drewe, J., Verbeure, W., Roux, C. W. I., Dellatorre-Teixeira, L., Rehfeld, J. F., Holst, J. J., Hartmann, B., Tack, J., Peterli, R., Beglinger, C., & Wölnerhanssen, B. K. (2021). Effect of the Natural Sweetener Xylitol on Gut Hormone Secretion and Gastric Emptying in Humans: A Pilot Dose-Ranging Study. *Nutrients*, 13(1), 174. doi: 10.3390/nu13010174.
- Meyer, D., Voigt, A., Widmayer, P., Borth, H., Huebner, S., Breit, A., Marschall, S., Angelis, M. H., Boehm, U., Meyerhof, W., Gudermann, T., & Boekhoff, I. (2012). Expression of Tas1 Taste Receptors in Mammalian Spermatozoa: Functional Role of Tas1r1 in Regulating Basal Ca<sup>2+</sup> and CAMP Concentrations in Spermatozoa. *PloS One*, 7(2), e32354. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032354>

- Milgrom, P., Zero, D. T., & Tanzer, J. M. (2009). An examination of the advances in science technology of prevention of tooth decay in young children since the Surgeon General's Report on Oral Health. *Acad Pediatric*, 9(6), 404–409. doi: 10.1016/j.acap.2009.09.001
- Mojet, J., & Köster, E. P. (2002). Texture and flavour memory in foods: an incidental learning experiment. *Appetite*, 38(2), 110–117. <https://doi.org/10.1006/appe.2001.0460>
- Moon, H. J., Jeya, M., Kim, I. W., & Lee, J. K. (2010). Biotechnological production of Erythritol and its applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86, 1017-1025.
- Mora, M. R., & Dando, R. (2021). The sensory properties and metabolic impact of natural and synthetic sweeteners. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20(2), 1554–1583. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12703>
- Morin-Audebrand, L., Mojet, J., Chabanet, C., Issanchou, S., Moller, P., Köster, E., & Sulmont-Rosse, C. (2021). The role of novelty detection in food memory. *Acta Psychologica*, 139(1), 233-238. doi: 10.1016/j.actpsy.2011.10.003
- Morrison, K. E., Jašarević, E., Howard, C. D., & Bale, T. L. (2020). It's the fiber, not the fat: significant effects of dietary challenge on the gut microbiome. *Microbiome*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-0791-6>
- Müller-Esterl, W. (2004). *Biochemie - Eine Einführung für Mediziner und Naturwissenschaftler* (1. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Müller, T., & Hubert, S. T. (2007). Erythrit (E 968). In Rosenplenter, K., Nöhle, U. (Hrsg.), *Handbuch Süßungsmittel* (2. vollst. überarbeitete Auflage, S. 323-339). Hamburg: Behr's Verlag.
- Munro, C., Berndt, W. O., Borzelleca, J. F., Flamm, G., & Lynch, B. S. (1998). Erythritol: an interpretive summary of biochemical, metabolic, toxicological and clinical data. In *Food and Chemical Toxicology: An International Journal*, 36(12), 1139–1174.
- Nezzal, A., Aerts, L., Verspaille, M., Henderickx, G., & Redl, A. (2009). Polymorphism of sorbitol. *J Cryst Growth*, 311(15), 3863–3870.
- Oehlenschläger, J., & Manthey-Karl, M. (2010). *Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche. Teil 2: Unterschiedsprüfungen*. Frankfurt am Main: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft.

[https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmittelsensorik/2010\\_1\\_Expertenwissen\\_Unterschiedspruefung.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmittelsensorik/2010_1_Expertenwissen_Unterschiedspruefung.pdf)

Oetzel, S. (2012). *Tyrosinkinasen. Meister der Kommunikation*. Abgerufen von <https://www.pharmazeutische-zeitung.de/ausgabe-362012/meister-der-kommunikation/>

Öffentliches Gesundheitsportal Österreich. (o.D.). *Vorbeugen mit Ernährung: Ballaststoffe*. Abgerufen am 16.09.2022 von <https://www.gesundheit.gv.at/leben/ernaehrung/richtige-ernaehrung/ballaststoffe.html>

Oliver, A., Chase, A. B., Weihe, C., Orchanian, S. B., Riedel, S. F., Hendrickson, C. L., Lay, M., Sewall, J. M., Martini, J. B. H., & Whiteson, K. (2021). High-Fiber, Whole-Food Dietary Intervention Alters the Human Gut Microbiome but Not Fecal Short-Chain Fatty Acids. *mSystems*, 6(2), e00115-21. doi: 10.1128/mSystems.00115-21

Otto, M. (2011). Flüssigchromatographie. In: *Analytische Chemie* (S. 418-420). Weinheim: Wiley-VCH.

Packkias-Doss, P. P., Chevallier, S., Pare, A., & Le-Bail, A. (2019). Effect of supplementation of wheat bran on dough aeration and final bread volume. *Journal of Food Engineering*, 252, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.01.014>

Paulus, K. O., & Seidel, T. (2007). Sensorik und sensorische Eigenschaften von Zuckern und Süßungsmitteln. In Rosenplenter, K., Nöhle, U. (Hrsg.), *Handbuch Süßungsmittel* (2. vollst. überarbeitete Auflage, S. 1-43). Hamburg: Behr's Verlag.

Pessin, J. E., & Saltiel, A. R. (2000). Signaling pathways in insulin action: Molecular targets of insulin resistance. *The Journal of Clinical Investigation*, 106(2), 165–169. doi: 10.1172/JCI10582

Plaza-Diaz, J., Pastor-Villaescusa, B., Rueda-Robles, A., Abadia-Molina, F., & Ruiz-Ojeda, F. J. (2020). Plausible Biological Interactions of Low- and Non-Calorie Sweeteners with the Intestinal Microbiota: An Update of Recent Studies. *Nutrients*, 12(4), 1153. <https://doi.org/10.3390/nu12041153>

Rasenack, P. (1908). Über die Süßstoffe des Eupatorium rebaudianum und des Süßholzes. *Arbeiten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes* 28, 420.

- Rehner, G., & Daniel, H. (2010). *Biochemie der Ernährung*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2217-0>
- Reif, B. (2013). *Spezielle Sensorik bei Milch und Milchprodukten*. Frankfurt am Main: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. Abgerufen am 22.08.2022 von  
[https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmittelsensorik/2013\\_4\\_Expertenwissen\\_Sensorik\\_Milch.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/lebensmittel/themen/publikationen/expertenwissen/lebensmittelsensorik/2013_4_Expertenwissen_Sensorik_Milch.pdf)
- Reimer, R. A., Soto-Vaca, A., Nicolucci, A. C., Mayengbam, S., Park, H., Madsen, K. L., Menon, R., & Vaughan, E. E. (2020). Effect of chicory inulin-type fructan-containing snack bars on the human gut microbiota in low dietary fiber consumers in a randomized crossover trial. *The American journal of clinical nutrition*, 111(6), 1286–1296.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa074>
- Reynolds, A., Mann, J., Cummings, J., Winter, N., Mete, E., & Te Morenga, L. (2019). Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet*, 393, 434-445. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31809-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31809-9)
- Rippe, J. M. (2013). The Metabolic and Endocrine Response and Health Implications of Consuming Sugar-Sweetened Beverages: Findings From Recent Randomized Controlled Trials. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 4(6), 677-686. doi: 10.3945/an.113.004580
- Rippe, J. M., & Angelopoulos, T. J. (2013). Sucrose, High-Fructose Corn Syrup, and Fructose, Their Metabolism and Potential Health Effects: What Do We Really Know? *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 4(2), 236-245. doi: 10.3945/an.112.002824
- Roeper, H., & Goossens, J. (1993). Erythritol, a New Raw Material for Food and Non-food Applications. *Starch – Stärke*, 45(11), 400-405.
- Roper, S. D., & Chaudhari, N. (2017). Taste buds: cells, signals and synapses. *Nature reviews Neuroscience*, 18(8), 485–497. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.68>
- Rosell, M., & Santos, E. (2010). Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread. *Journal of Food Engineering*, 98(2), 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.008>



- Roth, K., & Lück, E. (2012). Kalorienfreie Süße aus Labor und Natur. Süß, Süßer, Süßstoff. *Chemie in unserer Zeit*, 46(3). doi:10.1002/ciuz.201200587
- Ruottinen, S., Lagström, H. K., Niinikoski, H., Rönnemaa, T., Saarinen, M., Pahkala, K. A., Hakanen, M., Viikari, J. S., & Simell, O. (2010). Dietary fiber does not displace energy but is associated with decreased serum cholesterol concentrations in healthy children. *The American journal of clinical nutrition*, 91(3), 651–661. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28461>
- Rymon Lipinski, G-W. (2005). *Sweeteners*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Sakai, H., Yamashita, A., Tamura, M., Uyama, A., & Mochizuki, N. (2015). Simultaneous determination of sweeteners in beverages by LC-MS/MS. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 32(6), 808–816. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1018341>
- Salmeen, A., Andersen, J. N., Myers, M. P., Tonks, N.K., & Barford, D. (2000). Molecular basis for the dephosphorylation of the activation segment of the insulin receptor by protein tyrosine phosphatase 1B. *Molecular Cell*, 6(6), 1401-1412. doi: 10.1016/s1097-2765(00)00137-4
- Sánchez-Tapia, M., Martínez-Medina, J., Tovar, A. R., & Torres, N. (2019). Natural and Artificial Sweeteners and High Fat Diet Modify Differential Taste Receptors, Insulin, and TLR4-Mediated Inflammatory Pathways in Adipose Tissues of Rats. *Nutrients*, 11(4), 880. <https://doi.org/10.3390/nu11040880>
- Schenck, F. W. (2006). Glucose and Glucose-Containing Syrups. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH. doi:10.1002/14356007.a12\_457.pub2
- Schönhammer, R. (2009). *Einführung in die Wahrnehmungspsychologie. Sinne, Körper. Bewegung* (S. 126-127). Wien: Facultas.
- Schubert, B., & Godersky, C. (1996). Entstehung von Geschmackspräferenzen. In *Geschmacksforschung - Marketing und Sensoring für Nahrungs- und Genussmittel* (S. 91). München: Oldenbourg Verlag.
- Seo, J.H., Ryu, Y.W., Jung, S.R., & Kim, S.Y. (2001). *Fermentation process for preparing erythritol by a high salt tolerant mutant of Candida sp.* (EP1092781A1). European Patent Office.

Shodex. (o.D.). *LC/MS/MS Analysis of Saccharides (NH2P-40 2D)*. Abgerufen am 08.02.2023 von <https://www.shodex.com/en/dc/03/07/12.html#!>

Simon, B., Parlee, S. D., Learman, B. S., Mori, H., Scheller, E. L., Cawthorn, W. P., Ning, X., Gallagher, K., Tyrberg, B., Assadi-Porter, F. M., Evans, C.R., & MacDougald, O. A. (2013). Artificial Sweeteners Stimulate Adipogenesis and Suppress Lipolysis Independently of Sweet Taste Receptors. *The Journal of Biological Chemistry*, 288(45), 32475–32489. <https://doi.org/10.1074/jbc.M113.514034>

Sims, J., Roberts, A., Daniel J. W., & Renwick, A. G. (2000). The Metabolic Fate of Sucralose in Rats. *Pergamon Food and Chemical Toxicology*, 38 (Suppl 2), 115-121.

Slavin, J. L. (2005). Dietary Fiber and Body Weight. *Nutrition*, 21, 411-418. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2004.08.018>

Statista. (2022a). *Konsum von Zucker weltweit in den Jahren 2010/11 bis 2021/22*. Abgerufen am 01.01.2023 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/454321/umfrage/konsum-von-zucker-weltweit/>

Statista. (2022b). *Pro-Kopf-Konsum von Zucker in Österreich in den Jahren 2000/01 bis 2020/21*. Abgerufen am 01.01.2023 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/287859/umfrage/pro-kopf-konsum-von-zucker-in-oesterreich/>

Sukumaran, S. K., & Palayyan, S. R. (2022). Sweet Taste Signaling: The Core Pathways and Regulatory Mechanisms. *International journal of molecular sciences*, 23(15), 8225. <https://doi.org/10.3390/ijms23158225>

Sukumaran, S. K., Yee, K. K., Iwata, S., Kotha, R., Quezada-Calvillo, R., Nichols, B.L., Mohan, S., Pinto, B.M., Shigemura, N., Ninomiya, Y., & Margolskee, R. F. (2016). Taste cell-expressed  $\alpha$ -glucosidase enzymes contribute to gustatory responses to disaccharides. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(21), 6035–6040. doi: 10.1073/pnas.1520843113

- Sukumaran, S. K., Yee, K. K., Iwata, S., Kotha, R., Quezada-Calvillo, R., Nichols, B. L., Mohan, S., Pinto, B. M., Shigemura, N., Ninomiya, Y., & Margolskee, R. F. (2016). Taste cell-expressed  $\alpha$ -glucosidase enzymes contribute to gustatory responses to disaccharides. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(21), 6035–6040. <https://doi.org/10.1073/pnas.1520843113>
- Tappy, L., & Lê, K. A. (2010). Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. *Physiological reviews*, 90(1), 23–46.
- Tappy, L., Lê, K. A., Tran, C., & Paquot, N. (2010). Fructose and metabolic diseases: new findings, new questions. *Nutrition*, 26(11-12), 1044–1049.
- Tappy, L., Randin, J. P., Felber, J. P., Chiolerio, R., Simonson, D. C., Jequier, E., & DeFronzo, R. A. (1986). Comparison of thermogenic effect of fructose and glucose in normal humans. *The American journal of physiology*, 250(6 Pt 1), E718-724.
- Teixeira, C. S. S., Cerqueira, N. M. F. S. A., & Ferreira A. C. S. (2016). Unraveling the olfactory sense: from the gene to odor perception. *Chemical Senses*, 41(2), 105-121. doi: 10.1093/chemse/bjv075
- Topping, D. L., & Clifton, P. M. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81(3), 10131-1064. doi: 10.1152/physrev.2001.81.3.1031
- Treesukosol, Y., Smith, K. R., & Spector, A. C. (2011). The functional role of the T1R family of receptors in sweet taste and feeding. *Physiology & Behavior*, 105(1), 14–26. doi: 10.1016/j.physbeh.2011.02.030
- Tripathy, D., Merovci, A., Basu, R., Abdul-Ghani, M., & DeFronzo, R. A. (2019). Mild Physiologic Hyperglycemia Induces Hepatic Insulin Resistance in Healthy Normal Glucose-Tolerant Participants. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 104(7), 2842–2850. <https://doi.org/10.1210/jc.2018-02304>
- Troostembergh, J.-C. M., & Goossens, J. F. V. (2004). *Verwendung des Erythrit als Anti-Karies-Mittel und dieses enthaltende orale Zusammensetzungen*. (DE69729404T2). Deutsches Patentamt.

- Trufelli, H., Palma, P., Famiglini, G. and Cappiello A. (2010) *An overview of matrix effects in liquid chromatography - mass spectrometry* Wiley Online Library, (wileyonlinelibrary.com). 30(3):491-509 doi: 10.1002/mas.20298
- Tsuruda, S., Sakamoto, T., & Akaki, K. (2013). *Shokuhin eiseigaku zasshi. Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 54(3), 204–212. <https://doi.org/10.3358/shokueishi.54.204>
- Werner, W. (2012). Inulin und Insulin. *Deutsche Apothekerzeitung* 27, 70. Abgerufen am 10.11.2022 von <https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2012/daz-27-2012/inulin-und-insulin>
- WHO. (2020, 29. April). *Healthy diet*. WHO. Abgerufen am 10. März 2023 von <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- Witt M., & Hansen A. (2009). Strukturelle und funktionelle Grundlagen des Riechens. In Hummel, T., Welge-Lüssen, A. (Hrsg.), *Riech- und Schmeckstörungen* (S. 11-26). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Wood, H. B., Allerton, R., Diehl, H. W., & Fletcher, H. G. (1955). Stevioside I. The structure of the glucose moieties. *Journal of Organic Chemistry*, 20(7), 875–883. <https://doi.org/10.1021/jo01125a012>
- World Health Organization. (2015, 4. März). *Guideline: Sugars Intake for Adults and Children*. Abgerufen von <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028>
- World Health Organization. (2021, 9. Juni). *Obesity and Overweight*. Abgerufen von: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Xue, Y., Cui, L., Qi, J., Ojo, O., Du, X., Liu, Y., & Wang, X. (2021). The effect of dietary fiber (oat bran) supplement on blood pressure in patients with essential hypertension: A randomized controlled trial. *Nutrition, metabolism, and cardiovascular diseases: Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 31(8), 2458–2470. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2021.04.013>

- Yao, C. K., Tan, H.-L., van Langenberg, D. R., Barrett, J. S., Rose, R., Liels, K., Gibson, P. R., & Muir, J. G. (2014). Dietary sorbitol and mannitol: food content and distinct absorption patterns between healthy individuals and patients with irritable bowel syndrome. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 27(Suppl 2), 263-275. doi: 10.1111/jhn.12144
- Yasumatsu, K., Ohkuri, T., Yoshida, R., Iwata, S., Margolskee, R. F., & Ninomiya, Y. (2020). Sodium-glucose cotransporter 1 as a sugar taste sensor in mouse tongue. *Acta physiologica*, 230(4), e13529. <https://doi.org/10.1111/apha.13529>
- Zhang, H. R., Yang, Y., Tian, W., & Sun, Y. J. (2022). Dietary Fiber and All-Cause and Cardiovascular Mortality in Older Adults with Hypertension: A Cohort Study Of NHANES. *The journal of nutrition, health & aging*, 26(4), 407–414. <https://doi.org/10.1007/s12603-022-1770-3>
- Zhang, Y., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Mueller, K. L., Cook, B., Wu, D., Zuker, C. S., & Ryba, N. J. (2003). Coding of sweet, bitter, and umami tastes: different receptor cells sharing similar signaling pathways. *Cell*, 112(3), 293–301. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(03\)00071-0](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(03)00071-0)
- Zhang, Z., Li, J., Hu, T., Xu, C., Xie, N., & Chen, D. (2021). Interventional effect of dietary fiber on blood glucose and pregnancy outcomes in patients with gestational diabetes mellitus. *Zhejiang da xue xue bao. Yi xue ban = Journal of Zhejiang University. Medical sciences*, 50(3), 305–312. <https://doi.org/10.3724/zdxbyxb-2021-0115>
- Zhao, G. Q., Zhang, Y., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Erlenbach, I., Ryba, N. J., & Zuker, C. S. (2003). The receptors for mammalian sweet and umami taste. *Cell*, 115(3), 255–266. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(03\)00844-4](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(03)00844-4)

## 10 Anhang

### Spezifikation Rohstoffmischung ENSO 16



#### SPECIFICATION: ENSO 16

|                                        |
|----------------------------------------|
| Product name: ENSO 16 sugar substitute |
|----------------------------------------|

##### 1. Manufacturing

|                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|
| This product is manufactured from flawless raw materials according to GMP guidelines. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|

##### 2. Description

|                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>ENSO16 replaces sugar 1:1 and delivers a 100% sugar taste &amp; texture experience, with nearly no impact on blood glucose levels.</i> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

##### 3. Legal ingredient list

|                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vegetable Fibres (Agave, Chicory, Maize), Bulking Agent: Polydextrose, Sweeteners: Erythritol, Sucralose. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|

##### 4. Shelf life, storage and packaging

|                       |                                                                                                |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Shelf life:           | 24 months                                                                                      |
| Storage requirements: | Store in a cool and dry place. Store protected from air. Preferably full, hermetically sealed. |
| Packaging:            | Bag                                                                                            |
| Packaging unit:       | Bag per 12,5 kg                                                                                |
| Transport packaging:  | Bag                                                                                            |

##### 5. Sensory requirements

|                     |                                                                                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Appearance:         | crystalline, free flowing, white sugar substitute mixture                                           |
| Odour:              | odourless                                                                                           |
| Colour:             | white to beige                                                                                      |
| Taste:              | sweet, sugary, vanilic                                                                              |
| Texture, Structure: | powdery, crystalline, free flowing<br><b>Note:</b> May form combustible dust concentrations in air. |

##### 6. Nutritional values

|                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
|                    | <b>100g contain on average</b> |
| Energy             | 660 kJ                         |
|                    | 165 kcal                       |
| Fat                | 0 g                            |
| of which saturates | 0 g                            |
| Carbohydrates      | 31 g                           |
| of which sugars    | 2,4 g                          |
| Fibres             | 67 g                           |
| Protein            | 0 g                            |
| Salt               | 0 g                            |

| 7. Chemical and physical parameters |                                                                       |                                    |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Parameter                           | Specification Limits                                                  | Method                             |
| Appearance                          | Conform                                                               | Visual; neat & in sensory solution |
| Sensory evaluation                  | Conform                                                               | 1% in sugar water 5%               |
| Water content                       | $\leq 5,0 \%$                                                         |                                    |
| Bulk density                        | 0,46 - 0,66 g/ml                                                      | ISO 60                             |
| Particles <18 Mesh (1000 micron)    | $\geq 97,0 \%$                                                        | Sieve shaker                       |
| Total plate count                   | $\leq 1.000 /g$                                                       | ISO 4833-1: 2013                   |
| Yeasts and moulds                   | $\leq 100 /g$                                                         | ISO 21527-2: 2008                  |
| Enterobacteriaceae                  | $\leq 10 /g$                                                          | ISO 21528-2: 2017                  |
| Salmonella                          | Negative /25g                                                         | ISO 6579-1 2017                    |
| Micro Testing Principles            | Limits guaranteed, selected microbiological parameters are monitored. |                                    |
| Heavy metals                        | Conform to regulatory requirements.                                   |                                    |

| 8. Allergens                                                                           |          |                |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|----------|
|                                                                                        | Contains | Not Containing | Note     |
| Milk and products thereof (incl. lactose)                                              |          | X              |          |
| Eggs and products thereof                                                              |          | X              |          |
| Soya and products thereof                                                              |          | X              |          |
| Cereals containing gluten and products thereof                                         |          | X              |          |
| Fish and products thereof                                                              |          | X              |          |
| Crustaceans and products thereof                                                       |          | X              |          |
| Nuts and products thereof                                                              |          | X              |          |
| Peanuts and products thereof                                                           |          | X              |          |
| Sesame seeds and products                                                              |          | X              |          |
| Sulphur dioxide and sulphites<br>>10 mg/l SO <sub>2</sub> or >10 mg/kg SO <sub>2</sub> |          | X              | < 10 ppm |
| Celery and products thereof                                                            |          | X              |          |
| Lupin and products thereof                                                             |          | X              |          |
| Mustard and products thereof                                                           |          | X              |          |
| Molluscs and products thereof                                                          |          | X              |          |



| 9. Vegan / Vegetarian |     |
|-----------------------|-----|
| Vegan:                | YES |
| Vegetarian:           | YES |
| Ovo-Lacto Vegetarian: | YES |

| 10. GMO Declaration                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Non GMO (PCR negative but not IP)<br>This product does contain, consist of or has been produced from a potentially genetically modified source. However, it does not contain proteins from a genetically modified organisms nor genetically modified DNA. This conclusion is based on the application of scientific principles and methods. |

| 11. Food law                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| The product is manufactured from flawless raw materials according to GMP guidelines. It complies with the provisions of the LMSVG and the associated ordinances and decrees as well as the applicable regulations and directives of the Council of the European Union. According to the regulations (EG) NR.1272/2008, no labelling or tracing is required for this product. |



## Produktdatenblatt

Artikelbezeichnung: **Stamag Sacher Classic RA MB**

Artikel-Nr.: **07770**

EAN: **9005856077702**

| Produktdaten                                       |                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Herstellerland:                                    | Österreich                                                                                                                                                         |
| Verpackung:                                        | 12,5 kg Papiersack PE-beschichtet                                                                                                                                  |
| Beschreibung:                                      | Premix für Schoko-Tortenmassen und Sachermassen (Schoko-Rührmassen)                                                                                                |
| Anwendungsmenge:                                   | Tortenmasse: 1,000 kg Mix, 0,650 l Wasser                                                                                                                          |
| Mindesthaltbarkeit:                                | 12 Monate                                                                                                                                                          |
| Lagerbedingungen:                                  | Vor Wärme geschützt und trocken lagern.                                                                                                                            |
| Aussehen:                                          | braunes Pulver                                                                                                                                                     |
| Zusatzinformation                                  |                                                                                                                                                                    |
| Palettengewicht:                                   | 60 x 12,5 = 750kg                                                                                                                                                  |
| Palettenmaße:                                      | 120/80/max. 130 cm                                                                                                                                                 |
| Inhaltsstoffangaben                                |                                                                                                                                                                    |
| Inhaltsstoffe:<br>(in absteigender<br>Reihenfolge) | <b>Weizenmehl, Zucker, Volleipulver, Magerkakaopulver, Emulgatoren (E471, E472b, E477), Magermilchpulver, Backtriebmittel (E500, E450), Weizenstärke, Aromen</b>   |
|                                                    | Kakaoanteil (6 %)                                                                                                                                                  |
| Zutatenliste Endgebäck (lose Ware)                 |                                                                                                                                                                    |
| →                                                  | keine Deklaration erforderlich                                                                                                                                     |
| →                                                  | bei freiwilliger Angabe gilt die Zutatenliste für verpackte Ware                                                                                                   |
| Zutatenliste Endgebäcke (verpackte Ware)           |                                                                                                                                                                    |
| Rezept:                                            | Kakao-Tortenböden                                                                                                                                                  |
| Verkehrsbezeichnung:                               | Kakao-Biskuit                                                                                                                                                      |
| Zutaten:                                           | <b>Vollei, Weizenmehl, Zucker, Wasser, Magerkakaopulver, Emulgatoren (E471, E472b, E477), Magermilchpulver, Backtriebmittel (E500, E450), Weizenstärke, Aromen</b> |

Dieses Computer-Datenblatt ist  
auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 1 von 2

Druck per 01.02.2023



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Simolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at

Artikelbezeichnung: **Stamag Sacher Classic RA MB**  
Artikel-Nr.: **07770**

EAN: 9005856077702

#### Nährwertangaben

100 g enthalten:

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Energie                     | 1740 kJ (416 kcal) |
| Fett                        | 11,2 g             |
| davon gesättigte Fettsäuren | 7,1 g              |
| Kohlenhydrate               | 66,1 g             |
| davon Zucker                | 36,8 g             |
| Ballaststoffe               | 2,5 g              |
| Eiweiß                      | 10,6 g             |
| Salz                        | 1,9 g              |

Die Angabe der Nährstoffe und der Energie erfolgt nach den in der EG geltenden Vorschriften, insbesondere unter Berücksichtigung der Lebensmittelinformationsverordnung (EU) Nr. 1169/2011.  
Dieses Produkt entspricht dem österreichischen Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG) und der EG-Verordnung Nr. 178/2002.  
Wir bestätigen, dass unsere Produkte keine Gentechnik-Kennzeichnung gemäß den EG-Verordnungen Nr. 1829/2003, 1830/2003 erfordern. Die STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH produziert nach HACCP-Regeln und ist nach DIN ISO 9001:2015 und FSSC 22000 zertifiziert.

#### Allergeninformation

Übersicht der Zutaten, die allergische und andere Unverträglichkeitsreaktionen auslösen können, gemäß Anhang II Lebensmittelinformationsverordnung (EU) Nr. 1169/2011.

**+ Glutenthaltiges Getreide & -erzeugnisse**

– Krebstiere & -erzeugnisse

**+ Eier & -erzeugnisse**

– Fisch & -erzeugnisse

– Erdnüsse & -erzeugnisse

– Soja & -erzeugnisse

**+ Milch & -erzeugnisse (Lactose)**

– Schalenfrüchte (z.B. Nüsse) & -erzeugnisse

– Sellerie & -erzeugnisse

– Senf & -erzeugnisse

○ Sesamsamen & -erzeugnisse

– SO<sub>2</sub> & Sulfite (>10 mg/kg SO<sub>2</sub>)

○ Lupine und & -erzeugnisse

– Weichtiere und & -erzeugnisse

+ laut Rezeptur enthalten

– laut Rezeptur nicht enthalten

○ Spuren nicht auszuschließen

Die Angaben zu den internen Grenzwerten beziehen sich jeweils auf das allergene Lebensmittel, nicht auf dessen Proteinanteil.

#### Produkteigenschaften

Das Produkt ist für die vegetarische Ernährung geeignet.

Dieses Computer-Datenblatt ist  
auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 2 von 2

Druck per 01.02.2023



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Smolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at

# Produktdatenblatt

Artikelbezeichnung: Mürbteig mit Ei

Artikel-Nr.: 07753

EAN: 9005856077535

| Produktdaten        |                                                             |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|
| Herstellerland:     | Österreich                                                  |
| Verpackung:         | 12,5 kg Papiersack PE-beschichtet                           |
| Beschreibung:       | Premix mit Ei für Mürbteiggebäcke - mit Ei aus Bodenhaltung |
| Anwendungsmenge:    | 1,000 kg, 0,400 kg Butter/Margarine, 0,100 l Wasser         |
| Mindesthaltbarkeit: | 9 Monate                                                    |
| Lagerbedingungen:   | Vor Wärme geschützt und trocken lagern.                     |
| Aussehen:           | gelbes Pulver                                               |

| Zusatzinformation |                    |
|-------------------|--------------------|
| Palettengewicht:  | 60 x 12,5 = 750kg  |
| Palettenmaße:     | 120/80/max. 130 cm |

| Inhaltsstoffangaben                                |                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inhaltsstoffe:<br>(in absteigender<br>Reihenfolge) | Weizenmehl, Zucker, Weizenstärke, Volleipulver *, Emulgatoren (Lecithine, E471), Backtriebmittel (E500, E450), Aromen, Salz, Mehlbehandlungsmittel Ascorbinsäure |
| * Eiprodukt aus Bodenhaltung                       |                                                                                                                                                                  |

| Zutatenliste Endgebäck (lose Ware) |                                                                  |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| →                                  | keine Deklaration erforderlich                                   |
| →                                  | bei freiwilliger Angabe gilt die Zutatenliste für verpackte Ware |

| Zutatenliste Endgebäcke (verpackte Ware) |                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rezept:                                  | Mürbteiggebäck                                                                                                                                                              |
| Verkehrsbezeichnung:                     | Mürbteiggebäck                                                                                                                                                              |
| Zutaten:                                 | Weizenmehl, Margarine, Zucker, Wasser, Vollei, Weizenstärke, Emulgatoren (Lecithine, E471), Backtriebmittel (E450, E500), Aromen, Salz, Mehlbehandlungsmittel Ascorbinsäure |

Dieses Computer-Datenblatt ist  
auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 1 von 2

Druck per 01.02.2023



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Smolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at

Artikelbezeichnung: Mürbteig mit Ei

Artikel-Nr.: 07753

EAN: 9005856077535

#### Nährwertangaben

100 g enthalten:

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Energie                     | 1557 kJ (372 kcal) |
| Fett                        | 2,2 g              |
| davon gesättigte Fettsäuren | 0,8 g              |
| Kohlenhydrate               | 76,3 g             |
| davon Zucker                | 26,1 g             |
| Ballaststoffe               | 2,8 g              |
| Eiweiß                      | 9,2 g              |
| Salz                        | 0,4 g              |

Die Angabe der Nährstoffe und der Energie erfolgt nach den in der EG geltenden Vorschriften, insbesondere unter Berücksichtigung der Lebensmittelinformationsverordnung (EU) Nr. 1169/2011.

Dieses Produkt entspricht dem österreichischen Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG) und der EG-Verordnung Nr. 178/2002.

Wir bestätigen, dass unsere Produkte keine Gentechnik-Kennzeichnung gemäß den EG-Verordnungen Nr. 1829/2003, 1830/2003 erfordern. Die STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH produziert nach HACCP-Regeln und ist nach DIN ISO 9001:2015 und FSSC 22000 zertifiziert.

#### Allergeninformation

Übersicht der Zutaten, die allergische und andere Unverträglichkeitsreaktionen auslösen können, gemäß Anhang II Lebensmittelinformationsverordnung (EU) Nr. 1169/2011.

**+ Glutenhaltiges Getreide & -erzeugnisse**

– Krebstiere & -erzeugnisse

**+ Eier & -erzeugnisse**

– Fisch & -erzeugnisse

– Erdnüsse & -erzeugnisse

○ Soja & -erzeugnisse

○ Milch & -erzeugnisse (Lactose)

– Schalenfrüchte (z.B. Nüsse) & -erzeugnisse

– Sellerie & -erzeugnisse

– Senf & -erzeugnisse

○ Sesamsamen & -erzeugnisse

– SO<sub>2</sub> & Sulfite (>10 mg/kg SO<sub>2</sub>)

○ Lupine und & -erzeugnisse

– Weichtiere und & -erzeugnisse

+ laut Rezeptur enthalten    – laut Rezeptur nicht enthalten    ○ Spuren nicht auszuschließen

Die Angaben zu den internen Grenzwerten beziehen sich jeweils auf das allergene Lebensmittel, nicht auf dessen Proteinanteil.

#### Produkteigenschaften

Das Produkt ist für die vegetarische Ernährung geeignet.

Dieses Computer-Datenblatt ist auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 2 von 2

Druck per 01.02.2023



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Smolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at

# Produktdatenblatt

Artikelbezeichnung: Biskuitmix Soft

Artikel-Nr.: 07738

EAN: 9005856077382

| Produktdaten        |                                                     |
|---------------------|-----------------------------------------------------|
| Herstellerland:     | Österreich                                          |
| Verpackung:         | 12,5 kg Papiersack PE-beschichtet                   |
| Beschreibung:       | Premix für Biskuitmassen                            |
| Anwendungsmenge:    | 1,000 kg Mix, 0,600 l Wasser (für Rouladen 0,750 l) |
| Mindesthaltbarkeit: | 12 Monate                                           |
| Lagerbedingungen:   | Vor Wärme geschützt und trocken lagern.             |
| Aussehen:           | gelbes Mehl                                         |

| Zusatzinformation |                    |
|-------------------|--------------------|
| Palettengewicht:  | 60 x 12,5 = 750kg  |
| Palettenmaße:     | 120/80/max. 130 cm |

| Inhaltsstoffangaben                                |                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inhaltsstoffe:<br>(in absteigender<br>Reihenfolge) | Weizenmehl, Zucker, Volleipulver, Emulgatoren (E471, E472b, E477),<br>Backtriebmittel (E500, E450), Verdickungsmittel E415, Vanillin, natürliches<br>Aroma, Farbstoff E160a, Milchprotein |
|                                                    | Volleipulver: 13 %                                                                                                                                                                        |

| Zutatenliste Endgebäck (lose Ware) |                                                                  |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| →                                  | keine Deklaration erforderlich                                   |
| →                                  | bei freiwilliger Angabe gilt die Zutatenliste für verpackte Ware |

| Zutatenliste Endgebäcke (verpackte Ware) |                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rezept:                                  | Biskuit                                                                                                                                                                                     |
| Verkehrsbezeichnung:                     | Biskuit                                                                                                                                                                                     |
| Zutaten:                                 | Vollei (32%), Weizenmehl, Zucker, Wasser, Emulgatoren (E471, E472b, E477), Backtriebmittel (E500, E450), Verdickungsmittel E415, Vanillin, natürliches Aroma, Farbstoff E160a, Milchprotein |

Dieses Computer-Datenblatt ist  
auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 1 von 2

Druck per 01.02.2023



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Smolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at



Artikelbezeichnung: Biskuitmix Soft

Artikel-Nr.: 07738

EAN: 9005856077382

#### Nährwertangaben

100 g enthalten:

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Energie                     | 1761 kJ (421 kcal) |
| Fett                        | 11,1 g             |
| davon gesättigte Fettsäuren | 4,8 g              |
| Kohlenhydrate               | 68,0 g             |
| davon Zucker                | 37,4 g             |
| Ballaststoffe               | 1,0 g              |
| Eiweiß                      | 10,9 g             |
| Salz                        | 1,6 g              |

Die Angabe der Nährstoffe und der Energie erfolgt nach den in der EG geltenden Vorschriften, insbesondere unter Berücksichtigung der Lebensmittelinformationsverordnung (EU) Nr. 1169/2011.

Dieses Produkt entspricht dem österreichischen Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz (LMSVG) und der EG-Verordnung Nr. 178/2002.

Wir bestätigen, dass unsere Produkte keine Gentechnik-Kennzeichnung gemäß den EG-Verordnungen Nr. 1829/2003, 1830/2003 erfordern. Die STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH produziert nach HACCP-Regeln und ist nach DIN ISO 9001:2015 und FSSC 22000 zertifiziert.

#### Allergeninformation

Übersicht der Zutaten, die allergische und andere Unverträglichkeitsreaktionen auslösen können, gemäß Anhang II Lebensmittelinformationsverordnung (EU) Nr. 1169/2011.

**+ Glutenhaltiges Getreide & -erzeugnisse**

– Krebstiere & -erzeugnisse

**+ Eier & -erzeugnisse**

– Fisch & -erzeugnisse

– Erdnüsse & -erzeugnisse

○ Soja & -erzeugnisse

**+ Milch & -erzeugnisse (Lactose)**

– Schalenfrüchte (z.B. Nüsse) & -erzeugnisse

– Sellerie & -erzeugnisse

– Senf & -erzeugnisse

○ Sesamsamen & -erzeugnisse

– SO<sub>2</sub> & Sulfite (>10 mg/kg SO<sub>2</sub>)

○ Lupine und & -erzeugnisse

– Weichtiere und & -erzeugnisse

+ laut Rezeptur enthalten    – laut Rezeptur nicht enthalten    ○ Spuren nicht auszuschließen

Die Angaben zu den internen Grenzwerten beziehen sich jeweils auf das allergene Lebensmittel, nicht auf dessen Proteinanteil.

#### Produkteigenschaften

Das Produkt ist für die vegetarische Ernährung geeignet.

Dieses Computer-Datenblatt ist auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 2 von 2

Druck per 01.02.2023



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Smolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at

# Produktdatenblatt

Artikelbezeichnung: **NEOH Sacher Mix**

Artikel-Nr.: **22-21 Var 4**

**EAN:**

| Produktdaten                                       |                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Herstellerland:                                    | Österreich                                                                                                                                                                                                                           |
| Verpackung:                                        | 12,5 kg Papiersack PE-beschichtet                                                                                                                                                                                                    |
| Beschreibung:                                      | Premix für Schoko-Tortenmassen und Sachermassen (Schoko-Rührmassen) ohne Zuckerzusatz, mit Süßungsmittel - vorläufiges Produktdatenblatt 22-21-NSC-4-04                                                                              |
| Anwendungsmenge:                                   | 1,000 kg Mix, 0,150 Butter, 0,600 l Wasser                                                                                                                                                                                           |
| Mindesthaltbarkeit:                                | 12 Monate                                                                                                                                                                                                                            |
| Lagerbedingungen:                                  | Vor Wärme geschützt und trocken lagern.                                                                                                                                                                                              |
| Aussehen:                                          | braunes Pulver                                                                                                                                                                                                                       |
| Zusatzinformation                                  |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Palettengewicht:                                   | 48 x 12,5 = 600kg                                                                                                                                                                                                                    |
| Palettenmaße:                                      | 120/80/max. 100 cm                                                                                                                                                                                                                   |
| Inhaltstoffangaben                                 |                                                                                                                                                                                                                                      |
| Inhaltsstoffe:<br>(in absteigender<br>Reihenfolge) | <b>Weizenmehl</b> , pflanzliche Ballaststoffe (Agave, Mais, Zichorie), <b>Volleipulver*</b> , Süßungsmittel E968, Magerkakaopulver, Reisstärke, Emulgatoren (E475, E471), Backtriebmittel (E500, E450), <b>Weizenstärke</b> , Aromen |
|                                                    | * Eiprodukt aus Bodenhaltung                                                                                                                                                                                                         |
|                                                    | Kakaoanteil (6 %)                                                                                                                                                                                                                    |

Dieses Computer-Datenblatt ist  
auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 1 von 2

Druck per 30.11.2022



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Smolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
[www.stamag.at](http://www.stamag.at)

# Produktdatenblatt

Artikelbezeichnung: **NEOH Biskuitmix**

Artikel-Nr.: **22-22 Var 5**

EAN:

| Produktdaten                                    |                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Herstellerland:                                 | Österreich                                                                                                                                                                                                                                   |
| Verpackung:                                     | 12,5 kg Papiersack PE-beschichtet                                                                                                                                                                                                            |
| Beschreibung:                                   | Premix für Biskuitmassen ohne Zuckerzusatz, mit Süßungsmittel - vorläufiges Produktdatenblatt 22-22-NBM-4-05                                                                                                                                 |
| Anwendungsmenge:                                | Roulade:<br>1,000 kg Mix, 0,750 kg Wasser                                                                                                                                                                                                    |
| Mindesthaltbarkeit:                             | 12 Monate                                                                                                                                                                                                                                    |
| Lagerbedingungen:                               | Vor Wärme geschützt und trocken lagern.                                                                                                                                                                                                      |
| Aussehen:                                       | gelbes Mehl                                                                                                                                                                                                                                  |
| Zusatzinformation                               |                                                                                                                                                                                                                                              |
| Palettengewicht:                                | 48 x 12,5 = 600kg                                                                                                                                                                                                                            |
| Palettenmaße:                                   | 120/80/max. 120 cm                                                                                                                                                                                                                           |
| Inhaltsstoffangaben                             |                                                                                                                                                                                                                                              |
| Inhaltsstoffe:<br>(in absteigender Reihenfolge) | <b>Weizenmehl</b> , pflanzliche Ballaststoffe (Agave, Mais, Zichorie), <b>Volleipulver*</b> , Reisstärke, Emulgatoren (E471, E475), Süßungsmittel E968, Backtriebmittel (E500, E450), Verdickungsmittel E415, Aromen, Farbstoff Beta-Carotin |
| * Eiprodukt aus Bodenhaltung                    |                                                                                                                                                                                                                                              |

Dieses Computer-Datenblatt ist auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 1 von 2

Druck per 30.11.2022



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Smolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at



# Produktdatenblatt

Artikelbezeichnung: **NEOH Mürbteig**

Artikel-Nr.: **22-28-NMT-4-02**

EAN:

| Produktdaten        |                                                                                                          |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Herstellerland:     | Österreich                                                                                               |
| Verpackung:         | 12,5 kg Papiersack PE-beschichtet                                                                        |
| Beschreibung:       | zuckerfreier Premix mit Ei für Mürbteiggebäcke - mit Ei aus Bodenhaltung - vorläufiges Produktdatenblatt |
| Anwendungsmenge:    | lt. Kundenrezept                                                                                         |
| Mindesthaltbarkeit: | 9 Monate                                                                                                 |
| Lagerbedingungen:   | Vor Wärme geschützt und trocken lagern.                                                                  |
| Aussehen:           | gelbes Pulver                                                                                            |

| Zusatzinformation |                    |
|-------------------|--------------------|
| Palettengewicht:  | 48 x 12,5 = 600kg  |
| Palettenmaße:     | 120/80/max. 120 cm |

| Inhaltstoffangaben                                |                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inhaltsstoffe:<br>(in absteigender Reihenfolge)   | <b>Weizenmehl</b> , pflanzliche Ballaststoffe (Agave, Mais, Zichorie), Süßungsmittel (E968, E955), <b>Weizenstärke</b> , Füllstoff E1200, <b>Volleipulver *</b> , Emulgatoren (Lecithine, E471), Backtriebmittel (E500, E450), Aromen, Salz |
| * Volleipulver: 1,3 %, Eiprodukt aus Bodenhaltung |                                                                                                                                                                                                                                             |

| Zutatenliste Endgebäck (lose Ware) |                                                                  |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| →                                  | Keine Deklaration erforderlich                                   |
| →                                  | Bei freiwilliger Angabe gilt die Zutatenliste für verpackte Ware |

| Zutatenliste Endgebäcke (verpackte Ware) |                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rezept:                                  | Mürbteiggebäck mit ENSO 16                                                                                                                                                                                                                  |
| Verkehrsbezeichnung:                     | Mürbteiggebäck                                                                                                                                                                                                                              |
| Zutaten:                                 | <b>Weizenmehl</b> , pflanzliche Ballaststoffe (Agave, Mais, Zichorie), Süßungsmittel (E968, E955), <b>Weizenstärke</b> , Füllstoff E1200, <b>Volleipulver *</b> , Emulgatoren (Lecithine, E471), Backtriebmittel (E500, E450), Aromen, Salz |

Dieses Computer-Datenblatt ist auch ohne Unterschrift gültig.

Seite 1 von 2

Druck per 01.02.2023



STAMAG Stadlauer Malzfabrik GesmbH  
Simolagasse 1, 1220 Wien  
Tel.: +43 1 288-08-0  
Fax: +43 1 288-08-19  
www.stamag.at

## Herzlich Willkommen!

Vielen Dank, dass du an der heutigen Verkostung teilnimmst!

Du bekommst in Kürze dreimal drei codierte Proben gereicht: **Kuchen, Biskuit und Kekse**.

Verkoste die jeweils drei Proben. Zwei davon sind immer gleich, eine ist unterschiedlich. Versuche jeweils die abweichende Probe zu identifizieren.  
Du kannst kosten, so oft du möchtest.

Trinke zwischendurch Wasser um deinen Geschmackssinn zu neutralisieren.

Die Proben enthalten die folgenden **Allergene**:

### **Q1: PROBE KUCHEN (Einfachantwort)**

Vor dir stehen drei codierten Kuchen-Proben. Zwei davon sind gleich, eine ist anders. Bitte identifiziere die abweichende Probe und wähle den zugehörigen Probencode.

Du kannst so oft kosten, wie du möchtest.

Falls du keinen Unterschied erkennen kannst, musst du raten.

☐ 1425

☐ 7624

☐ 5905

**Q2: PROBE KEKSE (Einfachantwort)**

Vor dir stehen drei codierten Keks-Proben. Zwei davon sind gleich, eine ist anders. Bitte identifiziere die abweichende Probe und wähle den zugehörigen Probencode.

Du kannst so oft kosten, wie du möchtest.

Falls du keinen Unterschied erkennen kannst, musst du raten.

☐ 6475

☐ 3122

☐ 4950

**Q3: PROBE BISKUIT (Einfachantwort)**

Vor dir stehen drei codierten Biskuit-Proben. Zwei davon sind gleich, eine ist anders. Bitte identifiziere die abweichende Probe und wähle den zugehörigen Probencode.

Du kannst so oft kosten, wie du möchtest.

Falls du keinen Unterschied erkennen kannst, musst du raten.

☐ 5738

☐ 2185

☐ 4683

**Q4: Bitte nennen Sie uns Ihr Geschlecht. (Einfachantwort)**

männlich   weiblich   inter

☐

☐

☐

**Q5: Wie alt sind Sie? (Offene Frage)**

## Herzlich Willkommen!

Vielen Dank, dass du an der heutigen Verkostung teilnimmst!

Du bekommst in Kürze dreimal zwei codierte Proben gereicht: **Kuchen, Biskuit und Kekse.**

Verkostet die jeweils zwei Proben anhand der Anleitung auf dem Bildschirm.

Trinke zwischendurch Wasser um deinen Geschmackssinn zu neutralisieren.

Die Proben enthalten die folgenden **Allergene: Weizen, Milch, Ei** und können **Spuren von Nüssen** enthalten.

Die Proben wurden nicht industriell hergestellt und können daher einen unregelmäßigen Bräunungsgrad aufweisen.

### KUCHEN

Bitte schau dir die Proben genau an, koste noch nicht.

Wie gefällt dir das Aussehen der Probe? (Einfachantwort)

Probe A

Mag ich  
überhaupt  
nicht

1

2

3

4

5

6

7

8

Mag ich  
besonders  
gern

9

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

☐

Probe B

|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|
| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht |   |   |   |   |   |   |   |   | Mag ich<br>besonders<br>gern |
| 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |                              |
| 0                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |                              |

**Bitte rieche an der Probe.**

**Wie gefällt dir der Geruch der Probe? (Einfachantwort)**

Probe A

|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|
| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht |   |   |   |   |   |   |   |   | Mag ich<br>besonders<br>gern |
| 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |                              |
| 0                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |                              |

Probe B

Probe B

|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|
| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht |   |   |   |   |   |   |   |   | Mag ich<br>besonders<br>gern |
| 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |                              |
| 0                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |                              |

**Bitte koste nun ein Stück der Probe.**

**Wie gefällt dir der Geschmack der Probe? (Einfachantwort)**

Probe A

|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|
| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht |   |   |   |   |   |   |   |   | Mag ich<br>besonders<br>gern |
| 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |                              |
| 0                             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |                              |

Probe B

|                               |   |   |   |   |   |   |   |   |                              |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|
| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Mag ich<br>besonders<br>gern |
|                               | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |                              |

**Wie empfindest du die Süße der Probe?**

Probe A

| Viel<br>wenig süß     | zu<br>wenig süß       | Etwas<br>wenig süß    | Genau<br>richtig      | Etwas<br>süß          | zu<br>süß             | Viel<br>süß           | zu<br>süß             |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Probe B

| Viel<br>wenig süß     | zu<br>wenig süß       | Etwas<br>wenig süß    | Genau<br>richtig      | Etwas<br>süß          | zu<br>süß             | Viel<br>süß           | zu<br>süß             |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

**Bitte koste ein weiteres Mal.**

**Wie gefällt dir die Textur der Probe? (Einfachantwort)**

Probe A

| Mag<br>überhaupt<br>nicht | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | Mag<br>ich<br>besonders<br>gern |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <input type="radio"/>     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>           |

Probe B

| Mag<br>überhaupt<br>nicht | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | Mag<br>ich<br>besonders<br>gern |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <input type="radio"/>     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>           |

**Wie gefällt dir der Nachgeschmack der Probe? (Einfachantwort)**

Probe A

| Mag<br>überhaupt<br>nicht | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | Mag<br>ich<br>besonders<br>gern |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <input type="radio"/>     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>           |

Probe B

| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | Mag ich<br>besonders<br>gern |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1                             | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     |                              |
| <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                              |

Wie gefällt dir die Probe insgesamt? (Einfachantwort)

Probe A

| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | Mag ich<br>besonders<br>gern |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1                             | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     |                              |
| <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                              |

Probe B

| Mag ich<br>überhaupt<br>nicht |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | Mag ich<br>besonders<br>gern |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1                             | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     |                              |
| <input type="radio"/>         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |                              |

Denkst du, dass die Proben unterschiedlich waren?

JA NEIN  
☐ ☐

Bei JA: Begründe deine Antwort!

Welche Probe hat dir besser geschmeckt?

A B Beide Proben waren  
gleich gut  
☐ ☐ ☐

Begründe deine Antwort!

Fragebogen analog zu Biskuit und Keksen

Q4: Bitte nenne uns ein Geschlecht. (Einfachantwort)

männlich weiblich inter  
☐ ☐ ☐

Q5: Wie alt bist du? (Offene Frage)

## Fragebogen zeitliches Geschmacksprofil

**Datum:** \_\_\_\_\_

**Name:** \_\_\_\_\_

**Probe:** \_\_\_\_\_

*Bitte lesen Sie sich den Bewertungsbogen zunächst vollständig durch. Bei Fragen wenden Sie sich bitte an die Studienleitung oder Mitarbeiterin der Sensorik. Bearbeiten Sie anschließend bitte für jede Probe einen separaten Bewertungsbogen von oben nach unten vollständig ab:*

*Mund mit Wasser spülen, Wasser schlucken*

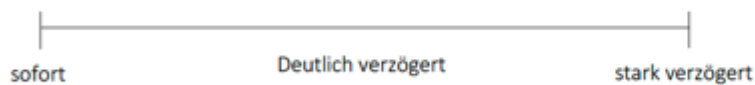
*Die gesamte Probe in den Mund nehmen & gleichzeitig die Stoppuhr starten*

---

### **Bewertung nach den ersten 2 s:**

---

#### **Onset**

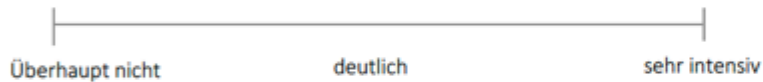


---

### **Bewertung innerhalb der weiteren 30 s**

---

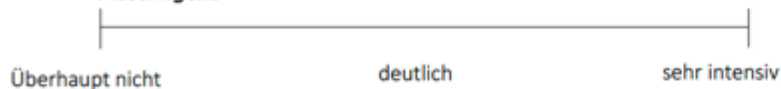
#### **Bitterkeit**



#### **Metallischer Geschmack**



#### **Adstringenz**



#### **Süßintensität**



➔ *Nach 30 s Probe in einen Becher ausspucken...bitte weiter auf Rückseite bewerten*

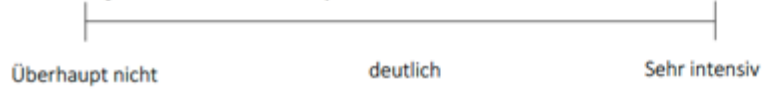


---

**Bewertung Aftertaste:**

---

**Süß-Intensität nach Ausspucken der Probe**



**Long-Lasting der Süße**

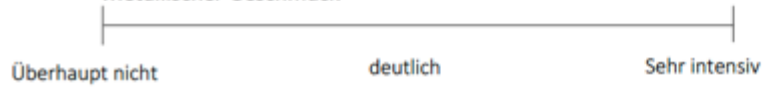
→ Zeit bis Ende der Süßwahrnehmung stoppen, Gesamtzeit notieren: \_\_\_\_\_ [min :s]

→ ...In der Zwischenzeit Bewertung der folgenden Parameter:

**Bitterkeit**



**Metallischer Geschmack**



**Adstringenz**



**Anmerkungen (optional):**

## Berechnungen Dreieckstest

|                            |
|----------------------------|
| Test-Typ: Dreieckstest     |
| Methode: Thurstone-Modell  |
| Statistik: Clopper-Pearson |
| Potenz: Binomial           |
| Signifikanzniveau (%): 5   |

### Sachertorte

|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| Zusammenfassung der ausgewählten Optionen: |              |
| Test                                       | Dreieckstest |
| Anzahl der Prüfpersonen                    | 39           |
| Verh. von richtigen Ant.                   | 0,769        |
| Erraten-Probabilität                       | 0,333        |
| Sensorische Diskriminierung-Tests:         |              |
| Verh. von Discrim.                         | 0,654        |
| Statistik                                  | 29,000       |
| p-Wert                                     | < 0,0001     |
| alpha                                      | 0,050        |
| Potenz                                     | 1,000        |

### Biskuit

|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| Zusammenfassung der ausgewählten Optionen: |              |
| Test                                       | Dreieckstest |
| Anzahl der Prüfpersonen                    | 46           |
| Verh. von richtigen Ant.                   | 0,674        |
| Erraten-Probabilität                       | 0,333        |
| Sensorische Diskriminierung-Tests:         |              |
| Verh. von Discrim.                         | 0,511        |
| Statistik                                  | 30,000       |
| p-Wert                                     | < 0,0001     |
| alpha                                      | 0,050        |
| Potenz                                     | 0,998        |

|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| Zusammenfassung der ausgewählten Optionen: |              |
| Test                                       | Dreieckstest |
| Anzahl der Prüfpersonen                    | 46           |
| Verh. von richtigen Ant.                   | 0,848        |
| Erraten-Probabilität                       | 0,333        |
| Sensorische Diskriminierung-Tests:         |              |
| Verh. von Discrim.                         | 0,772        |
| Statistik                                  | 38,000       |
| p-Wert                                     | < 0,0001     |
| alpha                                      | 0,050        |
| Potenz                                     | 1,000        |

## Rohdaten Akzeptanztest

Tabelle 42: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von den Mürbteigkeksen mit ENSO 16.

|        | Aussehen | Geruch | Geschmack | Empfindung | Textur | Nach-<br>geschmack | Insgesamt |
|--------|----------|--------|-----------|------------|--------|--------------------|-----------|
| Keks N | 7        | 8      | 7         | 3          | 7      | 8                  | 7         |
| Keks N | 7        | 7      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks N | 4        | 7      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 8         |
| Keks N | 7        | 9      | 7         | 3          | 7      | 8                  | 7         |
| Keks N | 6        | 7      | 5         | 1          | 7      | 5                  | 5         |
| Keks N | 7        | 8      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks N | 7        | 7      | 8         | 3          | 8      | 9                  | 8         |
| Keks N | 7        | 8      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Keks N | 5        | 7      | 5         | 2          | 4      | 2                  | 4         |
| Keks N | 8        | 8      | 9         | 3          | 8      | 6                  | 8         |
| Keks N | 7        | 7      | 6         | 2          | 7      | 6                  | 7         |
| Keks N | 5        | 7      | 7         | 3          | 7      | 6                  | 6         |
| Keks N | 5        | 8      | 8         | 4          | 8      | 8                  | 9         |
| Keks N | 2        | 2      | 4         | 2          | 3      | 3                  | 2         |
| Keks N | 7        | 7      | 6         | 5          | 6      | 7                  | 5         |
| Keks N | 7        | 7      | 7         | 3          | 8      | 6                  | 7         |
| Keks N | 7        | 7      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks N | 5        | 7      | 7         | 1          | 5      | 5                  | 5         |
| Keks N | 8        | 7      | 6         | 2          | 6      | 7                  | 6         |
| Keks N | 7        | 7      | 7         | 2          | 3      | 6                  | 5         |
| Keks N | 6        | 6      | 4         | 2          | 4      | 3                  | 4         |
| Keks N | 9        | 9      | 9         | 3          | 9      | 9                  | 8         |
| Keks N | 7        | 7      | 5         | 3          | 6      | 5                  | 6         |
| Keks N | 4        | 7      | 9         | 3          | 5      | 5                  | 8         |
| Keks N | 7        | 8      | 5         | 2          | 7      | 5                  | 6         |
| Keks N | 7        | 7      | 6         | 3          | 8      | 7                  | 8         |
| Keks N | 8        | 6      | 5         | 2          | 9      | 3                  | 2         |
| Keks N | 7        | 8      | 6         | 4          | 7      | 5                  | 7         |
| Keks N | 8        | 8      | 9         | 3          | 7      | 9                  | 8         |
| Keks N | 6        | 7      | 7         | 4          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks N | 7        | 7      | 7         | 2          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks N | 7        | 8      | 8         | 3          | 8      | 7                  | 8         |

|           |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Keks N    | 4    | 7    | 4    | 3    | 7    | 6    | 4    |
| Keks N    | 5    | 6    | 5    | 2    | 7    | 6    | 5    |
| Keks N    | 4    | 6    | 6    | 3    | 6    | 6    | 6    |
| Keks N    | 7    | 6    | 5    | 2    | 6    | 6    | 5    |
| Keks N    | 4    | 5    | 2    | 2    | 2    | 1    | 3    |
| Keks N    | 6    | 8    | 7    | 2    | 4    | 5    | 6    |
| Keks N    | 7    | 8    | 8    | 2    | 8    | 5    | 7    |
| Keks N    | 7    | 9    | 4    | 1    | 6    | 6    | 4    |
| Keks N    | 7    | 8    | 7    | 4    | 8    | 7    | 7    |
| Keks N    | 6    | 8    | 6    | 2    | 7    | 7    | 7    |
| Keks N    | 8    | 7    | 8    | 3    | 9    | 6    | 7    |
| Keks N    | 8    | 7    | 6    | 4    | 6    | 7    | 7    |
| Keks N    | 7    | 8    | 7    | 2    | 7    | 7    | 7    |
| Keks N    | 6    | 7    | 5    | 2    | 4    | 4    | 6    |
| Keks N    | 8    | 8    | 9    | 3    | 7    | 8    | 8    |
| Keks N    | 6    | 7    | 8    | 3    | 6    | 8    | 7    |
| Keks N    | 5    | 6    | 3    | 2    | 7    | 4    | 4    |
| Keks N    | 8    | 7    | 7    | 3    | 7    | 7    | 7    |
| Keks N    | 6    | 8    | 6    | 3    | 7    | 8    | 7    |
| Keks N    | 8    | 7    | 7    | 4    | 8    | 7    | 7    |
| Keks N    | 8    | 8    | 7    | 2    | 8    | 9    | 8    |
| Keks N    | 7    | 7    | 6    | 3    | 7    | 7    | 7    |
| Keks N    | 3    | 8    | 4    | 2    | 7    | 1    | 3    |
| Keks N    | 8    | 8    | 6    | 2    | 7    | 6    | 6    |
| Keks N    | 5    | 9    | 8    | 3    | 7    | 8    | 8    |
| Keks N    | 4    | 7    | 7    | 3    | 7    | 7    | 7    |
| Keks N    | 8    | 8    | 7    | 3    | 7    | 6    | 7    |
| Keks N    | 9    | 6    | 9    | 3    | 7    | 8    | 8    |
| MW        | 6,45 | 7,23 | 6,48 | 2,68 | 6,67 | 6,22 | 6,37 |
| Stabw     | 1,49 | 1,07 | 1,55 | 0,79 | 1,45 | 1,81 | 1,59 |
| Quartil 1 | 5,75 | 7,00 | 5,75 | 2,00 | 6,00 | 5,00 | 5,75 |
| Median    | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 3,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| Quartil 3 | 7,00 | 8,00 | 7,00 | 3,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |

Tabelle 43: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von den Mürbteigkeksen mit Zucker.

|        | Aussehen | Geruch | Geschmack | Empfindung | Textur | Nach-<br>geschmack | Insgesamt |
|--------|----------|--------|-----------|------------|--------|--------------------|-----------|
| Keks Z | 7        | 6      | 6         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks Z | 6        | 8      | 6         | 2          | 7      | 5                  | 7         |
| Keks Z | 8        | 4      | 6         | 2          | 4      | 7                  | 6         |
| Keks Z | 7        | 8      | 6         | 2          | 7      | 6                  | 7         |
| Keks Z | 7        | 4      | 4         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks Z | 6        | 7      | 6         | 3          | 8      | 5                  | 6         |
| Keks Z | 8        | 8      | 7         | 3          | 3      | 5                  | 6         |
| Keks Z | 6        | 7      | 8         | 3          | 7      | 8                  | 7         |
| Keks Z | 7        | 8      | 8         | 3          | 8      | 6                  | 7         |
| Keks Z | 7        | 2      | 7         | 3          | 6      | 6                  | 7         |
| Keks Z | 7        | 7      | 7         | 4          | 8      | 5                  | 7         |
| Keks Z | 8        | 6      | 7         | 3          | 7      | 8                  | 8         |
| Keks Z | 3        | 4      | 3         | 3          | 2      | 4                  | 3         |
| Keks Z | 8        | 7      | 7         | 5          | 8      | 8                  | 9         |
| Keks Z | 3        | 7      | 4         | 4          | 7      | 8                  | 5         |
| Keks Z | 8        | 8      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Keks Z | 7        | 7      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks Z | 6        | 6      | 7         | 3          | 7      | 6                  | 7         |
| Keks Z | 7        | 7      | 7         | 3          | 6      | 7                  | 7         |
| Keks Z | 8        | 6      | 6         | 3          | 6      | 3                  | 6         |
| Keks Z | 9        | 9      | 9         | 4          | 7      | 7                  | 9         |
| Keks Z | 6        | 7      | 4         | 3          | 3      | 6                  | 5         |
| Keks Z | 8        | 5      | 8         | 2          | 8      | 5                  | 8         |
| Keks Z | 7        | 7      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks Z | 5        | 7      | 4         | 2          | 7      | 2                  | 6         |
| Keks Z | 8        | 6      | 7         | 3          | 9      | 6                  | 7         |
| Keks Z | 8        | 8      | 7         | 4          | 8      | 5                  | 8         |
| Keks Z | 7        | 8      | 8         | 4          | 9      | 8                  | 7         |
| Keks Z | 7        | 8      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Keks Z | 8        | 8      | 8         | 3          | 7      | 8                  | 8         |
| Keks Z | 4        | 6      | 4         | 2          | 6      | 7                  | 6         |
| Keks Z | 4        | 6      | 4         | 3          | 7      | 6                  | 4         |
| Keks Z | 6        | 7      | 6         | 2          | 7      | 7                  | 6         |

|                  |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 3    | 4    | 5    | 4    | 3    | 3    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 6    | 4    | 3    | 8    | 7    | 6    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 3    | 3    | 3    | 5    | 5    | 6    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 7    | 7    | 3    | 7    | 8    | 8    |
| <b>Keks Z</b>    | 6    | 8    | 8    | 3    | 7    | 6    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 6    | 8    | 7    | 3    | 7    | 8    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 7    | 7    | 3    | 8    | 7    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 6    | 7    | 6    | 3    | 7    | 6    | 6    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 8    | 6    | 3    | 6    | 6    | 6    |
| <b>Keks Z</b>    | 9    | 7    | 6    | 3    | 7    | 8    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 8    | 9    | 3    | 7    | 7    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 7    | 6    | 3    | 7    | 7    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 8    | 8    | 4    | 7    | 7    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 6    | 8    | 3    | 6    | 7    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 6    | 7    | 7    | 3    | 7    | 7    | 6    |
| <b>Keks Z</b>    | 3    | 6    | 6    | 4    | 6    | 6    | 6    |
| <b>Keks Z</b>    | 6    | 8    | 6    | 3    | 8    | 8    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 7    | 7    | 4    | 8    | 7    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 5    | 5    | 2    | 7    | 6    | 5    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 7    | 6    | 4    | 7    | 6    | 6    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 8    | 7    | 3    | 8    | 7    | 8    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 8    | 7    | 3    | 8    | 8    | 8    |
| <b>Keks Z</b>    | 5    | 8    | 7    | 3    | 8    | 7    | 7    |
| <b>Keks Z</b>    | 7    | 7    | 8    | 4    | 7    | 7    | 8    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 8    | 8    | 3    | 8    | 6    | 8    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 5    | 5    | 4    | 4    | 5    | 5    |
| <b>Keks Z</b>    | 8    | 7    | 8    | 3    | 8    | 8    | 8    |
| <b>MW</b>        | 6,83 | 6,72 | 6,43 | 3,12 | 6,82 | 6,45 | 6,70 |
| <b>Stabw</b>     | 1,36 | 1,44 | 1,45 | 0,66 | 1,40 | 1,33 | 1,19 |
| <b>Quartil 1</b> | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 3,00 | 7,00 | 6,00 | 6,00 |
| <b>Median</b>    | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 3,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| <b>Quartil 3</b> | 8,00 | 8,00 | 7,00 | 3,00 | 8,00 | 7,00 | 7,00 |

Tabelle 44: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von dem Bisquitkuchen mit ENSO 16.

|           | Aussehen | Geruch | Geschmack | Empfindung | Textur | Nach-<br>geschmack | Insgesamt |
|-----------|----------|--------|-----------|------------|--------|--------------------|-----------|
| Bisquit N | 7        | 7      | 6         | 4          | 8      | 7                  | 6         |
| Bisquit N | 4        | 5      | 6         | 3          | 6      | 6                  | 5         |
| Bisquit N | 7        | 8      | 7         | 3          | 6      | 4                  | 6         |
| Bisquit N | 7        | 4      | 7         | 2          | 8      | 6                  | 7         |
| Bisquit N | 7        | 6      | 8         | 3          | 8      | 4                  | 7         |
| Bisquit N | 3        | 2      | 6         | 2          | 1      | 6                  | 2         |
| Bisquit N | 8        | 7      | 4         | 3          | 7      | 6                  | 4         |
| Bisquit N | 8        | 8      | 7         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Bisquit N | 7        | 6      | 7         | 3          | 8      | 3                  | 7         |
| Bisquit N | 7        | 6      | 6         | 3          | 9      | 6                  | 6         |
| Bisquit N | 8        | 8      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Bisquit N | 6        | 5      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 6         |
| Bisquit N | 5        | 6      | 7         | 2          | 8      | 8                  | 8         |
| Bisquit N | 3        | 2      | 3         | 4          | 2      | 3                  | 3         |
| Bisquit N | 5        | 7      | 4         | 5          | 4      | 3                  | 4         |
| Bisquit N | 6        | 7      | 8         | 3          | 8      | 6                  | 8         |
| Bisquit N | 6        | 7      | 8         | 3          | 6      | 8                  | 7         |
| Bisquit N | 7        | 7      | 7         | 3          | 9      | 8                  | 8         |
| Bisquit N | 4        | 6      | 6         | 3          | 4      | 6                  | 6         |
| Bisquit N | 6        | 4      | 2         | 2          | 6      | 2                  | 2         |
| Bisquit N | 8        | 8      | 4         | 3          | 7      | 3                  | 4         |
| Bisquit N | 9        | 9      | 9         | 3          | 7      | 9                  | 9         |
| Bisquit N | 7        | 7      | 5         | 2          | 5      | 6                  | 5         |
| Bisquit N | 3        | 9      | 9         | 3          | 9      | 6                  | 9         |
| Bisquit N | 5        | 7      | 7         | 3          | 7      | 5                  | 7         |
| Bisquit N | 7        | 7      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Bisquit N | 8        | 8      | 7         | 3          | 9      | 7                  | 6         |
| Bisquit N | 6        | 8      | 6         | 4          | 8      | 5                  | 7         |
| Bisquit N | 7        | 7      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 9         |
| Bisquit N | 4        | 4      | 4         | 3          | 7      | 4                  | 4         |
| Bisquit N | 8        | 8      | 8         | 3          | 8      | 7                  | 8         |
| Bisquit N | 8        | 7      | 7         | 3          | 7      | 8                  | 8         |
| Bisquit N | 4        | 3      | 4         | 3          | 6      | 5                  | 4         |

|           |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bisquit N | 6    | 7    | 7    | 3    | 7    | 5    | 7    |
| Bisquit N | 6    | 5    | 3    | 3    | 5    | 4    | 5    |
| Bisquit N | 5    | 6    | 5    | 3    | 6    | 5    | 6    |
| Bisquit N | 7    | 7    | 6    | 3    | 7    | 6    | 7    |
| Bisquit N | 6    | 6    | 8    | 3    | 8    | 6    | 8    |
| Bisquit N | 7    | 7    | 9    | 3    | 8    | 6    | 7    |
| Bisquit N | 7    | 6    | 7    | 3    | 8    | 6    | 6    |
| Bisquit N | 8    | 7    | 6    | 2    | 7    | 6    | 7    |
| Bisquit N | 7    | 6    | 7    | 3    | 8    | 8    | 8    |
| Bisquit N | 7    | 6    | 4    | 3    | 3    | 5    | 4    |
| Bisquit N | 6    | 7    | 5    | 3    | 4    | 5    | 5    |
| Bisquit N | 8    | 7    | 8    | 2    | 7    | 8    | 7    |
| Bisquit N | 7    | 8    | 8    | 3    | 9    | 9    | 8    |
| Bisquit N | 7    | 8    | 8    | 3    | 8    | 7    | 8    |
| Bisquit N | 6    | 9    | 9    | 3    | 9    | 9    | 8    |
| Bisquit N | 7    | 6    | 8    | 3    | 9    | 7    | 8    |
| Bisquit N | 5    | 4    | 5    | 2    | 3    | 3    | 1    |
| Bisquit N | 7    | 7    | 6    | 2    | 7    | 6    | 6    |
| Bisquit N | 7    | 7    | 7    | 4    | 9    | 7    | 7    |
| Bisquit N | 7    | 7    | 8    | 3    | 9    | 9    | 8    |
| Bisquit N | 4    | 3    | 6    | 4    | 8    | 6    | 6    |
| Bisquit N | 4    | 4    | 8    | 3    | 7    | 7    | 4    |
| Bisquit N | 8    | 6    | 6    | 2    | 8    | 4    | 6    |
| Bisquit N | 5    | 5    | 6    | 3    | 8    | 5    | 6    |
| Bisquit N | 5    | 6    | 3    | 2    | 7    | 3    | 4    |
| Bisquit N | 7    | 8    | 7    | 3    | 7    | 7    | 7    |
| Bisquit N | 9    | 9    | 2    | 5    | 1    | 9    | 8    |
| MW        | 6,33 | 6,40 | 6,35 | 2,97 | 6,88 | 6,05 | 6,28 |
| StabW     | 1,48 | 1,64 | 1,75 | 0,63 | 1,93 | 1,77 | 1,82 |
| Q1        | 5    | 6    | 5,75 | 3    | 6    | 5    | 5    |
| Median    | 7    | 7    | 7    | 3    | 7    | 6    | 7    |
| Q3        | 7    | 7    | 8    | 3    | 8    | 7    | 8    |



Tabelle 45: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von dem Biskuitkuchen mit Zucker.

|           | Aussehen | Geruch | Geschmack | Empfindung | Textur | Nach-<br>geschmack | Insgesamt |
|-----------|----------|--------|-----------|------------|--------|--------------------|-----------|
| Bisquit Z | 8        | 8      | 6         | 3          | 8      | 6                  | 7         |
| Bisquit Z | 5        | 4      | 6         | 3          | 4      | 6                  | 6         |
| Bisquit Z | 7        | 5      | 6         | 4          | 7      | 7                  | 6         |
| Bisquit Z | 7        | 9      | 4         | 2          | 8      | 7                  | 8         |
| Bisquit Z | 6        | 7      | 8         | 3          | 8      | 4                  | 7         |
| Bisquit Z | 7        | 8      | 5         | 4          | 7      | 6                  | 6         |
| Bisquit Z | 4        | 4      | 4         | 3          | 7      | 4                  | 3         |
| Bisquit Z | 6        | 7      | 6         | 2          | 3      | 5                  | 4         |
| Bisquit Z | 7        | 5      | 4         | 3          | 2      | 7                  | 5         |
| Bisquit Z | 6        | 4      | 5         | 2          | 9      | 5                  | 5         |
| Bisquit Z | 7        | 8      | 7         | 2          | 7      | 7                  | 7         |
| Bisquit Z | 8        | 5      | 6         | 2          | 6      | 4                  | 5         |
| Bisquit Z | 5        | 2      | 6         | 4          | 7      | 6                  | 5         |
| Bisquit Z | 4        | 4      | 2         | 3          | 3      | 3                  | 4         |
| Bisquit Z | 8        | 3      | 7         | 3          | 6      | 4                  | 6         |
| Bisquit Z | 3        | 3      | 5         | 4          | 5      | 5                  | 6         |
| Bisquit Z | 6        | 6      | 7         | 3          | 7      | 6                  | 6         |
| Bisquit Z | 7        | 5      | 7         | 3          | 8      | 7                  | 7         |
| Bisquit Z | 8        | 5      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Bisquit Z | 7        | 5      | 5         | 2          | 3      | 5                  | 4         |
| Bisquit Z | 7        | 4      | 6         | 3          | 8      | 7                  | 6         |
| Bisquit Z | 7        | 9      | 8         | 3          | 7      | 9                  | 9         |
| Bisquit Z | 3        | 4      | 5         | 1          | 4      | 5                  | 4         |
| Bisquit Z | 6        | 5      | 6         | 4          | 7      | 4                  | 7         |
| Bisquit Z | 7        | 7      | 7         | 3          | 7      | 5                  | 7         |
| Bisquit Z | 8        | 7      | 6         | 3          | 4      | 6                  | 4         |
| Bisquit Z | 7        | 7      | 6         | 2          | 9      | 6                  | 5         |
| Bisquit Z | 8        | 5      | 8         | 4          | 4      | 4                  | 4         |
| Bisquit Z | 7        | 6      | 6         | 3          | 6      | 8                  | 6         |
| Bisquit Z | 6        | 4      | 5         | 3          | 7      | 5                  | 6         |
| Bisquit Z | 6        | 6      | 6         | 3          | 6      | 6                  | 6         |

|           |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bisquit Z | 3    | 5    | 4    | 2    | 2    | 4    | 4    |
| Bisquit Z | 6    | 2    | 3    | 3    | 6    | 1    | 2    |
| Bisquit Z | 4    | 3    | 2    | 3    | 2    | 3    | 2    |
| Bisquit Z | 4    | 3    | 3    | 4    | 3    | 6    | 5    |
| Bisquit Z | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    | 5    | 3    |
| Bisquit Z | 4    | 1    | 2    | 2    | 1    | 2    | 1    |
| Bisquit Z | 7    | 6    | 4    | 2    | 3    | 4    | 3    |
| Bisquit Z | 4    | 7    | 6    | 2    | 2    | 5    | 4    |
| Bisquit Z | 4    | 5    | 2    | 1    | 1    | 3    | 3    |
| Bisquit Z | 7    | 5    | 7    | 3    | 4    | 5    | 5    |
| Bisquit Z | 6    | 7    | 7    | 3    | 8    | 6    | 7    |
| Bisquit Z | 4    | 5    | 5    | 3    | 3    | 5    | 4    |
| Bisquit Z | 6    | 6    | 5    | 2    | 3    | 5    | 4    |
| Bisquit Z | 8    | 6    | 8    | 3    | 7    | 9    | 8    |
| Bisquit Z | 3    | 6    | 7    | 2    | 3    | 8    | 7    |
| Bisquit Z | 8    | 8    | 7    | 3    | 8    | 8    | 8    |
| Bisquit Z | 9    | 8    | 7    | 2    | 7    | 7    | 8    |
| Bisquit Z | 5    | 8    | 7    | 3    | 8    | 8    | 8    |
| Bisquit Z | 5    | 4    | 4    | 1    | 2    | 3    | 1    |
| Bisquit Z | 8    | 7    | 5    | 1    | 7    | 6    | 6    |
| Bisquit Z | 8    | 7    | 7    | 4    | 9    | 7    | 7    |
| Bisquit Z | 6    | 5    | 6    | 3    | 3    | 6    | 4    |
| Bisquit Z | 7    | 8    | 8    | 3    | 9    | 7    | 8    |
| Bisquit Z | 7    | 7    | 7    | 2    | 4    | 7    | 6    |
| Bisquit Z | 4    | 4    | 6    | 2    | 8    | 4    | 4    |
| Bisquit Z | 5    | 2    | 4    | 2    | 7    | 5    | 2    |
| Bisquit Z | 5    | 3    | 3    | 2    | 4    | 3    | 4    |
| Bisquit Z | 8    | 8    | 8    | 3    | 8    | 8    | 8    |
| Bisquit Z | 4    | 3    | 6    | 4    | 8    | 2    | 6    |
| MW        | 6,05 | 5,42 | 5,60 | 2,72 | 5,55 | 5,47 | 5,33 |
| StabW     | 1,59 | 1,90 | 1,64 | 0,80 | 2,38 | 1,75 | 1,89 |
| Q1        | 5    | 4    | 4,75 | 2    | 3    | 4    | 4    |
| Median    | 6    | 5    | 6    | 3    | 6,5  | 5,5  | 6    |
| Q3        | 7    | 7    | 7    | 3    | 7,25 | 7    | 7    |

Tabelle 46: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen vom der Sachertorte mit ENSO16.

|          | Aussehen | Geruch | Geschmack | Empfindung | Textur | Nach-<br>geschmack | Insgesamt |
|----------|----------|--------|-----------|------------|--------|--------------------|-----------|
| Kuchen N | 7        | 7      | 7         | 3          | 9      | 7                  | 8         |
| Kuchen N | 6        | 6      | 6         | 3          | 6      | 1                  | 6         |
| Kuchen N | 8        | 7      | 8         | 3          | 9      | 4                  | 7         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 7         | 3          | 8      | 5                  | 7         |
| Kuchen N | 8        | 7      | 8         | 3          | 8      | 7                  | 8         |
| Kuchen N | 7        | 8      | 4         | 2          | 7      | 6                  | 6         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 6         | 4          | 7      | 6                  | 7         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 7         | 3          | 5      | 6                  | 6         |
| Kuchen N | 6        | 6      | 5         | 4          | 6      | 6                  | 5         |
| Kuchen N | 8        | 7      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Kuchen N | 4        | 7      | 7         | 4          | 8      | 7                  | 7         |
| Kuchen N | 9        | 9      | 9         | 3          | 9      | 9                  | 9         |
| Kuchen N | 2        | 2      | 2         | 2          | 2      | 2                  | 2         |
| Kuchen N | 7        | 5      | 7         | 3          | 7      | 8                  | 7         |
| Kuchen N | 7        | 8      | 6         | 3          | 8      | 6                  | 7         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 6         | 4          | 6      | 6                  | 6         |
| Kuchen N | 7        | 6      | 6         | 3          | 6      | 7                  | 6         |
| Kuchen N | 7        | 6      | 4         | 1          | 5      | 1                  | 2         |
| Kuchen N | 7        | 8      | 8         | 3          | 7      | 8                  | 7         |
| Kuchen N | 8        | 8      | 8         | 3          | 8      | 7                  | 8         |
| Kuchen N | 9        | 7      | 7         | 5          | 9      | 8                  | 8         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 7         | 3          | 8      | 6                  | 7         |
| Kuchen N | 6        | 3      | 2         | 2          | 6      | 5                  | 5         |
| Kuchen N | 5        | 6      | 6         | 3          | 5      | 5                  | 6         |
| Kuchen N | 8        | 6      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 8         |
| Kuchen N | 8        | 6      | 4         | 3          | 2      | 1                  | 2         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 7         | 4          | 7      | 5                  | 6         |
| Kuchen N | 8        | 8      | 9         | 3          | 7      | 7                  | 8         |
| Kuchen N | 8        | 7      | 7         | 3          | 7      | 6                  | 6         |
| Kuchen N | 7        | 7      | 7         | 2          | 7      | 6                  | 7         |
| Kuchen N | 6        | 5      | 7         | 3          | 7      | 7                  | 4         |
| Kuchen N | 8        | 8      | 6         | 2          | 7      | 8                  | 7         |

|          |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kuchen N | 5     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     | 4     |
| Kuchen N | 4     | 5     | 6     | 3     | 6     | 4     | 6     |
| Kuchen N | 7     | 7     | 4     | 2     | 3     | 5     | 4     |
| Kuchen N | 7     | 6     | 2     | 3     | 5     | 4     | 4     |
| Kuchen N | 7     | 8     | 8     | 2     | 3     | 5     | 6     |
| Kuchen N | 9     | 7     | 7     | 3     | 9     | 6     | 8     |
| Kuchen N | 9     | 7     | 7     | 3     | 6     | 3     | 7     |
| Kuchen N | 7     | 5     | 5     | 2     | 6     | 5     | 6     |
| Kuchen N | 8     | 6     | 6     | 2     | 7     | 6     | 7     |
| Kuchen N | 6     | 7     | 6     | 3     | 7     | 6     | 6     |
| Kuchen N | 6     | 8     | 7     | 3     | 7     | 7     | 7     |
| Kuchen N | 8     | 7     | 8     | 3     | 7     | 8     | 8     |
| Kuchen N | 8     | 9     | 9     | 3     | 7     | 9     | 8     |
| Kuchen N | 8     | 9     | 8     | 5     | 9     | 9     | 9     |
| Kuchen N | 8     | 8     | 6     | 3     | 6     | 6     | 6     |
| Kuchen N | 7     | 6     | 4     | 2     | 4     | 7     | 5     |
| Kuchen N | 7     | 8     | 6     | 2     | 7     | 6     | 7     |
| Kuchen N | 8     | 8     | 9     | 3     | 8     | 9     | 8     |
| Kuchen N | 8     | 8     | 9     | 3     | 9     | 8     | 8     |
| Kuchen N | 6     | 7     | 8     | 3     | 4     | 7     | 5     |
| Kuchen N | 6     | 7     | 4     | 4     | 2     | 4     | 3     |
| Kuchen N | 7     | 7     | 4     | 4     | 4     | 6     | 4     |
| Kuchen N | 8     | 8     | 7     | 2     | 7     | 6     | 7     |
| Kuchen N | 6     | 7     | 6     | 3     | 7     | 7     | 5     |
| Kuchen N | 7     | 6     | 7     | 3     | 6     | 4     | 6     |
| Kuchen N | 7     | 8     | 7     | 3     | 6     | 7     | 7     |
| Kuchen N | 9     | 9     | 8     | 3     | 9     | 4     | 7     |
| MW       | 7,050 | 6,850 | 6,417 | 2,967 | 6,517 | 5,967 | 6,317 |
| StabW    | 1,270 | 1,327 | 1,725 | 0,730 | 1,812 | 1,897 | 1,648 |
| Q1       | 7     | 6     | 6     | 3     | 6     | 5     | 6     |
| Median   | 7     | 7     | 7     | 3     | 7     | 6     | 7     |
| Q3       | 8     | 8     | 8     | 3     | 8     | 7     | 7,25  |

Tabelle 47: Daten zur Erstellung der Bewertungsübersicht zur Darstellung als Balkendiagramm als Mittelwerte und Standardabweichungen von der Sachertorte mit Zucker.

|          | Aussehen | Geruch | Geschmack | Empfindung | Textur | Nach-<br>geschmack | Insgesamt |
|----------|----------|--------|-----------|------------|--------|--------------------|-----------|
| Kuchen Z | 8        | 8      | 9         | 3          | 9      | 8                  | 9         |
| Kuchen Z | 7        | 7      | 7         | 4          | 7      | 7                  | 7         |
| Kuchen Z | 8        | 6      | 9         | 3          | 8      | 9                  | 9         |
| Kuchen Z | 7        | 8      | 8         | 4          | 8      | 7                  | 8         |
| Kuchen Z | 9        | 9      | 8         | 3          | 8      | 7                  | 8         |
| Kuchen Z | 7        | 7      | 7         | 4          | 7      | 6                  | 6         |
| Kuchen Z | 8        | 9      | 8         | 3          | 7      | 8                  | 8         |
| Kuchen Z | 9        | 9      | 7         | 4          | 7      | 4                  | 7         |
| Kuchen Z | 7        | 8      | 7         | 3          | 5      | 6                  | 6         |
| Kuchen Z | 7        | 5      | 5         | 2          | 7      | 5                  | 6         |
| Kuchen Z | 8        | 7      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Kuchen Z | 8        | 8      | 8         | 4          | 8      | 8                  | 8         |
| Kuchen Z | 9        | 6      | 7         | 2          | 7      | 7                  | 6         |
| Kuchen Z | 2        | 2      | 2         | 2          | 2      | 3                  | 2         |
| Kuchen Z | 9        | 8      | 3         | 2          | 9      | 3                  | 6         |
| Kuchen Z | 8        | 7      | 8         | 4          | 7      | 7                  | 8         |
| Kuchen Z | 8        | 8      | 8         | 4          | 7      | 7                  | 7         |
| Kuchen Z | 8        | 8      | 8         | 3          | 8      | 7                  | 8         |
| Kuchen Z | 8        | 8      | 6         | 3          | 5      | 4                  | 5         |
| Kuchen Z | 8        | 9      | 9         | 3          | 9      | 8                  | 9         |
| Kuchen Z | 8        | 8      | 9         | 3          | 8      | 9                  | 9         |
| Kuchen Z | 9        | 9      | 9         | 3          | 9      | 9                  | 9         |
| Kuchen Z | 7        | 8      | 7         | 2          | 8      | 7                  | 7         |
| Kuchen Z | 7        | 9      | 9         | 3          | 7      | 7                  | 9         |
| Kuchen Z | 7        | 7      | 8         | 3          | 7      | 7                  | 7         |
| Kuchen Z | 8        | 9      | 8         | 3          | 8      | 9                  | 8         |
| Kuchen Z | 8        | 9      | 8         | 3          | 8      | 8                  | 8         |
| Kuchen Z | 8        | 8      | 7         | 4          | 9      | 5                  | 7         |
| Kuchen Z | 9        | 8      | 9         | 3          | 8      | 7                  | 8         |
| Kuchen Z | 8        | 7      | 8         | 3          | 7      | 8                  | 8         |
| Kuchen Z | 9        | 7      | 9         | 3          | 9      | 9                  | 9         |
| Kuchen Z | 8        | 8      | 8         | 4          | 8      | 6                  | 6         |
| Kuchen Z | 9        | 9      | 7         | 3          | 7      | 9                  | 8         |

|          |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kuchen Z | 6     | 7     | 6     | 3     | 6     | 6     | 6     |
| Kuchen Z | 6     | 6     | 5     | 4     | 4     | 5     | 6     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 8     | 3     | 7     | 5     | 7     |
| Kuchen Z | 3     | 8     | 7     | 4     | 6     | 5     | 6     |
| Kuchen Z | 6     | 4     | 5     | 3     | 8     | 5     | 7     |
| Kuchen Z | 9     | 8     | 8     | 3     | 8     | 8     | 8     |
| Kuchen Z | 9     | 7     | 7     | 4     | 8     | 8     | 8     |
| Kuchen Z | 8     | 9     | 7     | 3     | 8     | 8     | 8     |
| Kuchen Z | 8     | 6     | 7     | 3     | 7     | 7     | 8     |
| Kuchen Z | 7     | 8     | 7     | 4     | 7     | 7     | 7     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 7     | 4     | 7     | 5     | 7     |
| Kuchen Z | 7     | 7     | 8     | 3     | 7     | 8     | 8     |
| Kuchen Z | 9     | 9     | 9     | 3     | 9     | 9     | 9     |
| Kuchen Z | 8     | 9     | 8     | 4     | 9     | 9     | 9     |
| Kuchen Z | 9     | 9     | 7     | 4     | 7     | 7     | 7     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 7     | 3     | 7     | 7     | 7     |
| Kuchen Z | 8     | 9     | 9     | 3     | 9     | 9     | 9     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 9     | 3     | 8     | 9     | 8     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 9     | 3     | 9     | 8     | 8     |
| Kuchen Z | 8     | 7     | 9     | 3     | 9     | 9     | 9     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 8     | 3     | 9     | 6     | 9     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 6     | 3     | 8     | 7     | 7     |
| Kuchen Z | 9     | 8     | 9     | 3     | 9     | 8     | 9     |
| Kuchen Z | 6     | 8     | 4     | 3     | 7     | 4     | 5     |
| Kuchen Z | 7     | 7     | 8     | 3     | 8     | 7     | 8     |
| Kuchen Z | 8     | 8     | 8     | 3     | 9     | 9     | 9     |
| Kuchen Z | 9     | 4     | 1     | 5     | 5     | 9     | 4     |
| MW       | 7,733 | 7,617 | 7,350 | 3,217 | 7,517 | 7,050 | 7,450 |
| StabW    | 1,276 | 1,355 | 1,682 | 0,608 | 1,335 | 1,617 | 1,384 |
| Q1       | 7     | 7     | 7     | 3     | 7     | 6     | 7     |
| Median   | 8     | 8     | 8     | 3     | 8     | 7     | 8     |
| Q3       | 8     | 8     | 8     | 4     | 8     | 8     | 8     |

## Akzeptanztest – Penalty Analyse

Tabelle der Penaltäten Kekz Zucker:

| Variable | Niveau           | Häufigkeiten | %      | Summe(Insgesamt) | Mittelwert(Insgesamt) | Effekt am Mittelwert | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant | Penaltäten | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant |
|----------|------------------|--------------|--------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| Süße     | Not sweet enough | 8            | 13,33% | 47,000           | 5,875                 | 0,946                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |
|          | JAR              | 39           | 65,00% | 266,000          | 6,821                 |                      |                           |                     |             | 0,344      | 1,064                     | 65535,000           | Nein        |
|          | Too sweet        | 13           | 21,67% | 89,000           | 6,846                 | -0,026               |                           |                     |             |            |                           |                     |             |

Tabelle der Penaltäten Kekz ENSO 16:

| Variable | Niveau           | Häufigkeiten | %      | Summe(Insgesamt) | Mittelwert(Insgesamt) | Effekt am Mittelwert | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant | Penaltäten | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant |
|----------|------------------|--------------|--------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| Süße     | Not sweet enough | 24           | 40,00% | 124,000          | 5,167                 | 2,040                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |
|          | JAR              | 29           | 48,33% | 209,000          | 7,207                 |                      |                           |                     |             | 1,626      | 4,524                     | 65535,000           | Nein        |
|          | Too sweet        | 7            | 11,67% | 49,000           | 7,000                 | 0,207                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |

Tabelle der Penaltäten Biskuit Zucker:

| Variable | Niveau           | Häufigkeiten | %      | Summe(Insgesamt) | Mittelwert(Insgesamt) | Effekt am Mittelwert | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant | Penaltäten | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant |
|----------|------------------|--------------|--------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| Süße     | Not sweet enough | 22           | 36,67% | 99,000           | 4,500                 | 1,328                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |
|          | JAR              | 29           | 48,33% | 169,000          | 5,828                 |                      |                           |                     |             | 0,957      | 1,996                     | 65535,000           | Nein        |
|          | Too sweet        | 9            | 15,00% | 52,000           | 5,778                 | 0,050                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |

Tabelle der Penaltäten Biskuit ENSO 16:

| Variable | Niveau           | Häufigkeiten | %      | Summe(Insgesamt) | Mittelwert(Insgesamt) | Effekt am Mittelwert | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant | Penaltäten | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant |
|----------|------------------|--------------|--------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| Süße     | Not sweet enough | 11           | 18,33% | 55,000           | 5,000                 | 1,690                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |
|          | JAR              | 42           | 70,00% | 281,000          | 6,690                 |                      |                           |                     |             | 1,357      | 2,774                     | 65535,000           | Nein        |
|          | Too sweet        | 7            | 11,67% | 41,000           | 5,857                 | 0,833                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |

Tabelle der Penaltäten Sachertorte Zucker:

| Variable | Niveau           | Häufigkeiten | %      | Summe(Insgesamt) | Mittelwert(Insgesamt) | Effekt am Mittelwert | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant | Penaltäten | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant |
|----------|------------------|--------------|--------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| Süße     | Not sweet enough | 13           | 21,67% | 71,000           | 5,462                 | 1,268                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |
|          | JAR              | 37           | 61,67% | 249,000          | 6,730                 |                      |                           |                     |             | 1,078      | 2,553                     | 65535,000           | Nein        |
|          | Too sweet        | 10           | 16,67% | 59,000           | 5,900                 | 0,830                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |

Tabelle der Penaltäten Sachertorte ENSO 16:

| Variable | Niveau           | Häufigkeiten | %      | Summe(Insgesamt) | Mittelwert(Insgesamt) | Effekt am Mittelwert | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant | Penaltäten | Standardisierte Differenz | Kritische Differenz | Signifikant |
|----------|------------------|--------------|--------|------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------|------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| Süße     | Not sweet enough | 5            | 8,33%  | 27,000           | 5,400                 | 2,547                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |
|          | JAR              | 38           | 63,33% | 302,000          | 7,947                 |                      |                           |                     |             | 1,356      | 4,083                     | 65535,000           | Nein        |
|          | Too sweet        | 17           | 28,33% | 118,000          | 6,941                 | 1,006                |                           |                     |             |            |                           |                     |             |

Tabelle 48: Rohdaten Akzeptanztest: Bewertungen Süße von 60 KonsumentInnen; S. E = Sachertorte ENSO 16; S. Z = Sachertorte Zucker; B. E = Biskuitkuchen ENSO 16; B. Z = Biskuitkuchen Zucker; K. E = Mürbteigkeks ENSO 16; K. Z = Mürbteigkeks Zucker

| Süße S. E | Süße S. Z | Süße B. E | Süße B. Z | Süße K. E | Süße K. Z |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3         | 3         | 4         | 3         | 3         | 3         |
| 3         | 4         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 3         | 3         | 3         | 4         | 3         | 2         |
| 3         | 4         | 2         | 2         | 3         | 2         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 1         | 2         |
| 2         | 4         | 2         | 4         | 3         | 3         |
| 4         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 3         | 4         | 3         | 2         | 3         | 3         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         |
| 4         | 2         | 3         | 2         | 3         | 3         |
| 3         | 3         | 3         | 2         | 2         | 3         |
| 4         | 4         | 3         | 2         | 3         | 4         |
| 3         | 2         | 2         | 4         | 4         | 3         |
| 2         | 2         | 4         | 3         | 2         | 3         |
| 3         | 2         | 5         | 3         | 5         | 5         |
| 3         | 4         | 3         | 4         | 3         | 4         |
| 4         | 4         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 1         | 3         |
| 1         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         |
| 3         | 3         | 2         | 2         | 2         | 3         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         |
| 5         | 3         | 3         | 3         | 3         | 4         |
| 3         | 2         | 2         | 1         | 3         | 3         |
| 2         | 3         | 3         | 4         | 3         | 2         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 2         |
| 3         | 3         | 3         | 2         | 2         | 3         |
| 4         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 4         |
| 3         | 3         | 3         | 3         | 4         | 3         |
| 2         | 3         | 3         | 3         | 2         | 3         |
| 3         | 4         | 3         | 2         | 3         | 2         |
| 2         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |



|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 |

*Tabelle 49: Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Mürbteigkeksproben. Es wurden keine Ausbesserungen an den Formulierungen der KonsumentInnen vorgenommen.*

| <b>Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Mürbteigkeksproben</b>                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Textur, Aussehen und Geschmack der Süße der Probe 233 gefallen mir etwas besser                                                                                                                                                                                   |
| beide Proben schmecken fein, sind bissfest, nicht zu süß,                                                                                                                                                                                                         |
| Von der Textur her ist 713 ein wenig knuspriger und hat einen süßeren Nachgeschmack als 233                                                                                                                                                                       |
| Probe 713 hat einen guten Biss und eine angenehme Vanillenote. Es erinnert mich an die typischen Kekse aus meiner Kindheit. Probe 233 ist etwas zu instabil und der Geschmack tritt nicht ganz so intensiv hervor. Der Geschmack an sich ist jedoch gut           |
| 233 hat mir eher nach einem keks geschmeckt                                                                                                                                                                                                                       |
| beide war good aber 713 gafalt mir besser                                                                                                                                                                                                                         |
| Gesamtpaket von 713 überzeugender, vor allem die Textur und der Geschmack überzeugen. 233 ist vom Aussehen sehr gleichmäßig und wirkt hat deshalb ein Aussehen wie industriell hergestellt. Wirkt auch sehr butterig, beim Verkosten was mich nicht so anspricht. |
| Probe 713 wirkt im Vergleich zu 233 insgesamt spannender, hat mehr Geschmack, einen stärkeren Nachgeschmack und ist bissfester.                                                                                                                                   |
| Probe 713 war trocken und salzig                                                                                                                                                                                                                                  |
| 713 gefällt mir mehr weils weniger langweilig aussieht, weils ein bisschen bräuner ist und mir auch der Geschmack intensiver vorkommt                                                                                                                             |
| Antwort schwierig                                                                                                                                                                                                                                                 |
| die süße von 233 ist zu langanhaltend, erinnert an süßungsmittel, 713 ist ein wenig trocken und vom geschmacklich neutral. ich würde mehr/stärkeren eigengeschmack bevorzugen.                                                                                    |
| 713 etwas härter und etwas süßer. nach nur einem besser als 233 aber nach 10 stück ist 233 wahrscheinlich besser                                                                                                                                                  |
| I think 713 taste more satisfied and pleasant after eating it, but 233 is just smell good and nice texture to eat                                                                                                                                                 |
| The sample 713 has sugar crystals, which is not attractive visually. Moreover the texture of 713 is stiff in comparison to the sample 233. Both samples are too sweet, in my opinion.                                                                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Overall sample 713 has better appearance and texture                                                                                                                                                                                                                                        |
| I like sample 233 more than 713                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 233 is sweeter than 713.<br>233's smell and texture are better than 713.                                                                                                                                                                                                                    |
| 233 sieht optisch eher nicht ansprechend aus (industriekeks) die Fette und Süße sind aber besser als im Keks 713. Auch der Gesamtgeschmack überwiegt im 233                                                                                                                                 |
| 713 ist sehr trocken und geschmacklich flach                                                                                                                                                                                                                                                |
| Schmecken nicht schlecht, aber stechen absolut nicht heraus. Ich denke nicht dass ich sie nach einmaligem Erwerb erneut kaufen würde.<br>Nachgeschmack bei beiden Keksen unangenehm -> Plastelin                                                                                            |
| Es gibt nicht wirklich einen Unterschied außer im Nachgeschmack da ist die Probe 233 etwas süßer                                                                                                                                                                                            |
| Beide waren nicht besonders süß. Die Textur von Probe 233 war sehr bröselig und daher nicht so ansprechen, dafür war der Nachgeschmack sehr angenehm. Probe 713 hatte mehr Röstaromen, leider fehlte aber der Nachgeschmack.                                                                |
| beide Proben waren insgesamt sehr lecker. Würde ich kaufen.                                                                                                                                                                                                                                 |
| ich empfinde 233 stimmiger im gesamten.<br>713 schmeckt etwas künstlicher aber nicht grauslich                                                                                                                                                                                              |
| geschmacklich sagt mir probe 713 sehr viel mehr zu.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 233: leicht buttriger Geschmack, angenehm süß, schön mürbe, aber kein Suchtpotential vorhanden<br>713: schön mürbe, sonst nichts sagend, fahler Geschmack, Nachgeschmack von Aspartan und irgendwie extra trocken                                                                           |
| 233 ist knuspriger                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ich mochte beide kekse. 233 war fluffiger und hat nach einem guten standard keks geschmeckt, 713 fand ich weniger süß und ein bisschen karamellig aber dafür weniger fluffig. ich würde beide wieder essen und freunden empfehlen aber persönlich bin ich mehr ein fan vom knusprigeren 713 |
| Ich finde die Kekse unterscheiden sich nicht besonders. 713 kam mir etwas süßer vor.                                                                                                                                                                                                        |
| The samples are similar, but 233 is a little bit sweeter than 713, and the aftertaste is better, so I like 233 better than 713.                                                                                                                                                             |
| 713 ist für mich natürlicher. weckt Kindheitserinnerungen                                                                                                                                                                                                                                   |
| Der Geschmack beider Kekse ist sehr langweilig.                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                                                                                                                                         |          |     |     |       |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|-----|-------|----------------------|
| Sensorisch mein Empfinden.                                                                                                                                                                              |          |     |     |       |                      |
| Keks                                                                                                                                                                                                    | 233      | hat | zu  | viel  | Süße.                |
| 713 ist angenehm zu verspeisen.                                                                                                                                                                         |          |     |     |       |                      |
| I prefer 233 sample, It really persist on mouth and make you go for another bite                                                                                                                        |          |     |     |       |                      |
| 233: angenehme Krümeligkeit, nicht zu süß, eher neutral, das Aussehen passt zur Erwartung.                                                                                                              |          |     |     |       |                      |
| riecht                                                                                                                                                                                                  | vanillig | und | ein | wenig | künstlich.           |
| 713: Textur ist ungleichmäßig, manchmal etwas zu hart. Erwartung ist etwas würziger (Farbe, Ungleichmäßigkeit), schmeckt dann aber sehr neutral, ein wenig salzig, ist insgesamt nicht stimmig.         |          |     |     |       |                      |
| 233 hat einen abgerundeten Geschmack, leicht butterig und süß aber nicht zu süß                                                                                                                         |          |     |     |       |                      |
| 713 hat ein besseres Aroma, das durch die Textur und leicht mehlig Beschaffenheit leider untergeht. Etwas trocken.                                                                                      |          |     |     |       |                      |
| 233 schaut weniger appetitlich und sehr farblos aus, dennoch schmeckt diese probe etwas intensiver. Auch der Nachgeschmack der 233-Probe ist etwas stärker.                                             |          |     |     |       |                      |
| 713 zu salzig                                                                                                                                                                                           |          |     |     |       |                      |
| Beide sehr gut und entsprechen meinen erwartungen. Unterschied erkennbar, ohne präferenz                                                                                                                |          |     |     |       |                      |
| 713                                                                                                                                                                                                     | nicht    | so  | süß | und   | etwas mehr Geschmack |
| 233 etwas zarter                                                                                                                                                                                        |          |     |     |       |                      |
| Probe 713 wirkt weniger süß, was mir persönlich lieber ist und hat gleichzeitig mehr Geschmack. Probe 233 ist durchaus lecker, hat aber weniger starken Geschmack                                       |          |     |     |       |                      |
| vorallem Unterschiede erkennbar in Textur und Geschmack, 233 empfinde ich als etwas weniger süß was mir ein wenig besser schmeckt                                                                       |          |     |     |       |                      |
| 713 ist etwas mürbiger und weniger süß als 233. Aber beide sind vom Geschmack her sehr gut.                                                                                                             |          |     |     |       |                      |
| Probe 233 war vom Geschmack her etwas süßer und vom Aussehen her etwas schöner. Probe 713 war von der Textur bröseliger und im Nachgeschmack 'fad'.                                                     |          |     |     |       |                      |
| 713 mag ich lieber weil die Süße stimmiger ist und somit das Gesamtbild                                                                                                                                 |          |     |     |       |                      |
| Ich mag beide Proben gern, bei 713 empfinde ich einen süßeren Nachgeschmack zu haben, das gefällt mir. Insgesamt finde ich beide Proben sehr gelungen. Leckere Butterkekse die sich kaum unterscheiden. |          |     |     |       |                      |
| probe 713 ist mir etwas zu wenig süß für eine süßigkeit und kommt mir noch etwas trockener vor                                                                                                          |          |     |     |       |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| gutes kekserl zum kaffee                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| klassisches Weihnachtskeks                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| beide völlig OK                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 233: sehr blasses Aussehen, Geschmack kaum vorhanden (nur ganz leichtes butteraroma, leichte süße), Textur in Ordnung, zu dick (Backtriebmittel?)<br>713: kleine schwarze Punkte (lässt auf Nutzung von echter Vanille schließen), schönes Butteraroma, leichte Süße, Vanillearoma, dünn, tolle Textur |
| 713: das Salz überrascht, schmeckt gut und ist mal was anderes<br>233: reiner Buttergeschmack; dafür recht sämig                                                                                                                                                                                       |
| 713 vor allem der Nachgeschmack ist Grund für die Bewertung<br><br>233 rundum harmonisches Geschmackserlebnis                                                                                                                                                                                          |
| 233 sehr angenehmer buttrig-süßer Geschmack, hält relativ lange an<br>713 weniger süß, weniger Buttergeschmack, der sich auch nicht lange hält                                                                                                                                                         |
| 713 scheint etwas länger gebacken gewesen zu sein, gefällt mir geschmacklich mehr                                                                                                                                                                                                                      |
| 713 mag ich wegen den der dezenteren Süße<br>233 mag ich wegen dem volleren/fettigeren Geschmack und wegen dem perfekteren/glatteren Aussehen                                                                                                                                                          |
| beide haben schiergelndes Nac-Mundgefühl; 233 hat bessere Textur und wirkt echter                                                                                                                                                                                                                      |
| I think the 713 seems to be a healthier version of the 233                                                                                                                                                                                                                                             |

*Tabelle 50: Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Mürbteigkeksproben. Es wurden keine Ausbesserungen an den Formulierungen der KonsumentInnen vorgenommen.*

|                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Mürbteigkeksproben</b> |
| wie vorher angegeben                                                                                                            |
| Die Probe 713 war ein wenig knuspriger und hatte einen süßeren Nachgeschmack.                                                   |
| Unterschied in Textur ist einer der größten Faktoren.                                                                           |
| 233 hat eher nach einem keks geschmeckt                                                                                         |
| Ich mag die geruch                                                                                                              |
| 713 hat das ansprechender Aussehen und das besser Gesamtpaket bei Geschmack und Geruch.                                         |

|                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Probe 713 hatte einen stärkeren Geschmack, Nachgeschmack und bessere Textur.                                                                            |
| 233 war süßer, geschmacklich angenehmer und hatte eine bessere textur                                                                                   |
| 713 fand ich besser weil es besser aussah, weil es bräuner war und weil es auch einen intensiveren Geschmack hatte                                      |
| Die 233 finde hat mehr Geschmack                                                                                                                        |
| 233 entspricht mehr meiner erwartung von keks. allerdings zu süß und zu langanhaltend süß.                                                              |
| süßer und nicht so soft                                                                                                                                 |
| same reason as written in the last page                                                                                                                 |
| The dough consistency of the 233 was better, affect positively the softness. The sample 713 was not as soft as 233                                      |
| sample 713 is less sweet and better after taste                                                                                                         |
| The sample 233 looks more fancy and taste very well                                                                                                     |
| 233 is better than 713. 233 is look better, crispier, good smell and perfect sweetness.                                                                 |
| Süße und Fett erinnerte in 233 mehr an selbstgebackene Kekse, obwohl er optisch nicht danach aussieht                                                   |
| 233 ist weniger trocken                                                                                                                                 |
| Konsistenz besser, Aussehen ebenmäßiger                                                                                                                 |
| Weniger süß und schmeckt frischer weniger industriell                                                                                                   |
| Hatte mehr Geschmack und war von der Farbe ansprechender. Die Textur war auch fester und daher angenehmer zu essen. Die Süße hat beiden Proben gefehlt. |
| Ich persönlich mag es etwas süßer gerne, deshalb 713. 233 hatte aber eine optisch schöneres Bild. Ist Geschmackssache!                                  |
| 233 ist stimmiger                                                                                                                                       |
| ich finde probe 233 hatte einen etwas verbrannten nachgeschmack                                                                                         |
| siehe Kommentar vorher                                                                                                                                  |
| bessere Konsistenz                                                                                                                                      |
| ich fand 713 knusprig und karamelliger im vergleich aber vll war meine probe einfach länger gebacken                                                    |
| Sample 233 seemed a bit sweeter, although the samples were very similar.                                                                                |
| 713 schmeckt für mich runder, homogener                                                                                                                 |
| Der Keks hatte einen schöneren Geruch nach frisch gebackenem                                                                                            |

|                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Süße war angenehmer                                                                                                                                                                                                          |
| 713 hat gut abgerundet.                                                                                                                                                                                                      |
| not big differences, but If have to choose I ll choose 233                                                                                                                                                                   |
| stimmiger, erfüllt die Erwartungshaltung                                                                                                                                                                                     |
| Durch Texttur, äußeres Aussehen und Gefühl im Mund denke ich, dass beide Proben unterschiedlich waren. Insgesamt hat mir 233 besser geschmeckt, da es süßer, butteriger, weicher im Mund war. Der Geruch war bei 713 besser. |
| 233 war intensiver im Geschmack.                                                                                                                                                                                             |
| 713 zu salzig                                                                                                                                                                                                                |
| besserer Geschmack                                                                                                                                                                                                           |
| vom Aussehen kann man bereits feststellen, dass Probe 233 heller und homogener aussieht und Probe 713 hingegen etwas bräunlich ist.                                                                                          |
| 233 habe ich als etwas weniger süß empfunden                                                                                                                                                                                 |
| 233 war etwas süßer                                                                                                                                                                                                          |
| Die Süße war besser und daher ein bessers Gesamtbild, sonst kaum ein Unterschied                                                                                                                                             |
| Keks 233 sah besser aus, keks 713 hat mir besser geschmeckt, da süßer.                                                                                                                                                       |
| 233 war süßer (gerade richtig süß)                                                                                                                                                                                           |
| 713 war nicht so süß und besser                                                                                                                                                                                              |
| klarer Unterschied erkennbar                                                                                                                                                                                                 |
| Siehe vorhergehende Begründung                                                                                                                                                                                               |
| Ich persönlich stehe nicht auf den fetten Buttergeschmack; aber es sind gute Kekse.                                                                                                                                          |
| milder, runder Geschmack; Textur wie zu erwarten                                                                                                                                                                             |
| Wie in der Bewertung vorhin: 713 kürzerer, weniger intensiver Geschmack                                                                                                                                                      |
| unterschiedlich von der Rezeptur bin ich mir nicht ganz sicher, aber vielleicht war die Backzeit der Unterschied. 713 war auch etwas knuspriger                                                                              |
| siehe vorher                                                                                                                                                                                                                 |
| bessere Textur, authentischerer Geschmack                                                                                                                                                                                    |
| 713 is better in every variable                                                                                                                                                                                              |

*Tabelle 51: Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Bisquitkuchen-Proben. Es wurden keine Ausbesserungen an den Formulierungen der KonsumentInnen vorgenommen.*

| <b>Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Bisquitkuchen-Proben</b>                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| wie vorher beschrieben                                                                                                                                        |
| Die Stärken von 998 übertreffen die Schwächen. Hätte ich beide Optionen würde ich 998 wählen.                                                                 |
| Grundsätzlich waren beide Proben in sich gut, jedoch war die Konstistenz von 998 und der Nachgeschmack etwas angenehmer                                       |
| 998 ist besser                                                                                                                                                |
| Ein wenig besser im Nachgeschmack. Beide aber in der Textur nicht ansprechend.                                                                                |
| Probe 168 hat eine schönere Farbe, stärkere Geschmack und eine bessere Konstistenz.                                                                           |
| bis auf den Nachgeschmack hat mir 168 besser gefallen                                                                                                         |
| 168 kam mir etwas süßer vor und 998 hatte irgendwas merkwürdiges im Geschmack was mir nicht so zusagte                                                        |
| probe 168 ist besser                                                                                                                                          |
| Probe 998 ist geschmacklich nicht interessant und schmeckt leer. Probe 168 schmeckt nach mehr und ist weniger trocken.                                        |
| wirkt weniger künstlich und hat einen besseren geschmack                                                                                                      |
| sample 998 has some smell like overfermented dough, so I do not like much. In general, sample 168 is good if a little bit more sweet                          |
| the sample 998 has a better taste, reminds the taste of egg yolks. Consistency is heavy, but the dough is moisture enough to compensate the stiff consistency |
| 168 has better texture and taste                                                                                                                              |
| For the taste and texture I like the sample 168 but for the the colour I like the sample 998                                                                  |
| Due to the texture and smell and taste, I like 168 more than 998.                                                                                             |
| Geruch, Aussehen, Geschmack von 998 war meiner Meinung nach besser, trotz zu perfektes Aussehen                                                               |
| siehe vorher                                                                                                                                                  |
| Optisch war 998 zwar weniger anziehend(sehr blass), dafür hat sie aber geschmacklich mehr überzeugt.                                                          |



|                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diese Probe war flaumiger und angenehmer im Mund. Es war mehr süße vorhanden und auch geschmacklich besser als die andere Probe. Im Nachgeschmack war sie auch angenehmer als die Probe 998, da sie leicht nachschmeckte. |
| Besseren Geschmack und Süße ist bei 168.168 ist auch sehr schön saftig!                                                                                                                                                   |
| lockerer, luftiger bisquit.... 998 hat etwas von schaumstoff                                                                                                                                                              |
| beide schmecken industriell, sie wirken zwar saftig, aber irgendwie fehlt das Fett, trotzdem hat 168 dann doch mehr überzeugt                                                                                             |
| Wie vorher beschrieben auch wenn die Probe 168 nicht so gleichmäßig und optisch ansprechend ist wie 998, ist sie geschmacklich besser und hat eine angenehmere Konsistenz.                                                |
| 168 hat irgendwie nach mehr geschmeckt und ist mehr im mund zerfallen                                                                                                                                                     |
| 998 hat mir besser geschmeckt und besser gerochen.                                                                                                                                                                        |
| Sample 168 had better smell and texture, sample 998 was more like a sponge, and sample 168 had more airy texture.                                                                                                         |
| Nachgeschmack und Konsistenz von 168 waren eindeutig besser                                                                                                                                                               |
| 168 hatte wenigstens keinen unangenehmen Nachgeschmack.                                                                                                                                                                   |
| Die Textur, Geruch und Geschmack von 168 war viel angenehmer                                                                                                                                                              |
| 168 lag leicht vorn.                                                                                                                                                                                                      |
| Sample 168 is clearly more natural for consumption.                                                                                                                                                                       |
| 998 ist geschmacksbefreit                                                                                                                                                                                                 |
| Geschmacklich sowie das Gefühl im Mund war bei 168 besser. Lediglich etwas mehlig war 168 im Vergleich zu 998.                                                                                                            |
| Die Probe 168 war süßer und hat nach mehr geschmeckt. Auch vom Aussehen her ist mir diese Probe besser gefallen. Die Probe 998 hat sich im Mund etwas zäh angefühlt.                                                      |
| 168 von der Konsistenz perfekt. 998 zu künstlich und zu wenig geschmack                                                                                                                                                   |
| 168 hat gewohnter geschmeckt, Farbe/textur und Konsistenz war ansprechender                                                                                                                                               |
| Nachgeschmack war besser, bisschen fluffiger                                                                                                                                                                              |
| Mag es lieber süßer, deshalb 168er. Aber 998 auch sehr lecker, nur weniger süß halt.                                                                                                                                      |
| Geschmacklich und vom Aussehen her war 168 meiner Meinung nach deutlich besser                                                                                                                                            |
| Sieht zwar vom Aussehen her nicht schön aus aber fühlt sich im Mund besser an, Süße ist besser abgestimmt                                                                                                                 |
| Probe 168 war für mich süßer. besser                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                      |      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|
| mir selbst schmecken beide sehr gut. 168 finde ich etwas saftiger und von der Konsistenz angenehmer. |      |           |
| 168 hat es besser geschmeckt, aber beide sind nicht mein Fall                                        |      |           |
| gefühlte etwas süßer                                                                                 |      |           |
| bessere Farbe                                                                                        |      |           |
| Unterschied                                                                                          | klar | erkennbar |
| siehe vorherige Begründung                                                                           |      |           |
| rein optisch wirkt 168 im direkten Vergleich zu lange gebacken                                       |      |           |
| 998 wenn man nur die Krume und nicht den Rand beurteilt!                                             |      |           |
| sehr gute Textur, etwas mehr und längerer Geschmack                                                  |      |           |
| Beide sind nicht unglaublich toll, aber 168 ist besser.                                              |      |           |
| flauschigere Textur und etwas besserer Geschmack                                                     |      |           |
| 168 seems like a cake my mum baked at home                                                           |      |           |

*Tabelle 52: Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Bisquitkuchen-Proben. Es wurden keine Ausbesserungen an den Formulierungen der KonsumentInnen vorgenommen.*

| Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Bisquitkuchen-Proben                                                                                                             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| bei 998 etwas zu starker Geschmack nach Proteinpulver<br>bei 168 wie bei 998 und zusätzlich länger anhaltende Süße (ähnlich wie bei Stevia)                                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| beide Proben sind im Geschmack und Geruch ziemlich ähnlich , optisch spricht mich Probe 998 mehr an                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beide Proben haben ihre Stärken. 168 hat einen guten Geschmack aber eine etwas komische Textur. 998 hat eine weiche Textur und einen excellenten Nachgeschack aber ist etwas zu süß.                                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 998 finde ich vom Gesamtbild etwas abgerundeter und fluffiger. Auch der Nachgeschmack ist sehr dezent, was mir persönlich besser gefällt.<br>168 ist geschmacklich auch gut, jedoch empfinde ich den Nachgeschmack als leicht chemisch |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| für mich waren beide gut. keine davon war besser oder schlechter                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 998 geschmeckt besser                                                                                                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Beide sehr pappig und sehr teigig mit wenig Geruch und Geschmack.                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Probe 998 schmeckt wenig intensiv, ist von der Konsistenz gummiger und hat kein so schön gleichmäßiges Porenbild wie 168.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 998 hatte ein bisschen eine trockene, schwammige textur. Geschmack und Geruch konnten nicht überzeugen. 168 hingegen war sehr saftig, hatte einen guten geschmack.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Beide Proben sind ganz okay, schmecken ganz nett, aber nichts besonderes. Die Textur ist dafür super                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| probe 168 ist schöner von der Farbe, riecht besser und schmeckt besser                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| probe 998 ist optisch ansprechen, geschmacklich aber langweilig. Probe 168 ist zu dunkel, die porengröße wirkt im vergleich zu 998 weniger ansprechend. geschmacklich ist probe 168 besser.                                                                                                                                                                                                                                      |
| 998 wirkt künstlicher. Ist sehr hell. 168 ist dunkler und besser im geschmack                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| sample 998 has some smell like overfermented dough, so I do not like much. In general, sample 168 is good if a little bit more sweet                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| The sample 998 has better dough consistency, however it is not as fluffy as the sample 168, which is a negative factor, The sample 168 has better consistency but the taste of this dough remind baking soda powder,, which is a negative factor                                                                                                                                                                                 |
| 168 has better appearance (darker), 998 is too pale and has more after taste                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| The sample 168 seems to be soft more than the sample 998                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 168 color is darker than 998. I like texture and smell of 168 than 998. 168 is softer than 998. I like 168 more than 998.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Geschmacklich ist 998 meiner Meinung runder als 168 der Geruch und das Aussehen von 168 ist wenig attraktiv, der Eiergeruch ist sehr dominant. 998 ist sehr clean, er schmeckt, erhält aber optisch sofort den Industriegebäckstempel.                                                                                                                                                                                           |
| 998 wie schwamm mit wenig geschmack und etwas trockenes, pampiges mundgefühl und 168 ist zu sehr verbrannt, etwas seltsamer geschmack aber angenehmeres mundgefühl                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Geruch ist bei beiden Kuchen super. Optisch auch nichts zu verbessern.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ich finde keinen generellen Unterschied außer im Aussehen, 998 ist heller als 168 und das wars                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Probe 998 wirkt auf den ersten Blick sehr schwammartig und kann auch geschmacklich nicht zu sehr überzeugen. Es fehlt an Süße und auch die Konsistenz entspricht nicht der eines flaumigen Biscuits. Probe 168 sieht deutlich mehr nach Biscuit aus, jedoch fehlt auch hier die Süße. Geschmacklich ist sie aber über die Hellere Probe 998 zu stellen. Auch der Nachgeschmack ist angenehmer und die Textur ist auch flaumiger. |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beide Proben sind lecker. Textur und Geschmack sind besser bei 168. Dafür hat 998 eine hellere Farbe und besseren Nachgeschmack.                                                                                                                                                    |
| wirkt sehr feinporig und fluffig                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 998 finde ich für bisquit nicht fluffig genug                                                                                                                                                                                                                                       |
| 998: farbloser (eierloser?) weicher Teig, sehr feinporig und saftig, könnte als Kuchenunterlage dienen aber als Solist nicht überzeugend<br>168: bessere Farbe, Textur gleich, süßer im Geschmack, kommt trotzdem nicht an einen selbstgemachten heran                              |
| 168 ist saftiger, hat mehr Eigengeschmack und riecht besser, ist mir aber ein wenig zu intensiv. 998, obwohl der Geschmack nicht so stark ist, steht 168 um nichts mit süße nach, fühlt sich ein wenig trockener an und hinterlässt einen ganz eigenen Nachgeschmack auf der Zunge. |
| 998 hat mich ein bisschen an toast erinnert und ich fand den gröberen, fluffigeren teig von 168 besser. 168 hat auch nach mehr geschmeckt. 998 ist mir saftiger vorgekommen aber er war mir trotzdem zu schwer                                                                      |
| Ich finde beide nicht so besonders. Bei 168 stört mich der Geruch und der Geschmack etwas, 998 finde ich besser.                                                                                                                                                                    |
| Sample 168 had a better smell and texture.                                                                                                                                                                                                                                          |
| 998 ist für meinen Geschmack zu kompakt                                                                                                                                                                                                                                             |
| Beide Kuchen hatten keinen sehr interessanten Geschmack, aber 998 hatte obendrein noch einen unangenehmen Nachgeschmack.                                                                                                                                                            |
| Schwammartige Struktur von 998. Kein angenehmes Mundgefühl. Wesentlich besser für 168                                                                                                                                                                                               |
| 998 schmeckt sich zu weich.<br>168 ist vom Nachgeschmack gewöhnungsbedürftig.                                                                                                                                                                                                       |
| The texture of 998 sample is not so nice, there is really a difference in texture. The 998 looks more like a sponge and offer certain resistance in mouth                                                                                                                           |
| 168: sieht aus wie normales Bisquit aus, locker, beim reinbeißen nicht trocken<br>998: sieht künstlich aus, schmeckt erwartungsgemäß nach nichts                                                                                                                                    |
| 998 sieht besser aus, weil es heller und weicher wirkt. 168 ist aber weicher und fluffiger, weshalb optisch und haptisch 168 überzeugt. Geschmacklich wirkt 998 sehr flach und nicht sehr komplex. 168 ist buttrig, weich und fühlt sich gut im Mund an.                            |

|                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Die Probe 998 schaut sehr künstlich/chemisch aus, farlos und fad. Sie schmeckt wenig süß. Die andereProbe hat mehr Geschmack und eine weichere Konsistenz.                       |
| 168 etwas zu wenig geschmack, dafür gute konsistenz; 998 schmeckt zu künstlich, Konsistenz ist zu fest                                                                           |
| Farbe und Konsistenz beeinflussen die Präferenz zu 168. 998 im vergleich etwas trocken                                                                                           |
| 168 Nachgeschmack besser                                                                                                                                                         |
| Beide Proben schmecken für mich etwas langweilig und die Textur ist zwar sehr luftig wird aber während dem Kauen patzig                                                          |
| wenig bis kein Unterschied erkennbar                                                                                                                                             |
| Schmecken beide sehr gut, 998 ist weniger süß als 168. Aber da ich es lieber süßer mag, würde ich eher die 168er wählen.                                                         |
| Probe 998 hat etwas künstlich ausgeschaut, aber hat mich im Nachgeschmack sehr überrascht (im positiven Sinn). Probe 168 war im Gesamtpaket besser, vor allem von der Textur her |
| Geschmack von 168 besser, Aussehen von 998                                                                                                                                       |
| Probe 998 optisch ansprechender, Probe 168 besser vom Geschmack.                                                                                                                 |
| beide top                                                                                                                                                                        |
| ist mit zu trocken und zu pampik                                                                                                                                                 |
| schaut aus wie Kuchen - schmeckt wie Toastbrot...                                                                                                                                |
| beide sehr gut                                                                                                                                                                   |
| 168: schöne weiche saftige Textur, perfekte Süße, Aroma von Butter, Ei und Vanille<br>998: trocken und etwas schwammige Textur, blass, geschmacklos                              |
| 998: erinnert an Urlaub und griechischen Gummifrühstückskuchen, schmeckt aber deutlich besser<br>168: im direkten Vergleich kann der Kuchen nicht mithalten                      |
| 998 gefällt mir sehr gut, nur Textur ist zäh<br>168 Textur und Geschmack der Krume gefallen, Farbe zu dunkel va der Rand,angebrannter Geschmack                                  |
| Wenig Geschmack, zu wenig süß, dafür sehr flaumige und saftige Textur                                                                                                            |
| 998 schmeckt zu sehr nach Backpulver allgemein, 168 hat den Backpulver Geschmack im Nachgeschmack.                                                                               |

|                                                                              |           |     |             |         |             |     |                 |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----|-------------|---------|-------------|-----|-----------------|
| 998                                                                          | Textur    | ist | gummiger,   | 168     | Textur      | ist | leichter.       |
| 998 hat einen unschönen Geruch.                                              |           |     |             |         |             |     |                 |
| 168:                                                                         | saftiger, |     | angenehmere | Textur, | aber        | zu  | gelb            |
| 998:                                                                         | man       | hat | das         | Gefühl  | Schaumstoff | zu  | essen, zu blass |
| Geschmacklich gibt es für mich keinen Unterschied zwischen 168 und 998       |           |     |             |         |             |     |                 |
| 168 ist zu dunkel; 998 flauschigere Textur; beide haben Backpulver-Geschmack |           |     |             |         |             |     |                 |
| I have the feeling 168 has more eggs inside, but the crust is very weird     |           |     |             |         |             |     |                 |

*Tabelle 53: Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Sachertorten. Es wurden keine Ausbesserungen an den Formulierungen der KonsumentInnen vorgenommen.*

| <b>Begründungen der KonsumentInnen zu den wahrgenommenen Unterschieden hinsichtlich der zwei verschiedenen Sachertorten</b>                                                                                                                                                               |          |  |           |  |      |  |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--|-----------|--|------|--|---------------|
| 661                                                                                                                                                                                                                                                                                       | leichter |  | Geschmack |  | nach |  | Proteinpulver |
| bei 473 gar nicht, schmeckt wie eine normale Sachertorte                                                                                                                                                                                                                                  |          |  |           |  |      |  |               |
| in allen Bereichen spricht mich Probe 473 mehr an, obwohl ich sie ein wenig zu süß finde                                                                                                                                                                                                  |          |  |           |  |      |  |               |
| Die Proben sind beinahe ident, jedoch ist der Nachgeschmack von 661 sehr anders als der initiale Geschmack                                                                                                                                                                                |          |  |           |  |      |  |               |
| 661 ist an sich sehr stimmig jedoch ist bei 473 der vollmundige Schokoladengeschmack stärker und daher der Nachgeschmack auch natürlicher                                                                                                                                                 |          |  |           |  |      |  |               |
| beide sehr lecker, auf den ersten Blick fand ich 473 besser von der Farbe                                                                                                                                                                                                                 |          |  |           |  |      |  |               |
| beide war gut                                                                                                                                                                                                                                                                             |          |  |           |  |      |  |               |
| 661 ist etwas zu wenig schokoladig. Man schmeckt Bisquit aber wenig Schokolade. Auch die Marmelade kommt nicht zum Vorschein.                                                                                                                                                             |          |  |           |  |      |  |               |
| 473 Gesamtpaket ansprechender weil deutlich mehr Schokolade und nicht so trocken.                                                                                                                                                                                                         |          |  |           |  |      |  |               |
| Probe 661 hat ein ungleichmäßigeres Porenbild und ist vom Aussehen her schlechter als Probe 473. Probe 661 hat allerdings einen besseren und natürlicheren Geschmack als Probe 473.                                                                                                       |          |  |           |  |      |  |               |
| Textur und Nachgeschmack könnten etwas besser sein, aber insgesamt haben beide Proben gut geschmeckt                                                                                                                                                                                      |          |  |           |  |      |  |               |
| 661 ist mir etwas zu trocken, bei 473 war am Anfang zu wenig Marmeladensoße aber dann stellte sich heraus, dass am Ende, Richtung 'Rinde' viel mehr Marmelade war. Wenn das besser verteilt wäre, wäre es besser. 661 war sehr süß und schmeckte weniger nach einer typischen Sachertorte |          |  |           |  |      |  |               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schwer zu entscheiden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Probe 473 entspricht mehr meinen erwartungen einer sachertorte, die farbe ist dunkler, der geschmack ist reichhaltiger. beide sind etwas trocken. 661 hat eine zu wenig dunkle farbe, die marmeladefüllung ist geschmacklich langweilig/eintönig.                                                                                                                                   |
| 661 hat eine bessere süße und bessere Marmelade. Die schokoschicht ist nicht zu dick und intensiv. Der Kuchenteig bei 661 ist auch viel besser. 473 Teig schmeckt nach kaum etwas. 473 ist essbar aber 661 ist definitiv besser.                                                                                                                                                    |
| They are both very good although a little bit too sweet to me. sample 661 is a little bit sweeter than 473, but it gives long and nice feeling after eating                                                                                                                                                                                                                         |
| The sample 473 has a better visuall representation in comparison to the sample 661. however the taste of 473 is sweeter than the sample 661. The after taste is better with the sample 661                                                                                                                                                                                          |
| 473 has better colour (darker), better sweetness, and moist feeling                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| The taste of both two samples are quite good but the sample 661 is not soft. Both two samples should be decreased the sweetness.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| I like texture, smell and taste of 473 than 661. 661 is drier than 473. 473 is softer than 661.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| So gut 473 aussieht, die Fettglasur enttäuscht im Geschmack. Der Zuckerersatz ist sehr dominant, was man als Schokolade erwartet, wird enttäuscht. 661 hat einen penedranten bitteren Geschmack im Abgang, es wird wehr viel Speichelflüssigkeit produziert, man wird hier quasi von diesem Geschmack erschlagen. Es sind bei beiden Kuchen keine Glücksgefühle entstanden. Leider. |
| 661 ist mir etwas zu trocken, dafür finde ich es positiv dass man die marmelade so rausschmeckt, bei 473 finde ich den kuchen speckiger, üppiger aber im nachgeschmack ist schoko dominanter als marmelade. ich bevorzuge eher speckigen Teig aber die Glasur könnte etwas weniger dominant sein weil man die marmelade kaum rausschmeckt                                           |
| sher ähnlich. 661 hatte mehr Marmelade und war daher meiner Meinung nach besser.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 473 schmeckt weniger süß und weniger industriell                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Beide Proben schmecken sehr gut. Die Probe 473 war etwas weniger süß und hatte weniger Nachgeschmack, jedoch einen höheren Bräunungsgrad. Die Probe 661 war etwas süßer und auch im Nachgeschmack etwas süßer, einzig in der Farbe war sie etwas heller.                                                                                                                            |
| 661 schmeckt nach nicht viel. 473 ist eine der besten Sacher Torten die ich je gegessen habe, auch optisch TOP!                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |               |              |                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------|--------------|-------------------------------------|
| 473                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ist | schokoladiger | angenehmeres | Mundgefühl                          |
| 661 schmeckt künstlicher                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |               |              |                                     |
| in diesem fall kann ich weder geschmacklich noch optisch einen gravierenden unterschied zwischen den proben feststellen                                                                                                                                                                      |     |               |              |                                     |
| 661:                                                                                                                                                                                                                                                                                         | zu  | trocken,      | wenig        | schokoladig, einfach fad und muffig |
| 473: passt, auch die Säure der Marmelade kommt zur Geltung, riecht nach Schoko                                                                                                                                                                                                               |     |               |              |                                     |
| Sind mir beide wieder etwas zu süß, 473 schmeckt aber schokoladiger, hat eine bessere Konsistenz und ist auch optisch für mich ansprechender.                                                                                                                                                |     |               |              |                                     |
| beide kuchen sind super saftig und schokoladig. für mich könnten sie weniger süß sein aber ich fand die kuchen nicht zu süß. die konsistenz ist echt super. ich find ein beiden proben die glasur alleine nicht so gut aber mit dem kuchen ist sie stimmig                                   |     |               |              |                                     |
| 661 schmeckt mir ein bisschen zu sehr nach Marmelade, bei 473 kommt der Schokoladegeschmack besser durch.                                                                                                                                                                                    |     |               |              |                                     |
| Sample 473 was better, it had better texture than 661. Sample 661 wasnt sweet enough.                                                                                                                                                                                                        |     |               |              |                                     |
| 473 schaut optisch besser aus im Geschmack aber nicht ganz überzeugend                                                                                                                                                                                                                       |     |               |              |                                     |
| Beide Sachertorten waren schön schokoladig, aber 473 hatte dazu noch eine schöne Fruchtnote die bei 661 im Vergleich dazu gefehlt hat.                                                                                                                                                       |     |               |              |                                     |
| 661 hat einen zu dominanten Marmeladengeschmack. Die Schokolade/Kaokaonote kommt bei 473 angenehmer durch.                                                                                                                                                                                   |     |               |              |                                     |
| Nachgeschmack von 661 war leider unangenehmer.                                                                                                                                                                                                                                               |     |               |              |                                     |
| 661 sample is more dry and is not so cohesive between the different layers. The experience by tasting 473 is way more pleasant, texture, taste is preferable in 473                                                                                                                          |     |               |              |                                     |
| 661: sieht auf den ersten Blick besser aus, riecht nach Kakao, schmeckt etwas fad, Füllung nach gar nichts.                                                                                                                                                                                  |     |               |              |                                     |
| 473: riecht nach Schokolade, hat mehr Geschmack, Füllung ist nicht nur ein feuchter Streifen sondern bringt ein wenig Säure in den süßen Geschmacksmix                                                                                                                                       |     |               |              |                                     |
| Insgesamt liegen die Proben dicht aneinander. Der Teig von 661 wirkt etwas trockener und mehlig im Mund. 471 wirkt abgerundet und gefällt mir daher besser.                                                                                                                                  |     |               |              |                                     |
| Die Probe 661 schaut industriell hergestellt aus, die Probe 473 schaut selbst gebacken aus. Die Probe 473 ist allgemein etwas stärker im schokoladen-Geschmack. Beide Proben sind genau richtig süß. Der Nachgeschmack der Probe 661 ist nicht so gut wie der Geschmaack während des Essens. |     |               |              |                                     |
| 473 etwas saftiger als 661. Schokocreme ist bei 473 etwas besser weil weicher                                                                                                                                                                                                                |     |               |              |                                     |



|                                                                                                                                                                                      |     |     |      |              |     |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|------|--------------|-----|-----------|
| Geruch                                                                                                                                                                               | von | 473 | sehr | schokoladig, | wie | erwartet. |
| Sehr wenig geruch bei Probe 661, Nachgeschmack etwas trocken                                                                                                                         |     |     |      |              |     |           |
| 473 ist etwas süßer und finds leckerer                                                                                                                                               |     |     |      |              |     |           |
| Probe 661 schmeckt eher fad, Probe 473 hat mehr Geschmack und eine intensivere Marmeladeschicht                                                                                      |     |     |      |              |     |           |
| beide Torten gleich gut im Geschmack, 473 empfinde ich als etwas süßer                                                                                                               |     |     |      |              |     |           |
| Ich schmecke kaum einen Unterschied, beide top. Evtl. ist die 661er etwas runder im Abgang.                                                                                          |     |     |      |              |     |           |
| Vom Geschmack her waren beide Proben sehr ähnlich. Vor allem durch den Marmeladen Anteil. Probe 661 war etwas trockener                                                              |     |     |      |              |     |           |
| schmeckt beides einfach gut, würde ich beides wieder essen                                                                                                                           |     |     |      |              |     |           |
| Probe 661 war in meinen Augen eher fad vom Geschmack. Probe 473 roch schokoladiger, und war deutlich süßer.                                                                          |     |     |      |              |     |           |
| 661 zu trocken, etwas zu wenig süß                                                                                                                                                   |     |     |      |              |     |           |
| 473 war für mich eine klassische sacher. 661 war ein bisschen künstlich                                                                                                              |     |     |      |              |     |           |
| Sachertorte geht immer!                                                                                                                                                              |     |     |      |              |     |           |
| beide sehr gut                                                                                                                                                                       |     |     |      |              |     |           |
| 661: textur ist fürchterlich: trocken und pappig, Geschmack ist in Ordnung, aber künstlich, sieht sehr blass aus, dünne Glasur                                                       |     |     |      |              |     |           |
| 473: weiche saftige Textur, Geschmack ist toll: fruchtig, schokoladig, buttrig, schön kakaofarben, dicke Glasur                                                                      |     |     |      |              |     |           |
| 473: fluffig, frisch und schokoladig                                                                                                                                                 |     |     |      |              |     |           |
| 661: wirkt lieblos und/oder vertrocknet                                                                                                                                              |     |     |      |              |     |           |
| 473 entspricht meinen Geschmackserwartungen besser                                                                                                                                   |     |     |      |              |     |           |
| 473 sehr schokoladig, perfekt süß, Marmelade sehr gut, Textur hervorragend                                                                                                           |     |     |      |              |     |           |
| 661 weniger süß und weniger schokoladig, auch Textur nicht ganz perfekt                                                                                                              |     |     |      |              |     |           |
| beide sind von der Textur sehr gut.                                                                                                                                                  |     |     |      |              |     |           |
| 473 riecht mehr nach Schokolade als 661.                                                                                                                                             |     |     |      |              |     |           |
| 473 schmeckt auch viel mehr nach Schokolade als 661 allerdings ist die Schokolade irgendwie bitterer als bei der 0815 Sachertorte.                                                   |     |     |      |              |     |           |
| 661 gefällt einem am Anfang mehr als 473, aber mit der Zeit schmeckt man bei 661 nicht den Unterschied zwischen Kuchen, Schoko und Marmelad, deshalb ist nach einer Zeit 473 besser. |     |     |      |              |     |           |

|                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Für sich genommen ist die Farbe von 473 und 661 gut, im Vergleich schneidet aber 473 besser ab, da es schokoladiger wirkt                |
| 473: gute Textur, flaumig, guter Geschmack                                                                                               |
| 661: etwas trocken, andere/schlechtere Süße, wenngleich für mich beide gleich süß schmecken bezogen auf die Intensität                   |
| 661 hat härtere Textur, ist kompakter, wirkt nicht wie selbstgemacht, sondern industriell; 473 sehr gute Textur, saftig, guter Geschmack |
| the 473 seems like an ordinary cake from the supermarket while the 661 like a home version                                               |

*Tabelle 54: Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Sachertorten. Es wurden keine Ausbesserungen an den Formulierungen der KonsumentInnen vorgenommen.*

| <b>Begründungen der KonsumentInnen zu den jeweiligen Präferenzen hinsichtlich der zwei unterschiedlichen Sachertorten</b>                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| wie vorhin beschrieben                                                                                                                                                                    |
| ein wenig zu süß, aber an sonsten spricht mich Probe 473 in allen bereichen eindeutig mehr an                                                                                             |
| 661 hat einen ungewöhnlichen Nachgeschmack und 473 nicht.                                                                                                                                 |
| 473 ist für mich geschmacklich eine typische Sachertorte mit guter Schokoladennote                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                           |
| 473 besser in Geruch und Geschmack. Schokoladiger und die Marmelade kommt besser durch. 661 ist trockener und geschmacklich weniger ansprechend.                                          |
| Probe 661 hat eine andere Farbe und ein anderes Porenbild und schmeckt unterschiedlich.                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                           |
| Knappes Rennen aber im Endeffekt mochte ich 473 mehr, weil die schockolade ein bisschen bitterer war, was besser zu einer Sachertorte passt. Außerdem war mir 661 ein bisschen zu trocken |
|                                                                                                                                                                                           |
| Die farbe von 661 ist weniger ansprechend und der geschmack ist nicht reichhaltig. 473 ist schokoladiger und entspricht mehr meinen erwartungen.                                          |
| Siehe vorheriges Kommentar. Teig, Marmelade und Schokoüberzug sind bei 661 besser.                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                           |
| surprisingly the sample 661 has worse visuall texture this cake was better by taste, moreover the consistency was better in this sample.                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| based on the color, taste, sweetness and texture, 473 is preferable than 661                                                                                                                                                                                                                                                              |
| I like the sample 473 because of the softness and the flavor, but I would like to recommend to decrease the sugar content of the sample-                                                                                                                                                                                                  |
| I like 473 more than 661.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Sachertorte 473 ist optisch sehr ansprechend, der Geschmack der Glasur zerstört aber das Gesamtpaket.<br>Torte 661 ist optisch ok, aber der bittere Geschmack hindert am zweiten Bissen.                                                                                                                                                  |
| 661 ist mir etwas zu trocken, dafür finde ich es positiv dass man die marmelade so rausschmeckt, bei 473 finde ich den kuchen speckiger, üppiger aber im nachgeschmack ist schoko dominanter als marmelade. ich bevorzuge eher speckigen Teig aber die Glasur könnte etwas weniger dominant sein weil man die marmelade kaum rausschmeckt |
| Saftiger,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Die Textur ist etwas besser und der Geschmack ist nicht zu süß                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Eine rundum gelungene Torte ist 473. 661 ist zu wenig saftig, und geschmacksintensiv.                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 473 ist angenehmer zum essen schmeck insgesamt runder als 473                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Wie Tag und Nacht (siehe vorne)                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 473, auch wenn beide Proben gleich süß geschmeckt haben, war optisch ansprechender und hatte die angenehmere Konsistenz.                                                                                                                                                                                                                  |
| ich fand 473 schokoladiger und die glasur hatte eine andere konsistenz, die mir gefallen hat. ich fand die glasur auch schokoladiger                                                                                                                                                                                                      |
| 473 fand ich besser, viel unterschied war für mich aber nicht erkennbar.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Sample 473 was better, is was sweet enough and the texture and the aftertaste was better. Sample 661 wasnt sweet enough.                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 473 war fruchtiger                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Schokoladiger Geschmackig. Marmeladenote bei 661 wirkte leicht parfümiert/künstlich                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Nachgeschmack hat 661 leider zurückwerfen lassen.                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| The complete experience of 473 is better in comparisson with 661                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Obwohl ein wenig zu süß, hat 473 einen runden, schokoladigen Geschmack mit dem leichten Säurkick der Füllung. 661 ist langweilig                                                                                                                                                                                                          |
| 473 ist leicht süßer, weniger kompakt und abgerundeter als 661.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| hjlhlj                                                                                                                    |
| deutlich natürlicher, süße und Nachgeschmack sowie textur und Farbe ansprechender                                         |
| 473 hat den ich eine dunklere Glasur und bissl cremiger                                                                   |
| Aufgrund des stärkeren Geschmacks bevorzuge ich Probe 473                                                                 |
|                                                                                                                           |
|                                                                                                                           |
| Probe 473 war saftiger                                                                                                    |
| Die Süße war besser, die andere war mir etwas zu mächtig und süß                                                          |
| Schokoladiger süßer Probe 473. Probe 661 schmeckt für mich zu fad.                                                        |
| 661 war zu trocken und für eine torte etwas zu wenig süß                                                                  |
| 473 war rundum echt gut                                                                                                   |
| Schokoladiger und die marmelade war auch besser                                                                           |
| lockerere Textur                                                                                                          |
|                                                                                                                           |
| klarer Unterschied, 473 wie aus der Konditorei, 661 wie ein schlechtes Industrieprodukt                                   |
| siehe vorne                                                                                                               |
| 473 hat insgesamt meinen Geschmackserwartungen besser entsprochen                                                         |
| 473 schokoladiger und süßer, bessere Textur                                                                               |
|                                                                                                                           |
| Besserer Gesamteindruck, siehe vorhin                                                                                     |
| 661 härter in der Textur, kompakter, wirkt wie industriell hergestellt; 473 hat sehr gute Textur, saftig, guten Geschmack |
| 661 is much nicer than 473                                                                                                |

## Zeitliches Geschmacksprofil

Tabelle 55: Bewertungen der sensorisch geschulten Panelisten in den Kategorien Onset, Bitterkeit, Metallischer Geschmack, Adstringenz, Süßintensität zur Bewertung des sensorischen Profils von Zucker und in den Kategorien Linging, Bitterkeit, Metallischer Geschmack und Adstringenz zur Erstellung eines Profils zur Bewertung des Nachgeschmacks. Ebenfalls ist die Zeit in Sekunden aufgelistet, bis zum Ende der Wahrnehmung der Süße. Diese Daten wurden zur Erstellung der zwei Spinnennetzdiagramme benutzt.

| Zucker     |       |            |                        |             |               |         |            |                        |             |                                         |
|------------|-------|------------|------------------------|-------------|---------------|---------|------------|------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| Panelist   | Onset | Bitterkeit | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Süßintensität | Linging | Bitterkeit | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Zeit bis Ende der Süßwahrnehmung in sec |
| 1          | 1,3   | 0,5        | 0,5                    | 0,5         | 2             | 5       | 0          | 0                      | 0           | 43                                      |
| 2          | 0,3   | 0,3        | 0,3                    | 0,3         | 3             | 7,6     | 0,2        | 0,2                    | 0,2         | 90                                      |
| 3          | 1,7   | 1,9        | 2,6                    | 3           | 8,7           | 7,8     | 2,2        | 1,6                    | 6,7         | 150                                     |
| 4          | 0     | 0          | 0                      | 0           | 6,9           | 5       | 0          | 0                      | 0           | 70                                      |
| 5          | 2,7   | 0          | 0                      | 0           | 4             | 2,6     | 0          | 0                      | 1,8         | 74                                      |
| 6          | 0     | 0          | 1,5                    | 0           | 4,5           | 5,5     | 0          | 0                      | 0           | 84                                      |
| 7          | 2,6   | 0          | 0                      | 1,8         | 6,5           | 3,4     | 0          | 0                      | 4,2         | 44                                      |
| 8          | 0     | 0,2        | 0,2                    | 0,1         | 4,7           | 3,6     | 0,1        | 0,2                    | 2           | 133                                     |
| 9          | 1,1   | 0,7        | 0                      | 0           | 4,2           | 3       | 0,3        | 0,2                    | 3,7         | 121                                     |
| 10         | 0,9   | 0,8        | 0,2                    | 0,2         | 4             | 3,5     | 0,2        | 0,2                    | 3,5         | 105                                     |
| 11         | 0     | 0          | 0                      | 0           | 6             | 10      | 0          | 0                      | 0           | 130                                     |
| 12         | 9,7   | 0          | 4,9                    | 2,2         | 7,5           | 5,2     | 0          | 4                      | 0           | 90                                      |
| 13         | 1     | 0,3        | 0,3                    | 0,3         | 7,3           | 2       | 0,2        | 0,2                    | 0,2         | 90                                      |
| 14         | 1,9   | 0,9        | 1                      | 1,5         | 8,5           | 7,8     | 0,6        | 0,5                    | 2,9         | 75                                      |
| 15         | 0,7   | 0          | 0                      | 0           | 7,3           | 5,1     | 0          | 5,2                    | 0           | 82                                      |
| 16         | 5,7   | 0          | 0                      | 0           | 7             | 2,4     | 0          | 0                      | 0           | 47                                      |
| 17         | 2,2   | 0          | 0,4                    | 0           | 5             | 2,6     | 0          | 0                      | 0           | 82                                      |
| 18         | 0     | 0          | 0                      | 0           | 6,7           | 5       | 0          | 0                      | 0           | 74                                      |
| 19         | 0     | 0          | 0,7                    | 1,9         | 4             | 1,6     | 0          | 0                      | 2,1         | 42                                      |
| 20         | 5,2   | 0          | 0                      | 0           | 5             | 4,9     | 0          | 0                      | 0           | 195                                     |
| 21         | 2     | 0          | 0,3                    | 0           | 7,5           | 5       | 0,2        | 0,2                    | 0           | 66                                      |
| MITTELWERT | 1,86  | 0,27       | 0,61                   | 0,56        | 5,73          | 4,70    | 0,19       | 0,60                   | 1,30        | 89,86                                   |
| STABW      | 2,35  | 0,46       | 1,14                   | 0,89        | 1,81          | 2,13    | 0,47       | 1,36                   | 1,87        | 37,55                                   |

Tabelle 56: Bewertungen der sensorisch geschulten Panelisten in den Kategorien Onset, Bitterkeit, Metallischer Geschmack, Adstringenz, Süßintensität zur Bewertung des sensorischen Profils von Aspartam und in den Kategorien Lingering, Bitterkeit, Metallischer Geschmack und Adstringenz zur Erstellung eines Profils zur Bewertung des Nachgeschmacks. Ebenfalls ist die Zeit in Sekunden aufgelistet, bis zum Ende der Wahrnehmung der Süße. Diese Daten wurden zur Erstellung der zwei Spinnennetzdiagramme benutzt.

| Aspartam          |             |             |                        |             |               |             |             |                        |             |                                         |
|-------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| Panelist          | Onset       | Bitterkeit  | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Süßintensität | Lingering   | Bitterkeit  | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Zeit bis Ende der Süßwahrnehmung in sec |
| 1                 | 0           | 0           | 0                      | 0           | 4,7           | 2           | 1,4         | 0                      | 0           | 39                                      |
| 2                 | 4,9         | 0,2         | 0,2                    | 0,2         | 5,1           | 5,1         | 0,2         | 0,2                    | 0,2         | 160                                     |
| 3                 | 0,2         | 1,6         | 1                      | 3,6         | 9,3           | 9,3         | 1,4         | 1,1                    | 7,7         | 120                                     |
| 4                 | 1,9         | 0           | 0                      | 0           | 9,4           | 9,5         | 0           | 0                      | 0           | 131                                     |
| 5                 | 0,8         | 4,7         | 0                      | 0           | 0,9           | 0,7         | 3           | 2,1                    | 0           | 67                                      |
| 6                 | 3,2         | 0           | 0                      | 0           | 4,9           | 3,5         | 0           | 1,1                    | 6,2         | 65                                      |
| 7                 | 0,9         | 0           | 0                      | 4,1         | 7             | 6,7         | 0           | 1,3                    | 1,8         | 65                                      |
| 8                 | 0           | 0           | 0                      | 0,6         | 7             | 3,8         | 0           | 0                      | 0,9         | 108                                     |
| 9                 | 2,3         | 0,6         | 0,9                    | 3,7         | 8             | 8           | 3,5         | 0,9                    | 2,9         | 100                                     |
| 10                | 4,2         | 1,3         | 1,4                    | 3,9         | 7,9           | 7,6         | 3,2         | 0,7                    | 5,9         | 130                                     |
| 11                | 0,7         | 0           | 0                      | 2,1         | 8             | 6,7         | 0           | 0                      | 1,3         | 90                                      |
| 12                | 0           | 0           | 1,1                    | 0           | 10            | 3           | 0           | 0                      | 0           | 55                                      |
| 13                | 0,3         | 5           | 0,2                    | 0,2         | 5,2           | 5,2         | 0,7         | 0,2                    | 2,7         | 100                                     |
| 14                | 0,7         | 2           | 1,1                    | 1           | 8,4           | 8,3         | 1,5         | 0,4                    | 0,8         | 90                                      |
| 15                | 2,7         | 0,7         | 0                      | 0           | 8,9           | 5,1         | 0,4         | 2,1                    | 0           | 107                                     |
| 16                | 8           | 0,2         | 1,5                    | 2,2         | 5             | 1,7         | 0           | 2,1                    | 1           | 48                                      |
| 17                | 3,4         | 0           | 3,1                    | 0           | 5,7           | 3,7         | 0           | 2,2                    | 0           | 85                                      |
| 18                | 3,6         | 7           | 5,9                    | 0           | 4,6           | 4,5         | 2,1         | 2,3                    | 0           | 65                                      |
| 19                | 1,9         | 0           | 0                      | 0,5         | 2,5           | 6,7         | 0           | 1,7                    | 2,9         | 68                                      |
| 20                | 2           | 2,7         | 0                      | 0           | 8,5           | 5           | 0,6         | 2,3                    | 4,3         | 259                                     |
| 21                | 3           | 2,6         | 4,6                    | 0           | 10            | 2,3         | 0           | 0                      | 0           | 110                                     |
| <b>MITTELWERT</b> | <b>2,13</b> | <b>1,36</b> | <b>1,00</b>            | <b>1,05</b> | <b>6,71</b>   | <b>5,16</b> | <b>0,86</b> | <b>0,93</b>            | <b>1,60</b> | <b>98,05</b>                            |
| <b>STABW</b>      | 1,96        | 1,96        | 1,59                   | 1,49        | 2,42          | 2,48        | 1,15        | 0,92                   | 2,09        | 46,88                                   |

Tabelle 57: Bewertungen der sensorisch geschulten Panelisten in den Kategorien Onset, Bitterkeit, Metallischer Geschmack, Adstringenz, Süßintensität zur Bewertung des sensorischen Profils von ENSO 16 und in den Kategorien Lingering, Bitterkeit, Metallischer Geschmack und Adstringenz zur Erstellung eines Profils zur Bewertung des Nachgeschmacks. Ebenfalls ist die Zeit in Sekunden aufgelistet, bis zum Ende der Wahrnehmung der Süße. Diese Daten wurden zur Erstellung der zwei Spinnennetzdiagramme benutzt.

| ENSO 16           |             |             |                        |             |               |             |             |                        |             |                                         |
|-------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| Panelist          | Onset       | Bitterkeit  | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Süßintensität | Lingering   | Bitterkeit  | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Zeit bis Ende der Süßwahrnehmung in sec |
| 1                 | 0,9         | 0           | 0,2                    | 1,1         | 5             | 5,5         | 0           | 0                      | 0,5         | 100                                     |
| 2                 | 0,7         | 0           | 0,3                    | 0           | 4,3           | 3,9         | 0           | 0                      | 0,2         | 56                                      |
| 3                 | 0           | 0           | 0,5                    | 0           | 4,1           | 4,9         | 0,2         | 0,5                    | 0,1         | 83                                      |
| 4                 | 1,1         | 0,2         | 0                      | 0,7         | 5,5           | 6           | 0,5         | 0                      | 0           | 75                                      |
| 5                 | 2,1         | 0,3         | 0                      | 0,5         | 3,9           | 2,1         | 0,2         | 0                      | 1,4         | 98                                      |
| 6                 | 0,5         | 0,7         | 0                      | 0,6         | 4,1           | 4           | 0           | 0                      | 1,6         | 122                                     |
| 7                 | 3,6         | 0,9         | 0,3                    | 1,4         | 6,7           | 6           | 0,7         | 0                      | 3,5         | 100                                     |
| 8                 | 3,3         | 0           | 0,7                    | 0           | 6,7           | 5,2         | 0           | 0,9                    | 2,1         | 121                                     |
| 9                 | 2,1         | 0,5         | 0,2                    | 0           | 5,9           | 5,4         | 0           | 0,8                    | 0           | 51                                      |
| 10                | 0           | 0           | 0,4                    | 0           | 4             | 3,7         | 0           | 0,2                    | 2,9         | 89                                      |
| 11                | 1,3         | 0           | 0                      | 2,1         | 2             | 2           | 0           | 0                      | 1,8         | 110                                     |
| 12                | 7,8         | 0           | 2,6                    | 0           | 4,9           | 3,4         | 1,1         | 4,2                    | 1,9         | 60                                      |
| 13                | 0           | 1,7         | 0,2                    | 5           | 2,6           | 2,5         | 0,3         | 0,9                    | 5           | 90                                      |
| 14                | 2,8         | 2           | 1,7                    | 1,4         | 8,6           | 7,1         | 2,1         | 1                      | 2,9         | 75                                      |
| 15                | 2,1         | 0,5         | 3,7                    | 1,8         | 5             | 6,1         | 0,7         | 5                      | 1,4         | 97                                      |
| 16                | 2,1         | 0           | 0                      | 0           | 2,2           | 2,5         | 0           | 0                      | 0           | 49                                      |
| 17                | 0,7         | 0           | 0,5                    | 1,5         | 4,7           | 2,1         | 0           | 0,7                    | 2           | 40                                      |
| 18                | 0,7         | 2,2         | 2                      | 0           | 8,5           | 7           | 0           | 0                      | 0           | 76                                      |
| 19                | 1,1         | 2,5         | 0                      | 0           | 6             | 3           | 1,1         | 0,6                    | 0,5         | 81                                      |
| 20                | 3,1         | 0           | 0,4                    | 0           | 7,5           | 5,5         | 0           | 0                      | 0           | 87                                      |
| 21                | 3,5         | 0           | 1,1                    | 0,2         | 8,1           | 0           | 0           | 0                      | 2,1         | 40                                      |
| <b>MITTELWERT</b> | <b>1,88</b> | <b>0,55</b> | <b>0,70</b>            | <b>0,78</b> | <b>5,25</b>   | <b>4,19</b> | <b>0,33</b> | <b>0,70</b>            | <b>1,42</b> | <b>80,95</b>                            |
| <b>STABW</b>      | 1,75        | 0,81        | 0,97                   | 1,17        | 1,88          | 1,85        | 0,53        | 1,32                   | 1,35        | 23,93                                   |

```
require(dplyr)

## Loading required package: dplyr

##
## Attaching package: 'dplyr'

## The following objects are masked from 'package:stats':
##
##   filter, lag

## The following objects are masked from 'package:base':
##
##   intersect, setdiff, setequal, union

require(ggplot2)

## Loading required package: ggplot2

df <- read.csv('Spiderweb_Test.csv')
```

Quade Test results

```
quade.test(y=df$Onset,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Onset, df$Group and df$ID
## Quade F = 0.59905, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.5542

quade.test(y=df$Bitterkeit,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Bitterkeit, df$Group and df$ID
## Quade F = 3.4078, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.04299

quade.test(y=df$Metallischer_Geschmack,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Metallischer_Geschmack, df$Group and df$ID
## Quade F = 0.4204, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.6597

quade.test(y=df$Adstringenz,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Adstringenz, df$Group and df$ID
## Quade F = 0.31611, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.7308

quade.test(y=df$Intensity,groups=df$Group,blocks=df$ID)
```



```
##
## Quade test
##
## data: df$Intensity, df$Group and df$ID
## Quade F = 4.4752, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.01762
quade.test(y=df$Lingering,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Lingering, df$Group and df$ID
## Quade F = 1.101, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.3424
quade.test(y=df$Bitterkeit2,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Bitterkeit2, df$Group and df$ID
## Quade F = 2.1657, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.1279
quade.test(y=df$Metallischer_Geschmack2,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Metallischer_Geschmack2, df$Group and df$ID
## Quade F = 1.1629, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.3229
quade.test(y=df$Adstringenz2,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Adstringenz2, df$Group and df$ID
## Quade F = 0.13457, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.8745
quade.test(y=df$Zeit_Ende,groups=df$Group,blocks=df$ID)

##
## Quade test
##
## data: df$Zeit_Ende, df$Group and df$ID
## Quade F = 0.86104, num df = 2, denom df = 40, p-value = 0.4304
```

Post-hoc test for significant results without and with adjustment

```
pairwise.wilcox.test(df$Bitterkeit,df$Group,paired=TRUE,p.adjust="none",exact=FALSE)

##
## Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test with continuity correction
##
## data: df$Bitterkeit and df$Group
##
## 1 2
## 2 0.033 -
## 3 0.191 0.065
```

```

##
## P value adjustment method: none

pairwise.wilcox.test(df$Bitterkeit,df$Group,paired=TRUE,p.adjust="holm",exact=FALSE)

##
## Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test with continuity correction
##
## data: df$Bitterkeit and df$Group
##
##      1      2
## 2 0.098 -
## 3 0.191 0.129
##
## P value adjustment method: holm

pairwise.wilcox.test(df$Intensity,df$Group,paired=TRUE,p.adjust="none",exact=FALSE)

##
## Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test with continuity correction
##
## data: df$Intensity and df$Group
##
##      1      2
## 2 0.040 -
## 3 0.563 0.019
##
## P value adjustment method: none

pairwise.wilcox.test(df$Intensity,df$Group,paired=TRUE,p.adjust="holm",exact=FALSE)

##
## Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test with continuity correction
##
## data: df$Intensity and df$Group
##
##      1      2
## 2 0.080 -
## 3 0.563 0.057
##
## P value adjustment method: holm

```

Tabelle 58: Rohdaten für den Quade-Test und den Wilcoxon-Signed Rank Test

| ID | Group | Onset | Bitterkeit | Metallischer_Geschmack | Adstringenz | Intensity | Lingering | Bitterkeit2 | Metallischer_Geschmack2 | Adstringenz2 | Zeit_Ende |
|----|-------|-------|------------|------------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------------------|--------------|-----------|
| 1  | 1     | 1.3   | 0.5        | 0.5                    | 0.5         | 2         | 5         | 0           | 0                       | 0            | 43        |
| 2  | 1     | 0.3   | 0.3        | 0.3                    | 0.3         | 3         | 7.6       | 0.2         | 0.2                     | 0.2          | 90        |
| 3  | 1     | 1.7   | 1.9        | 2.6                    |             | 3 8.7     | 7.8       | 2.2         | 1.6                     | 6.7          | 150       |
| 4  | 1     | 0     | 0          | 0                      | 0           | 6.9       | 5         | 0           | 0                       | 0            | 70        |
| 5  | 1     | 2.7   | 0          | 0                      | 0           | 4 2.6     |           | 0           | 0                       | 1.8          | 74        |
| 6  | 1     | 0     | 0          | 1.5                    |             | 0 4.5     | 5.5       | 0           | 0                       | 0            | 84        |
| 7  | 1     | 2.6   | 0          | 0                      | 1.8         | 6.5       | 3.4       | 0           | 0                       | 4.2          | 44        |
| 8  | 1     | 0     | 0.2        | 0.2                    | 0.1         | 4.7       | 3.6       | 0.1         | 0.2                     |              | 133       |
| 9  | 1     | 1.1   | 0.7        |                        | 0           | 0 4.2     |           | 3 0.3       | 0.2                     | 3.7          | 121       |
| 10 | 1     | 0.9   | 0.8        | 0.2                    | 0.2         |           | 4 3.5     | 0.2         | 0.2                     | 3.5          | 105       |
| 11 | 1     | 0     | 0          | 0                      | 0           | 0         | 6 10      | 0           | 0                       | 0            | 130       |
| 12 | 1     | 9.7   | 0          | 4.9                    | 2.2         | 7.5       | 5.2       | 0           | 4                       | 0            | 90        |
| 13 | 1     | 1     | 0.3        | 0.3                    | 0.3         | 7.3       |           | 2 0.2       | 0.2                     | 0.2          | 90        |
| 14 | 1     | 1.9   | 0.9        |                        | 1 1.5       | 8.5       | 7.8       | 0.6         | 0.5                     | 2.9          | 75        |
| 15 | 1     | 0.7   | 0          | 0                      | 0           | 7.3       | 5.1       | 0           | 5.2                     | 0            | 82        |
| 16 | 1     | 5.7   | 0          | 0                      | 0           | 7 2.4     |           | 0           | 0                       | 0            | 47        |
| 17 | 1     | 2.2   | 0          | 0.4                    |             | 0 5 2.6   |           | 0           | 0                       | 0            | 82        |
| 18 | 1     | 0     | 0          | 0                      | 0           | 6.7       | 5         | 0           | 0                       | 0            | 74        |
| 19 | 1     | 0     | 0          | 0.7                    | 1.9         |           | 4 1.6     | 0           | 0                       | 2.1          | 42        |
| 20 | 1     | 5.2   | 0          | 0                      | 0           | 0         | 5 4.9     | 0           | 0                       | 0            | 195       |
| 21 | 1     | 2     | 0          | 0.3                    |             | 0 7.5     | 5         | 0.2         | 0.2                     | 0            | 66        |
| 1  | 2     | 0     | 0          | 0                      | 0           | 0 4.7     |           | 2 1.4       |                         | 0            | 39        |
| 2  | 2     | 4.9   | 0.2        | 0.2                    | 0.2         | 5.1       | 5.1       | 0.2         | 0.2                     | 0.2          | 160       |
| 3  | 2     | 0.2   | 1.6        |                        | 1 3.6       | 9.3       | 9.3       | 1.4         | 1.1                     | 7.7          | 120       |
| 4  | 2     | 1.9   | 0          | 0                      | 0           | 9.4       | 9.5       | 0           | 0                       | 0            | 131       |
| 5  | 2     | 0.8   | 4.7        | 0                      | 0           | 0.9       | 0.7       | 3 2.1       |                         | 0            | 67        |
| 6  | 2     | 3.2   | 0          | 0                      | 0           | 4.9       | 3.5       | 0           | 0                       | 1.1          | 62        |
| 7  | 2     | 0.9   | 0          | 0                      | 4.1         |           | 7 6.7     | 0           | 1.3                     | 1.8          | 65        |
| 8  | 2     | 0     | 0          | 0                      | 0.6         |           | 7 3.8     | 0           | 0                       | 0.9          | 108       |
| 9  | 2     | 2.3   | 0.6        | 0.9                    | 3.7         |           | 8 8 3.5   | 0.9         |                         | 2.9          | 100       |
| 10 | 2     | 4.2   | 1.3        | 1.4                    | 3.9         | 7.9       | 7.6       | 3.2         | 0.7                     | 5.9          | 130       |
| 11 | 2     | 0.7   | 0          | 0                      | 2.1         |           | 8 6.7     | 0           | 0                       | 1.3          | 90        |
| 12 | 2     | 0     | 0          | 1.1                    |             | 0         | 10 3      | 0           | 0                       | 0            | 55        |
| 13 | 2     | 0.3   | 5          | 0.2                    | 0.2         | 5.2       | 5.2       | 0.7         | 0.2                     | 2.7          | 100       |
| 14 | 2     | 0.7   | 2          | 1.1                    |             | 1 8.4     | 8.3       | 1.5         | 0.4                     | 0.8          | 90        |
| 15 | 2     | 2.7   | 0.7        |                        | 0           | 0 8.9     | 5.1       | 0.4         | 2.1                     | 0            | 107       |
| 16 | 2     | 8     | 0.2        | 1.5                    | 2.2         |           | 5 1.7     | 0           | 2.1                     | 1            | 48        |
| 17 | 2     | 3.4   | 0          | 3.1                    |             | 0 5.7     | 3.7       | 0           | 2.2                     | 0            | 85        |
| 18 | 2     | 3.6   | 7          | 5.9                    |             | 0 4.6     | 4.5       | 2.1         | 2.3                     | 0            | 65        |
| 19 | 2     | 1.9   | 0          | 0                      | 0.5         | 2.5       | 6.7       | 0           | 1.7                     | 2.9          | 68        |
| 20 | 2     | 2     | 2.7        |                        | 0           | 0 8.5     | 5         | 0.6         | 2.3                     | 4.3          | 259       |
| 21 | 2     | 3     | 2.6        | 4.6                    |             | 0         | 10 2.3    | 0           | 0                       | 0            | 110       |
| 1  | 3     | 0.9   | 0          | 0.2                    | 1.1         |           | 5 5.5     | 0           | 0                       | 0.5          | 100       |
| 2  | 3     | 0.7   | 0          | 0.3                    |             | 0 4.3     | 3.9       | 0           | 0                       | 0.2          | 56        |
| 3  | 3     | 0     | 0          | 0.5                    |             | 0 4.1     | 4.9       | 0.2         | 0.5                     | 0.1          | 83        |
| 4  | 3     | 1.1   | 0.2        |                        | 0 0.7       | 5.5       | 6         | 0.5         | 0                       | 0            | 75        |
| 5  | 3     | 2.1   | 0.3        |                        | 0 0.5       | 3.9       | 2.1       | 0.2         | 0                       | 1.4          | 98        |
| 6  | 3     | 0.5   | 0.7        |                        | 0 0.6       | 4.1       | 4         | 0           | 0                       | 1.6          | 122       |
| 7  | 3     | 3.6   | 0.9        | 0.3                    | 1.4         | 6.7       | 6         | 0.7         | 0                       | 3.5          | 100       |
| 8  | 3     | 3.3   | 0          | 0.7                    |             | 0 6.7     | 5.2       | 0           | 0.9                     | 2.1          | 121       |
| 9  | 3     | 2.1   | 0.5        | 0.2                    |             | 0 5.9     | 5.4       | 0           | 0.8                     | 0            | 51        |
| 10 | 3     | 0     | 0          | 0.4                    |             | 0         | 4 3.7     | 0           | 0.2                     | 2.9          | 89        |
| 11 | 3     | 1.3   | 0          |                        | 0 2.1       |           | 2 2       | 0           | 0                       | 1.8          | 110       |
| 12 | 3     | 7.8   | 0          | 2.6                    |             | 0 4.9     | 3.4       | 1.1         | 4.2                     | 1.9          | 60        |
| 13 | 3     | 0     | 1.7        | 0.2                    |             | 5 2.6     | 2.5       | 0.3         | 0.9                     | 5            | 90        |
| 14 | 3     | 2.8   | 2          | 1.7                    | 1.4         | 8.6       | 7.1       | 2.1         |                         | 1 2.9        | 75        |
| 15 | 3     | 2.1   | 0.5        | 3.7                    | 1.8         |           | 5 6.1     | 0.7         |                         | 5 1.4        | 97        |
| 16 | 3     | 2.1   | 0          | 0                      | 0           | 2.2       | 2.5       | 0           | 0                       | 0            | 49        |
| 17 | 3     | 0.7   | 0          | 0.5                    | 1.5         | 4.7       | 2.1       | 0           | 0.7                     | 2            | 40        |
| 18 | 3     | 0.7   | 2.2        |                        | 2           | 0 8.5     | 7         | 0           | 0                       | 0            | 76        |
| 19 | 3     | 1.1   | 2.5        |                        | 0           | 0         | 6 3 1.1   | 0.6         |                         | 0.5          | 81        |
| 20 | 3     | 3.1   | 0          | 0.4                    |             | 0 7.5     | 5.5       | 0           | 0                       | 0            | 87        |
| 21 | 3     | 3.5   | 0          | 1.1                    | 0.2         | 8.1       | 0         | 0           | 0                       | 2.1          | 40        |

Tabelle 59: Ergebnisse des Quade Tests zur statistischen Auswertung der Ergebnisse des zeitlichen Geschmacksprofils hinsichtlich signifikanter Unterschiede. \*  $p < 0,05$

| Sensorisches Profil | Onset     | Bitterkeit | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Süßintensität                           |
|---------------------|-----------|------------|------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| Quade Test (p-Wert) | 0,55      | 0,04*      | 0,66                   | 0,73        | 0,02*                                   |
| Nachgeschmack       | Lingering | Bitterkeit | Metallischer Geschmack | Adstringenz | Zeit bis Ende der Süßwahrnehmung in sec |
| Quade Test (p-Wert) | 0,34      | 0,13       | 0,32                   | 0,87        | 0,43                                    |

Tabelle 60: Ergebnisse des paarweisen Post-hoc Tests (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) nach Bonferroni Holm Adjustierung, um zu ermitteln zwischen welchen Rohstoffen (Zucker, ENSO 16, Aspartam) ein signifikanter Unterschied innerhalb des sensorischen Profils zu finden ist. \*  $p < 0,05$

| Bitterkeit | Zucker | Aspartam | Süßintensität | Zucker | Aspartam |
|------------|--------|----------|---------------|--------|----------|
| Aspartam   | 0,03*  | /        | Aspartam      | 0,04*  | /        |
| ENSO 16    | 0,19   | 0,07     | ENSO 16       | 0,56   | 0,02*    |

## Analytische Untersuchungen

Tabelle 61: Mittelwerte der Areas der einzelnen Standards zur Erstellung der Standardgeraden

| Standardgerade  |          |           |           |           |           |           |
|-----------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sucralose       | 2 µl/mL  | 4 µl/mL   | 6 µl/mL   | 8 µl/mL   | 10 µl/mL  | 12 µl/mL  |
| Mittelwert Area | 593689   | 767187    | 846253    | 888868    | 942806    | 1116525   |
| Saccharose      | 50 µl/mL | 100 µl/mL | 150 µl/mL | 200 µl/mL | 250 µl/mL | 300 µl/mL |
| Mittelwert Area | 5968326  | 7346168   | 8854737   | 11345429  | 14035819  | 15285126  |
| Glukose         | 50 µl/mL | 100 µl/mL | 150 µl/mL | 200 µl/mL | 250 µl/mL | 300 µl/mL |
| Mittelwert Area | 3496189  | 4039068   | 4603206   | 4973171   | 5542083   | 6046021   |
| Fruktose        | 50 µl/mL | 100 µl/mL | 150 µl/mL | 200 µl/mL | 250 µl/mL | 300 µl/mL |
| Mittelwert Area | 4267573  | 4862455   | 5343583   | 5980788   | 6318410   | 7091940   |

## Berechnungen von LOD und LOQ mitteld der Excel-Datenanalysenfunktion Regression

| SACCHAROSE SUMMARY OUTPUT |                                                              |                |            |            |                |            |             |             |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|-------------|-------------|
| Regression Statistics     |                                                              |                |            |            |                |            |             |             |
| Multiple R                | 0,99274749                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| R Square                  | 0,98554758                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| Adjusted R Sq             | 0,98193448                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| Standard Error            | 500385,488                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| Observations              | 6                                                            |                |            |            |                |            |             |             |
| ANOVA                     |                                                              |                |            |            |                |            |             |             |
|                           | df                                                           | SS             | MS         | F          | Significance F |            |             |             |
| Regression                | 1                                                            | 6,8298E+13     | 6,8298E+13 | 272,770286 | 7,8708E-05     |            |             |             |
| Residual                  | 4                                                            | 1,0015E+12     | 2,5039E+11 |            |                |            |             |             |
| Total                     | 5                                                            | 6,9299E+13     |            |            |                |            |             |             |
|                           | Coefficients                                                 | Standard Error | t Stat     | P-value    | Lower 95%      | Upper 95%  | Lower 95,0% | Upper 95,0% |
| Intercept                 | 3558236,73                                                   | 465833,538     | 7,6384297  | 0,00157787 | 2264875,49     | 4851597,98 | 2264875,49  | 4851597,98  |
| X Variable 1              | 39510,653                                                    | 2392,3002      | 16,5157587 | 7,8708E-05 | 32868,5628     | 46152,7431 | 32868,5628  | 46152,7431  |
| <b>LOD</b>                | 3,3*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1) |                |            |            |                |            |             |             |
|                           | 38,9072455                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| <b>LOQ</b>                | 10*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1)  |                |            |            |                |            |             |             |
|                           | 117,900744                                                   |                |            |            |                |            |             |             |

| GLUKOSE FRUKTOSE SUMMARY OUTPUT |                                                              |                |            |            |                |            |             |             |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------|------------|------------|----------------|------------|-------------|-------------|
| Regression Statistics           |                                                              |                |            |            |                |            |             |             |
| Multiple R                      | 0,9988849                                                    |                |            |            |                |            |             |             |
| R Square                        | 0,99777105                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| Adjusted R Sq                   | 0,99721381                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| Standard Error                  | 49792,3886                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| Observations                    | 6                                                            |                |            |            |                |            |             |             |
| ANOVA                           |                                                              |                |            |            |                |            |             |             |
|                                 | df                                                           | SS             | MS         | F          | Significance F |            |             |             |
| Regression                      | 1                                                            | 4,4393E+12     | 4,4393E+12 | 1790,56709 | 1,8645E-06     |            |             |             |
| Residual                        | 4                                                            | 9917127859     | 2479281965 |            |                |            |             |             |
| Total                           | 5                                                            | 4,4492E+12     |            |            |                |            |             |             |
|                                 | Coefficients                                                 | Standard Error | t Stat     | P-value    | Lower 95%      | Upper 95%  | Lower 95,0% | Upper 95,0% |
| Intercept                       | 3020472,58                                                   | 46354,1911     | 65,1607223 | 3,323E-07  | 2891772,71     | 3149172,44 | 2891772,71  | 3149172,44  |
| X Variable 1                    | 10073,2411                                                   | 238,05315      | 42,3150929 | 1,8645E-06 | 9412,29964     | 10734,1826 | 9412,29964  | 10734,1826  |
| <b>LOD</b>                      | 3,3*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1) |                |            |            |                |            |             |             |
|                                 | 15,1856616                                                   |                |            |            |                |            |             |             |
| <b>LOQ</b>                      | 10*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1)  |                |            |            |                |            |             |             |
|                                 | 46,0171562                                                   |                |            |            |                |            |             |             |

| FRUKTOSE SUMMARY OUTPUT |              |                                                              |            |            |                |            |             |             |
|-------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------|------------|-------------|-------------|
| Regression Statistics   |              |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Multiple R              | 0,99675017   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| R Square                | 0,99351091   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Adjusted R Sq           | 0,99188864   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Standard Error          | 92378,5559   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Observations            | 6            |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| ANOVA                   |              |                                                              |            |            |                |            |             |             |
|                         | df           | SS                                                           | MS         | F          | Significance F |            |             |             |
| Regression              | 1            | 5,2263E+12                                                   | 5,2263E+12 | 612,419134 | 1,5825E-05     |            |             |             |
| Residual                | 4            | 3,4135E+10                                                   | 8533797594 |            |                |            |             |             |
| Total                   | 5            | 5,2604E+12                                                   |            |            |                |            |             |             |
|                         | Coefficients | Standard Error                                               | t Stat     | P-value    | Lower 95%      | Upper 95%  | Lower 95,0% | Upper 95,0% |
| Intercept               | 3731434,93   | 85999,7553                                                   | 43,3889017 | 1,6869E-06 | 3492661,33     | 3970208,53 | 3492661,33  | 3970208,53  |
| X Variable 1            | 10929,6566   | 441,653972                                                   | 24,7471036 | 1,5825E-05 | 9703,42856     | 12155,8846 | 9703,42856  | 12155,8846  |
|                         | LOD          | 3,3*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1) |            |            |                |            |             |             |
|                         |              | 25,9659753                                                   |            |            |                |            |             |             |
|                         | LOQ          | 10*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1)  |            |            |                |            |             |             |
|                         |              | 78,6847736                                                   |            |            |                |            |             |             |

| SUCRALOSE SUMMARY OUTPUT |              |                                                              |            |            |                |            |             |             |
|--------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------|------------|-------------|-------------|
| Regression Statistics    |              |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Multiple R               | 0,97212918   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| R Square                 | 0,94503515   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Adjusted R Sq            | 0,93129394   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Standard Error           | 45884,4167   |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| Observations             | 6            |                                                              |            |            |                |            |             |             |
| ANOVA                    |              |                                                              |            |            |                |            |             |             |
|                          | df           | SS                                                           | MS         | F          | Significance F |            |             |             |
| Regression               | 1            | 1,4479E+11                                                   | 1,4479E+11 | 68,7737794 | 0,00115435     |            |             |             |
| Residual                 | 4            | 8421518778                                                   | 2105379695 |            |                |            |             |             |
| Total                    | 5            | 1,5322E+11                                                   |            |            |                |            |             |             |
|                          | Coefficients | Standard Error                                               | t Stat     | P-value    | Lower 95%      | Upper 95%  | Lower 95,0% | Upper 95,0% |
| Intercept                | 540856,178   | 42716,0673                                                   | 12,6616567 | 0,00022405 | 422257,362     | 659454,994 | 422257,362  | 659454,994  |
| X Variable 1             | 45480,7524   | 5484,23675                                                   | 8,2929958  | 0,00115435 | 30254,0701     | 60707,4347 | 30254,0701  | 60707,4347  |
|                          | LOD          | 3,3*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1) |            |            |                |            |             |             |
|                          |              | 3,09939952                                                   |            |            |                |            |             |             |
|                          | LOQ          | 10*Standard Error (Intercept) / Coefficients (X Variable 1)  |            |            |                |            |             |             |
|                          |              | 9,39211975                                                   |            |            |                |            |             |             |

Tabelle 62: Daten zur Berechnung der Konzentration von Sucralose in ENSO 16 bei unterschiedlichen Temperaturen und in der Keksmatrix im Überblick. Anhand der AUCs wurde mithilfe der Verdünnungsfaktoren weiter auf die Konzentration in g/L gerechnet.

| Sucralose                                 |                  |                |                            |             |
|-------------------------------------------|------------------|----------------|----------------------------|-------------|
| Geradengleichung<br>$y = 45481x + 540856$ |                  |                |                            |             |
| Umrechnungsfaktor Keks                    | *350             |                | Umrechnungsfaktor<br>Hitze | *1400       |
|                                           | AUC              |                | umgerechnet auf<br>mg/μl   | g/L         |
| ENSO 16 0 °C                              | 867937           | 7,19160        | 0,00514                    | 5,14        |
| ENSO 16 0 °C                              | 947812           | 8,94782        | 0,00639                    | 6,39        |
| ENSO 16 0 °C                              | 894615           | 7,77817        | 0,00556                    | 5,56        |
| <b>MW ENSO 16 0 °C</b>                    | <b>903454,67</b> | <b>7,97253</b> | <b>0,00569</b>             | <b>5,69</b> |
| <b>STABW ENSO 16 0 °C</b>                 | <b>33202,50</b>  | <b>0,73003</b> | <b>0,00052</b>             | <b>0,52</b> |
| ENSO 16 100 °C                            | 920215           | 8,34104        | 0,00596                    | 5,96        |
| ENSO 16 100 °C                            | 996791           | 10,02474       | 0,00716                    | 7,16        |
| ENSO 16 100 °C                            | 946791           | 8,92538        | 0,00638                    | 6,38        |
| <b>MW ENSO 16 100 °C</b>                  | <b>954599,00</b> | <b>9,09705</b> | <b>0,00650</b>             | <b>6,50</b> |
| <b>STABW ENSO 16 100 °C</b>               | <b>31745,81</b>  | <b>0,69800</b> | <b>0,00050</b>             | <b>0,50</b> |
| ENSO 16 150 °C                            | 927869           | 8,50933        | 0,00608                    | 6,08        |
| ENSO 16 150 °C                            | 998679           | 10,06625       | 0,00719                    | 7,19        |
| ENSO 16 150 °C                            | 876391           | 7,37748        | 0,00527                    | 5,27        |
| <b>MW ENSO 16 150 °C</b>                  | <b>934313,00</b> | <b>8,65102</b> | <b>0,00618</b>             | <b>6,18</b> |
| <b>STABW ENSO 16 150 °C</b>               | <b>50131,38</b>  | <b>1,10225</b> | <b>0,00079</b>             | <b>0,79</b> |
| ENSO 16 200 °C                            | 998740           | 10,06759       | 0,00719                    | 7,19        |
| ENSO 16 200 °C                            | 854718           | 6,90095        | 0,00493                    | 4,93        |
| ENSO 16 200 °C                            | 927861           | 8,50916        | 0,00608                    | 6,08        |
| <b>MW ENSO 16 200 °C</b>                  | <b>927106,33</b> | <b>8,49256</b> | <b>0,00607</b>             | <b>6,07</b> |
| <b>STABW ENSO 16 200 °C</b>               | <b>58799,16</b>  | <b>1,29283</b> | <b>0,00092</b>             | <b>0,92</b> |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %                | 628956           | 1,93707        | 0,00553                    | 5,53        |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %                | 679173           | 3,04120        | 0,00869                    | 8,69        |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %                | 718647           | 3,90913        | 0,01117                    | 11,17       |
| <b>MW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>      | <b>675592,00</b> | <b>2,96247</b> | <b>0,00846</b>             | <b>8,46</b> |
| <b>STABW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>   | <b>36703,65</b>  | <b>0,80701</b> | <b>0,00231</b>             | <b>2,31</b> |
| Keksmatrix in Wasser 100 %                | 610973           | 1,54168        | 0,00440                    | 4,40        |
| Keksmatrix in Wasser 100 %                | 649821           | 2,39584        | 0,00685                    | 6,85        |
| Keksmatrix in Wasser 100 %                | 590812           | 1,09839        | 0,00314                    | 3,14        |
| <b>MW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>      | <b>617202,00</b> | <b>1,67864</b> | <b>0,00480</b>             | <b>4,80</b> |
| <b>STABW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>   | <b>24489,67</b>  | <b>0,53846</b> | <b>0,00154</b>             | <b>1,54</b> |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                    | 698956           | 3,47618        | 0,00993                    | 9,93        |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                    | 639238           | 2,16315        | 0,00618                    | 6,18        |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                    | 613629           | 1,60007        | 0,00457                    | 4,57        |
| <b>MW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>          | <b>650607,67</b> | <b>2,41313</b> | <b>0,00689</b>             | <b>6,89</b> |
| <b>STABW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>       | <b>35750,30</b>  | <b>0,78605</b> | <b>0,00225</b>             | <b>2,25</b> |

Tabelle 63: Daten zur Berechnung der Konzentration von Saccharose in ENSO 16 bei unterschiedlichen Temperaturen und in der Keksmatrix im Überblick. Anhand der AUCs wurde mithilfe der Verdünnungsfaktoren weiter auf die Konzentration in g/L gerechnet.

| Saccharose                               |                    |                 |                            |              |
|------------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|--------------|
| Geradengleichung<br>$y = 2E+06x + 4E+06$ |                    |                 |                            |              |
| Umrechnungsfaktor Kekse                  | *350               |                 | Umrechnungsfaktor<br>Hitze | *1400        |
|                                          | AUC                |                 | umgerechnet auf<br>mg/μl   | g/L          |
| ENSO 16 0 °C                             | 17876767           | 6,93838         | 0,00496                    | 4,96         |
| ENSO 16 0 °C                             | 16989979           | 6,49499         | 0,00464                    | 4,64         |
| ENSO 16 0 °C                             | 17140361           | 6,57018         | 0,00469                    | 4,69         |
| <b>MW ENSO 16 0 °C</b>                   | <b>17335702,33</b> | <b>6,66785</b>  | <b>0,00476</b>             | <b>4,76</b>  |
| <b>STABW ENSO 16 0 °C</b>                | <b>387484,98</b>   | <b>0,19374</b>  | <b>0,00014</b>             | <b>0,14</b>  |
| ENSO 16 100 °C                           | 23746260           | 9,87313         | 0,00705                    | 7,05         |
| ENSO 16 100 °C                           | 24389692           | 10,19485        | 0,00728                    | 7,28         |
| ENSO 16 100 °C                           | 24196852           | 10,09843        | 0,00721                    | 7,21         |
| <b>MW ENSO 16 100 °C</b>                 | <b>24110934,67</b> | <b>10,05547</b> | <b>0,00718</b>             | <b>7,18</b>  |
| <b>STABW ENSO 16 100 °C</b>              | <b>269613,95</b>   | <b>0,13481</b>  | <b>0,00010</b>             | <b>0,10</b>  |
| ENSO 16 150 °C                           | 26439478           | 11,21974        | 0,00801                    | 8,01         |
| ENSO 16 150 °C                           | 28381237           | 12,19062        | 0,00871                    | 8,71         |
| ENSO 16 150 °C                           | 25902254           | 10,95113        | 0,00782                    | 7,82         |
| <b>MW ENSO 16 150 °C</b>                 | <b>26907656,33</b> | <b>11,45383</b> | <b>0,00818</b>             | <b>8,18</b>  |
| <b>STABW ENSO 16 150 °C</b>              | <b>1064810,59</b>  | <b>0,53241</b>  | <b>0,00038</b>             | <b>0,38</b>  |
| ENSO 16 200 °C                           | 25902254           | 10,95113        | 0,00782                    | 7,82         |
| ENSO 16 200 °C                           | 27697346           | 11,84867        | 0,00846                    | 8,46         |
| ENSO 16 200 °C                           | 26737398           | 11,36870        | 0,00812                    | 8,12         |
| <b>MW ENSO 16 200 °C</b>                 | <b>26778999,33</b> | <b>11,38950</b> | <b>0,00814</b>             | <b>8,14</b>  |
| <b>STABW ENSO 16 200 °C</b>              | <b>733433,40</b>   | <b>0,36672</b>  | <b>0,00026</b>             | <b>0,26</b>  |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %               | 3699825            | -0,15009        | -0,00043                   | -0,43        |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %               | 4094984            | 0,04749         | 0,00014                    | 0,14         |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %               | 4200083            | 0,10004         | 0,00029                    | 0,29         |
| <b>MW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>     | <b>3998297,33</b>  | <b>-0,00085</b> | <b>0,00000</b>             | <b>0,00</b>  |
| <b>STABW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>  | <b>215369,06</b>   | <b>0,10768</b>  | <b>0,00031</b>             | <b>0,31</b>  |
| Keksmatrix in Wasser 100 %               | 4211800            | 0,10590         | 0,00030                    | 0,30         |
| Keksmatrix in Wasser 100 %               | 5047316            | 0,52366         | 0,00150                    | 1,50         |
| Keksmatrix in Wasser 100 %               | 3291167            | -0,35442        | -0,00101                   | -1,01        |
| <b>MW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>     | <b>4183427,67</b>  | <b>0,09171</b>  | <b>0,00026</b>             | <b>0,26</b>  |
| <b>STABW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>  | <b>717225,47</b>   | <b>0,35861</b>  | <b>0,00102</b>             | <b>1,02</b>  |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                   | 3898976            | -0,05051        | -0,00014                   | -0,14        |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                   | 4189032            | 0,09452         | 0,00027                    | 0,27         |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                   | 3489012            | -0,25549        | -0,00073                   | -0,73        |
| <b>MW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>         | <b>3859006,67</b>  | <b>-0,07050</b> | <b>-0,00020</b>            | <b>-0,20</b> |
| <b>STABW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>      | <b>287176,09</b>   | <b>0,14359</b>  | <b>0,00041</b>             | <b>0,41</b>  |



Tabelle 64: Daten zur Berechnung der Konzentration von Glukose in ENSO 16 bei unterschiedlichen Temperaturen und in der Keksmatrix im Überblick. Anhand der AUCs wurde mithilfe der Verdünnungsfaktoren weiter auf die Konzentration in g/L gerechnet.

| Glukose                                  |                    |                   |                                |                |
|------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|----------------|
| Geradengleichung<br>$y = 10073x + 3E+06$ |                    |                   |                                |                |
| Umrechnungsfaktor Keks                   | *350               |                   | Umrechnungsfaktor<br>Hitze     | *1400          |
|                                          | AUC                |                   | umgerechnet auf<br>mg/ $\mu$ l | g/L            |
| ENSO 16 0 °C                             | 11492564           | 843,10176         | 0,60222                        | 602,22         |
| ENSO 16 0 °C                             | 15489231           | 1239,87203        | 0,88562                        | 885,62         |
| ENSO 16 0 °C                             | 13872945           | 1079,41477        | 0,77101                        | 771,01         |
| <b>MW ENSO 16 0 °C</b>                   | <b>13618246,67</b> | <b>1054,12952</b> | <b>0,75295</b>                 | <b>752,95</b>  |
| <b>STABW ENSO 16 0 °C</b>                | <b>1641542,00</b>  | <b>162,96456</b>  | <b>0,11640</b>                 | <b>116,40</b>  |
| ENSO 16 100 °C                           | 12673981           | 960,38727         | 0,68599                        | 685,99         |
| ENSO 16 100 °C                           | 14378192           | 1129,57331        | 0,80684                        | 806,84         |
| ENSO 16 100 °C                           | 13059131           | 998,62315         | 0,71330                        | 713,30         |
| <b>MW ENSO 16 100 °C</b>                 | <b>13370434,67</b> | <b>1029,52791</b> | <b>0,73538</b>                 | <b>735,38</b>  |
| <b>STABW ENSO 16 100 °C</b>              | <b>729733,40</b>   | <b>72,44450</b>   | <b>0,05175</b>                 | <b>51,75</b>   |
| ENSO 16 150 °C                           | 29506972           | 2631,48734        | 1,87963                        | 1879,63        |
| ENSO 16 150 °C                           | 26960905           | 2378,72580        | 1,69909                        | 1699,09        |
| ENSO 16 150 °C                           | 22755778           | 1961,26060        | 1,40090                        | 1400,90        |
| <b>MW ENSO 16 150 °C</b>                 | <b>26407885,00</b> | <b>2323,82458</b> | <b>1,65987</b>                 | <b>1659,87</b> |
| <b>STABW ENSO 16 150 °C</b>              | <b>2783765,85</b>  | <b>276,35916</b>  | <b>0,19740</b>                 | <b>197,40</b>  |
| ENSO 16 200 °C                           | 22527008           | 1938,54939        | 1,38468                        | 1384,68        |
| ENSO 16 200 °C                           | 19515292           | 1639,56041        | 1,17111                        | 1171,11        |
| ENSO 16 200 °C                           | 13059131           | 998,62315         | 0,71330                        | 713,30         |
| <b>MW ENSO 16 200 °C</b>                 | <b>18367143,67</b> | <b>1525,57765</b> | <b>1,08970</b>                 | <b>1089,70</b> |
| <b>STABW ENSO 16 200 °C</b>              | <b>3949587,08</b>  | <b>392,09640</b>  | <b>0,28007</b>                 | <b>280,07</b>  |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %               | 1767592            | -122,34766        | -0,34956                       | -349,56        |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %               | 1967972            | -102,45488        | -0,29273                       | -292,73        |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %               | 1862496            | -112,92604        | -0,32265                       | -322,65        |
| <b>MW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>     | <b>1866020,00</b>  | <b>-112,57619</b> | <b>-0,32165</b>                | <b>-321,65</b> |
| <b>STABW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>  | <b>81842,74</b>    | <b>8,12496</b>    | <b>0,02321</b>                 | <b>23,21</b>   |
| Keksmatrix in Wasser 100 %               | 3892075            | 88,56100          | 0,25303                        | 253,03         |
| Keksmatrix in Wasser 100 %               | 4101886            | 109,39005         | 0,31254                        | 312,54         |
| Keksmatrix in Wasser 100 %               | 2900823            | -9,84583          | -0,02813                       | -28,13         |
| <b>MW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>     | <b>3631594,67</b>  | <b>62,70174</b>   | <b>0,17915</b>                 | <b>179,15</b>  |
| <b>STABW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>  | <b>523784,68</b>   | <b>51,99888</b>   | <b>0,14857</b>                 | <b>148,57</b>  |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                   | 1669897            | -132,04636        | -0,37728                       | -377,28        |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                   | 1274638            | -171,28581        | -0,48939                       | -489,39        |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                   | 1438991            | -154,96962        | -0,44277                       | -442,77        |
| <b>MW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>         | <b>1461175,33</b>  | <b>-152,76727</b> | <b>-0,43648</b>                | <b>-436,48</b> |
| <b>STABW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>      | <b>162124,49</b>   | <b>16,09496</b>   | <b>0,04599</b>                 | <b>45,99</b>   |

Tabelle 65: Daten zur Berechnung der Konzentration von Fruktose in ENSO 16 bei unterschiedlichen Temperaturen und in der Keksmatrix im Überblick. Anhand der AUCs wurde mithilfe der Verdünnungsfaktoren weiter auf die Konzentration in g/L gerechnet.

| Fruktose                                        |                    |                   |                                |                |
|-------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|----------------|
| <b>Geradengleichung</b><br>$y = 10930x + 4E+06$ |                    |                   |                                |                |
| <b>Umrechnungsfaktor Keks</b>                   | *350               |                   | <b>Umrechnungsfaktor Hitze</b> | *1400          |
|                                                 | <b>AUC</b>         |                   | <b>umgerechnet auf mg/μl</b>   | <b>g/L</b>     |
| ENSO 16 0 °C                                    | 16666998           | 1158,92022        | 0,82780                        | 827,80         |
| ENSO 16 0 °C                                    | 12764819           | 801,90476         | 0,57279                        | 572,79         |
| ENSO 16 0 °C                                    | 14890234           | 996,36176         | 0,71169                        | 711,69         |
| <b>MW ENSO 16 0 °C</b>                          | <b>14774017,00</b> | <b>985,72891</b>  | <b>0,70409</b>                 | <b>704,09</b>  |
| <b>STABW ENSO 16 0 °C</b>                       | <b>1595176,07</b>  | <b>145,94475</b>  | <b>0,10425</b>                 | <b>104,25</b>  |
| ENSO 16 100 °C                                  | 43958856           | 3655,88801        | 2,61135                        | 2611,35        |
| ENSO 16 100 °C                                  | 45315688           | 3780,02635        | 2,70002                        | 2700,02        |
| ENSO 16 100 °C                                  | 16182715           | 1114,61253        | 0,79615                        | 796,15         |
| <b>MW ENSO 16 100 °C</b>                        | <b>35152419,67</b> | <b>2850,17563</b> | <b>2,03584</b>                 | <b>2035,84</b> |
| <b>STABW ENSO 16 100 °C</b>                     | <b>13425039,28</b> | <b>1228,27441</b> | <b>0,87734</b>                 | <b>877,34</b>  |
| ENSO 16 150 °C                                  | 42379138           | 3511,35755        | 2,50811                        | 2508,11        |
| ENSO 16 150 °C                                  | 39063858           | 3208,03824        | 2,29146                        | 2291,46        |
| ENSO 16 150 °C                                  | 34963290           | 2832,87191        | 2,02348                        | 2023,48        |
| <b>MW ENSO 16 150 °C</b>                        | <b>38802095,33</b> | <b>3184,08923</b> | <b>2,27435</b>                 | <b>2274,35</b> |
| <b>STABW ENSO 16 150 °C</b>                     | <b>3033160,09</b>  | <b>277,50778</b>  | <b>0,19822</b>                 | <b>198,22</b>  |
| ENSO 16 200 °C                                  | 24359772           | 1862,74218        | 1,33053                        | 1330,53        |
| ENSO 16 200 °C                                  | 26427692           | 2051,93888        | 1,46567                        | 1465,67        |
| ENSO 16 200 °C                                  | 16182715           | 1114,61253        | 0,79615                        | 796,15         |
| <b>MW ENSO 16 200 °C</b>                        | <b>22323393,00</b> | <b>1676,43120</b> | <b>1,19745</b>                 | <b>1197,45</b> |
| <b>STABW ENSO 16 200 °C</b>                     | <b>4423423,86</b>  | <b>404,70484</b>  | <b>0,28907</b>                 | <b>289,07</b>  |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %                      | 2073773            | -176,23303        | -0,50352                       | -503,52        |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %                      | 2349349            | -151,02022        | -0,43149                       | -431,49        |
| Keksmatrix in Ethanol 80 %                      | 2158962            | -168,43898        | -0,48125                       | -481,25        |
| <b>MW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>            | <b>2194028,00</b>  | <b>-165,23074</b> | <b>-0,47209</b>                | <b>-472,09</b> |
| <b>STABW Keksmatrix in Ethanol 80 %</b>         | <b>115203,45</b>   | <b>10,54011</b>   | <b>0,03011</b>                 | <b>30,11</b>   |
| Keksmatrix in Wasser 100 %                      | 3381853            | -56,55508         | -0,16159                       | -161,59        |
| Keksmatrix in Wasser 100 %                      | 5857350            | 169,93138         | 0,48552                        | 485,52         |
| Keksmatrix in Wasser 100 %                      | 2761933            | -113,27237        | -0,32364                       | -323,64        |
| <b>MW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>            | <b>4000378,67</b>  | <b>0,03464</b>    | <b>0,00010</b>                 | <b>0,10</b>    |
| <b>STABW Keksmatrix in Wasser 100 %</b>         | <b>1337243,96</b>  | <b>122,34620</b>  | <b>0,34956</b>                 | <b>349,56</b>  |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                          | 2473773            | -139,63651        | -0,39896                       | -398,96        |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                          | 1986473            | -184,22022        | -0,52634                       | -526,34        |
| ENSO 16 in Ethanol 80%                          | 2284578            | -156,94620        | -0,44842                       | -448,42        |
| <b>MW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>                | <b>2248274,67</b>  | <b>-160,26764</b> | <b>-0,45791</b>                | <b>-457,91</b> |
| <b>STABW ENSO 16 in Ethanol 80%</b>             | <b>200588,75</b>   | <b>18,35213</b>   | <b>0,05243</b>                 | <b>52,43</b>   |

## Demografische Rohdaten

Tabelle 66: Demografische Daten der einzelnen ProbandInnen zur Berechnung des Mittelwerts und der Standardabweichung

| Proband            | Geschlecht | Pulsrate<br>[beats/min] | Größe [cm] | Gewicht [kg] | BMI [kg/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------|------------|-------------------------|------------|--------------|--------------------------|
| 1                  | M          | 83                      | 182        | 80           | 24,14                    |
| 2                  | M          | 74                      | 185        | 83           | 24,24                    |
| 3                  | M          | 85                      | 182        | 75           | 22,64                    |
| 4                  | M          | 68                      | 184        | 70           | 20,67                    |
| 5                  | W          | 77                      | 158        | 52,1         | 20,83                    |
| 6                  | W          | 75                      | 162        | 50           | 19,05                    |
| 7                  | M          | 78                      | 170        | 64,5         | 22,32                    |
| 8                  | W          | 80                      | 158        | 56           | 22,43                    |
| 9                  | W          | 85                      | 163        | 60           | 22,58                    |
| 10                 | W          | 66                      | 180        | 66           | 20,37                    |
| 11                 | M          | 71                      | 182        | 79           | 23,85                    |
| 12                 | M          | 68                      | 183        | 80           | 23,89                    |
| 13                 | W          | 78                      | 168        | 65           | 23,03                    |
| 14                 | W          | 69                      | 165        | 59           | 21,67                    |
| 15                 | W          | 84                      | 166        | 55           | 19,95                    |
| Mittelwert         |            | 76,1                    | 172,5      | 66,3         | 22,1                     |
| Standardabweichung |            | 6,6                     | 10,3       | 11,0         | 1,6                      |

Tabelle 67: Übersicht der Blutdruck und Nüchtern-Blutzuckerwerte der einzelnen ProbandInnen von Tag 1 zur Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung.

|                    | Tag 1                         |                                |                             |
|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Proband            | Systolischer Blutdruck [mmHg] | Diastolischer Blutdruck [mmHg] | Nüchtern Blutzucker [mg/dL] |
| 1                  | 139                           | 91                             | 86                          |
| 2                  | 132                           | 60                             | 94                          |
| 3                  | 130                           | 65                             | 93                          |
| 4                  | 126                           | 82                             | 94                          |
| 5                  | 111                           | 78                             | 96                          |
| 6                  | 112                           | 76                             | 75                          |
| 7                  | 124                           | 76                             | 78                          |
| 8                  | 122                           | 82                             | 97                          |
| 9                  | 111                           | 74                             | 81                          |
| 10                 | 113                           | 76                             | 93                          |
| 11                 | 137                           | 77                             | 73                          |
| 13                 | 145                           | 83                             | 82                          |
| 14                 | 133                           | 82                             | 93                          |
| 15                 | 112                           | 64                             | 82                          |
| 18                 | 118                           | 85                             | 92                          |
| Mittelwert         | 124,3                         | 76,7                           | 87,3                        |
| Standardabweichung | 11,4                          | 8,4                            | 8,1                         |

*Tabelle 68: Übersicht der Blutdruck und Nüchtern-Blutzuckerwerte der einzelnen ProbandInnen von Tag 2 zur Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung.*

|                           | <b>Tag 2</b>                             |                                           |                                        |
|---------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Proband</b>            | <b>Systolischer Blutdruck<br/>[mmHg]</b> | <b>Diastolischer Blutdruck<br/>[mmHg]</b> | <b>Nüchtern Blutzucker<br/>[mg/dL]</b> |
| <b>1</b>                  | 147                                      | 76                                        | 92                                     |
| <b>2</b>                  | 130                                      | 76                                        | 93                                     |
| <b>3</b>                  | 120                                      | 70                                        | 99                                     |
| <b>4</b>                  | 130                                      | 72                                        | 84                                     |
| <b>5</b>                  | 111                                      | 67                                        | 87                                     |
| <b>6</b>                  | 116                                      | 66                                        | 100                                    |
| <b>7</b>                  | 114                                      | 70                                        | 71                                     |
| <b>8</b>                  | 126                                      | 77                                        | 93                                     |
| <b>9</b>                  | 108                                      | 71                                        | 96                                     |
| <b>10</b>                 | 119                                      | 69                                        | 93                                     |
| <b>11</b>                 | 131                                      | 87                                        | 81                                     |
| <b>13</b>                 | 137                                      | 77                                        | 86                                     |
| <b>14</b>                 | 142                                      | 93                                        | 89                                     |
| <b>15</b>                 | 112                                      | 70                                        | 86                                     |
| <b>18</b>                 | 123                                      | 74                                        | 92                                     |
| <b>Mittelwert</b>         | 124,40                                   | 74,33                                     | 89,47                                  |
| <b>Standardabweichung</b> | 11,71                                    | 7,34                                      | 7,41                                   |

## Randomisierungsliste

| Tag | Proband  | Substanz | Tag | Proband  | Substanz |
|-----|----------|----------|-----|----------|----------|
| 1   | 1        | 1        | 2   | 1        | 2        |
| 1   | 2        | 2        | 2   | 2        | 1        |
| 1   | 3        | 2        | 2   | 3        | 1        |
| 1   | 4        | 1        | 2   | 4        | 2        |
| 1   | 5        | 1        | 2   | 5        | 2        |
| 1   | 6        | 2        | 2   | 6        | 1        |
| 1   | 7        | 2        | 2   | 7        | 1        |
| 1   | 8        | 1        | 2   | 8        | 2        |
| 1   | 9        | 1        | 2   | 9        | 2        |
| 1   | 10       | 2        | 2   | 10       | 1        |
| 1   | 11       | 1        | 2   | 11       | 2        |
| 1   | 12       | 2        | 2   | 12       | 1        |
| 1   | 13       | 1        | 2   | 13       | 2        |
| 1   | 14       | 2        | 2   | 14       | 1        |
| 1   | 15       | 2        | 2   | 15       | 1        |
| 1   | Zusatz 1 | 1        | 2   | Zusatz 1 | 2        |
| 1   | Zusatz 2 | 1        | 2   | Zusatz 2 | 2        |
| 1   | Zusatz 3 | 2        | 2   | Zusatz 3 | 1        |
|     |          |          |     |          |          |

Abbildung 66: Randomisierungsliste für die Zuordnung der Studienmedikamente an die ProbandInnen an den zwei unterschiedlichen Studientagen.

Enso16-Study– Version 1.0 – 04.02.2022

No. \_\_ \_\_

|                                                              |   |                                                                                |
|--------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------|
| Department of Clin. Pharmacology<br>Vienna University<br>AKH | 1 | A-1090 Wien<br>Währinger Gürtel 18-20<br>Tel.: 40400 29810<br>Fax: 40400 29980 |
|--------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------|

## CASE REPORT FORM

***A randomized, double-blind, active-controlled, cross-over study to assess the effect of the sugar substitute “ENSO 16” on glucose metabolism parameters in healthy subjects***

Principal Investigator: Dr. med. univ. Dr. scient. med. Stefan Weisshaar,  
Department of Clinical Pharmacology, AKH Wien

Protocol Author: Lena Marie Mussbacher, BSc, NEOH by Alpha Republic  
GmbH

Academic investigator: Dr. Martin Lutnik, Department of Clinical Pharmacology,  
AKH Wien

Dr. Karolina Samekova, Department of Clinical  
Pharmacology, AKH Wien

Univ. Prof. Dr. Michael Wolzt, Department of Clinical  
Pharmacology, AKH Wien

Sponsor: NEOH by Alpha Republic GmbH  
Rooseveltplatz 11/1  
1090 Wien

Clinical Trial Center: Medical University of Vienna  
Department of Clinical Pharmacology,  
Währinger Gürtel 18-20  
1090 Wien

Monitor: Patrick Kolomaznik, NEOH by Alpha Republic GmbH

|                                                                   |   |                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------|
| Department ,<br>of Clin. Pharmacology<br>Vienna University<br>AKH | 2 | A-1090 Wien<br>Währinger Gürtel 18-20<br>Tel.: 40400 29810<br>Fax: 40400 29980 |
|-------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------|

**PRESTUDY SCREENING**

Date of informed consent (dd/mm/yy): \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_

sex (m/w) \_\_\_\_\_

pulse rate \_\_\_\_\_ beats/min

height \_\_\_\_\_ cm

weight \_\_\_\_\_ kg

BMI \_\_\_\_\_ kg/m<sup>2</sup>Pregnancy test: done? ☐ Yes ☐ No ☐ n.aIf "yes": Result ☐ Negative ☐ PositiveMedical History: done? ☐ Yes ☐ No

\_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_

\_\_\_\_\_



Date

Department of Clin. Pharmacology  
Vienna University  
AKH

3

Signature

A-1090 Wien  
Währinger Gürtel 18-20  
Tel.: 40400 29810  
Fax: 40400 29980**INCLUSION CRITERIA**

All inclusion criteria are fulfilled

Yes ☐No ☐**EXCLUSION CRITERIA**

No exclusion criteria is fulfilled

Yes ☐No ☐**RANDOMISATION**

Was the subject randomized?

Yes ☐No ☐

Study day 1: \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_

done? ☐ Yes ☐ No

Systolic/ diastolic BP

\_\_ \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ \_\_ mmHg

Fasting blood glucose

\_\_ \_\_ \_\_ mg/dL

Administration of ENSO16/Glucose

done? ☐ Yes ☐ No

Questionnaire GI-symptoms

done? ☐ Yes ☐ No

Rating of GI-symptoms:

|                | 0 min | 15 min | 30 min | 45 min | 60 min | 90 min | 120 min | 180 min |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Bauchschmerzen |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Übelkeit       |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Erbrechen      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Durchfall      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Bauchknurren   |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Blähungen      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Aufstoßen      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Flatulenz      |       |        |        |        |        |        |         |         |

\_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_

\_\_\_\_\_

Date

Signature

Study day 2: \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_

done? ☐ Yes ☐ No

Fasting blood glucose

\_\_ \_\_ \_\_ mg/dL

Systolic/ diastolic BP

\_\_ \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ \_\_ mmHg

Administration of ENSO16/Glucose

done? ☐ Yes ☐ No

Questionnaire GI-symptoms

done? ☐ Yes ☐ No

Rating of GI-symptoms:

|                | 0 min | 15 min | 30 min | 45 min | 60 min | 90 min | 120 min | 180 min |
|----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Bauchschmerzen |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Übelkeit       |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Erbrechen      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Durchfall      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Bauchknurren   |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Blähungen      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Aufstoßen      |       |        |        |        |        |        |         |         |
| Flatulenz      |       |        |        |        |        |        |         |         |

\_\_ \_\_ / \_\_ \_\_ / \_\_ \_\_

\_\_\_\_\_

| Date                                                         |   | Signature                                                                      |
|--------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------|
| Department of Clin. Pharmacology<br>Vienna University<br>AKH | 4 | A-1090 Wien<br>Währinger Gürtel 18-20<br>Tel.: 40400 29810<br>Fax: 40400 29980 |

Did the subject complete the study according to protocol? ☐ yes ☐ no

If "no", please give reason(s):

.....  
 .....  
 .....

All data have been entered under my responsibility and to the best of my knowledge are accurate and complete.

\_\_ / \_\_ / \_\_  
 Date

Signature: \_\_\_\_\_  
 Dr. med. univ. Dr. scient. med. Stefan Weisshaar

No. \_\_\_\_

|                                                              |   |                                                                                |
|--------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------|
| Department of Clin. Pharmacology<br>Vienna University<br>AKH | 5 | A-1090 Wien<br>Währinger Gürtel 18-20<br>Tel.: 40400 29810<br>Fax: 40400 29980 |
|--------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------|

### ADVERSE EVENTS

Any adverse events: ☐ no  
☐ yes, please specify below

| Adverse Event<br>(one per section) | Onset Date<br>Onset Time | End Date<br>End Time | Action Taken<br>1. none<br>2. other (specify) | Severity<br>1. mild<br>2. moderate<br>3. severe | Outcome<br>1. recovered<br>2. recovered with sequelae<br>3. AE still present<br>4. Death<br>5. Unknown | Relationship to<br>Substance<br>1. Definite<br>2. Probable<br>3. Possible<br>4. Unlikely<br>5. Unrelated | Serious?<br>No<br>Yes |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1.                                 |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |
| Comments:                          |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |
| 2.                                 |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |
| Comments:                          |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |
| 3.                                 |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |
| Comments:                          |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |
| 4.                                 |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |
| Comments:                          |                          |                      |                                               |                                                 |                                                                                                        |                                                                                                          |                       |

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Date

\_\_\_\_\_  
Signature

## Normalisierte Daten zur Berechnung der AUC von Blutzucker, Insulin und C-Peptid

Tabelle 69: Normalisierte Daten zur weiteren Berechnung der AUCs von Blutzucker, Insulin und C-Peptid nach der oralen Einnahme von 30 g Glukose in 200 mL Wasser.

|            | Glukose    |      |      |      |     |       |       |       |         |      |      |      |       |       |       |       |          |      |      |      |      |      |      |       |
|------------|------------|------|------|------|-----|-------|-------|-------|---------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|----------|------|------|------|------|------|------|-------|
|            | Blutzucker |      |      |      |     |       |       |       | Insulin |      |      |      |       |       |       |       | C-Peptid |      |      |      |      |      |      |       |
|            | 0          | 15   | 30   | 45   | 60  | 90    | 120   | 180   | 0       | 15   | 30   | 45   | 60    | 90    | 120   | 180   | 0        | 15   | 30   | 45   | 60   | 90   | 120  | 180   |
| Propand 1  | 0          | 18   | 24   | 10   | -12 | -18   | -8    | -5    | 0       | 20,6 | 34   | 25,6 | 4,7   | -4,23 | -4,73 | -5,54 | 0        | 1,4  | 2,8  | 3    | 1,7  | 0,2  | -0,3 | -0,5  |
| Propand 2  | 0          | 40   | 55   | 12   | -14 | -9    | -4    | 0     | 0       | 1,04 | 19,4 | 9,3  | -0,54 | -3,54 | -3,02 | -2,78 | 0        | 1,4  | 2,8  | 2,3  | 0,7  | -0,2 | -0,6 | -0,9  |
| Propand 3  | 0          | 44   | 62   | 36   | 6   | -25   | -18   | -8    | 0       | 41   | 69,5 | 49,1 | 15,3  | -0,81 | -3,63 | -3,27 | 0        | 3,1  | 6    | 5,6  | 3,6  | 0,8  | 0,1  | -0,2  |
| Propand 4  | 0          | 51   | 91   | 117  | 91  | 40    | 6     | -16   | 0       | 38,2 | 40,4 | 51,9 | 22,6  | 13,9  | 2,82  | -2,19 | 0        | 3,1  | 4,2  | 6    | 5,6  | 4,1  | 2,5  | 0,7   |
| Propand 5  | 0          | 37   | 42   | 14   | -3  | -10   | -15   | -5    | 0       | 32,6 | 50,4 | 16,2 | 0,31  | -0,53 | -2,26 | -2,73 | 0        | 2,8  | 4,3  | 3,2  | 2,4  | 1,1  | 0,3  | -0,2  |
| Propand 6  | 0          | 20   | 31   | 28   | 3   | -25   | -20   | -1    | 0       | 14,4 | 19,3 | 23,4 | 19,3  | 0,39  | -2,21 | -0,64 | 0        | 1,3  | 2,5  | 3,6  | 3,6  | 1,7  | 0,5  | 0,3   |
| Propand 7  | 0          | 61   | 86   | 34   | 15  | -9    | 4     | 17    | 0       | 46,4 | 49,3 | 21,6 | 8,96  | 0,11  | 0,77  | -1,36 | 0        | 3    | 4,7  | 3,5  | 1,7  | -0,6 | -1,1 | -2,2  |
| Propand 8  | 0          | 43   | 52   | 42   | 21  | -21   | -18   | -6    | 0       | 25,9 | 34,8 | 33,6 | 21,1  | 1,66  | -1,29 | -2,19 | 0        | 1,9  | 3,3  | 4,1  | 3,8  | 1,3  | 0,4  | -0,1  |
| Propand 9  | 0          | 21   | 32   | 0    | -4  | -11   | -12   | -6    | 0       | 17   | 24,6 | 8,05 | 7,15  | 2,68  | -0,72 | -2,67 | 0        | 1,2  | 2,4  | 1,8  | 1,6  | 1,2  | 0,6  | -0,1  |
| Propand 10 | 0          | 23   | 14   | -2   | -18 | -17   | -11   | -3    | 0       | 28   | 31,5 | 26,2 | 10,3  | 1,8   | -1,5  | -4,66 | 0        | 1,6  | 2,8  | 2,8  | 2    | 1,1  | 0,6  | -0,2  |
| Propand 11 | 0          | 33   | 40   | 8    | -8  | -11   | 2     | 12    | 0       | 25,1 | 25   | 10,1 | 0,78  | 0,06  | -1,57 | -0,81 | 0        | 2,2  | 3    | 2,6  | 1,3  | 0,5  | 0,1  | -0,1  |
| Propand 12 | 0          | 29   | 30   | 33   | 9   | 0     | 2     | 3     | 0       | 24,8 | 23,7 | 19,7 | 0,06  | -5,07 | -4,82 | -5,99 | 0        | 1,8  | 2,6  | 2,9  | 1,7  | 0,3  | 0,1  | -0,3  |
| Propand 13 | 0          | 15   | 32   | 29   | 19  | -8    | -5    | 3     | 0       | 21,4 | 28,6 | 25,6 | 17,4  | 2,32  | 1,18  | 2,83  | 0        | 1,8  | 3,2  | 4    | 3,6  | 1,3  | 0,7  | 0,4   |
| Propand 14 | 0          | 18   | 42   | 49   | 35  | 7     | 10    | -1    | 0       | 20,3 | 30,6 | 32,2 | 25,6  | 11,6  | 12,8  | 0,45  | 0        | 1,4  | 2,7  | 3,5  | 3,5  | 2,7  | 2,4  | 0,5   |
| Propand 15 | 0          | 16   | 41   | 30   | 25  | 1     | -11   | -7    | 0       | 18,3 | 35,2 | 29,4 | 24,2  | 6,79  | 3,09  | -3,49 | 0        | 1,5  | 3,9  | 4,6  | 4,8  | 3,2  | 1,6  | 0,2   |
| Mittelwert | 0          | 31,3 | 44,9 | 29,3 | 11  | -7,73 | -6,53 | -1,53 | 0       | 25   | 34,4 | 25,5 | 11,8  | 1,81  | -0,34 | -2,34 | 0        | 1,97 | 3,41 | 3,57 | 2,77 | 1,25 | 0,53 | -0,18 |

Tabelle 70: Normalisierte Daten zur weiteren Berechnung der AUCs von Blutzucker, Insulin und C-Peptid nach der oralen Einnahme von 30 g ENSO16 in 200 mL Wasser.

|            | ENSO 16    |      |      |      |       |       |       |     |         |       |       |       |       |       |       |       |          |      |      |      |      |       |       |       |
|------------|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|            | Blutzucker |      |      |      |       |       |       |     | Insulin |       |       |       |       |       |       |       | C-Peptid |      |      |      |      |       |       |       |
|            | 0          | 15   | 30   | 45   | 60    | 90    | 120   | 180 | 0       | 15    | 30    | 45    | 60    | 90    | 120   | 180   | 0        | 15   | 30   | 45   | 60   | 90    | 120   | 180   |
| Propand 1  | 0          | 4    | 3    | -1   | -2    | -3    | -3    | 0   | 0       | 2,46  | 3,03  | 1,71  | 0,69  | -2,16 | -3,35 | -3,72 | 0        | 0,3  | 0,5  | 0,4  | 0,3  | -0,1  | -0,2  | -0,3  |
| Propand 2  | 0          | 5    | 6    | 3    | 6     | 3     | 4     | 1   | 0       | 1,27  | 0,32  | 1,47  | 1,22  | 0,99  | 0,44  | -0,69 | 0        | 0,2  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,3   | 0,3   | 0,1   |
| Propand 3  | 0          | 4    | 0    | -2   | -4    | -6    | -2    | 0   | 0       | 2,87  | -0,81 | -0,76 | -0,68 | -1,46 | -0,8  | -0,51 | 0        | 0,3  | 0,1  | 0    | 0,1  | 0     | -0,1  | -0,1  |
| Propand 4  | 0          | 4    | 7    | 2    | 1     | -2    | 0     | 3   | 0       | 4,86  | 4,06  | 1,96  | 1,06  | -0,93 | 0,17  | -0,08 | 0        | 0,5  | 0,6  | 0,5  | 0,4  | 0,2   | 0,2   | 0,2   |
| Propand 5  | 0          | -4   | -3   | -5   | -7    | -9    | -12   | -4  | 0       | 2,78  | 3,48  | 0,45  | -0,78 | -0,03 | -3,53 | -2,04 | 0        | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0    | -0,1  | -0,4  | -0,3  |
| Propand 6  | 0          | 7    | 5    | 1    | -1    | -2    | -4    | 2   | 0       | 5,74  | 3,07  | -0,51 | 0,08  | 0,74  | -0,49 | 2,24  | 0        | 0,6  | 0,6  | 0,3  | 0,1  | 0,1   | 0     | 0,2   |
| Propand 7  | 0          | 20   | 12   | 11   | 5     | 3     | 5     | 9   | 0       | 9,03  | 3,06  | 1,88  | -0,23 | -0,82 | -1,35 | 0,12  | 0        | 0,8  | 0,5  | 0,3  | -0,1 | -0,5  | -0,7  | -0,8  |
| Propand 8  | 0          | 1    | -1   | -6   | -5    | -7    | -4    | 1   | 0       | 1,83  | -1,91 | -0,96 | -0,29 | -0,77 | -1,84 | -2,02 | 0        | 0,1  | 0,1  | 0    | 0    | -0,1  | -0,1  | -0,2  |
| Propand 9  | 0          | -5   | 7    | 5    | -1    | -6    | -6    | 3   | 0       | 0,41  | 2,75  | 4,18  | 1,52  | 0,67  | 0,51  | -0,82 | 0        | 0    | 0,4  | 0,6  | 0,4  | 0,1   | 0     | 0     |
| Propand 10 | 0          | 2    | 2    | -2   | -8    | -7    | -4    | 0   | 0       | 0,45  | 4,42  | -0,78 | -1,96 | -0,68 | 2,32  | 7,42  | 0        | 0,3  | 0,5  | 0,1  | 0    | 0,1   | 0,2   | 0,5   |
| Propand 11 | 0          | 7    | 9    | 1    | 1     | -2    | -2    | 0   | 0       | 1,61  | 2,13  | 1,34  | 1,6   | 0,42  | -0,98 | 0,84  | 0        | 0,3  | 0,4  | 0,3  | 0,2  | 0,1   | -0,1  | 0     |
| Propand 12 | 0          | -1   | 0    | 0    | -2    | -6    | -3    | -3  | 0       | -0,71 | 1,92  | 1,12  | -2,13 | -3,52 | -3,54 | -3,03 | 0        | 0    | 0,2  | 0,3  | 0    | -0,2  | -0,2  | -0,2  |
| Propand 13 | 0          | 0    | 1    | -1   | -1    | 0     | -1    | 1   | 0       | 3,5   | 0,36  | -1,78 | -2,62 | 0,32  | 0,33  | 1,45  | 0        | 0,3  | 0,3  | 0    | -0,1 | 0     | 0     | 0,2   |
| Propand 14 | 0          | 4    | 2    | 3    | 0     | -2    | -5    | -2  | 0       | 3,12  | 1,13  | 1,02  | 1,31  | -0,45 | 1,78  | -0,18 | 0        | 0,3  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | -0,1  | 0     | -0,2  |
| Propand 15 | 0          | -1   | 3    | 4    | 1     | 0     | 0     | 4   | 0       | -5,6  | -2,7  | -3,99 | -7,1  | -6,81 | -7,13 | -6,24 | 0        | -0,2 | 0,3  | 0,4  | 0,1  | 0     | -0,1  | -0,1  |
| Mittelwert | 0          | 3,13 | 3,53 | 0,87 | -1,13 | -3,07 | -2,47 | 1   | 0       | 2,24  | 1,62  | 0,42  | -0,55 | -0,97 | -1,16 | -0,48 | 0        | 0,26 | 0,33 | 0,25 | 0,13 | -0,01 | -0,08 | -0,07 |

## Results\_ART

2023-01-25

e = ENSO 16

z = Glukose

```
library(tidyverse)

## — Attaching packages ————— tidyverse
1.3.2 —
## ✓ ggplot2 3.3.6      ✓ purrr  0.3.5
## ✓ tibble  3.1.8      ✓ dplyr  1.0.10
## ✓ tidyr   1.2.1      ✓ stringr 1.4.1
## ✓ readr   2.1.3      ✓ forcats 0.5.2
## — Conflicts ————— tidyverse_conflicts() —
## ✗ dplyr::filter() masks stats::filter()
## ✗ dplyr::lag()     masks stats::lag()

library(ggpubr)
library(rstatix)

##
## Attaching package: 'rstatix'
##
## The following object is masked from 'package:stats':
##
##   filter

library(ggplot2)
library(ARTool)

enso_glucose <- read.csv("Enso_Glucose.csv")
enso_glucose_long <- enso_glucose %>%
  gather(key = "time", value = "score", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

enso_insulin <- read.csv("Enso_Insulin.csv")
enso_insulin_long <- enso_insulin %>%
  gather(key = "time", value = "score", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

enso_cpeptid <- read.csv("Enso_CPeptid.csv")
enso_cpeptid_long <- enso_cpeptid %>%
  gather(key = "time", value = "score", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)
```

```

zucker_glucose <- read.csv("Zucker_Glucose.csv")
zucker_glucose_long <- zucker_glucose %>%
  gather(key = "time", value = "score", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

zucker_insulin <- read.csv("Zucker_Insulin.csv")
zucker_insulin_long <- zucker_insulin %>%
  gather(key = "time", value = "score", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

zucker_cpeptid <- read.csv("Zucker_CPeptid.csv")
zucker_cpeptid_long <- zucker_cpeptid %>%
  gather(key = "time", value = "score", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

enso_glucose_long2 <- enso_glucose %>%
  gather(key = "time", value = "glucose", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

enso_insulin_long2 <- enso_insulin %>%
  gather(key = "time", value = "insulin", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

enso_cpeptid_long2 <- enso_cpeptid %>%
  gather(key = "time", value = "cpeptide", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

enso_glucose_long2$treatment <- as.factor(rep(c("e"),each=120))

enso_all <- cbind(enso_glucose_long2,enso_insulin_long2$insulin)
enso_all <- cbind(enso_all,enso_cpeptid_long2$cpeptide)

colnames(enso_all)[5] <- "insulin"
colnames(enso_all)[6] <- "cpeptide"

zucker_glucose_long2 <- zucker_glucose %>%
  gather(key = "time", value = "glucose", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

zucker_insulin_long2 <- zucker_insulin %>%
  gather(key = "time", value = "insulin", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

zucker_cpeptid_long2 <- zucker_cpeptid %>%
  gather(key = "time", value = "cpeptide", t0, t15, t30, t45,t60,t90,t120,t180) %>%
  convert_as_factor(ID, time)

```

```

zucker_glucose_long2$treatment <- as.factor(rep(c("z"),each=120))

zucker_all <- cbind(zucker_glucose_long2,zucker_insulin_long2$insulin)
zucker_all <- cbind(zucker_all,zucker_cpeptid_long2$cpeptide)

colnames(zucker_all)[5] <- "insulin"
colnames(zucker_all)[6] <- "cpeptide"

all <- bind_rows(enso_all,zucker_all)
all$glucose <- as.numeric(all$glucose)

##Overall ART for Glucose as outcome

m_g = art(glucose ~ treatment * time + (1|ID), data=all)
anova(m_g)

## Analysis of Variance of Aligned Rank Transformed Data
##
## Table Type: Analysis of Deviance Table (Type III Wald F tests with Kenward-Roger df)
## Model: Mixed Effects (lmer)
## Response: art(glucose)
##
##              F Df Df.res      Pr(>F)
## 1 treatment    98.036  1    210 < 2.22e-16 ***
## 2 time         50.143  7    210 < 2.22e-16 ***
## 3 treatment:time 36.121  7    210 < 2.22e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

##Post-hoc Glucose as outcome

art.con(m_g, "treatment:time", adjust="holm") %>%
  summary() %>%
  mutate(sig. = symnum(p.value, corr=FALSE, na=FALSE,
    cutpoints = c(0, .001, .01, .05, .10, 1),
    symbols = c("***", "**", "*", ".", " ")))

##      contrast      estimate      SE  df  t.ratio      p.value sig.
## 1  e,t0 - e,t120   32.633333 15.79959 210   2.0654549 1.000000e+00
## 2  e,t0 - e,t15  -27.400000 15.79959 210  -1.7342226 1.000000e+00
## 3  e,t0 - e,t180 -13.466667 15.79959 210  -0.8523430 1.000000e+00
## 4  e,t0 - e,t30  -36.666667 15.79959 210  -2.3207359 9.992560e-01
## 5  e,t0 - e,t45   -7.566667 15.79959 210  -0.4789155 1.000000e+00
## 6  e,t0 - e,t60   15.366667 15.79959 210   0.9725993 1.000000e+00
## 7  e,t0 - e,t90   38.033333 15.79959 210   2.4072360 8.542161e-01
## 8  e,t0 - z,t0     0.000000 15.79959 210   0.0000000 1.000000e+00
## 9  e,t0 - z,t120  40.100000 15.79959 210   2.5380411 6.416378e-01
## 10 e,t0 - z,t15 -105.400000 15.79959 210  -6.6710608 2.213308e-08 *
## **
## 11 e,t0 - z,t180   24.633333 15.79959 210   1.5591126 1.000000e+00
## 12 e,t0 - z,t30 -114.666667 15.79959 210  -7.2575740 7.815504e-10 *
## **
## 13 e,t0 - z,t45  -86.333333 15.79959 210  -5.4642781 1.191758e-05 *
## **
## 14 e,t0 - z,t60  -21.966667 15.79959 210  -1.3903318 1.000000e+00
## 15 e,t0 - z,t90   54.700000 15.79959 210   3.4621160 4.415181e-02

```



```

*
## 16   e,t120 - e,t15   -60.033333  15.79959  210  -3.7996776  1.347287e-02
*
## 17   e,t120 - e,t180  -46.100000  15.79959  210  -2.9177979  2.267085e-01
## 18   e,t120 - e,t30   -69.300000  15.79959  210  -4.3861908  1.459528e-03
**
## 19   e,t120 - e,t45   -40.200000  15.79959  210  -2.5443704  6.416378e-01
## 20   e,t120 - e,t60   -17.266667  15.79959  210  -1.0928556  1.000000e+00
## 21   e,t120 - e,t90    5.400000  15.79959  210   0.3417811  1.000000e+00
## 22   e,t120 - z,t0    -32.633333  15.79959  210  -2.0654549  1.000000e+00
## 23   e,t120 - z,t120   7.466667  15.79959  210   0.4725862  1.000000e+00
## 24   e,t120 - z,t15  -138.033333  15.79959  210  -8.7365157  8.507345e-14  *
**
## 25   e,t120 - z,t180   -8.000000  15.79959  210  -0.5063424  1.000000e+00
## 26   e,t120 - z,t30  -147.300000  15.79959  210  -9.3230289  1.874016e-15  *
**
## 27   e,t120 - z,t45  -118.966667  15.79959  210  -7.5297330  1.554498e-10  *
**
## 28   e,t120 - z,t60   -54.600000  15.79959  210  -3.4557867  4.415181e-02
*
## 29   e,t120 - z,t90    22.066667  15.79959  210   1.3966610  1.000000e+00
## 30   e,t15  - e,t180   13.933333  15.79959  210   0.8818796  1.000000e+00
## 31   e,t15  - e,t30   -9.266667  15.79959  210  -0.5865132  1.000000e+00
## 32   e,t15  - e,t45   19.833333  15.79959  210   1.2553071  1.000000e+00
## 33   e,t15  - e,t60   42.766667  15.79959  210   2.7068219  4.117130e-01
## 34   e,t15  - e,t90   65.433333  15.79959  210   4.1414587  3.799731e-03
**
## 35   e,t15  - z,t0     27.400000  15.79959  210   1.7342226  1.000000e+00
## 36   e,t15  - z,t120   67.500000  15.79959  210   4.2722638  2.258283e-03
**
## 37   e,t15  - z,t15   -78.000000  15.79959  210  -4.9368381  1.390004e-04  *
**
## 38   e,t15  - z,t180    52.033333  15.79959  210   3.2933352  7.435191e-02
.
## 39   e,t15  - z,t30   -87.266667  15.79959  210  -5.5233514  8.992582e-06  *
**
## 40   e,t15  - z,t45   -58.933333  15.79959  210  -3.7300555  1.699633e-02
*
## 41   e,t15  - z,t60     5.433333  15.79959  210   0.3438909  1.000000e+00
## 42   e,t15  - z,t90    82.100000  15.79959  210   5.1963386  4.225307e-05  *
**
## 43   e,t180 - e,t30   -23.200000  15.79959  210  -1.4683929  1.000000e+00
## 44   e,t180 - e,t45    5.900000  15.79959  210   0.3734275  1.000000e+00
## 45   e,t180 - e,t60   28.833333  15.79959  210   1.8249423  1.000000e+00
## 46   e,t180 - e,t90   51.500000  15.79959  210   3.2595790  8.069884e-02
.
## 47   e,t180 - z,t0     13.466667  15.79959  210   0.8523430  1.000000e+00
## 48   e,t180 - z,t120   53.566667  15.79959  210   3.3903841  5.419106e-02
.
## 49   e,t180 - z,t15   -91.933333  15.79959  210  -5.8187178  2.060744e-06  *
**
## 50   e,t180 - z,t180   38.100000  15.79959  210   2.4114556  8.542161e-01
## 51   e,t180 - z,t30  -101.200000  15.79959  210  -6.4052310  9.394437e-08  *
**
## 52   e,t180 - z,t45   -72.866667  15.79959  210  -4.6119351  5.612879e-04  *
**
## 53   e,t180 - z,t60    -8.500000  15.79959  210  -0.5379888  1.000000e+00

```

|       |                |             |          |     |            |              |   |
|-------|----------------|-------------|----------|-----|------------|--------------|---|
| ## 54 | e,t180 - z,t90 | 68.166667   | 15.79959 | 210 | 4.3144590  | 1.920878e-03 |   |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 55 | e,t30 - e,t45  | 29.100000   | 15.79959 | 210 | 1.8418204  | 1.000000e+00 |   |
| ## 56 | e,t30 - e,t60  | 52.033333   | 15.79959 | 210 | 3.2933352  | 7.435191e-02 |   |
| .     |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 57 | e,t30 - e,t90  | 74.700000   | 15.79959 | 210 | 4.7279719  | 3.406867e-04 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 58 | e,t30 - z,t0   | 36.666667   | 15.79959 | 210 | 2.3207359  | 9.992560e-01 |   |
| ## 59 | e,t30 - z,t120 | 76.766667   | 15.79959 | 210 | 4.8587770  | 1.938867e-04 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 60 | e,t30 - z,t15  | -68.733333  | 15.79959 | 210 | -4.3503249 | 1.675299e-03 |   |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 61 | e,t30 - z,t180 | 61.300000   | 15.79959 | 210 | 3.8798484  | 1.007116e-02 |   |
| *     |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 62 | e,t30 - z,t30  | -78.000000  | 15.79959 | 210 | -4.9368381 | 1.390004e-04 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 63 | e,t30 - z,t45  | -49.666667  | 15.79959 | 210 | -3.1435422 | 1.165451e-01 |   |
| ## 64 | e,t30 - z,t60  | 14.700000   | 15.79959 | 210 | 0.9304041  | 1.000000e+00 |   |
| ## 65 | e,t30 - z,t90  | 91.366667   | 15.79959 | 210 | 5.7828519  | 2.451496e-06 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 66 | e,t45 - e,t60  | 22.933333   | 15.79959 | 210 | 1.4515148  | 1.000000e+00 |   |
| ## 67 | e,t45 - e,t90  | 45.600000   | 15.79959 | 210 | 2.8861515  | 2.455104e-01 |   |
| ## 68 | e,t45 - z,t0   | 7.566667    | 15.79959 | 210 | 0.4789155  | 1.000000e+00 |   |
| ## 69 | e,t45 - z,t120 | 47.666667   | 15.79959 | 210 | 3.0169566  | 1.721194e-01 |   |
| ## 70 | e,t45 - z,t15  | -97.833333  | 15.79959 | 210 | -6.1921453 | 2.953422e-07 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 71 | e,t45 - z,t180 | 32.200000   | 15.79959 | 210 | 2.0380281  | 1.000000e+00 |   |
| ## 72 | e,t45 - z,t30  | -107.100000 | 15.79959 | 210 | -6.7786585 | 1.217192e-08 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 73 | e,t45 - z,t45  | -78.766667  | 15.79959 | 210 | -4.9853626 | 1.124454e-04 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 74 | e,t45 - z,t60  | -14.400000  | 15.79959 | 210 | -0.9114163 | 1.000000e+00 |   |
| ## 75 | e,t45 - z,t90  | 62.266667   | 15.79959 | 210 | 3.9410315  | 8.174758e-03 |   |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 76 | e,t60 - e,t90  | 22.666667   | 15.79959 | 210 | 1.4346367  | 1.000000e+00 |   |
| ## 77 | e,t60 - z,t0   | -15.366667  | 15.79959 | 210 | -0.9725993 | 1.000000e+00 |   |
| ## 78 | e,t60 - z,t120 | 24.733333   | 15.79959 | 210 | 1.5654418  | 1.000000e+00 |   |
| ## 79 | e,t60 - z,t15  | -120.766667 | 15.79959 | 210 | -7.6436601 | 7.873646e-11 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 80 | e,t60 - z,t180 | 9.266667    | 15.79959 | 210 | 0.5865132  | 1.000000e+00 |   |
| ## 81 | e,t60 - z,t30  | -130.033333 | 15.79959 | 210 | -8.2301733 | 2.156079e-12 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 82 | e,t60 - z,t45  | -101.700000 | 15.79959 | 210 | -6.4368774 | 7.977398e-08 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 83 | e,t60 - z,t60  | -37.333333  | 15.79959 | 210 | -2.3629311 | 9.141325e-01 |   |
| ## 84 | e,t60 - z,t90  | 39.333333   | 15.79959 | 210 | 2.4895167  | 7.055332e-01 |   |
| ## 85 | e,t90 - z,t0   | -38.033333  | 15.79959 | 210 | -2.4072360 | 8.542161e-01 |   |
| ## 86 | e,t90 - z,t120 | 2.066667    | 15.79959 | 210 | 0.1308051  | 1.000000e+00 |   |
| ## 87 | e,t90 - z,t15  | -143.433333 | 15.79959 | 210 | -9.0782968 | 9.335342e-15 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 88 | e,t90 - z,t180 | -13.400000  | 15.79959 | 210 | -0.8481235 | 1.000000e+00 |   |
| ## 89 | e,t90 - z,t30  | -152.700000 | 15.79959 | 210 | -9.6648100 | 1.905172e-16 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 90 | e,t90 - z,t45  | -124.366667 | 15.79959 | 210 | -7.8715141 | 1.968242e-11 | * |
| **    |                |             |          |     |            |              |   |
| ## 91 | e,t90 - z,t60  | -60.000000  | 15.79959 | 210 | -3.7975678 | 1.347287e-02 |   |
| *     |                |             |          |     |            |              |   |

```

## 92      e,t90 - z,t90      16.666667 15.79959 210      1.0548799 1.000000e+00
## 93      z,t0 - z,t120      40.100000 15.79959 210      2.5380411 6.416378e-01
## 94      z,t0 - z,t15 -105.400000 15.79959 210      -6.6710608 2.213308e-08 *
**
## 95      z,t0 - z,t180      24.633333 15.79959 210      1.5591126 1.000000e+00
## 96      z,t0 - z,t30 -114.666667 15.79959 210      -7.2575740 7.815504e-10 *
**
## 97      z,t0 - z,t45 -86.333333 15.79959 210      -5.4642781 1.191758e-05 *
**
## 98      z,t0 - z,t60 -21.966667 15.79959 210      -1.3903318 1.000000e+00
## 99      z,t0 - z,t90      54.700000 15.79959 210      3.4621160 4.415181e-02
*
## 100     z,t120 - z,t15 -145.500000 15.79959 210      -9.2091019 3.963702e-15 *
**
## 101     z,t120 - z,t180 -15.466667 15.79959 210      -0.9789286 1.000000e+00
## 102     z,t120 - z,t30 -154.766667 15.79959 210      -9.7956152 7.920231e-17 *
**
## 103     z,t120 - z,t45 -126.433333 15.79959 210      -8.0023193 8.830558e-12 *
**
## 104     z,t120 - z,t60 -62.066667 15.79959 210      -3.9283729 8.469819e-03
**
## 105     z,t120 - z,t90      14.600000 15.79959 210      0.9240748 1.000000e+00
## 106     z,t15 - z,t180 130.033333 15.79959 210      8.2301733 2.156079e-12 *
**
## 107     z,t15 - z,t30 -9.266667 15.79959 210      -0.5865132 1.000000e+00
## 108     z,t15 - z,t45 19.066667 15.79959 210      1.2067827 1.000000e+00
## 109     z,t15 - z,t60 83.433333 15.79959 210      5.2807290 2.852381e-05 *
**
## 110     z,t15 - z,t90 160.100000 15.79959 210 10.1331767 7.959785e-18 *
**
## 111     z,t180 - z,t30 -139.300000 15.79959 210      -8.8166866 5.096940e-14 *
**
## 112     z,t180 - z,t45 -110.966667 15.79959 210      -7.0233907 3.018569e-09 *
**
## 113     z,t180 - z,t60 -46.600000 15.79959 210      -2.9494443 2.091149e-01
## 114     z,t180 - z,t90 30.066667 15.79959 210      1.9030034 1.000000e+00
## 115     z,t30 - z,t45 28.333333 15.79959 210      1.7932959 1.000000e+00
## 116     z,t30 - z,t60 92.700000 15.79959 210      5.8672422 1.621013e-06 *
**
## 117     z,t30 - z,t90 169.366667 15.79959 210 10.7196900 1.377795e-19 *
**
## 118     z,t45 - z,t60 64.366667 15.79959 210      4.0739463 4.913886e-03
**
## 119     z,t45 - z,t90 141.033333 15.79959 210      8.9263941 2.511510e-14 *
**
## 120     z,t60 - z,t90 76.666667 15.79959 210      4.8524477 1.971586e-04 *
**

```

##Overall ART for Insulin as outcome

```

m_i = art(insulin ~ treatment * time + (1|ID), data=all)
anova(m_i)

```

## Analysis of Variance of Aligned Rank Transformed Data

##

## Table Type: Analysis of Deviance Table (Type III Wald F tests with Kenward-Roger df)

```
## Model: Mixed Effects (lmer)
## Response: art(insulin)
##
##               F Df Df.res      Pr(>F)
## 1 treatment    320.647  1    210 < 2.22e-16 ***
## 2 time          61.001  7    210 < 2.22e-16 ***
## 3 treatment:time 53.913  7    210 < 2.22e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

##Post-hoc Insulin as outcome

```
art.con(m_i, "treatment:time", adjust="holm") %>%
  summary() %>%
  mutate(sig. = symnum(p.value, corr=FALSE, na=FALSE,
                        cutpoints = c(0, .001, .01, .05, .10, 1),
                        symbols = c("***", "**", "*", ".", " ")))
```

| ##    | contrast        | estimate      | SE       | df  | t.ratio       | p.value      | sig. |
|-------|-----------------|---------------|----------|-----|---------------|--------------|------|
| ## 1  | e,t0 - e,t120   | 1.876667e+01  | 15.05665 | 210 | 1.246404e+00  | 1.000000e+00 |      |
| ## 2  | e,t0 - e,t15    | -4.996667e+01 | 15.05665 | 210 | -3.318578e+00 | 6.398719e-02 | .    |
| ## 3  | e,t0 - e,t180   | 1.396667e+01  | 15.05665 | 210 | 9.276080e-01  | 1.000000e+00 |      |
| ## 4  | e,t0 - e,t30    | -4.073333e+01 | 15.05665 | 210 | -2.705339e+00 | 3.987250e-01 |      |
| ## 5  | e,t0 - e,t45    | -1.476667e+01 | 15.05665 | 210 | -9.807406e-01 | 1.000000e+00 |      |
| ## 6  | e,t0 - e,t60    | 4.366667e+00  | 15.05665 | 210 | 2.900159e-01  | 1.000000e+00 |      |
| ## 7  | e,t0 - e,t90    | 1.920000e+01  | 15.05665 | 210 | 1.275184e+00  | 1.000000e+00 |      |
| ## 8  | e,t0 - z,t0     | 1.065814e-14  | 15.05665 | 210 | 7.078694e-16  | 1.000000e+00 |      |
| ## 9  | e,t0 - z,t120   | 1.863333e+01  | 15.05665 | 210 | 1.237549e+00  | 1.000000e+00 |      |
| ## 10 | e,t0 - z,t15    | -1.162333e+02 | 15.05665 | 210 | -7.719735e+00 | 4.532052e-11 | ***  |
| ## 11 | e,t0 - z,t180   | 4.823333e+01  | 15.05665 | 210 | 3.203458e+00  | 9.101314e-02 | .    |
| ## 12 | e,t0 - z,t30    | -1.305333e+02 | 15.05665 | 210 | -8.669482e+00 | 1.242345e-13 | ***  |
| ## 13 | e,t0 - z,t45    | -1.193333e+02 | 15.05665 | 210 | -7.925624e+00 | 1.303237e-11 | ***  |
| ## 14 | e,t0 - z,t60    | -7.993333e+01 | 15.05665 | 210 | -5.308840e+00 | 2.238648e-05 | ***  |
| ## 15 | e,t0 - z,t90    | -1.966667e+01 | 15.05665 | 210 | -1.306178e+00 | 1.000000e+00 |      |
| ## 16 | e,t120 - e,t15  | -6.873333e+01 | 15.05665 | 210 | -4.564982e+00 | 6.290220e-04 | ***  |
| ## 17 | e,t120 - e,t180 | -4.800000e+00 | 15.05665 | 210 | -3.187961e-01 | 1.000000e+00 |      |
| ## 18 | e,t120 - e,t30  | -5.950000e+01 | 15.05665 | 210 | -3.951743e+00 | 6.887878e-03 | **   |
| ## 19 | e,t120 - e,t45  | -3.353333e+01 | 15.05665 | 210 | -2.227145e+00 | 1.000000e+00 |      |

```

00
## 20 e,t120 - e,t60 -1.440000e+01 15.05665 210 -9.563882e-01 1.000000e+
00
## 21 e,t120 - e,t90 4.333333e-01 15.05665 210 2.878020e-02 1.000000e+
00
## 22 e,t120 - z,t0 -1.876667e+01 15.05665 210 -1.246404e+00 1.000000e+
00
## 23 e,t120 - z,t120 -1.333333e-01 15.05665 210 -8.855446e-03 1.000000e+
00
## 24 e,t120 - z,t15 -1.350000e+02 15.05665 210 -8.966139e+00 1.866905e-
14 ***
## 25 e,t120 - z,t180 2.946667e+01 15.05665 210 1.957054e+00 1.000000e+
00
## 26 e,t120 - z,t30 -1.493000e+02 15.05665 210 -9.915886e+00 3.434097e-
17 ***
## 27 e,t120 - z,t45 -1.381000e+02 15.05665 210 -9.172028e+00 4.935848e-
15 ***
## 28 e,t120 - z,t60 -9.870000e+01 15.05665 210 -6.555244e+00 3.764547e-
08 ***
## 29 e,t120 - z,t90 -3.843333e+01 15.05665 210 -2.552582e+00 5.587433e-
01
## 30 e,t15 - e,t180 6.393333e+01 15.05665 210 4.246186e+00 2.252955e-
03 **
## 31 e,t15 - e,t30 9.233333e+00 15.05665 210 6.132396e-01 1.000000e+
00
## 32 e,t15 - e,t45 3.520000e+01 15.05665 210 2.337838e+00 9.354824e-
01
## 33 e,t15 - e,t60 5.433333e+01 15.05665 210 3.608594e+00 2.386176e-
02 *
## 34 e,t15 - e,t90 6.916667e+01 15.05665 210 4.593763e+00 5.625808e-
04 ***
## 35 e,t15 - z,t0 4.996667e+01 15.05665 210 3.318578e+00 6.398719e-
02 .
## 36 e,t15 - z,t120 6.860000e+01 15.05665 210 4.556127e+00 6.447880e-
04 ***
## 37 e,t15 - z,t15 -6.626667e+01 15.05665 210 -4.401157e+00 1.216175e-
03 **
## 38 e,t15 - z,t180 9.820000e+01 15.05665 210 6.522036e+00 4.425187e-
08 ***
## 39 e,t15 - z,t30 -8.056667e+01 15.05665 210 -5.350903e+00 1.848433e-
05 ***
## 40 e,t15 - z,t45 -6.936667e+01 15.05665 210 -4.607046e+00 5.380043e-
04 ***
## 41 e,t15 - z,t60 -2.996667e+01 15.05665 210 -1.990261e+00 1.000000e+
00
## 42 e,t15 - z,t90 3.030000e+01 15.05665 210 2.012400e+00 1.000000e+
00
## 43 e,t180 - e,t30 -5.470000e+01 15.05665 210 -3.632947e+00 2.219166e-
02 *
## 44 e,t180 - e,t45 -2.873333e+01 15.05665 210 -1.908349e+00 1.000000e+
00
## 45 e,t180 - e,t60 -9.600000e+00 15.05665 210 -6.375921e-01 1.000000e+
00
## 46 e,t180 - e,t90 5.233333e+00 15.05665 210 3.475763e-01 1.000000e+
00
## 47 e,t180 - z,t0 -1.396667e+01 15.05665 210 -9.276080e-01 1.000000e+
00

```

```

## 48 e,t180 - z,t120 4.666667e+00 15.05665 210 3.099406e-01 1.000000e+
00
## 49 e,t180 - z,t15 -1.302000e+02 15.05665 210 -8.647343e+00 1.406139e-
13 ***
## 50 e,t180 - z,t180 3.426667e+01 15.05665 210 2.275850e+00 1.000000e+
00
## 51 e,t180 - z,t30 -1.445000e+02 15.05665 210 -9.597090e+00 2.932116e-
16 ***
## 52 e,t180 - z,t45 -1.333000e+02 15.05665 210 -8.853232e+00 3.801054e-
14 ***
## 53 e,t180 - z,t60 -9.390000e+01 15.05665 210 -6.236448e+00 2.060661e-
07 ***
## 54 e,t180 - z,t90 -3.363333e+01 15.05665 210 -2.233786e+00 1.000000e+
00
## 55 e,t30 - e,t45 2.596667e+01 15.05665 210 1.724598e+00 1.000000e+
00
## 56 e,t30 - e,t60 4.510000e+01 15.05665 210 2.995355e+00 1.719614e-
01
## 57 e,t30 - e,t90 5.993333e+01 15.05665 210 3.980523e+00 6.251376e-
03 **
## 58 e,t30 - z,t0 4.073333e+01 15.05665 210 2.705339e+00 3.987250e-
01
## 59 e,t30 - z,t120 5.936667e+01 15.05665 210 3.942887e+00 7.019317e-
03 **
## 60 e,t30 - z,t15 -7.550000e+01 15.05665 210 -5.014396e+00 8.699429e-
05 ***
## 61 e,t30 - z,t180 8.896667e+01 15.05665 210 5.908796e+00 1.141464e-
06 ***
## 62 e,t30 - z,t30 -8.980000e+01 15.05665 210 -5.964143e+00 8.653860e-
07 ***
## 63 e,t30 - z,t45 -7.860000e+01 15.05665 210 -5.220285e+00 3.340849e-
05 ***
## 64 e,t30 - z,t60 -3.920000e+01 15.05665 210 -2.603501e+00 5.041920e-
01
## 65 e,t30 - z,t90 2.106667e+01 15.05665 210 1.399160e+00 1.000000e+
00
## 66 e,t45 - e,t60 1.913333e+01 15.05665 210 1.270756e+00 1.000000e+
00
## 67 e,t45 - e,t90 3.396667e+01 15.05665 210 2.255925e+00 1.000000e+
00
## 68 e,t45 - z,t0 1.476667e+01 15.05665 210 9.807406e-01 1.000000e+
00
## 69 e,t45 - z,t120 3.340000e+01 15.05665 210 2.218289e+00 1.000000e+
00
## 70 e,t45 - z,t15 -1.014667e+02 15.05665 210 -6.738994e+00 1.388175e-
08 ***
## 71 e,t45 - z,t180 6.300000e+01 15.05665 210 4.184198e+00 2.859937e-
03 **
## 72 e,t45 - z,t30 -1.157667e+02 15.05665 210 -7.688741e+00 5.362978e-
11 ***
## 73 e,t45 - z,t45 -1.045667e+02 15.05665 210 -6.944883e+00 4.332159e-
09 ***
## 74 e,t45 - z,t60 -6.516667e+01 15.05665 210 -4.328099e+00 1.628746e-
03 **
## 75 e,t45 - z,t90 -4.900000e+00 15.05665 210 -3.254376e-01 1.000000e+
00
## 76 e,t60 - e,t90 1.483333e+01 15.05665 210 9.851684e-01 1.000000e+

```

```

00
## 77      e,t60 - z,t0 -4.366667e+00 15.05665 210 -2.900159e-01 1.000000e+
00
## 78      e,t60 - z,t120 1.426667e+01 15.05665 210 9.475327e-01 1.000000e+
00
## 79      e,t60 - z,t15 -1.206000e+02 15.05665 210 -8.009751e+00 7.806747e-
12 ***
## 80      e,t60 - z,t180 4.386667e+01 15.05665 210 2.913442e+00 2.178844e-
01
## 81      e,t60 - z,t30 -1.349000e+02 15.05665 210 -8.959497e+00 1.932165e-
14 ***
## 82      e,t60 - z,t45 -1.237000e+02 15.05665 210 -8.215640e+00 2.169766e-
12 ***
## 83      e,t60 - z,t60 -8.430000e+01 15.05665 210 -5.598856e+00 5.497346e-
06 ***
## 84      e,t60 - z,t90 -2.403333e+01 15.05665 210 -1.596194e+00 1.000000e+
00
## 85      e,t90 - z,t0 -1.920000e+01 15.05665 210 -1.275184e+00 1.000000e+
00
## 86      e,t90 - z,t120 -5.666667e-01 15.05665 210 -3.763565e-02 1.000000e+
00
## 87      e,t90 - z,t15 -1.354333e+02 15.05665 210 -8.994919e+00 1.559602e-
14 ***
## 88      e,t90 - z,t180 2.903333e+01 15.05665 210 1.928273e+00 1.000000e+
00
## 89      e,t90 - z,t30 -1.497333e+02 15.05665 210 -9.944666e+00 2.846090e-
17 ***
## 90      e,t90 - z,t45 -1.385333e+02 15.05665 210 -9.200808e+00 4.115049e-
15 ***
## 91      e,t90 - z,t60 -9.913333e+01 15.05665 210 -6.584024e+00 3.243028e-
08 ***
## 92      e,t90 - z,t90 -3.886667e+01 15.05665 210 -2.581362e+00 5.260918e-
01
## 93      z,t0 - z,t120 1.863333e+01 15.05665 210 1.237549e+00 1.000000e+
00
## 94      z,t0 - z,t15 -1.162333e+02 15.05665 210 -7.719735e+00 4.532052e-
11 ***
## 95      z,t0 - z,t180 4.823333e+01 15.05665 210 3.203458e+00 9.101314e-
02 .
## 96      z,t0 - z,t30 -1.305333e+02 15.05665 210 -8.669482e+00 1.242345e-
13 ***
## 97      z,t0 - z,t45 -1.193333e+02 15.05665 210 -7.925624e+00 1.303237e-
11 ***
## 98      z,t0 - z,t60 -7.993333e+01 15.05665 210 -5.308840e+00 2.238648e-
05 ***
## 99      z,t0 - z,t90 -1.966667e+01 15.05665 210 -1.306178e+00 1.000000e+
00
## 100     z,t120 - z,t15 -1.348667e+02 15.05665 210 -8.957284e+00 1.942276e-
14 ***
## 101     z,t120 - z,t180 2.960000e+01 15.05665 210 1.965909e+00 1.000000e+
00
## 102     z,t120 - z,t30 -1.491667e+02 15.05665 210 -9.907030e+00 3.616421e-
17 ***
## 103     z,t120 - z,t45 -1.379667e+02 15.05665 210 -9.163173e+00 5.187248e-
15 ***
## 104     z,t120 - z,t60 -9.856667e+01 15.05665 210 -6.546388e+00 3.910095e-
08 ***

```

```
## 105 z,t120 - z,t90 -3.830000e+01 15.05665 210 -2.543727e+00 5.609759e-01
## 106 z,t15 - z,t180 1.644667e+02 15.05665 210 1.092319e+01 3.256700e-20 ***
## 107 z,t15 - z,t30 -1.430000e+01 15.05665 210 -9.497466e-01 1.000000e+00
## 108 z,t15 - z,t45 -3.100000e+00 15.05665 210 -2.058891e-01 1.000000e+00
## 109 z,t15 - z,t60 3.630000e+01 15.05665 210 2.410895e+00 7.883958e-01
## 110 z,t15 - z,t90 9.656667e+01 15.05665 210 6.413557e+00 7.957318e-08 ***
## 111 z,t180 - z,t30 -1.787667e+02 15.05665 210 -1.187294e+01 3.932567e-23 ***
## 112 z,t180 - z,t45 -1.675667e+02 15.05665 210 -1.112908e+01 7.709433e-21 ***
## 113 z,t180 - z,t60 -1.281667e+02 15.05665 210 -8.512297e+00 3.321006e-13 ***
## 114 z,t180 - z,t90 -6.790000e+01 15.05665 210 -4.509636e+00 7.771366e-04 ***
## 115 z,t30 - z,t45 1.120000e+01 15.05665 210 7.438575e-01 1.000000e+00
## 116 z,t30 - z,t60 5.060000e+01 15.05665 210 3.360642e+00 5.634406e-02 .
## 117 z,t30 - z,t90 1.108667e+02 15.05665 210 7.363303e+00 3.772930e-10 ***
## 118 z,t45 - z,t60 3.940000e+01 15.05665 210 2.616784e+00 4.951149e-01
## 119 z,t45 - z,t90 9.966667e+01 15.05665 210 6.619446e+00 2.690373e-08 ***
## 120 z,t60 - z,t90 6.026667e+01 15.05665 210 4.002662e+00 5.818763e-03 **
```

##Overall ART for C-Peptide as outcome

```
m_c = art(cpeptide ~ treatment * time + (1|ID), data=all)
anova(m_c)

## Analysis of Variance of Aligned Rank Transformed Data
##
## Table Type: Analysis of Deviance Table (Type III Wald F tests with Kenward-Roger df)
## Model: Mixed Effects (lmer)
## Response: art(cpeptide)
##
##              F Df Df.res      Pr(>F)
## 1 treatment    444.730  1    210 < 2.22e-16 ***
## 2 time          73.274  7    210 < 2.22e-16 ***
## 3 treatment:time  54.055  7    210 < 2.22e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

##Post-hoc for C-Peptide as outcome

```
art.con(m_c, "treatment:time", adjust="holm") %>%
  summary() %>%
  mutate(sig. = symnum(p.value, corr=FALSE, na=FALSE,
```



```
cutpoints = c(0, .001, .01, .05, .10, 1),
symbols = c("***", "**", "*", ".", " "))
```

| ##    | contrast        | estimate    | SE       | df  | t.ratio      | p.value      |
|-------|-----------------|-------------|----------|-----|--------------|--------------|
| sig.  |                 |             |          |     |              |              |
| ## 1  | e,t0 - e,t120   | 10.833333   | 12.96984 | 210 | 0.83527148   | 1.000000e+00 |
| ## 2  | e,t0 - e,t15    | -50.800000  | 12.96984 | 210 | -3.91678073  | 5.460481e-03 |
| **    |                 |             |          |     |              |              |
| ## 3  | e,t0 - e,t180   | 5.866667    | 12.96984 | 210 | 0.45233163   | 1.000000e+00 |
| ## 4  | e,t0 - e,t30    | -67.133333  | 12.96984 | 210 | -5.17611311  | 3.541831e-05 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 5  | e,t0 - e,t45    | -53.133333  | 12.96984 | 210 | -4.09668535  | 2.932063e-03 |
| **    |                 |             |          |     |              |              |
| ## 6  | e,t0 - e,t60    | -28.600000  | 12.96984 | 210 | -2.20511671  | 9.700560e-01 |
| ## 7  | e,t0 - e,t90    | -1.600000   | 12.96984 | 210 | -0.12336317  | 1.000000e+00 |
| ## 8  | e,t0 - z,t0     | 0.000000    | 12.96984 | 210 | 0.00000000   | 1.000000e+00 |
| ## 9  | e,t0 - z,t120   | -56.400000  | 12.96984 | 210 | -4.34855183  | 1.132298e-03 |
| **    |                 |             |          |     |              |              |
| ## 10 | e,t0 - z,t15    | -126.366667 | 12.96984 | 210 | -9.74312056  | 9.488081e-17 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 11 | e,t0 - z,t180   | 4.866667    | 12.96984 | 210 | 0.37522965   | 1.000000e+00 |
| ## 12 | e,t0 - z,t30    | -151.366667 | 12.96984 | 210 | -11.67067013 | 1.542373e-22 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 13 | e,t0 - z,t45    | -153.466667 | 12.96984 | 210 | -11.83258429 | 4.985745e-23 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 14 | e,t0 - z,t60    | -140.100000 | 12.96984 | 210 | -10.80198779 | 6.779503e-20 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 15 | e,t0 - z,t90    | -88.600000  | 12.96984 | 210 | -6.83123567  | 7.326938e-09 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 16 | e,t120 - e,t15  | -61.633333  | 12.96984 | 210 | -4.75205221  | 2.239142e-04 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 17 | e,t120 - e,t180 | -4.966667   | 12.96984 | 210 | -0.38293985  | 1.000000e+00 |
| ## 18 | e,t120 - e,t30  | -77.966667  | 12.96984 | 210 | -6.01138459  | 6.029737e-07 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 19 | e,t120 - e,t45  | -63.966667  | 12.96984 | 210 | -4.93195683  | 1.041328e-04 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 20 | e,t120 - e,t60  | -39.433333  | 12.96984 | 210 | -3.04038819  | 1.118602e-01 |
| ## 21 | e,t120 - e,t90  | -12.433333  | 12.96984 | 210 | -0.95863465  | 1.000000e+00 |
| ## 22 | e,t120 - z,t0   | -10.833333  | 12.96984 | 210 | -0.83527148  | 1.000000e+00 |
| ## 23 | e,t120 - z,t120 | -67.233333  | 12.96984 | 210 | -5.18382331  | 3.465369e-05 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 24 | e,t120 - z,t15  | -137.200000 | 12.96984 | 210 | -10.57839204 | 3.137465e-19 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 25 | e,t120 - z,t180 | -5.966667   | 12.96984 | 210 | -0.46004183  | 1.000000e+00 |
| ## 26 | e,t120 - z,t30  | -162.200000 | 12.96984 | 210 | -12.50594161 | 4.129442e-25 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 27 | e,t120 - z,t45  | -164.300000 | 12.96984 | 210 | -12.66785577 | 1.293968e-25 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 28 | e,t120 - z,t60  | -150.933333 | 12.96984 | 210 | -11.63725927 | 1.921852e-22 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 29 | e,t120 - z,t90  | -99.433333  | 12.96984 | 210 | -7.66650715  | 5.817744e-11 |
| ***   |                 |             |          |     |              |              |
| ## 30 | e,t15 - e,t180  | 56.666667   | 12.96984 | 210 | 4.36911236   | 1.058476e-03 |
| **    |                 |             |          |     |              |              |
| ## 31 | e,t15 - e,t30   | -16.333333  | 12.96984 | 210 | -1.25933239  | 1.000000e+00 |
| ## 32 | e,t15 - e,t45   | -2.333333   | 12.96984 | 210 | -0.17990463  | 1.000000e+00 |
| ## 33 | e,t15 - e,t60   | 22.200000   | 12.96984 | 210 | 1.71166402   | 1.000000e+00 |

```

## 34      e,t15 - e,t90      49.200000 12.96984 210      3.79341755 8.354560e-03
**
## 35      e,t15 - z,t0       50.800000 12.96984 210      3.91678073 5.460481e-03
**
## 36      e,t15 - z,t120     -5.600000 12.96984 210     -0.43177110 1.000000e+00
## 37      e,t15 - z,t15     -75.566667 12.96984 210     -5.82633983 1.559814e-06
***
## 38      e,t15 - z,t180     55.666667 12.96984 210      4.29201037 1.378529e-03
**
## 39      e,t15 - z,t30    -100.566667 12.96984 210     -7.75388940 3.487970e-11
***
## 40      e,t15 - z,t45    -102.666667 12.96984 210     -7.91580357 1.301011e-11
***
## 41      e,t15 - z,t60     -89.300000 12.96984 210     -6.88520706 5.447395e-09
***
## 42      e,t15 - z,t90     -37.800000 12.96984 210     -2.91445495 1.579682e-01
## 43      e,t180 - e,t30     -73.000000 12.96984 210     -5.62844474 4.159892e-06
***
## 44      e,t180 - e,t45     -59.000000 12.96984 210     -4.54901698 5.100831e-04
***
## 45      e,t180 - e,t60     -34.466667 12.96984 210     -2.65744834 3.137213e-01
## 46      e,t180 - e,t90      -7.466667 12.96984 210     -0.57569480 1.000000e+00
## 47      e,t180 - z,t0      -5.866667 12.96984 210     -0.45233163 1.000000e+00
## 48      e,t180 - z,t120    -62.266667 12.96984 210     -4.80088346 1.828978e-04
***
## 49      e,t180 - z,t15    -132.233333 12.96984 210    -10.19545219 4.402366e-18
***
## 50      e,t180 - z,t180     -1.000000 12.96984 210     -0.07710198 1.000000e+00
## 51      e,t180 - z,t30    -157.233333 12.96984 210    -12.12300176 6.333623e-24
***
## 52      e,t180 - z,t45    -159.333333 12.96984 210    -12.28491592 2.012357e-24
***
## 53      e,t180 - z,t60    -145.966667 12.96984 210    -11.25431942 2.861519e-21
***
## 54      e,t180 - z,t90     -94.466667 12.96984 210     -7.28356731 5.477537e-10
***
## 55      e,t30 - e,t45      14.000000 12.96984 210      1.07942776 1.000000e+00
## 56      e,t30 - e,t60      38.533333 12.96984 210      2.97099640 1.358837e-01
## 57      e,t30 - e,t90      65.533333 12.96984 210      5.05274994 6.142759e-05
***
## 58      e,t30 - z,t0       67.133333 12.96984 210      5.17611311 3.541831e-05
***
## 59      e,t30 - z,t120     10.733333 12.96984 210      0.82756128 1.000000e+00
## 60      e,t30 - z,t15     -59.233333 12.96984 210     -4.56700745 4.802814e-04
***
## 61      e,t30 - z,t180      72.000000 12.96984 210      5.55134276 5.952014e-06
***
## 62      e,t30 - z,t30     -84.233333 12.96984 210     -6.49455702 4.560208e-08
***
## 63      e,t30 - z,t45     -86.333333 12.96984 210     -6.65647118 1.873855e-08
***
## 64      e,t30 - z,t60     -72.966667 12.96984 210     -5.62587468 4.159892e-06
***
## 65      e,t30 - z,t90     -21.466667 12.96984 210     -1.65512256 1.000000e+00
## 66      e,t45 - e,t60      24.533333 12.96984 210      1.89156864 1.000000e+00
## 67      e,t45 - e,t90      51.533333 12.96984 210      3.97332218 4.578779e-03
**

```

|        |                |             |          |     |              |              |
|--------|----------------|-------------|----------|-----|--------------|--------------|
| ## 68  | e,t45 - z,t0   | 53.133333   | 12.96984 | 210 | 4.09668535   | 2.932063e-03 |
| **     |                |             |          |     |              |              |
| ## 69  | e,t45 - z,t120 | -3.266667   | 12.96984 | 210 | -0.25186648  | 1.000000e+00 |
| ## 70  | e,t45 - z,t15  | -73.233333  | 12.96984 | 210 | -5.64643521  | 3.852011e-06 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 71  | e,t45 - z,t180 | 58.000000   | 12.96984 | 210 | 4.47191500   | 6.977253e-04 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 72  | e,t45 - z,t30  | -98.233333  | 12.96984 | 210 | -7.57398477  | 1.008636e-10 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 73  | e,t45 - z,t45  | -100.333333 | 12.96984 | 210 | -7.73589894  | 3.851660e-11 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 74  | e,t45 - z,t60  | -86.966667  | 12.96984 | 210 | -6.70530244  | 1.441886e-08 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 75  | e,t45 - z,t90  | -35.466667  | 12.96984 | 210 | -2.73455032  | 2.576487e-01 |
| ## 76  | e,t60 - e,t90  | 27.000000   | 12.96984 | 210 | 2.08175353   | 1.000000e+00 |
| ## 77  | e,t60 - z,t0   | 28.600000   | 12.96984 | 210 | 2.20511671   | 9.700560e-01 |
| ## 78  | e,t60 - z,t120 | -27.800000  | 12.96984 | 210 | -2.14343512  | 1.000000e+00 |
| ## 79  | e,t60 - z,t15  | -97.766667  | 12.96984 | 210 | -7.53800385  | 1.239425e-10 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 80  | e,t60 - z,t180 | 33.466667   | 12.96984 | 210 | 2.58034636   | 3.798675e-01 |
| ## 81  | e,t60 - z,t30  | -122.766667 | 12.96984 | 210 | -9.46555342  | 5.917262e-16 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 82  | e,t60 - z,t45  | -124.866667 | 12.96984 | 210 | -9.62746758  | 2.032618e-16 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 83  | e,t60 - z,t60  | -111.500000 | 12.96984 | 210 | -8.59687108  | 1.777108e-13 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 84  | e,t60 - z,t90  | -60.000000  | 12.96984 | 210 | -4.62611897  | 3.777386e-04 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 85  | e,t90 - z,t0   | 1.600000    | 12.96984 | 210 | 0.12336317   | 1.000000e+00 |
| ## 86  | e,t90 - z,t120 | -54.800000  | 12.96984 | 210 | -4.22518866  | 1.779312e-03 |
| **     |                |             |          |     |              |              |
| ## 87  | e,t90 - z,t15  | -124.766667 | 12.96984 | 210 | -9.61975738  | 2.119103e-16 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 88  | e,t90 - z,t180 | 6.466667    | 12.96984 | 210 | 0.49859282   | 1.000000e+00 |
| ## 89  | e,t90 - z,t30  | -149.766667 | 12.96984 | 210 | -11.54730695 | 3.613049e-22 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 90  | e,t90 - z,t45  | -151.866667 | 12.96984 | 210 | -11.70922112 | 1.182150e-22 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 91  | e,t90 - z,t60  | -138.500000 | 12.96984 | 210 | -10.67862461 | 1.575388e-19 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 92  | e,t90 - z,t90  | -87.000000  | 12.96984 | 210 | -6.70787250  | 1.439124e-08 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 93  | z,t0 - z,t120  | -56.400000  | 12.96984 | 210 | -4.34855183  | 1.132298e-03 |
| **     |                |             |          |     |              |              |
| ## 94  | z,t0 - z,t15   | -126.366667 | 12.96984 | 210 | -9.74312056  | 9.488081e-17 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 95  | z,t0 - z,t180  | 4.866667    | 12.96984 | 210 | 0.37522965   | 1.000000e+00 |
| ## 96  | z,t0 - z,t30   | -151.366667 | 12.96984 | 210 | -11.67067013 | 1.542373e-22 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 97  | z,t0 - z,t45   | -153.466667 | 12.96984 | 210 | -11.83258429 | 4.985745e-23 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 98  | z,t0 - z,t60   | -140.100000 | 12.96984 | 210 | -10.80198779 | 6.779503e-20 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 99  | z,t0 - z,t90   | -88.600000  | 12.96984 | 210 | -6.83123567  | 7.326938e-09 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |
| ## 100 | z,t120 - z,t15 | -69.966667  | 12.96984 | 210 | -5.39456873  | 1.272623e-05 |
| ***    |                |             |          |     |              |              |

```

## 101 z,t120 - z,t180 61.266667 12.96984 210 4.72378148 2.497393e-04
***
## 102 z,t120 - z,t30 -94.966667 12.96984 210 -7.32211830 4.409706e-10
***
## 103 z,t120 - z,t45 -97.066667 12.96984 210 -7.48403246 1.695855e-10
***
## 104 z,t120 - z,t60 -83.700000 12.96984 210 -6.45343596 5.647684e-08
***
## 105 z,t120 - z,t90 -32.200000 12.96984 210 -2.48268385 4.838121e-01
## 106 z,t15 - z,t180 131.233333 12.96984 210 10.11835021 7.405943e-18
***
## 107 z,t15 - z,t30 -25.000000 12.96984 210 -1.92754957 1.000000e+00
## 108 z,t15 - z,t45 -27.100000 12.96984 210 -2.08946373 1.000000e+00
## 109 z,t15 - z,t60 -13.733333 12.96984 210 -1.05886723 1.000000e+00
## 110 z,t15 - z,t90 37.766667 12.96984 210 2.91188488 1.579682e-01
## 111 z,t180 - z,t30 -156.233333 12.96984 210 -12.04589978 1.091851e-23
***
## 112 z,t180 - z,t45 -158.333333 12.96984 210 -12.20781394 3.473707e-24
***
## 113 z,t180 - z,t60 -144.966667 12.96984 210 -11.17721744 4.888878e-21
***
## 114 z,t180 - z,t90 -93.466667 12.96984 210 -7.20646532 8.532356e-10
***
## 115 z,t30 - z,t45 -2.100000 12.96984 210 -0.16191416 1.000000e+00
## 116 z,t30 - z,t60 11.266667 12.96984 210 0.86868234 1.000000e+00
## 117 z,t30 - z,t90 62.766667 12.96984 210 4.83943445 1.562171e-04
***
## 118 z,t45 - z,t60 13.366667 12.96984 210 1.03059650 1.000000e+00
## 119 z,t45 - z,t90 64.866667 12.96984 210 5.00134862 7.681836e-05
***
## 120 z,t60 - z,t90 51.500000 12.96984 210 3.97075211 4.578779e-03
**

```

## SPSS Ergebnisse klinische Studie

Your license renewal date has passed. This product will stop working if a new license is not installed soon.

### Frequencies

|                |         | Statistics |            |           |           |           |
|----------------|---------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                |         | aucGZ180   | aucGZ60    | aucIZ180  | aucIZ60   | aucCZ180  |
| N              | Valid   | 15         | 15         | 15        | 15        | 15        |
|                | Missing | 0          | 0          | 0         | 0         | 0         |
| Mean           |         | 1258.5000  | 1665.5000  | 1508.6550 | 1362.3050 | 252.3000  |
| Std. Deviation |         | 2002.75921 | 1020.56103 | 832.72416 | 522.97751 | 142.55012 |
| Percentiles    | 25      | -345.0000  | 1155.0000  | 829.2000  | 1001.7750 | 152.2500  |
|                | 50      | 907.5000   | 1447.5000  | 1363.9500 | 1362.7500 | 249.0000  |
|                | 75      | 1762.5000  | 2175.0000  | 2025.3750 | 1574.8500 | 324.0000  |

|                |         | Statistics |           |           |           |           |
|----------------|---------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                |         | aucCZ60    | aucGE180  | aucGE60   | aucIE180  | aucIE60   |
| N              | Valid   | 15         | 15        | 15        | 15        | 15        |
|                | Missing | 0          | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Mean           |         | 155.0000   | -85.5000  | 104.5000  | -44.0650  | 60.1250   |
| Std. Deviation |         | 45.77517   | 593.71124 | 211.64787 | 337.03187 | 103.10239 |
| Percentiles    | 25      | 122.2500   | -465.0000 | -30.0000  | -188.6250 | 14.4000   |
|                | 50      | 140.2500   | -180.0000 | 97.5000   | 102.1500  | 88.2000   |
|                | 75      | 180.7500   | 232.5000  | 202.5000  | 164.4000  | 121.5000  |

|                |         | Statistics |         |
|----------------|---------|------------|---------|
|                |         | aucCE180   | aucCE60 |
| N              | Valid   | 15         | 15      |
|                | Missing | 0          | 0       |
| Mean           |         | 9.5500     | 13.6500 |
| Std. Deviation |         | 27.72750   | 7.35503 |
| Percentiles    | 25      | -10.5000   | 7.5000  |
|                | 50      | 3.7500     | 13.5000 |
|                | 75      | 33.7500    | 20.2500 |

### NPar Tests

#### Wilcoxon Signed Ranks Test

## Ranks

|                     |                | N               | Mean Rank | Sum of Ranks |
|---------------------|----------------|-----------------|-----------|--------------|
| aucGE180 - aucGZ180 | Negative Ranks | 11 <sup>a</sup> | 9.73      | 107.00       |
|                     | Positive Ranks | 4 <sup>b</sup>  | 3.25      | 13.00        |
|                     | Ties           | 0 <sup>c</sup>  |           |              |
|                     | Total          | 15              |           |              |
| aucGE60 - aucGZ60   | Negative Ranks | 15 <sup>d</sup> | 8.00      | 120.00       |
|                     | Positive Ranks | 0 <sup>e</sup>  | .00       | .00          |
|                     | Ties           | 0 <sup>f</sup>  |           |              |
|                     | Total          | 15              |           |              |
| aucIE180 - aucIZ180 | Negative Ranks | 15 <sup>g</sup> | 8.00      | 120.00       |
|                     | Positive Ranks | 0 <sup>h</sup>  | .00       | .00          |
|                     | Ties           | 0 <sup>i</sup>  |           |              |
|                     | Total          | 15              |           |              |
| aucIE60 - aucIZ60   | Negative Ranks | 15 <sup>j</sup> | 8.00      | 120.00       |
|                     | Positive Ranks | 0 <sup>k</sup>  | .00       | .00          |
|                     | Ties           | 0 <sup>l</sup>  |           |              |
|                     | Total          | 15              |           |              |
| aucCE180 - aucCZ180 | Negative Ranks | 15 <sup>m</sup> | 8.00      | 120.00       |
|                     | Positive Ranks | 0 <sup>n</sup>  | .00       | .00          |
|                     | Ties           | 0 <sup>o</sup>  |           |              |
|                     | Total          | 15              |           |              |
| aucCE60 - aucCZ60   | Negative Ranks | 15 <sup>p</sup> | 8.00      | 120.00       |
|                     | Positive Ranks | 0 <sup>q</sup>  | .00       | .00          |
|                     | Ties           | 0 <sup>r</sup>  |           |              |
|                     | Total          | 15              |           |              |

a. aucGE180 < aucGZ180

b. aucGE180 > aucGZ180

c. aucGE180 = aucGZ180

d. aucGE60 < aucGZ60

e. aucGE60 > aucGZ60

f. aucGE60 = aucGZ60

g. aucIE180 < aucIZ180

h. aucIE180 > aucIZ180

i. aucIE180 = aucIZ180

j. aucIE60 < aucIZ60

k. aucIE60 > aucIZ60

l. aucIE60 = aucIZ60

- l. aucIE60 = aucIZ60  
 m. aucCE180 < aucCZ180  
 n. aucCE180 > aucCZ180  
 o. aucCE180 = aucCZ180  
 p. aucCE60 < aucCZ60  
 q. aucCE60 > aucCZ60  
 r. aucCE60 = aucCZ60

#### Test Statistics<sup>a</sup>

|                        | aucGE180 -<br>aucGZ180 | aucGE60 -<br>aucGZ60 | aucIE180 -<br>aucIZ180 | aucIE60 -<br>aucIZ60 |
|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Z                      | -2.670 <sup>b</sup>    | -3.408 <sup>b</sup>  | -3.408 <sup>b</sup>    | -3.408 <sup>b</sup>  |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | .008                   | <.001                | <.001                  | <.001                |

#### Test Statistics<sup>a</sup>

|                        | aucCE180 -<br>aucCZ180 | aucCE60 -<br>aucCZ60 |
|------------------------|------------------------|----------------------|
| Z                      | -3.408 <sup>b</sup>    | -3.409 <sup>b</sup>  |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | <.001                  | <.001                |

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

#### Frequencies

#### Statistics

|                    |         | GZ0    | GZ15     | GZ30     | GZ45     | GZ60     | GZ90     |
|--------------------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| N                  | Valid   | 15     | 15       | 15       | 15       | 15       | 15       |
|                    | Missing | 0      | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| Mean               |         | .0000  | 31.2667  | 44.9333  | 29.3333  | 11.0000  | -7.7333  |
| Std. Error of Mean |         | .00000 | 3.67808  | 5.54417  | 7.40699  | 6.97683  | 4.15471  |
| Std. Deviation     |         | .00000 | 14.24513 | 21.47246 | 28.68715 | 27.02116 | 16.09111 |
| Percentiles        | 25      | .0000  | 18.0000  | 31.0000  | 10.0000  | -8.0000  | -18.0000 |
|                    | 50      | .0000  | 29.0000  | 41.0000  | 29.0000  | 6.0000   | -10.0000 |
|                    | 75      | .0000  | 43.0000  | 55.0000  | 36.0000  | 21.0000  | .0000    |

### Statistics

|                    |         | GZ120    | GZ180   | IZ0    | IZ15     | IZ30     | IZ45     |
|--------------------|---------|----------|---------|--------|----------|----------|----------|
| N                  | Valid   | 15       | 15      | 15     | 15       | 15       | 15       |
|                    | Missing | 0        | 0       | 0      | 0        | 0        | 0        |
| Mean               |         | -6.5333  | -1.5333 | .0000  | 25.0093  | 34.4267  | 25.4733  |
| Std. Error of Mean |         | 2.47245  | 2.09049 | .00000 | 2.93276  | 3.48869  | 3.32785  |
| Std. Deviation     |         | 9.57576  | 8.09644 | .00000 | 11.35852 | 13.51164 | 12.88869 |
| Percentiles        | 25      | -15.0000 | -6.0000 | .0000  | 18.2900  | 24.5500  | 16.2200  |
|                    | 50      | -8.0000  | -3.0000 | .0000  | 24.8200  | 31.5000  | 25.6000  |
|                    | 75      | 2.0000   | 3.0000  | .0000  | 32.6200  | 40.4300  | 32.2100  |

### Statistics

|                    |         | IZ60    | IZ90    | IZ120   | IZ180   | CZ0    | CZ15   |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| N                  | Valid   | 15      | 15      | 15      | 15      | 15     | 15     |
|                    | Missing | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      |
| Mean               |         | 11.8220 | 1.8113  | -.3387  | -2.3360 | .0000  | 1.9667 |
| Std. Error of Mean |         | 2.46395 | 1.38275 | 1.12684 | .58690  | .00000 | .17986 |
| Std. Deviation     |         | 9.54284 | 5.35538 | 4.36425 | 2.27307 | .00000 | .69659 |
| Percentiles        | 25      | .7800   | -.8100  | -3.0200 | -3.4900 | .0000  | 1.4000 |
|                    | 50      | 10.3000 | .3900   | -1.5000 | -2.6700 | .0000  | 1.8000 |
|                    | 75      | 21.1400 | 2.6800  | 1.1800  | -.8100  | .0000  | 2.8000 |

### Statistics

|                    |         | CZ30    | CZ45    | CZ60    | CZ90    | CZ120  | CZ180  |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| N                  | Valid   | 15      | 15      | 15      | 15      | 15     | 15     |
|                    | Missing | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      |
| Mean               |         | 3.4133  | 3.5667  | 2.7733  | 1.2467  | .5267  | -.1800 |
| Std. Error of Mean |         | .26166  | .29883  | .36364  | .32789  | .25643 | .17841 |
| Std. Deviation     |         | 1.01339 | 1.15738 | 1.40838 | 1.26991 | .99317 | .69096 |
| Percentiles        | 25      | 2.7000  | 2.8000  | 1.7000  | .3000   | .1000  | -.3000 |
|                    | 50      | 3.0000  | 3.5000  | 2.4000  | 1.1000  | .4000  | -.1000 |
|                    | 75      | 4.2000  | 4.1000  | 3.6000  | 1.7000  | .7000  | .3000  |



|                    |         | Statistics |         |         |         |         |         |
|--------------------|---------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                    |         | GE0        | GE15    | GE30    | GE45    | GE60    | GE90    |
| N                  | Valid   | 15         | 15      | 15      | 15      | 15      | 15      |
|                    | Missing | 0          | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |
| Mean               |         | .0000      | 3.1333  | 3.5333  | .8667   | -1.1333 | -3.0667 |
| Std. Error of Mean |         | .00000     | 1.52399 | 1.05500 | 1.08174 | .99936  | .94852  |
| Std. Deviation     |         | .00000     | 5.90238 | 4.08598 | 4.18956 | 3.87052 | 3.67359 |
| Percentiles        | 25      | .0000      | -1.0000 | .0000   | -2.0000 | -4.0000 | -6.0000 |
|                    | 50      | .0000      | 4.0000  | 3.0000  | 1.0000  | -1.0000 | -2.0000 |
|                    | 75      | .0000      | 5.0000  | 7.0000  | 3.0000  | 1.0000  | .0000   |

|                    |         | Statistics |         |        |         |         |         |
|--------------------|---------|------------|---------|--------|---------|---------|---------|
|                    |         | GE120      | GE180   | IE0    | IE15    | IE30    | IE45    |
| N                  | Valid   | 15         | 15      | 15     | 15      | 15      | 15      |
|                    | Missing | 0          | 0       | 0      | 0       | 0       | 0       |
| Mean               |         | -2.4667    | 1.0000  | .0000  | 2.2413  | 1.6207  | .4233   |
| Std. Error of Mean |         | 1.04593    | .80475  | .00000 | .83536  | .55887  | .50235  |
| Std. Deviation     |         | 4.05087    | 3.11677 | .00000 | 3.23534 | 2.16449 | 1.94559 |
| Percentiles        | 25      | -4.0000    | .0000   | .0000  | .4500   | .3200   | -.7800  |
|                    | 50      | -3.0000    | 1.0000  | .0000  | 2.4600  | 2.1300  | 1.0200  |
|                    | 75      | .0000      | 3.0000  | .0000  | 3.5000  | 3.0700  | 1.7100  |

|                    |         | Statistics |         |         |         |        |        |
|--------------------|---------|------------|---------|---------|---------|--------|--------|
|                    |         | IE60       | IE90    | IE120   | IE180   | CE0    | CE15   |
| N                  | Valid   | 15         | 15      | 15      | 15      | 15     | 15     |
|                    | Missing | 0          | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      |
| Mean               |         | -.5540     | -.9660  | -1.1640 | -.4840  | .0000  | .2600  |
| Std. Error of Mean |         | .58529     | .51924  | .62837  | .78990  | .00000 | .06459 |
| Std. Deviation     |         | 2.26681    | 2.01100 | 2.43368 | 3.05928 | .00000 | .25014 |
| Percentiles        | 25      | -1.9600    | -1.4600 | -3.3500 | -2.0400 | .0000  | .1000  |
|                    | 50      | -.2300     | -.6800  | -.8000  | -.5100  | .0000  | .3000  |
|                    | 75      | 1.2200     | .4200   | .4400   | .8400   | .0000  | .3000  |

|                    |         | Statistics |        |        |        |        |        |
|--------------------|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    |         | CE30       | CE45   | CE60   | CE90   | CE120  | CE180  |
| N                  | Valid   | 15         | 15     | 15     | 15     | 15     | 15     |
|                    | Missing | 0          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| Mean               |         | .3333      | .2533  | .1267  | -.0133 | -.0800 | -.0667 |
| Std. Error of Mean |         | .04646     | .04768 | .04522 | .04866 | .06340 | .07787 |
| Std. Deviation     |         | .17995     | .18465 | .17512 | .18848 | .24553 | .30158 |
| Percentiles        | 25      | .2000      | .1000  | .0000  | -.1000 | -.2000 | -.2000 |
|                    | 50      | .3000      | .3000  | .1000  | .0000  | -.1000 | -.1000 |
|                    | 75      | .5000      | .4000  | .3000  | .1000  | .0000  | .2000  |

study.sav

|    | ID | GZ0 | GZ15  | GZ30  | GZ45   | GZ60   |
|----|----|-----|-------|-------|--------|--------|
| 1  | 1  | .00 | 18.00 | 24.00 | 10.00  | -12.00 |
| 2  | 2  | .00 | 40.00 | 55.00 | 12.00  | -14.00 |
| 3  | 3  | .00 | 44.00 | 62.00 | 36.00  | 6.00   |
| 4  | 4  | .00 | 51.00 | 91.00 | 117.00 | 91.00  |
| 5  | 5  | .00 | 37.00 | 42.00 | 14.00  | -3.00  |
| 6  | 6  | .00 | 20.00 | 31.00 | 28.00  | 3.00   |
| 7  | 7  | .00 | 61.00 | 86.00 | 34.00  | 15.00  |
| 8  | 8  | .00 | 43.00 | 52.00 | 42.00  | 21.00  |
| 9  | 9  | .00 | 21.00 | 32.00 | .00    | -4.00  |
| 10 | 11 | .00 | 33.00 | 40.00 | 8.00   | -8.00  |
| 11 | 12 | .00 | 23.00 | 14.00 | -2.00  | -18.00 |
| 12 | 13 | .00 | 29.00 | 30.00 | 33.00  | 9.00   |
| 13 | 14 | .00 | 15.00 | 32.00 | 29.00  | 19.00  |
| 14 | 15 | .00 | 18.00 | 42.00 | 49.00  | 35.00  |
| 15 | 16 | .00 | 16.00 | 41.00 | 30.00  | 25.00  |

|    | GZ90   | GZ120  | GZ180  | IZ0 | IZ15  | IZ30  |
|----|--------|--------|--------|-----|-------|-------|
| 1  | -18.00 | -8.00  | -5.00  | .00 | 20.60 | 34.00 |
| 2  | -9.00  | -4.00  | .00    | .00 | 1.04  | 19.40 |
| 3  | -25.00 | -18.00 | -8.00  | .00 | 41.02 | 69.52 |
| 4  | 40.00  | 6.00   | -16.00 | .00 | 38.23 | 40.43 |
| 5  | -10.00 | -15.00 | -5.00  | .00 | 32.62 | 50.42 |
| 6  | -25.00 | -20.00 | -1.00  | .00 | 14.41 | 19.31 |
| 7  | -9.00  | 4.00   | 17.00  | .00 | 46.36 | 49.26 |
| 8  | -21.00 | -18.00 | -6.00  | .00 | 25.94 | 34.84 |
| 9  | -11.00 | -12.00 | -6.00  | .00 | 16.95 | 24.55 |
| 10 | -11.00 | 2.00   | 12.00  | .00 | 25.14 | 25.04 |
| 11 | -17.00 | -11.00 | -3.00  | .00 | 28.00 | 31.50 |
| 12 | .00    | 2.00   | 3.00   | .00 | 24.82 | 23.72 |
| 13 | -8.00  | -5.00  | 3.00   | .00 | 21.41 | 28.61 |
| 14 | 7.00   | 10.00  | -1.00  | .00 | 20.31 | 30.61 |
| 15 | 1.00   | -11.00 | -7.00  | .00 | 18.29 | 35.19 |

|    | IZ45  | IZ60  | IZ90  | IZ120 | IZ180 | CZ0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1  | 25.60 | 4.70  | -4.23 | -4.73 | -5.54 | .00 |
| 2  | 9.30  | -.54  | -3.54 | -3.02 | -2.78 | .00 |
| 3  | 49.12 | 15.32 | -.81  | -3.63 | -3.27 | .00 |
| 4  | 51.93 | 22.63 | 13.93 | 2.82  | -2.19 | .00 |
| 5  | 16.22 | .31   | -.53  | -2.26 | -2.73 | .00 |
| 6  | 23.41 | 19.31 | .39   | -2.21 | -.64  | .00 |
| 7  | 21.56 | 8.96  | .11   | .77   | -1.36 | .00 |
| 8  | 33.64 | 21.14 | 1.66  | -1.29 | -2.19 | .00 |
| 9  | 8.05  | 7.15  | 2.68  | -.72  | -2.67 | .00 |
| 10 | 10.14 | .78   | .06   | -1.57 | -.81  | .00 |
| 11 | 26.20 | 10.30 | 1.80  | -1.50 | -4.66 | .00 |
| 12 | 19.72 | .06   | -5.07 | -4.82 | -5.99 | .00 |
| 13 | 25.61 | 17.41 | 2.32  | 1.18  | 2.83  | .00 |
| 14 | 32.21 | 25.61 | 11.61 | 12.81 | .45   | .00 |
| 15 | 29.39 | 24.19 | 6.79  | 3.09  | -3.49 | .00 |

|    | CZ15 | CZ30 | CZ45 | CZ60 | CZ90 | CZ120 |
|----|------|------|------|------|------|-------|
| 1  | 1.40 | 2.80 | 3.00 | 1.70 | .20  | -.30  |
| 2  | 1.40 | 2.80 | 2.30 | .70  | -.20 | -.60  |
| 3  | 3.10 | 6.00 | 5.60 | 3.60 | .80  | .10   |
| 4  | 3.10 | 4.20 | 6.00 | 5.60 | 4.10 | 2.50  |
| 5  | 2.80 | 4.30 | 3.20 | 2.40 | 1.10 | .30   |
| 6  | 1.30 | 2.50 | 3.60 | 3.60 | 1.70 | .50   |
| 7  | 3.00 | 4.70 | 3.50 | 1.70 | -.60 | -1.10 |
| 8  | 1.90 | 3.30 | 4.10 | 3.80 | 1.30 | .40   |
| 9  | 1.20 | 2.40 | 1.80 | 1.60 | 1.20 | .60   |
| 10 | 2.20 | 3.00 | 2.60 | 1.30 | .50  | .10   |
| 11 | 1.60 | 2.80 | 2.80 | 2.00 | 1.10 | .60   |
| 12 | 1.80 | 2.60 | 2.90 | 1.70 | .30  | .10   |
| 13 | 1.80 | 3.20 | 4.00 | 3.60 | 1.30 | .70   |
| 14 | 1.40 | 2.70 | 3.50 | 3.50 | 2.70 | 2.40  |
| 15 | 1.50 | 3.90 | 4.60 | 4.80 | 3.20 | 1.60  |

|    | CZ180 | GE0 | GE15  | GE30  | GE45  | GE60  |
|----|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 1  | -.50  | .00 | 4.00  | 3.00  | -1.00 | -2.00 |
| 2  | -.90  | .00 | 5.00  | 6.00  | 3.00  | 6.00  |
| 3  | -.20  | .00 | 4.00  | .00   | -2.00 | -4.00 |
| 4  | .70   | .00 | 4.00  | 7.00  | 2.00  | 1.00  |
| 5  | -.20  | .00 | -4.00 | -3.00 | -5.00 | -7.00 |
| 6  | .30   | .00 | 7.00  | 5.00  | 1.00  | -1.00 |
| 7  | -2.20 | .00 | 20.00 | 12.00 | 11.00 | 5.00  |
| 8  | -.10  | .00 | 1.00  | -1.00 | -6.00 | -5.00 |
| 9  | -.10  | .00 | -5.00 | 7.00  | 5.00  | -1.00 |
| 10 | -.10  | .00 | 7.00  | 9.00  | 1.00  | 1.00  |
| 11 | -.20  | .00 | 2.00  | 2.00  | -2.00 | -8.00 |
| 12 | -.30  | .00 | -1.00 | .00   | .00   | -2.00 |
| 13 | .40   | .00 | .00   | 1.00  | -1.00 | -1.00 |
| 14 | .50   | .00 | 4.00  | 2.00  | 3.00  | .00   |
| 15 | .20   | .00 | -1.00 | 3.00  | 4.00  | 1.00  |

|    | GE90  | GE120  | GE180 | IE0 | IE15  | IE30  |
|----|-------|--------|-------|-----|-------|-------|
| 1  | -3.00 | -3.00  | .00   | .00 | 2.46  | 3.03  |
| 2  | 3.00  | 4.00   | 1.00  | .00 | 1.27  | .32   |
| 3  | -6.00 | -2.00  | .00   | .00 | 2.87  | -.81  |
| 4  | -2.00 | .00    | 3.00  | .00 | 4.86  | 4.06  |
| 5  | -9.00 | -12.00 | -4.00 | .00 | 2.78  | 3.48  |
| 6  | -2.00 | -4.00  | 2.00  | .00 | 5.74  | 3.07  |
| 7  | 3.00  | 5.00   | 9.00  | .00 | 9.03  | 3.06  |
| 8  | -7.00 | -4.00  | 1.00  | .00 | 1.83  | -1.91 |
| 9  | -6.00 | -6.00  | 3.00  | .00 | .41   | 2.75  |
| 10 | -2.00 | -2.00  | .00   | .00 | 1.61  | 2.13  |
| 11 | -7.00 | -4.00  | .00   | .00 | .45   | 4.42  |
| 12 | -6.00 | -3.00  | -3.00 | .00 | -.71  | 1.92  |
| 13 | .00   | -1.00  | 1.00  | .00 | 3.50  | .36   |
| 14 | -2.00 | -5.00  | -2.00 | .00 | 3.12  | 1.13  |
| 15 | .00   | .00    | 4.00  | .00 | -5.60 | -2.70 |

|    | IE45  | IE60  | IE90  | IE120 | IE180 | CE0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1  | 1.71  | .69   | -2.16 | -3.35 | -3.72 | .00 |
| 2  | 1.47  | 1.22  | .99   | .44   | -.69  | .00 |
| 3  | -.76  | -.68  | -1.46 | -.80  | -.51  | .00 |
| 4  | 1.96  | 1.06  | -.93  | .17   | -.08  | .00 |
| 5  | .45   | -.78  | -.03  | -3.53 | -2.04 | .00 |
| 6  | -.51  | .08   | .74   | -.49  | 2.24  | .00 |
| 7  | 1.88  | -.23  | -.82  | -1.35 | .12   | .00 |
| 8  | -.96  | -.29  | -.77  | -1.84 | -2.02 | .00 |
| 9  | 4.18  | 1.52  | .67   | .51   | -.82  | .00 |
| 10 | 1.34  | 1.60  | .42   | -.98  | .84   | .00 |
| 11 | -.78  | -1.96 | -.68  | 2.32  | 7.42  | .00 |
| 12 | 1.12  | -2.13 | -3.52 | -3.54 | -3.03 | .00 |
| 13 | -1.78 | -2.62 | .32   | .33   | 1.45  | .00 |
| 14 | 1.02  | 1.31  | -.45  | 1.78  | -.18  | .00 |
| 15 | -3.99 | -7.10 | -6.81 | -7.13 | -6.24 | .00 |

|    | CE15 | CE30 | CE45 | CE60 | CE90 | CE120 |
|----|------|------|------|------|------|-------|
| 1  | .30  | .50  | .40  | .30  | -.10 | -.20  |
| 2  | .20  | .20  | .30  | .40  | .30  | .30   |
| 3  | .30  | .10  | .00  | .10  | .00  | -.10  |
| 4  | .50  | .60  | .50  | .40  | .20  | .20   |
| 5  | .10  | .20  | .20  | .00  | -.10 | -.40  |
| 6  | .60  | .60  | .30  | .10  | .10  | .00   |
| 7  | .80  | .50  | .30  | -.10 | -.50 | -.70  |
| 8  | .10  | .10  | .00  | .00  | -.10 | -.10  |
| 9  | .00  | .40  | .60  | .40  | .10  | .00   |
| 10 | .30  | .40  | .30  | .20  | .10  | -.10  |
| 11 | .30  | .50  | .10  | .00  | .10  | .20   |
| 12 | .00  | .20  | .30  | .00  | -.20 | -.20  |
| 13 | .30  | .30  | .00  | -.10 | .00  | .00   |
| 14 | .30  | .10  | .10  | .10  | -.10 | .00   |
| 15 | -.20 | .30  | .40  | .10  | .00  | -.10  |

|    | CE180 |
|----|-------|
| 1  | -.30  |
| 2  | .10   |
| 3  | -.10  |
| 4  | .20   |
| 5  | -.30  |
| 6  | .20   |
| 7  | -.80  |
| 8  | -.20  |
| 9  | .00   |
| 10 | .00   |
| 11 | .50   |
| 12 | -.20  |
| 13 | .20   |
| 14 | -.20  |
| 15 | -.10  |

Tabelle 71: Area under the curve (AUC; Zeitraum: 0-60 min und 0-180) der Blutzucker- Insulin- und C-Peptid-Werte nach oraler Einnahme von ENSO 16 und Glukose. Die Daten sind als Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen angegeben. Die p-Werte der einzelnen Vergleiche sind ebenfalls angegeben. \*\*  $p < 0,01$

|                                            | Glukose (MW $\pm$ STABW) | ENSO 16 (MW $\pm$ STABW) | p-Wert  |
|--------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| Blutzucker (AUC <sub>0-60</sub> ) [mg/dL]  | 1666 $\pm$ 1021          | 105 $\pm$ 212            | 0,004** |
| Blutzucker (AUC <sub>0-180</sub> ) [mg/dL] | 1259 $\pm$ 2003          | - 86 $\pm$ 594           | 0,008** |
| Insulin (AUC <sub>0-60</sub> ) [mg/dL]     | 1362 $\pm$ 523           | 60 $\pm$ 103             | 0,004** |
| Insulin (AUC <sub>0-180</sub> ) [mg/dL]    | 1509 $\pm$ 833           | - 44 $\pm$ 337           | 0,004** |
| C-Peptid (AUC <sub>0-60</sub> ) [mg/dL]    | 155 $\pm$ 46             | 14 $\pm$ 7               | 0,004** |
| C-Peptid (AUC <sub>0-180</sub> ) [mg/dL]   | 252 $\pm$ 143            | 10 $\pm$ 28              | 0,004** |

Tabelle 72: Ergebnisse des Post-hoc Tests (inklusive Bonferroni-Holm Korrektur) zur Identifizierung der signifikanten Unterschiede zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf den Blutzuckerspiegel, den Insulinspiegel und das C-Peptid Level zwischen den beiden Substanzen (ENSO 16, e; Glukose, g). (Sig. steht für Signifikanz mit den Niveaus \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ )

| Zeitpunkt         | Blutzucker |      | Insulin |      | C-Peptid |      |
|-------------------|------------|------|---------|------|----------|------|
|                   | p-Wert     | Sig. | p-Wert  | Sig. | p-Wert   | Sig. |
| e, t0 – g, t0     | 1          |      | 1       |      | 1        |      |
| e, t15 – g, t15   | 0.0001     | ***  | 0.0012  | **   | <0.0001  | ***  |
| e, t30 – g, t30   | 0.0001     | ***  | <0.0001 | ***  | <0.0001  | ***  |
| e, t45 – g, t45   | 0.0001     | ***  | <0.0001 | ***  | <0.0001  | ***  |
| e, t60 – g, t60   | 0.9140     |      | <0.0001 | ***  | <0.0001  | ***  |
| e, t90 – g, t90   | 1          |      | 0.5260  |      | <0.0001  | ***  |
| e, t120 – g, t120 | 1          |      | 1       |      | <0.0001  | ***  |
| e, t180 – g, t180 | 0.8540     |      | 1       |      | 1        |      |

Tabelle 73: Ergebnisse des Post-hoc Tests (inklusive Bonferroni Holm Korrektur) zur Identifizierung der signifikante Unterschiede im zeitlichen Verlauf auf den Blutzuckerspiegel innerhalb der einzelnen Substanzgruppen (ENSO 16, e; Glukose, g). Vergleiche innerhalb der ENSO 16 Gruppe sind orange hinterlegt, jene innerhalb der Glukose Gruppe rot. (Signifikanz mit den Niveaus \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ )

| Zeitpunkt      | Blutzucker |             |
|----------------|------------|-------------|
|                | p-Wert     | Signifikanz |
| e,t120 - e,t15 | 0,0134     | *           |
| e,t120 - e,t30 | 0,0015     | **          |
| e,t15 - e,t90  | 0,0038     | **          |
| e,t30 - e,t90  | 0,0003     | ***         |
| g,t0 - g,t15   | <0.0001    | ***         |
| g,t0 - g,t30   | <0.0001    | ***         |
| g,t0 - g,t45   | <0.0001    | ***         |
| g,t0 - g,t90   | 0,0442     | *           |
| g,t120 - g,t15 | <0.0001    | ***         |
| g,t120 - g,t30 | <0.0001    | ***         |
| g,t120 - g,t45 | <0.0001    | ***         |
| g,t120 - g,t60 | 0,0085     | **          |
| g,t15 - g,t180 | <0.0001    | ***         |
| g,t15 - g,t60  | <0.0001    | ***         |
| g,t15 - g,t90  | <0.0001    | ***         |
| g,t180 - g,t30 | <0.0001    | ***         |
| g,t180 - g,t45 | <0.0001    | ***         |
| g,t30 - g,t60  | <0.0001    | ***         |
| g,t30 - g,t90  | <0.0001    | ***         |
| g,t45 - g,t60  | 0,0049     | **          |
| g,t45 - g,t90  | <0.0001    | ***         |
| g,t60 - g,t90  | 0,0002     | ***         |

Tabelle 74: Ergebnisse des Post-hoc Tests (inklusive Bonferroni Holm Korrektur) zur Identifizierung der signifikante Unterschiede im zeitlichen Verlauf auf den Insulinspiegel innerhalb der einzelnen Substanzgruppen(ENSO 16, e; Glukose, g). Vergleiche innerhalb der ENSO 16 Gruppe sind orange hinterlegt, jene innerhalb der Glukose Gruppe rot. (Signifikanz mit den Niveaus \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ )

| Zeitpunkt      | Insulin |             |
|----------------|---------|-------------|
|                | p-Wert  | Signifikanz |
| e,t120 - e,t30 | 0,0069  | **          |
| e,t15 - e,t180 | 0,0023  | **          |
| e,t15 - e,t60  | 0,0239  | *           |
| e,t15 - e,t90  | 0,0006  | ***         |
| e,t180 - e,t30 | 0,0222  | *           |
| e,t30 - e,t90  | 0,0063  | **          |
| g,t0 - g,t30   | <0.0001 | ***         |
| g,t0 - g,t45   | <0.0001 | ***         |
| g,t0 - g,t60   | <0.0001 | ***         |
| g,t120 - g,t15 | <0.0001 | ***         |
| g,t120 - g,t30 | <0.0001 | ***         |
| g,t120 - g,t45 | <0.0001 | ***         |
| g,t120 - g,t60 | <0.0001 | ***         |
| g,t15 - g,t180 | <0.0001 | ***         |
| g,t15 - g,t90  | <0.0001 | ***         |
| g,t180 - g,t30 | <0.0001 | ***         |
| g,t180 - g,t45 | <0.0001 | ***         |
| g,t180 - g,t60 | <0.0001 | ***         |
| g,t180 - g,t90 | 0,0008  | ***         |
| g,t30 - g,t90  | <0.0001 | ***         |
| g,t45 - g,t90  | <0.0001 | ***         |
| g,t60 - g,t90  | 0,0058  | **          |

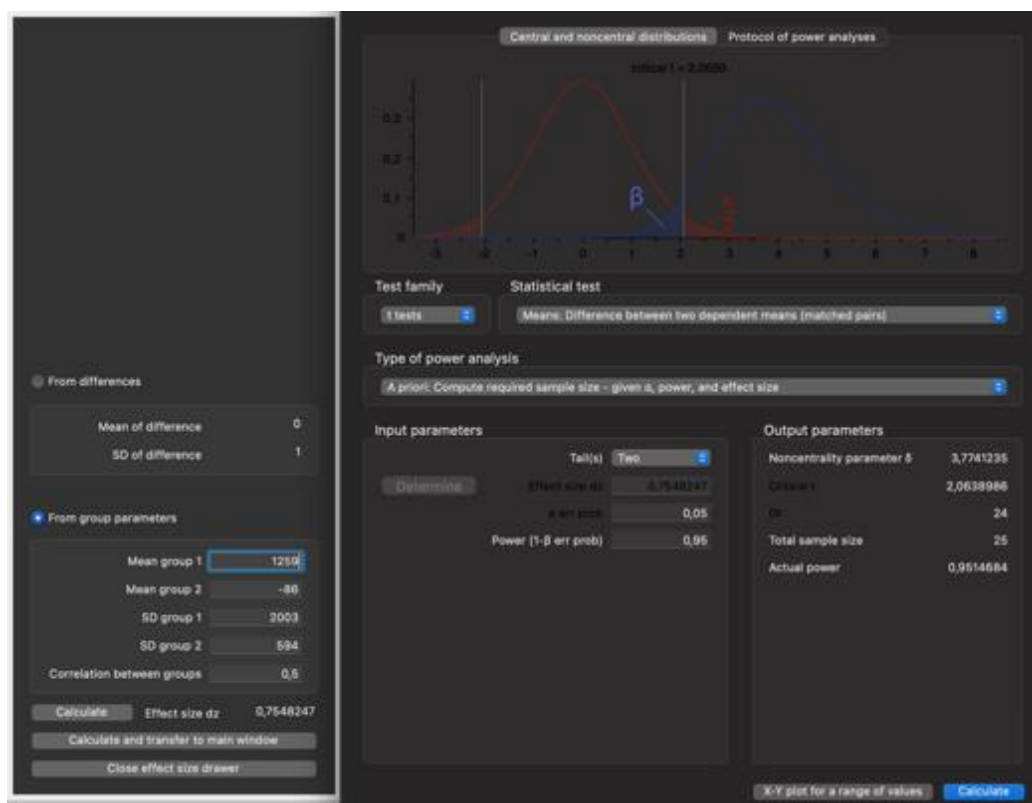
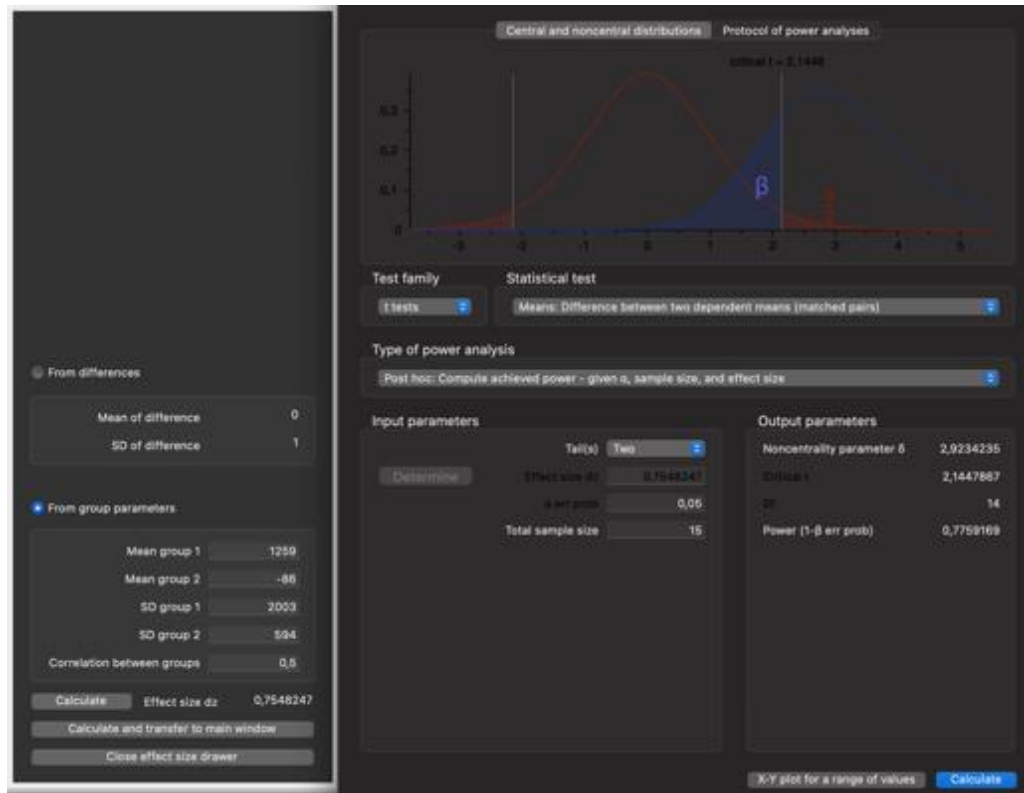


Tabelle 75: Ergebnisse des Post-hoc Tests (inklusive Bonferroni Holm Korrektur) zur Identifizierung der signifikante Unterschiede im zeitlichen Verlauf auf das C-Peptid Level innerhalb der einzelnen Substanzgruppen(ENSO 16, e; Glukose, g). Vergleiche innerhalb der ENSO 16 Gruppe sind orange hinterlegt, jene innerhalb der Glukose Gruppe rot. (Signifikanz mit den Niveaus \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ )

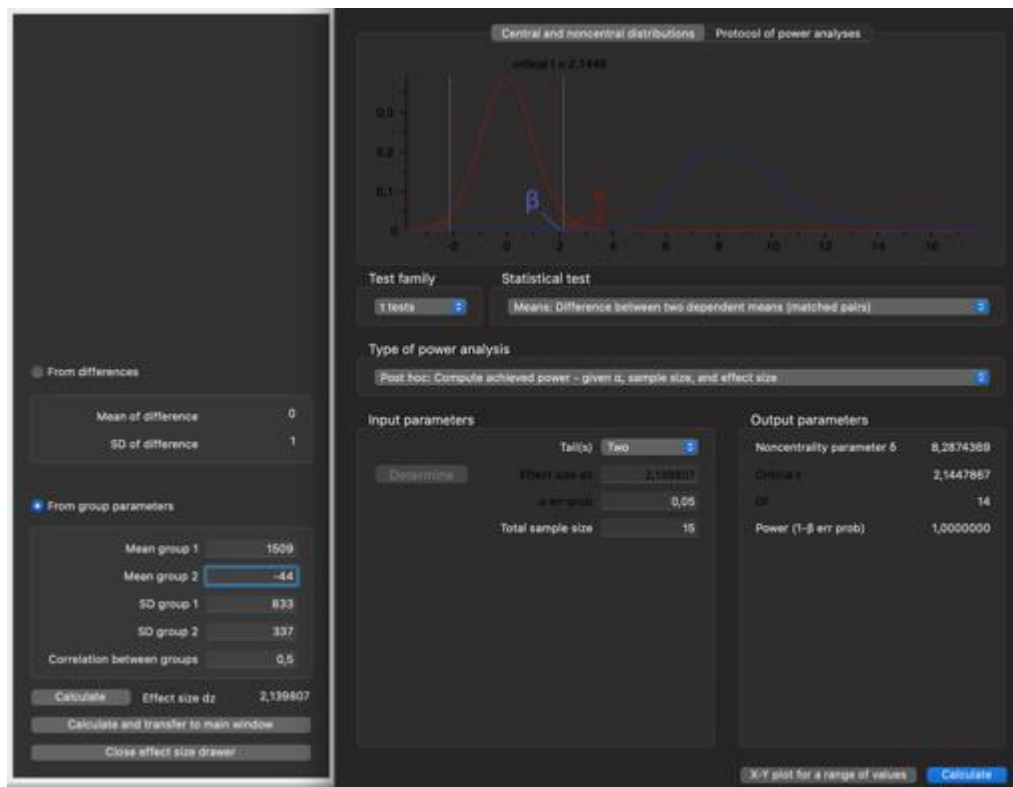
| Zeitpunkt       | C-Peptid |             |
|-----------------|----------|-------------|
|                 | p-Wert   | Signifikanz |
| e,t0 - e,t15    | 0,0055   | *           |
| e,t0 - e,t30    | <0.0001  | **          |
| e,t0 - e,t45    | 0,0029   | *           |
| e,t120 - e,t15  | 0,0002   | **          |
| e,t120 - e,t30  | <0.0001  | **          |
| e,t120 - e,t45  | 0,0001   | **          |
| e,t15 - e,t180  | 0,0011   | *           |
| e,t15 - e,t90   | 0,0084   | *           |
| e,t15 - g,t0    | 0,0055   | *           |
| e,t180 - e,t30  | <0.0001  | **          |
| e,t180 - e,t45  | 0,0005   | **          |
| e,t30 - e,t90   | <0.0001  | **          |
| g,t0 - g,t120   | 0,0011   | *           |
| g,t0 - g,t15    | <0.0001  | **          |
| g,t0 - g,t30    | <0.0001  | **          |
| g,t0 - g,t45    | <0.0001  | **          |
| g,t0 - g,t60    | <0.0001  | **          |
| g,t0 - g,t90    | <0.0001  | **          |
| g,t120 - g,t15  | <0.0001  | **          |
| g,t120 - g,t180 | 0,0002   | **          |
| g,t120 - g,t30  | <0.0001  | **          |
| g,t120 - g,t45  | <0.0001  | **          |
| g,t120 - g,t60  | <0.0001  | **          |
| g,t15 - g,t180  | <0.0001  | **          |
| g,t180 - g,t30  | <0.0001  | **          |
| g,t180 - g,t45  | <0.0001  | **          |
| g,t180 - g,t60  | <0.0001  | **          |
| g,t180 - g,t90  | <0.0001  | **          |
| g,t30 - g,t90   | 0,0002   | **          |
| g,t45 - g,t90   | <0.0001  | **          |
| g,t60 - g,t90   | 0,0046   | *           |

## G-Power 3 Analyse

### Blutzucker 0-180 min



## Insulin 0-180 min



## C-Peptid 0- 180 min

