



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Analyse eines neuartig angereicherten Leinöls bezüglich der sensorischen Qualität und des Polyphenolgehaltes“

verfasst von / submitted by

Luisa Viktoria Backes, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2021 / Vienna 2021

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

A 066 838

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

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von / Supervisor:

Assoz. Prof. Mag. Dr. Marc Pignitter

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht und die Quellen sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber:innen der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Wien, den 08.11.2021

X

Luisa Backes

Danksagung

Ich bedanke ich mich bei Herrn Assoz. Prof. Mag. Dr. Marc Pignitter für die Betreuung meiner Masterarbeit am Institut für physiologische Chemie, sowie die Zeit, meine Fragen, Ideen und Probleme ausführlich zu besprechen.

Außerdem möchte ich mich bei Familie Hoffmann von der Hagenthaler Ölmanufaktur für die Bereitstellung des Probenmaterials und für die Unterstützung bei der Optimierung des Leinöls bedanken, welche ich in ihren Räumlichkeiten durchführen durfte.

Ein großer Dank gilt auch Frau Univ. Prof. Dr. Barbara Lieder für die Unterstützung während meiner Masterarbeit. Bei großen und kleinen Fragen nahm sie sich immer die Zeit, mit mir eine Lösung zu finden.

Ebenfalls bedanke ich mich bei allen Kolleg:innen der Arbeitsgruppe am Institut für physiologische Chemie. Durch das tolle Arbeitsklima verging die Zeit wie im Flug und auch stressvolle Momente wurden durch ihren Rat und Erfahrung leichter zu bewältigen. Vor allem möchte ich mich bei Corinna Miriam Deck und Matthias Strauß bedanken, die sich Zeit genommen haben, mich bei der Vorbereitung meiner Versuche zu unterstützen und meine Fragen zu beantworten.

Ein letzter Dank geht an meine Familie, meine Freunde und meinen Partner, die während meines Studiums und der Masterarbeit stets geduldig mit mir waren, mich unterstützt und motiviert haben.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	I
Danksagung.....	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Abbildungsverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	9
1. Einleitung	11
2. Grundlagen und Forschungsstand	13
2.1 Essentielle Fettsäuren im Leinöl	13
2.2 Wirkungen der Polyphenole im menschlichen Organismus	14
2.3 Sensorische Betrachtung des Leinöls.....	15
2.3.1 Cyclolinopeptid E als bitterschmeckende Verbindung im Leinöl.....	16
2.3.2 Bittergeschmack durch Oxidation.....	17
2.3.3 Anreicherung von Leinöl mit Antioxidantien	17
2.4 Anreicherung des Leinöls mit Polyphenolen aus dem Presskuchen	20
3. Hypothesen und Zielsetzung.....	21
4. Studiendesign, Material und Methoden.....	23
4.1 Studiendesign.....	23
4.2 Material.....	25
4.2.1 Sensorik.....	25
4.2.2 Analytik	27
4.2.3 Allgemein	28
4.3 Methoden	29
4.3.1 Sensorik.....	29
4.3.2 Analytik	33
4.3.3 Statistische Auswertung.....	35
5. Ergebnisse	39
5.1 Sensorik.....	39
5.1.1 Quantitative Beschreibung des Leinöls.....	39
5.1.2 Paarweise Vergleichsprüfung.....	46
5.2 Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts	51
5.3 Zusammenhang zwischen Bitterintensität und Gesamtpolyphenolgehalt.....	66
6. Diskussion	67
6.1 Sensorik.....	67

6.2	Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts.....	70
6.3	Zusammenhang zwischen Bitterintensität und Gesamtpolyphenolgehalt	73
7.	Schlussfolgerung und Ausblick	75
8.	Zusammenfassung.....	77
9.	Summary.....	79
10.	Literaturverzeichnis	81
11.	Anhang.....	85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Strukturformeln Vanillin, Ferulasäure und Syringaaldehyd	14
Abbildung 2: Strukturformeln Kaffeesäure und Chlorogensäure	14
Abbildung 3: Strukturformel von Cyclolinopeptid E (Dahiya, et al., 2021).	16
Abbildung 4: Übersicht der Produktionsvarianten der Leinöle. Eigene Darstellung nach Fruehwirth et al. (2020).	24
Abbildung 5: Darstellung der Verkostungstage über den Zeitverlauf der Lagerperiode.....	24
Abbildung 6: Beispielhafte Tabelle zur Zuordnung verschiedener Riechproben.	30
Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung des Bewertungsbogens für den paarweisen Vergleichstest.....	33
Abbildung 8: Beispiel einer Kalibriergeraden für die Berechnung der Konzentration in mg GAE / 100 g Öl.	35
Abbildung 9: Spiderweb-Diagramme der unterschiedlich produzierten und gelagerten Leinöle (A – F) über 12 Wochen..	40
Abbildung 10: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0.....	41
Abbildung 11: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle, sowie zwei Lagervarianten in Woche 4.	42
Abbildung 12: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle, sowie zwei Lagervarianten in Woche 8.	43
Abbildung 13: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle, sowie zwei Lagervarianten in Woche 12.	44
Abbildung 14: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb der geöffneten Lagervariante in Woche 0-12.....	45
Abbildung 15: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb der verschlossenen Lagervariante in Woche 0-12.....	45
Abbildung 16: Paarweiser Vergleich von 500 ppm Koffeinelösung angereichert mit A) 1,6 µg Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); B) 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); C) 1,6 µg Ferulasäure (F) + 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); D) 45 mg	

Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); E) 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); F) 45 mg Ferulasäure (F) + 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K).....	47
Abbildung 17: Paarweiser Vergleich von Leinöl angereichert mit A) 1,6 µg Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); B) 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); C) 1,6 µg Ferulasäure (F) + 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); D) 45 mg Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); E) 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); F) 45 mg Ferulasäure (F) + 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K).....	49
Abbildung 18: Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0.....	51
Abbildung 19: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 1, geöffnet gelagert.	52
Abbildung 20: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 2, geöffnet gelagert..	53
Abbildung 21: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 3, geöffnet gelagert.	54
Abbildung 22: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des konventionell produzierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.	55
Abbildung 23: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des hermetisch verschlossen produziert Leinöls pro gelagerte Flasche (A – C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.....	56
Abbildung 24: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des optimierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A – C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.	56
Abbildung 25: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 4, geöffnet gelagert.	57
Abbildung 26: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 4, original verschlossen gelagert.	58
Abbildung 27: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 8, geöffnet gelagert.	59
Abbildung 28: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 8, original verschlossen gelagert.	60
Abbildung 29: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 12, geöffnet gelagert.	61

Abbildung 30: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 12, original verschlossen gelagert.....	62
Abbildung 31: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, geöffnet gelagert.....	63
Abbildung 32: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, original verschlossen gelagert.....	64
Abbildung 33: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts aller Leinölproben.....	66
Abbildung 34: Darstellung des Bewertungsbogens für die quantitative Beschreibung des Leinöls.	85
Abbildung 35: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des konventionell produzierten und geöffnet gelagerten Leinöls.	113
Abbildung 36: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des konventionell produzierten und original verschlossen gelagerten Leinöls.	113
Abbildung 37: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des hermetisch verschlossen produzierten und geöffnet gelagerten Leinöls.	114
Abbildung 38: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des hermetisch verschlossen produzierten und original verschlossen gelagerten Leinöls.	114
Abbildung 39: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des optimierten und geöffnet gelagerten Leinöls..	115
Abbildung 40: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des optimierten und original verschlossen gelagerten Leinöls....	115

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Menge der Probenentnahme pro Woche und gelagerter Flasche	25
Tabelle 2: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die Aromaschulung	25
Tabelle 3: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die quantitative Beschreibung des Leinöls.....	26
Tabelle 4: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für den paarweisen Vergleichstest	26
Tabelle 5: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die Anreicherung des Leinöls mit natürlichen Antioxidantien	27
Tabelle 6: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts	27
Tabelle 7: Verwendete Software	28
Tabelle 8: Konzentrationen für den paarweisen Vergleichstest in 500 ppm Koffeininlösung angegeben als $\mu\text{g}/100\text{g}$ Koffeininlösung.....	32
Tabelle 9: Konzentrationen für den paarweisen Vergleichstest mit einem bitterschmeckenden Leinöl angegeben als $\mu\text{g}/100\text{g}$ Öl.....	32
Tabelle 10: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeininlösung.	47
Tabelle 11: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeininlösung.	48
Tabelle 12: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls.	49
Tabelle 13: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf Basis eines bitterschmeckenden Leinöls.	50

Tabelle 14: Darstellung der statistischen Signifikanz der Gesamtpolyphenolgehalte drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, geöffnet gelagert.	63
Tabelle 15: Darstellung der statistischen Signifikanz der Gesamtpolyphenolgehalte drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, original verschlossen gelagert.	65
Tabelle 16: Darstellung der statistischen Signifikanz der Gesamtpolyphenolgehalte zwischen den Lagervarianten nach den unterschiedlich produzierten Leinölen in Woche 4-12.	65
Tabelle 17: Rohdaten der Bitterintensität des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.....	86
Tabelle 18: Rohdaten der Bitterintensität des hermetisch verschlossenen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	87
Tabelle 19: Rohdaten der Bitterintensität des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	88
Tabelle 20: Rohdaten der Aromaintensität Grün/Grasig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	89
Tabelle 21: Rohdaten der Aromaintensität Grün/Grasig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	91
Tabelle 22: Rohdaten der Aromaintensität Grün/Grasig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.....	92
Tabelle 23: Rohdaten der Aromaintensität Geröstet des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	93
Tabelle 24: Rohdaten der Aromaintensität Geröstet des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	94
Tabelle 25: Rohdaten der Aromaintensität Geröstet des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.....	96
Tabelle 26: Rohdaten der Aromaintensität Nussig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	97
Tabelle 27: Rohdaten der Aromaintensität Nussig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.....	98
Tabelle 28: Rohdaten der Aromaintensität Nussig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.....	99

Tabelle 29: Rohdaten der Aromaintensität Pilzig/Modrig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten..	101
Tabelle 30: Rohdaten der Aromaintensität Pilzig/Modrig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	102
Tabelle 31: Rohdaten der Aromaintensität Pilzig/Modrig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	103
Tabelle 32: Rohdaten der Aromaintensität Fischig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.....	104
Tabelle 33: Rohdaten der Aromaintensität Fischig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten..	106
Tabelle 34: Rohdaten der Aromaintensität Fischig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten.	107
Tabelle 35: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeinlösung.	108
Tabelle 36: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeinlösung.	109
Tabelle 37: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls.	110
Tabelle 38: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls.	111
Tabelle 39: Daten der Gesamtpolyphenole in mg (GAE) / 100 g Öl, dargestellt als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung.	111
Tabelle 40: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des konventionell produzierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.....	112
Tabelle 41: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.....	112
Tabelle 42: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des optimierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.	112

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BHA	Butylhydroxyanisol
BHT	Butylhydroxytoluol
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.
Eppi	Rotilabo-Reaktionsgefäße 1,5ml
GAE	<i>Gallic acid equivalents</i> Gallussäureäquivalente
ns	nicht signifikant
ppm	<i>parts per Million</i> Anteile pro Million
rpm	<i>revolutions per minute</i> Umdrehungen pro Minute

1. Einleitung

Leinöl enthält große Mengen an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, vor allem der alpha-Linolensäure. Für den menschlichen Körper sind mehrfach ungesättigte Fettsäuren essentielle Nährstoffe, um die normale Funktion des menschlichen Körpers aufrecht zu erhalten (Sielicka & Małecka, 2017). Eine Quelle für diese essentiellen Fettsäuren ist Leinöl, neben der alpha-Linolensäure enthält es zudem weitere biologisch aktive Substanzen (Sielicka & Małecka, 2017). Zum Beispiel enthält Leinöl verschiedene Polyphenole (Hasiewicz-Derkacz, et al., 2015). Diese Polyphenole sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und zeigen starke antioxidative Effekte. Als Teil der menschlichen Ernährung zeigen sie gesundheitliche Vorteile, welche näher in Kapitel 2.2 beschrieben werden (Alasalvar, Chang, Bolling, Oh, & Shahidi, 2021).

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE) (2015) empfiehlt für die Aufnahme der essentiellen Fettsäuren vor allem pflanzliche Öle wie das Leinöl. Durch die Aufnahme von mehrfach ungesättigten Fettsäuren kann die Gesamt- und LDL-Cholesterinkonzentration im Blut und das Risiko für koronare Herzerkrankungen gesenkt werden. Die Ergebnisse des DGE-Ernährungsberichts zeigen, dass die Aufnahme von ungesättigten Fettsäuren in der deutschen Gesellschaft verbessert werden kann. Denn geschlechterunabhängig werden nur 5 % der Gesamtenergie durch mehrfach ungesättigte Fettsäuren aufgenommen, ideal wäre 10 % der Gesamtenergie (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2015). Nach dem Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2017) zeigt sich in Österreich ein ähnlicher Trend, es werden zu wenige ungesättigte Fettsäuren aufgenommen. Der Ernährungsbericht 2017 zeigt dazu eine Übersicht zur Aufnahme von energieliefernden Nährstoffen in der österreichischen Gesellschaft (Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, 2017).

Der Geschmack eines Lebensmittels ist der entscheidende Faktor über dessen Verzehr, auch wenn diese Lebensmittel gesundheitliche Vorteile mit sich bringen. Gerade Lebensmittel mit einem stechenden und bitteren Geschmack, werden weniger gerne verzehrt. (Stamenkovic, Ganguly, Aliani, Ravandi, & Pierce, 2019). Im Falle des Leinöls zeigt sich bereits nach einem Tag der Lagerung ein anhaltender, bitterer Nebengeschmack (Brühl, et al., 2007) (Brühl, Matthäus, Scheipers, & Hofmann, 2008).

Daraus ergibt sich das Problem des bitteren Geschmacks des Leinöls (Brühl, et al., 2007) und das Lebensmittel mit bitterem Geschmack weniger gerne verzehrt werden (Stamenkovic, Ganguly, Aliani, Ravandi, & Pierce, 2019). Auch wenn sie, wie das Leinöl, gesundheitliche Vorteile mit sich bringen (Alasalvar, Chang, Bolling, Oh, & Shahidi, 2021) (Stamenkovic, Ganguly, Aliani, Ravandi,

& Pierce, 2019). Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit eine neue Produktionsmethode für Leinöl unter anderem hinsichtlich des Bittergeschmacks untersucht.

Die aktuelle Literatur zum bitteren Geschmack im Leinöl wird in Kapitel 2 dieser Arbeit vorgestellt. Außerdem werden bisherige Methoden, die diesen Bittergeschmack versuchen zu reduzieren, und eine neue Methode zur Leinölproduktion beschrieben. Diese wird in Hinblick des bitteren Geschmacks innerhalb dieser Arbeit getestet. Anschließend werden in Kapitel 3 die Hypothesen und die Zielsetzung dieser Arbeit vorgestellt. In Kapitel 4 folgen die Materialien und die angewandten Methoden. Daraufhin werden in Kapitel 5 die Ergebnisse vorgestellt und in Kapitel 6 im Detail diskutiert. Die Schlussfolgerung aus dieser Arbeit wird in Kapitel 7 erklärt.

2. Grundlagen und Forschungsstand

Nach Goyal et al. (2014) ist der Flachs eine der am längsten angebauten Feldfrüchte und wird vom Menschen vielfältig eingesetzt. Verwendet wird Flachs für die Produktion von Textilien, Papier, aber auch als Nahrungsmittel. Die Saat des Flachses oder auch die Leinsaat wird sowohl als Tiernahrung als auch für die menschliche Ernährung eingesetzt und erlebte eine Wandlung vom Einsatz als Medizin zur Rolle als funktionelles Lebensmittel (Goyal, Sharma, Upadhyay, Gill, & Sihag, 2014). Funktionell ist ein Lebensmittel oder ein Lebensmittelinhaltsstoff, wenn er physiologische Vorteile bietet und Krankheiten vorbeugen kann (Al-Okbi, 2005). Die Gesellschaft hat ein höheres Bewusstsein für die Beziehung zwischen Lebensmittel und Gesundheit aufgebaut (Tavarini, et al., 2019). Aus diesem Grund ist die Leinsaat mit ihren hohen Mengen an alpha-Linolensäure (Omega-3-Fettsäure) und Linolsäure (Omega-6-Fettsäure), Ballaststoffen, Lignanen und Polyphenolen ein beliebtes funktionelles Lebensmittel geworden (Alshafe, Kassem, Abdelkader, & Hanafi, 2015).

In Kapitel 2.1 werden kurz die essentiellen Fettsäuren aus dem Leinöl vorgestellt und deren positive Effekte für die menschliche Gesundheit. Anschließend in Kapitel 2.2 werden die positiven Eigenschaften der Polyphenole vorgestellt. Folgend in Kapitel 2.3 wird das Leinöl sensorisch betrachtet und daraufhin in Kapitel 2.4 die neue Methode zur Leinproduktion vorgestellt.

2.1 Essentielle Fettsäuren im Leinöl

Von der DGE wird die Aufnahme von mehrfach ungesättigten Fettsäuren empfohlen. Für die Umsetzung der Empfehlungen können vor allem pflanzliche Öle, wie das Leinöl, herangezogen werden. Nach den Ergebnissen des Ernährungsberichts 2012 zeigte die deutsche Bevölkerung Nachholbedarf in der Aufnahme der mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Zu diesen Fettsäuren gehören auch die alpha-Linolensäure und die Linolsäure. Beide sind essentielle Fettsäuren und müssen durch die Nahrung aufgenommen werden. Für 25 bis unter 51-jährige Erwachsene empfiehlt die DGE, eine Zufuhr von 2,5 % Linolsäure und 0,5 % alpha-Linolensäure der benötigten Energie pro Tag. Die wünschenswerte Aufnahme von diesen langkettigen Fettsäuren kann das Risiko für Dyslipoproteinämien und koronare Herz-Kreislauferkrankungen senken (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2015).

2.2 Wirkungen der Polyphenole im menschlichen Organismus

Neben der hohen Menge an mehrfach ungesättigten Fettsäuren enthält Leinöl verschiedene Polyphenole. Es sind vor allem Vanillin (2,27 µg / 100 g Leinöl), Ferulasäure (0,79 µg / 100 g Leinöl), Syringaaldehyd (0,37 µg / 100 g Leinöl), Kaffeesäure (0,15 µg / 100 g Leinöl) und Chlorogensäure (0,01 µg / 100 g Leinöl) enthalten (Hasiewicz-Derkacz, et al., 2015).

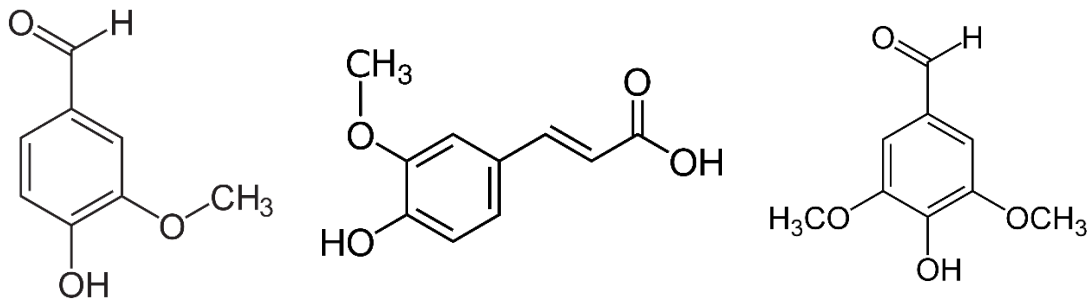


Abbildung 1: Strukturformeln Vanillin, Ferulasäure und Syringaaldehyd

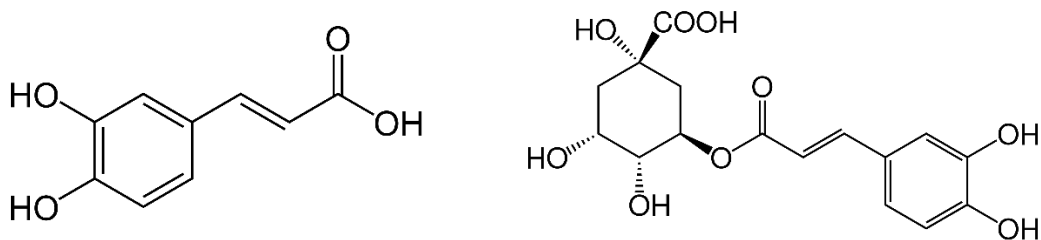


Abbildung 2: Strukturformeln Kaffeesäure und Chlorogensäure

Diese Polyphenole sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und zeigen starke antioxidative Effekte. Als Teil der menschlichen Ernährung zeigen sie gesundheitliche Vorteile (Alasalvar, Chang, Bolling, Oh, & Shahidi, 2021). Ein Review von Cory et al. (2018) zeigt eine Übersicht der Funktion von Polyphenolen in der menschlichen Gesundheit und in Lebensmitteln. Darin werden positive wie negative Auswirkungen von Polyphenolen betrachtet. Zusammengefasst zeigten sich potentiell positive gesundheitliche Auswirkungen von Polyphenolen bei neurodegenerativen Erkrankungen, Entzündungen, Krebs, kardiovaskuläre Erkrankungen, Typ-2-Diabetes und Adipositas (Cory, Passarelli, Szeto, Tamez, & Mattei, 2018). Auch eine Übersichtsarbeit von Pandey und Rizvi (2009) zeigte, dass Polyphenole positive Auswirkungen auf verschiedene Krankheiten haben können. So können Polyphenole die Entwicklung von Atherosklerose hemmen, da sie die LDL-Oxidation aufhalten. Außerdem zeigten Polyphenole, wie Ferulasäure, anti-diabetische Effekte, da sie im Tiermodell den Blutglukosespiegel senkten und die Menge an Plasmainsulin erhöhten. Die Aufnahme von Polyphenolen kann in Hinblick auf viele chronische Erkrankungen vorteilhafte Effekte auf die menschliche Gesundheit zeigen, gerade in der Prävention und Progression (Pandey & Rizvi, 2009).

2.3 Sensorische Betrachtung des Leinöls

Frisches, kaltgepresstes Leinöl zeigt sich mit einer intensiven gelb-goldenen Farbe und wird mit einem milden Geruch, sowie nussigen, leicht grasigen und gerösteten Aroma wahrgenommen (Brühl, Matthäus, Scheipers, & Hofmann, 2008; Sielicka & Małecka, 2017). Während der Lagerung baut sich jedoch ein bitterer Nebengeschmack auf, welcher nach dem Kosten noch lange im Mund wahrgenommen wird (Brühl, et al., 2007), eine Quelle beschrieb diesen bitteren Nebengeschmack bereits nach einem Tag der Lagerung (Brühl, Matthäus, Scheipers, & Hofmann, 2008).

Für das Entstehen dieses bitteren Nebengeschmacks zeigt die Literatur verschiedene Ansätze. Ein Teil der Literatur sieht die Bildung des bitteren Geschmacks als Teil der Oxidation der Fettsäuren (Sielicka & Małecka, 2017). Leinöl enthält viele ungesättigte Fettsäuren, wie vor allem alpha-Linolensäure, welche der Grund ist, weshalb Leinöl instabil gegen Oxidation ist (Omar, Shan, Wang, & Wang, 2010). Dies ist ein Grund, weshalb nach einer Methode gesucht wird antioxidative Verbindungen effizienter einzusetzen, um daraus eine höhere oxidative Stabilität des Leinöls zu generieren.

Der andere Teil, welcher sich mit der Entstehung des Bittergeschmacks im Leinöl beschäftigt, identifizierte eine neue Verbindung, das Cyclolinopeptid E, im Leinöl und brachte diese in Verbindung mit der unangenehmen geschmacklichen Veränderung (Sielicka & Małecka, 2017).

Ein weiterer Grund für den bitteren Geschmack von Leinöl kann der Gehalt an Polyphenolen sein, denn polyphenolreiche Lebensmittel schmecken bitter oder adstringierend. Einige Polyphenole weisen einen bitteren Geschmack auf, viele dieser bitteren phenolischen Verbindung fallen in die Gruppe der Flavonoide (Drewnowski & Gomez-Carneros, 2000). Daten zu einem Zusammenhang zwischen der Struktur der Polyphenole und des Bittergeschmacks sind begrenzt und uneinheitlich. Eine Hypothese ist beispielsweise, dass die Bitterintensität mit dem Molekulargewicht ansteigt. Eine andere Hypothese ist, dass die Bitterintensität sich innerhalb der Stereoisomere unterscheidet (Soares, et al., 2013). Bekannt ist auch, dass manche phenolischen Verbindungen eine bittermaskierende Wirkung aufweisen, ein Beispiel für eine solche Verbindung ist die Ferulasäure (Patentnr. 5,336,513, 1994).

Allerdings ist der Geschmack eines Lebensmittels der entscheidende Faktor über den Verzehr, auch bei Lebensmitteln die gesundheitliche Vorteile mit sich bringen. Leinöl zeigt positive Effekte für die menschliche Gesundheit, besonders für die kardiovaskuläre Gesundheit. Jedoch kann der bittere Geschmack den Verzehr reduzieren. Deshalb ist es wichtig Methoden zu finden,

die den bitteren Geschmack des Leinöls reduzieren (Stamenkovic, Ganguly, Aliani, Ravandi, & Pierce, 2019).

2.3.1 Cyclolinopeptid E als bitterschmeckende Verbindung im Leinöl

Eine Studie von Brühl et al. (2007) identifizierte eine Verbindung, welche für den bitteren Nebengeschmack im Leinöl verantwortlich ist. Das frischgepresste Leinöl wurde innerhalb einer Lagerstudie für 30 Wochen bei 22 °C und -18 °C gelagert. Beide unterschiedlich gelagerten Leinöle wurden bei Raumtemperatur verkostet, jedoch wird nicht angegeben an welchen Tagen der Lagerung die Verkostung stattfand. Die Verkostung wurde von trainierten Panellisten (n=5) in Form einer seriellen Verdünnungsreihe des Leinöls mit geruchs- und geschmacklosem Rapsöl durchgeführt. Das bei 22 °C gelagerte Leinöl zeigte bereits nach zwei Tagen einen bitteren Nebengeschmack, welcher mit der Lagerung intensiver wurde und nach 20 Wochen ein Plateau erreichte. Das bei -18 °C gelagerte Leinöl zeigte einen signifikant niedrigeren Bittergeschmack über die 30 Wochen Lagerzeit. Als bitterschmeckende Verbindung wurde anschließend Cyclolinopeptid E identifiziert (Brühl, et al., 2007).

Cyclolinopeptide sind zyklische Peptide, die hydrophob sind und aus acht bis neun Aminosäuren bestehen (Lao, Mackenzie, Vincent, & Krokhin, 2014). Im Fall des Cyclolinopeptids E handelt es sich um ein zyklisches Peptid aus acht Aminosäuren, welches Methioninsulfoxid enthält (Brühl, et al., 2007). Außerdem ist es reich an Phenylalanin und Leucin (Dahiya, et al., 2021). Über eine Lagerzeit von 30 Tagen unter Argon Atmosphäre stieg die Menge an Cyclolinopeptid E im Leinöl an (Aladedunye, Sosinska, & Przybylski, 2013).

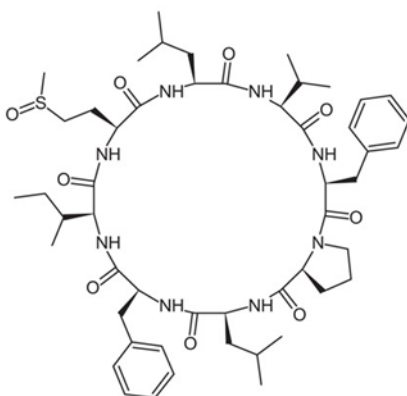


Abbildung 3: Strukturformel von Cyclolinopeptid E (Dahiya, et al., 2021).

In einer weiteren Studie von Brühl et al. (2008) wurden verschiedene Sorten Leinsaat mit einander verglichen. Die verschiedenen Leinsaat wurden jeweils zu Öl gepresst und einer Lagerstudie über eine Zeit von 22 Wochen unterzogen. Die Verkostungen fanden, wie in der

Studie zuvor statt. Trainierte Panellisten (n=4) verkosteten die Leinöle in einer seriellen Verdünnung mit geruchs- und geschmacklosem Rapsöl. Das zuvor identifizierte Cyclolinopeptid E wurde in den Leinölen aus den unterschiedlichen Sorten analysiert. Es wurde vermutet, dass der bittere Geschmack durch die Oxidation einer Aminosäure innerhalb des Cyclolinopeptid E verursacht wird, sowie die Co-Oxidation von Fettsäuren oder Tocopherolen aufgrund der oxidierten Aminosäure. Jedoch zeigte sich für das Cyclolinopeptid E in einigen Sorten, dass dieses über die Lagerzeit stabil blieb und die Bitterintensität der Leinöle stieg. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass Cyclolinopeptid E und die Bitterintensität des Leinöls nicht zusammenhängen (Brühl, Matthäus, Scheipers, & Hofmann, 2008). Für die vorliegende Arbeit wurde aus diesem Grund der Schwerpunkt für die Aufstellung der Hypothesen auf die Oxidation der Fettsäuren gelegt. Diese werden im folgenden Kapitel 2.3.2 beschrieben.

2.3.2 Bittergeschmack durch Oxidation

Des Weiteren beschäftigten sich Studien mit der oxidativen Stabilität von Leinöl und wie antioxidative Verbindungen diese erhöhen können (Sielicka & Mafecka, 2017). Die verbesserte oxidative Stabilität kann nicht nur zu einer Steigerung der Haltbarkeit und Senkung potentiell schädlicher Abbauprodukte durch die Lipidoxidation führen, sondern auch zu einer Verbesserung des Geschmacks (Farag, Elimam, & Afifi, 2021). Durch die Oxidation von Fettsäuren, die ungesättigte Doppelbindungen, eine Hydroxyl-, Carboxyl- und/oder Peroxyl-Gruppe enthalten, entsteht ein bitterer Geschmack (Usuki & Kaneda, 1980). Da Leinöl zum größten Teil der Fettsäure alpha-Linolensäure beinhaltet, welche besonders reich an ungesättigten Doppelbindungen ist, hat Leinöl eine große Angriffsfläche für Oxidation. Außerdem oxidiert die alpha-Linolensäure am schnellsten im Vergleich zu der Linol- und der Ölsäure (Odeh, Kraljić, Skukan, & Škevin, 2021). Die Oxidation ist somit ein Problem bei der Lagerung von Leinöl, daher wird im nächsten Kapitel 2.3.3 die Anreicherung des Leinöls mit Antioxidantien beschrieben.

2.3.3 Anreicherung von Leinöl mit Antioxidantien

In diesem Kapitel werden Methoden aufgezeigt, welche versuchen die Oxidation von Leinöl zu reduzieren oder zu verzögern. Dafür werden vor allem synthetische Antioxidantien, Extrakte von Ölsaaten, phenolische Verbindungen, Kräuter und Gewürze oder deren Extrakte eingesetzt. Synthetische Antioxidantien in Ölen werden jedoch nicht gut vom Konsumenten angenommen (Grosshagauer, Steinschaden, & Pignitter, 2019) und die Anreicherung mit natürlichen Antioxidantien wie Kräutereextrakte sind in der Produktion teuer (Fruehwirth, et al., 2020).

In einigen Studien, wie in der Studie von Baldioli et al. (1996), wird eine Korrelation zwischen Polyphenolen und der oxidativen Stabilität aufgezeigt. Jedoch gibt es auch Gegenbeispiele wie die Studie von van Ruth et al. (2001). Sie reicherten Leinöl mit Extrakten der Sojabohnensaat an in folgenden Konzentrationen: 0, 0.5, 1, 2 and 4% v/v. Die höchste eingesetzte Konzentration von Sojabohnensaatextrakt zeigte die höchste Reduktion in der Bildung von primären und sekundären Lipidoxidationsprodukten. Dabei waren die primären Oxidationsprodukte bis zu 30 % reduziert und die sekundären Oxidationsprodukte bis zu 99 %. Jedoch war die Menge an Gesamtpolyphenolen und antioxidativer Aktivität gegensätzlich zueinander. Eine mögliche Erklärung der Autoren ist es, dass die Zusammensetzung der phenolischen Verbindungen einen größeren Einfluss hat, als ausschließlich die Menge an Gesamtpolyphenolen (van Ruth, Shaker, & Morrissey, 2001). In einer Studie von Omar et al. (2010) wurde das Leinöl mit verschiedenen Antioxidantien und Kombinationen daraus angereichert. Die Kombination aus Teepolyphenolen und tert-Butylhydrochinon zeigte die beste Wirkung als Antioxidans, vermutlich wirkten sie synergistisch (Omar, Shan, Wang, & Wang, 2010). In der Studie von de Michotte et al. (2011) wurde im Gegensatz zu den zwei bereits vorgestellten Studien, vier reine phenolische Verbindungen als natürliche Antioxidantien zur Stabilisierung des Leinöls verwendet. Als Kontrolle wurden Butylhydroxyanisol (BHA) und Palmitinsäureascorbylester eingesetzt. Alle Proben wurden nach dem Schaal-Test in einem Ofen bei 60 °C erhitzt. Nach 0, 6 und 12 Tagen wurden die Leinölproben in Hinblick auf den Peroxidwert, das Fettsäurenprofil und den Gehalt an zurückgebliebenen phenolischen Verbindungen untersucht. Es zeigte sich, dass (+)-Catechin und Myricetin eine starke antioxidative Fähigkeit aufwiesen. Die Autoren vermuteten, dass die antioxidativen Fähigkeiten der phenolischen Struktur zugrunde liegen (Michotte, et al., 2011).

Nachfolgend werden zwei Studien vorgestellt, welche neben der oxidativen Stabilität auch die sensorischen Eigenschaften und vor allem den Bittergeschmack einbeziehen. Beide Studien verwenden als Antioxidantien Gewürze und Kräuterextrakte.

Das Ziel der Studie von Odeh et al. (2021) war es, die oxidative Stabilität von Leinöl durch die Zugabe von natürlichen Antioxidantien zu erhöhen und die sensorischen Eigenschaften des angereicherten Leinöls zu erfassen. Als Antioxidantien wurden verschiedene polyphenolhaltige Kräuter und Gewürze verwendet, weshalb auch mikrobiologische Prüfungen durchgeführt wurden, um potentielle biologische Gefahren zu bestimmen. Die Leinölproben wurden 180 Tage bei Raumtemperatur gelagert und jeweils nach 60 Tagen sensorisch verkostet. Neben der Bestimmung der Bitterkeit wurde auch der Gesamtpolyphenolgehalt in den Leinölproben bestimmt. Es zeigte sich durch die Anreicherung mit Kräutern und Gewürzen eine Erhöhung des Gesamtpolyphenolgehalts an Tag 0 und der Trend, dass die angereicherten Leinöle bitterer

wahrgenommen wurden als die unangereicherte Kontrolle. Dieser Trend des bitteren Geschmacks blieb bis zu Tag 120 bestehen. An Tag 180 der Lagerung wurden die angereicherten Leinöle weniger bitter wahrgenommen als die Kontrolle. Insgesamt, über den Verlauf der Lagerung, zeigten sich für die meisten angereicherten Leinölproben eine höhere Bewertung der Bitterintensität im Vergleich zum nicht angereicherten Leinöl. Das Leinöl, das insgesamt am wenigsten bitter wahrgenommen wurde, war mit Chili angereichert. Die Polyphenolgehalte der Leinöle reduzierten sich über den Verlauf der 180 Tag signifikant, in drei der fünf angereicherten Leinöle halbierte sich der Gehalt an Gesamtpolyphenolen (Odeh, Kraljić, Skukan, & Škevin, 2021). Diese Studie zeigte über die Lagerzeit, dass die mit Rosmarin, Fenchel und Oregano angereicherten Leinöle am bittersten bewertet wurden und es zu einer Reduktion des Gesamtpolyphenolgehalts im Leinöl kam.

Eine weitere Studie, die Leinöl mit einem Kräuterextrakt anreicherte, betrachtete auch den sensorischen Eindruck, besonders die Bitterintensität, über eine Lagerzeit von 84 beziehungsweise 140 Tagen. Gelagert wurden ein mit Rosmarinextrakt angereichertes Leinöl, ein mit Butylhydroxytoluol (BHT) angereichertes und ein nicht-angereichertes Leinöl. Alle drei wurden sowohl bei 25 °C als auch bei 5 °C gelagert, um für den Konsumenten realistische Lagerbedingungen (ungekühlt und im Kühlschrank) nachzuempfinden. Die bei 25 °C gelagerten Leinöle zeigten zu Beginn keinen Unterschied in der wahrgenommenen Bitterintensität. Am Ende der Lagerzeit wies nur das mit BHT angereicherte Leinöl einen signifikant niedrigeren Bittergeschmack im Vergleich zu den anderen beiden Leinölen auf. Beim genauen betrachten der Verkostungsergebnisse im Verlauf der Lagerzeit zeigte sich, dass das mit Rosmarinextrakt angereicherte Leinöl über eine zeitliche Periode der Lagerung die niedrigste Bewertung des Bittergeschmacks erhielt. Somit kann der Rosmarinextrakt im Leinöl über eine kurze Zeitspanne den Prozess des Bitterwerdens im Leinöl verzögern, die Haltbarkeit kann er jedoch nicht erhöhen. Eine erhöhte Haltbarkeit trat nur im mit BHT angereicherten Leinöl auf. Die Autoren schließen aus den Ergebnissen ihrer Untersuchungen, dass die Anreicherung mit Antioxidantien gegen unerwünschte sensorische Veränderungen helfen kann und einen positiven Einfluss auf die Qualität des Leinöls hat (Sielicka & Małecka, 2017).

In der Studie von Odeh et al. (2021) zeigte sich eine Erhöhung der Polyphenole in den Leinölproben und auch eine Erhöhung der Bitterintensität. Im Gegensatz dazu wies die Studie von Sielicka & Małecka (2017) bei einer Erhöhung der Polyphenole im Leinöl eine geringe Bitterintensität auf. Bereits van Ruth et al. (2001) erwähnten, dass die Zusammensetzung der phenolischen Verbindungen einen größeren Einfluss hat, als ausschließlich die Menge an Gesamtpolyphenolen. Denn einige Polyphenole weisen einen bitteren Geschmack auf

(Drewnowski & Gomez-Carneros, 2000), andere zeigen jedoch eine bittermaskierende Wirkung (Patentnr. 5,336,513, 1994). Dafür verantwortlich kann die jeweilige Struktur der Polyphenole sein. Allerdings sind die Daten zu einem Zusammenhang zwischen der Struktur der Polyphenole und des Bittergeschmacks begrenzt und uneinheitlich. Eine Hypothese ist beispielsweise, dass die Bitterintensität mit dem Molekulargewicht ansteigt. Eine andere Hypothese ist, dass die Bitterintensität sich innerhalb der Stereoisomere unterscheidet (Soares, et al., 2013)

2.4 Anreicherung des Leinöls mit Polyphenolen aus dem Presskuchen

Für die Anreicherung des Leinöls mit natürlichen Antioxidantien haben Fruehwirt et al. (2020) eine neue Methode entwickelt mit der das Leinöl, mit den natürlich in der Leinsaat vorkommenden Polyphenolen, angereichert werden kann. Diese würden im normalen Pressprozess verloren gehen. Außerdem fallen bei Verwendung dieser Methode weniger Kosten für den Hersteller an (Fruehwirth, et al., 2020) und der/die Konsument:in vermeidet eher Öle die mit synthetischen Antioxidantien angereichert sind (Grosshagauer, Steinschaden, & Pignitter, 2019).

Nach der Anreicherung mit Polyphenolen wurden der Peroxidwert, die oxidative Stabilität und der Gesamtpolyphenolgehalt im angereicherten Leinöl untersucht. Es zeigte sich neben einer erhöhten oxidativen Stabilität eine Steigerung des Gesamtpolyphenolgehalts im Vergleich zu konventionell produzierten Leinölen (Fruehwirth, et al., 2020).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die neue Methode zur Anreicherung des Leinöls mit Polyphenolen verwendet, um diese in Hinblick auf seine sensorischen Eigenschaften, sowie den Gesamtpolyphenolgehalt während der Lagerung zu testen. In Kapitel 4.3.2.1 wird diese Methode im Detail beschrieben. In Kapitel 3 werden die Hypothesen bezüglich dieser neuen Methode vorgestellt.

3. Hypothesen und Zielsetzung

In diesem Kapitel werden die Hypothesen, sowie die Zielsetzung dieser Arbeit beschrieben. Da Leinöl hohe Mengen an Omega-3-Fettsäuren enthält (Hasiewicz-Derkacz, et al., 2015), wird der regelmäßige Verzehr von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. empfohlen (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2015). Im menschlichen Organismus wirken neben den Omega-3-Fettsäuren auch die im Leinöl enthaltenen Polyphenole (Hasiewicz-Derkacz, et al., 2015). Diese zeigen positive Effekte im menschlichen Körper, außerdem haben sie starke antioxidative Fähigkeiten (Alasalvar, Chang, Bolling, Oh, & Shahidi, 2021).

Aufgrund der ungesättigten Doppelbindungen der Omega-3-Fettsäuren ist Leinöl anfällig für Oxidation. Außerdem oxidiert die alpha-Linolensäure am schnellsten, im Vergleich mit der Linol- und der Ölsäure (Odeh, Kraljić, Skukan, & Škevin, 2021). Durch die Oxidation von Fettsäuren, die ungesättigte Doppelbindungen, eine Hydroxyl-, Carboxyl- und/oder Peroxyl-Gruppe enthalten, entsteht ein bitterer Geschmack (Usuki & Kaneda, 1980).

Die Oxidation von Speiseölen kann durch die Zugabe von Polyphenolen und deren erhöhter Menge im Speiseöl reduziert werden (Baldioli, Servili, Perretti, & Montedoro, 1996) (Michotte, et al., 2011). Es zeigt sich auch in der Studie von Sielicka & Małecka (2017), dass durch die Anreicherung mit Polyphenolen der Geschmack des Leinöls verbessert werden kann, sowie die Qualität des Leinöls insgesamt (Sielicka & Małecka, 2017).

Nun haben Fruehwirt et al. (2020) eine neue Methode zur Anreicherung von Leinöl mit natürlichen Polyphenolen aus dem Presskuchen entwickelt. Wird das Leinöl nach der neuen Methode produziert, erhöht sich der Gesamtpolyphenolgehalt, sowie die oxidative Stabilität im Vergleich zu konventionell produziertem Leinöl (Fruehwirth, et al., 2020).

Aus der oben beschriebenen Literatur leiten sich nun die vier Hypothesen der vorliegenden Arbeit ab.

- I. Es gibt einen Unterschied in der Bitterintensität zwischen dem Leinöl, welches nach der neuen Methode produziert wurde und Leinölen, die konventionell und hermetisch verschlossen produziert wurden.
- II. Es gibt einen Unterschied in der Bitterintensität zwischen dem Leinöl, welches nach der neuen Methode produziert wurde und Leinölen, die konventionell und hermetisch verschlossen produziert wurden, über eine Lagerzeit von 12 Wochen.

- III. Es gibt einen Unterschied im Gesamtpolyphenolgehalt zwischen dem Leinöl, welches nach der neuen Methode produziert wurde und Leinölen, die konventionell und hermetisch verschlossen produziert wurden, über eine Lagerzeit von 12 Wochen.
- IV. Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt und der Bitterintensität.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über die Bitterintensität der unterschiedlich produzierten Leinöle zu erhalten, sowie deren Gesamtpolyphenolgehalte. Außerdem sollen die Bitterintensität und der Gesamtpolyphenolgehalt über die Lagerzeit bestimmt werden. Am Ende soll ein möglicher Zusammenhang zwischen der Bitterintensität und dem Gesamtpolyphenolgehalt untersucht werden.

4. Studiendesign, Material und Methoden

Im folgenden Kapitel werden das Studiendesign, die verwendeten Materialien und Methoden beschrieben und aufgeführt. Anschließend folgt die Beschreibung der durchgeführten statistischen Tests.

4.1 Studiendesign

Bei der vorgestellten Studie handelt es sich um eine 12-wöchige Lagerstudie. Innerhalb dieser Zeit wurden die verschiedenen produzierten Leinöle in zwei Varianten gelagert. Ein Teil der Leinölproben wurde an Tag 0 der Lagerzeit geöffnet, aber nach jeder Verwendung wieder geschlossen. Der andere Teil wurde originalverschlossen gelagert und erst zum Zeitpunkt der jeweiligen Verkostung geöffnet.

Die geöffnete Lagervariante wurde gewählt, um die Bedingungen des/der Konsument:innen widerzuspiegeln. Die original verschlossene Lagervariante wurde gewählt, um die Bedingungen im Handel zu simulieren. Alle Leinölproben wurden in dunklen Glasflaschen bei einer Raumtemperatur von $21\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ in einem geschlossenen Schrank ohne Licht gelagert. Jede Glasflasche wurde mit 0,5 L Leinöl befüllt.

Abbildung 4 zeigt eine Übersicht über die unterschiedlichen Produktionsvarianten der Leinöle. Dabei handelt es sich um ein konventionell produziertes Leinöl, ein hermetisch verschlossen produziertes Leinöl und ein mit natürlichen Polyphenolen angereichertes Leinöl. Die Anreicherung des Leinöls wird in Kapitel 4.3.2.1 im Detail beschrieben.

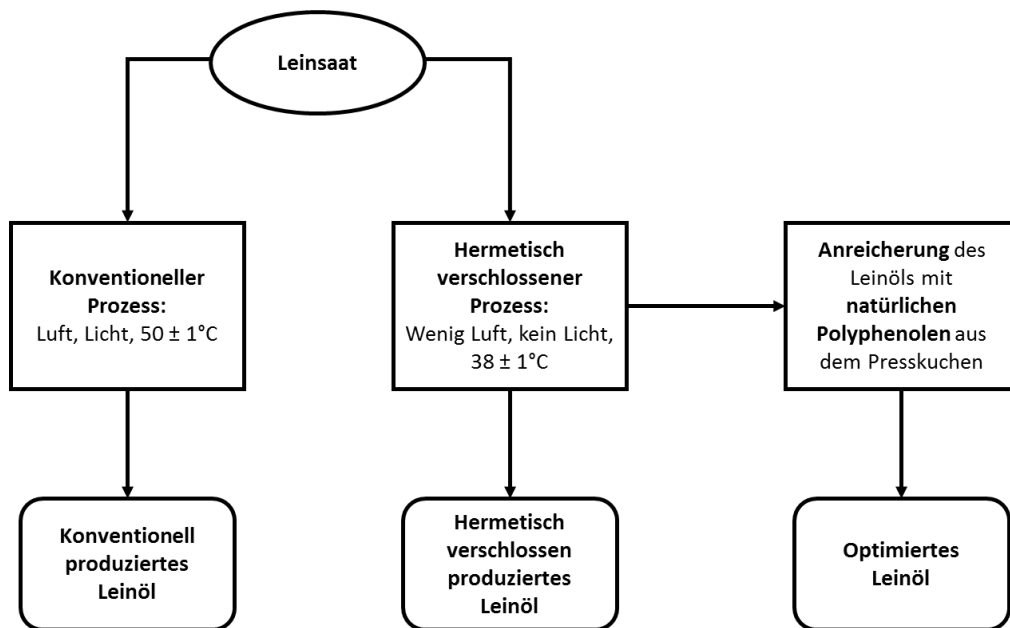


Abbildung 4: Übersicht der Produktionsvarianten der Leinöle. Eigene Darstellung nach Fruehwirth et al. (2020).

Abbildung 5 zeigt den zeitlichen Ablauf der Lagerstudie. Innerhalb der Lagerzeit werden insgesamt vier sensorische Verkostungen der Leinöle durchgeführt. Die erste Verkostung erfolgt, zu Beginn, in Woche 0, darauffolgend wird im Abstand von vier Wochen verkostet.

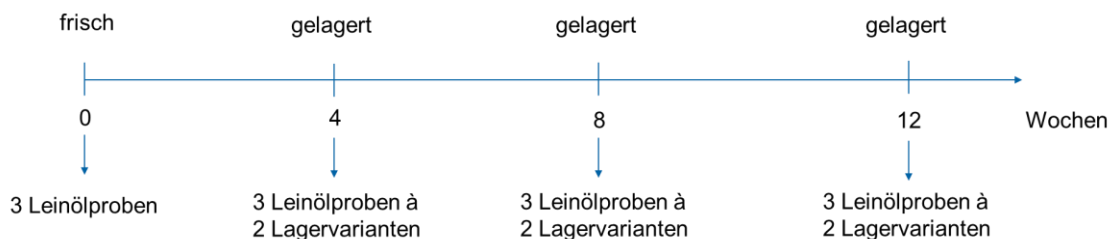


Abbildung 5: Darstellung der Verkostungstage über den Zeitverlauf der Lagerperiode

Zu jedem Zeitpunkt der Verkostung wurden außerdem Proben der Leinöle für die analytische Untersuchung genommen. Eine Übersicht über die Menge der Entnahme zeigt Tabelle 1. Das Probenmaterial wurde für die jeweiligen analytischen Methoden in die entsprechenden Probengefäße eingewogen, mit Argon überschichtet und bis zum Zeitpunkt der Untersuchung bei -80°C gelagert. Um ein genaueres Bild über den ersten Monat der Lagerung zu erhalten, wurden zusätzlich innerhalb der ersten vier Wochen jede Woche Leinölproben aus den geöffnet gelagerten Ölen genommen und wie oben beschrieben behandelt. Anschließend an die Lagerzeit wurde der paarweise Vergleichstest durchgeführt und die Leinölproben analytisch untersucht.

Tabelle 1: Übersicht über die Menge der Probenentnahme pro Woche und gelagerter Flasche

	Woche 0	Woche 1	Woche 2	Woche 3	Woche 4	Woche 8	Woche 12
Entnahme in ml	30	20	30	20	30	30	30

4.2 Material

Anschließend erfolgt eine Aufstellung der verwendeten Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte gegliedert nach den durchgeführten Methoden. Die Leinölproben wurden von der Hagenthaler Ölmanufaktur, St. Andrä-Wördern, Österreich zur Verfügung gestellt.

4.2.1 Sensorik

Tabelle 2: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die Aromaschulung

Produkt	Hersteller
2-Acetyl-3,5(6)-dimethylpyrazine $\geq 96\%$ (FG)	Sigma-Aldrich
1-Octen-3-ol, natural, $\geq 95\%$ (FG)	Sigma-Aldrich
Cis-3-Hexenyl-acetate, natural, $\geq 95\%$ (FG)	Sigma-Aldrich
Triacetin	Symrise
Rotilabo-Reaktionsgefäße 1,5ml (Eppi)	Roth
Leinöl LE 0258 hermetisch abgeschlossen produziert, 07.03.21	Hagenthaler Ölmanufaktur
Pipette 10-100 μl	ErgoOne
JC 8 Labeler	Jolly

Tabelle 3: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die quantitative Beschreibung des Leinöls

Produkt	Hersteller
Leinöl konventionell produziert, 07.03.21	Hagenthaler Ölmanufaktur
Leinöl hermetisch abgeschlossen produziert, 07.03.21	Hagenthaler Ölmanufaktur
Leinöl optimiert, 25.03.21	Hagenthaler Ölmanufaktur
Koffein, FG	Sigma-Aldrich
Messkolben (1000 ml, 500 ml, 200 ml, 100 ml)	Schott
JC 8 Labeler	Jolly

Tabelle 4: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für den paarweisen Vergleichstest

Produkt	Hersteller
Syringaaldehyd, ≥98%, FG	Sigma-Aldrich
Ferulasäure, FG	Penta Manufacturing
Koffein, FG	Sigma-Aldrich
Leinöl	Hagenthaler Ölmanufaktur
Messkolben (1000 ml, 500 ml, 200 ml, 100 ml)	Schott
JC 8 Labeler	Jolly

4.2.2 Analytik

Tabelle 5: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die Anreicherung des Leinöls mit natürlichen Antioxidantien

Produkt	Hersteller
Leinöl hermetisch abgeschlossen produziert	Hagenthaler Ölmanufaktur
Presskuchen	Hagenthaler Ölmanufaktur
Mischer	Zur Verfügung gestellt von Hagenthaler Ölmanufaktur
Mischgefäß	Zur Verfügung gestellt von Hagenthaler Ölmanufaktur
Mühle	Zur Verfügung gestellt von Hagenthaler Ölmanufaktur
Waage	Zur Verfügung gestellt von Hagenthaler Ölmanufaktur
Trinkflasche WH (1L)	Nalgene
Zentrifuge	Zur Verfügung gestellt von Hagenthaler Ölmanufaktur

Tabelle 6: Chemikalien, Verbrauchsmaterialien und Geräte für die Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts

Chemikalie	Hersteller
Leinöl konventionell produziert	Hagenthaler Ölmanufaktur
Leinöl hermetisch abgeschlossen produziert	Hagenthaler Ölmanufaktur
Leinöl optimiert	Hagenthaler Ölmanufaktur
Gallussäuremonohydrat	Sigma-Aldrich
Folin-Ciocalteu-Phenol-Reagenz	Sigma-Aldrich
n-Hexan	Merck
Methanol	Merck

Natriumcarbonat, wasserfrei	CarlRoth
Konische Schraubröhre (15 ml)	Sarstedt
Pipette (2,5 µl, 10 µl, 100 µl, 1000 µl, 5000 µl)	Eppendorf
Glass cuvette ROTILABO®, Makro, 3.5 mL	CarlRoth
Spritzelnjekt® Solo, 2 mL Syringe	Braun
Sterican® Cannula	Braun
Syringe filters ROTILABO®PVDF, 0.20 µm, 25 mm	CarlRoth
Vortex mixer: RS-VA 10	Phoenix Instruments
Centrifuge 5810 R	Eppendorf
Analytical Balance: Pioneer™-series Balance, max. capacity: 110 g, readability: 0.0001 g	Ohaus
Balance: Pioneer™-series Balance, max. capacity: 2100 g, readability: 0.01 g	Ohaus
Tecan Infinite M200 Plattenlesegerät	Tecan Group
Tecan SPARK® MULTIMODE-MIKROPLATTEN-READER	Tecan Group

4.2.3 Allgemein

Tabelle 7: Verwendete Software

Software	Hersteller
Microsoft Excel 2016	Microsoft Corporation
iControl™	Tecan Group
SparkControl™	Tecan Group
GraphPad Prism 9	GraphPad Software

4.3 Methoden

Für die vorliegende Arbeit wurden Methoden aus den Bereichen der Sensorik und der Analytik durchgeführt. Zuerst werden die Methoden der Sensorik und anschließend die der Analytik näher erläutert.

4.3.1 Sensorik

Innerhalb der sensorischen Untersuchung des Leinöls wurden zwei verschiedene Methoden angewendet. Zuerst erfolgte eine sensorische Charakterisierung der jeweiligen Leinöle, welche sich über einen Zeitverlauf von 12 Wochen erstreckte. Anschließend folgte ein paarweiser Vergleichstest.

Die sensorischen Untersuchungen wurden durch das bestehende und geschulte Panel (14 w, 5 m; 23-41 Jahren) des Christian-Doppler-Labors für Geschmacksforschung durchgeführt. In dieser Arbeit wird eine Prüfperson Panellist genannt.

4.3.1.1 Sensorische Charakterisierung

Um an der sensorischen Charakterisierung der Leinöle teilzunehmen, erhielten alle teilnehmenden Panellist:innen des Christian-Doppler-Labors für Geschmacksforschung eine zusätzliche Schulung. Diese Schulung enthielt die charakteristischen Aromen von Leinöl, welche zuvor ausgewählt wurden. Dafür wurde das Leinöl von zwei trainierten Panellist:innen in einer Vorverkostung sensorisch beschrieben und die am deutlichsten wahrgenommen Aromen definiert.

Die Schulung der Aromen wurde nach Busch-Stockfisch (2015) durchgeführt. Dafür erhielt jede/r Panellist:in vorbereitete Proben mit den jeweiligen Aromastoffen. Zur Vorbereitung der Riechproben wurde pro Aromastoff und Panellist:in ein Eppi mit Watte befüllt und ein Tropfen des unverdünnten Aromastoffs darauf getropft. Nur das Triacetin wurde in einer 1:10 Verdünnung mit Weingeist 96 % eingesetzt. Anschließend wurden die Eppis mit Parafilm luftdicht verschlossen und bis zur Verwendung am nächsten Tag im Kühlschrank gelagert. Für die Schulung sollten dann die Riechproben durch kurzes Abriechen der jeweiligen Substanz erkannt und in einer Tabelle zugeordnet werden (s. Abbildung 6). Es mussten mindestens 70% der Riechproben richtig erkannt und zugeordnet sein, um an der nachfolgenden sensorischen Charakterisierung des Leinöls teilnehmen zu können. Alle Riechproben wurden mit einem

dreistelligen Zahlencode randomisiert. Die Schulung wurde jeweils eine Woche vor der Verkostung der Leinölproben durchgeführt.

Aroma	blumig	pilzig/modrig	zitrusartig	grün/grasig	geröstet	fischig
Code						

Abbildung 6: Beispielhafte Tabelle zur Zuordnung verschiedener Riechproben.

Um das vorliegende Leinöl sensorisch zu beschreiben, wurde eine deskriptive Prüfung mit einer unstrukturierten Skala von 0 bis 10 durchgeführt. Nach Busch-Stockfisch (2015) werden mit deskriptiven Prüfungen qualitätsbestimmende Merkmalseigenschaften in ihrer Intensität erfasst und messbar gemacht. Für diese kann ausschließlich der Mensch als Messinstrument eingesetzt werden, da es sich um Produkteigenschaften handelt, die vom Menschen wahrgenommen werden. Dabei sind diese Prüfungen wertfrei, es werden dabei keine Daten über die Akzeptanz des Konsumenten erhoben. Aus diesem Grund steht die deskriptive Prüfung oft mit der Marktforschung und Produktentwicklung in Zusammenhang. Wichtig für die Durchführung einer deskriptiven Prüfung ist der Einsatz eines geschulten Panels. Denn da der Mensch als Messinstrument fungiert, muss er wahrgenommene Sinneseindrücke objektivieren und zuverlässig erfassen (Busch-Stockfisch, 2015).

Es nahmen jeweils 16 Panellist:innen teil, diese Anzahl wurde nach Rücksprache mit einem Experten für Statistik gewählt. Außerdem wird mit dieser Anzahl an Panellist:innen bereits am Christian-Doppler-Labor für Geschmacksforschung gearbeitet (Karl, et al., 2020) und für die bessere Vergleichbarkeit der Daten beibehalten. Die Panellist:innen bewerteten die verschiedenen Leinöle besonders in Hinblick auf die Bitterintensität.

Vorab erhielt jede/r Panellist:in fünf Proben einer Koffeinelösung mit aufsteigenden und definierten Konzentrationen von nicht bitter bis sehr intensiv bitter, um sich in die Bewertungsskala einzufinden. Anschließend wurden die verschiedenen Leinölproben der Reihe nach gekostet. Alle Proben wurden in 30 ml Plastikbechern gereicht, von der Koffeinelösung erhielten die Panellist:innen jeweils 20 ml, von den Leinölproben jeweils 10 ml. Außerdem wurden die Leinölproben bis zu der Verkostung abgedeckt, um die flüchtigen Aromastoffe zu erhalten. Jede Leinölprobe wurde für 30 Sekunden im Mund behalten und innerhalb dieser Zeit die Wahrnehmung der Intensität der zu untersuchenden Attribute auf der Skala bewertet. Die Proben wurden mittels einer dreistelligen Zahlenkombination codiert und zusätzlich randomisiert angeordnet. Es sollten neben der Bitterintensität weitere Attribute und Aromen

bewertet werden (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Zwischen den Proben wurde der Mund mit Wasser und/oder Weißbrot neutralisiert.

4.3.1.2 Paarweise Vergleichsprüfung

Mit Hilfe der paarweisen Vergleichsprüfung sollte die bittermodulierende Wirkung von Ferulasäure, Syringaaldehyd und die Kombination aus beiden Substanzen untersucht werden. Diese Substanzen wurden ausgewählt, weil sie im optimierten Leinöl mit einem hohen Anteil vorliegen (Fruehwirth, et al., 2020).

Nach Busch-Stockfisch (2015) kann mit der paarweisen Vergleichsprüfung ein spezifischer Unterschied zwischen Produkten festgestellt werden. Sie gehört damit zu den attributbezogenen Unterschiedsprüfungen. Außerdem gehören sie zu den sensibelsten Prüfungen und sind zudem einfach durchzuführen und für die Panellist:innen gut zu verstehen. Aus diesem Grund sind sie eine der am weitesten verbreiteten sensorischen Prüfungen. Angewandt wird diese Methode vor allem, wenn es sich nur um kleine Unterschiede zwischen den Produkten handelt, um festzustellen ob es einen Unterschied gibt oder nicht (Busch-Stockfisch, 2015).

Um die bittermodulierende Wirkung mittels der paarweisen Vergleichsprüfung zu untersuchen, wurden verschiedene Konzentrationen der Substanzen gewählt, diese sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 aufgetragen. Die gewählten Konzentrationen können in geringe und hohe Konzentrationen eingeteilt werden. Die geringen Konzentrationen sind die jeweiligen Konzentrationen wie sie im Leinöl, welches nach der Methode von Fruehwirth et al. (2020) produziert wurde, vorliegen. Diese Konzentrationen wurden berechnet aus der Menge an Ferulasäure und Syringaaldehyd wie sie im konventionell produzierten Leinöl vorkommen, jeweils multipliziert mit dem Faktor der Erhöhung, welche durch die neue Methode nach Fruehwirth et al. (2020) erzielt wurde (Fruehwirth, et al., 2020) (Hasiewicz-Derkacz, et al., 2015). Für die Testung der Substanzen in der Koffeinelösung wurde die Menge an Ferulasäure bzw. Syringaaldehyd, wie sie im konventionell produzierten Leinöl vorkommt, zusätzlich addiert (Hasiewicz-Derkacz, et al., 2015). Als hohe Konzentrationen wurde eine Konzentration, für die bereits eine bittermaskierende Wirkung für die Ferulasäure gezeigt wurde, getestet (Patentnr. 5,336,513, 1994). Somit wurden pro Substanz zwei Konzentrationen getestet. Alle Konzentrationen wurden auf der Grundlage einer 500 ppm Koffeinelösung und eines bitter schmeckenden Leinöls getestet.

Tabelle 8: Konzentrationen für den paarweisen Vergleichstest in 500 ppm Koffeinelösung angegeben als µg/100g Koffeinelösung

Zu testende Substanzen	geringe Konzentration	hohe Konzentration
Ferulasäure	1,6	45
Syringaaldehyd	4,8	45
Ferulasäure + Syringaaldehyd	1,6 + 4,8	45 + 45

Tabelle 9: Konzentrationen für den paarweisen Vergleichstest mit einem bitterschmeckenden Leinöl angegeben als µg/100g Öl

Zu testende Substanzen	geringe Konzentration	hohe Konzentration
Ferulasäure	0,8	45
Syringaaldehyd	4,44	45
Ferulasäure + Syringaaldehyd	0,8 + 4,44	45 + 45

Wie bei der quantitativen Beschreibung des Leinöls erhielten die 16 Panellist:innen vorab fünf Proben mit unterschiedlichen, definierten Konzentrationen einer Koffeinelösung von nicht bitter bis sehr intensiv bitter, um sich in die Bewertungsskala einzufinden. Anschließend wurden insgesamt sechs Paare nacheinander gekostet, ein Paar bestand aus der Kontrolle und einer angereicherten Probe. Die Proben sollten nach der Bitterintensität bewertet werden. Die Wahrnehmung der Bitterintensität wurde auch hier wieder auf einer unstrukturierten Skala von 0 bis 10 aufgetragen. Zwischen den Probepaaren wurde der Mund mit Wasser und/oder Weißbrot neutralisiert. Alle Proben wurden wieder in 30 ml Plastikbechern dargereicht. Von Proben die Koffeinelösung enthielten wurden 20 ml gereicht, von den Leinölproben erhielten die Panellist:innen jeweils 10 ml. Außerdem wurden die Paare der Leinölproben unter rotem Licht verkostet, um Farbunterschiede zu verschleiern.

Duo:

Probe: _____

Bitterintensität

Überhaupt nicht deutlich Sehr intensiv

Probe: _____

Bitterintensität

Überhaupt nicht deutlich Sehr intensiv

Anmerkungen (optional):

Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung des Bewertungsbogens für den paarweisen Vergleichstest

4.3.2 Analytik

Nachfolgend werden die angewandten Methoden zur Anreicherung des Leinöls mit natürlichen Polyphenolen und die Bestimmung der Gesamtpolyphenole mittels Folin-Ciocalteu-Reagenz beschrieben.

4.3.2.1 Anreicherung mit natürlichen Polyphenolen

Die Anreicherung mit natürlichen Polyphenolen wurde nach dem Verfahren von Fruewirth et al. (2020) durchgeführt. Dabei handelt es sich um eine dreifache Extraktion der natürlichen Antioxidantien aus dem Presskuchen in das verwendete Speiseöl.

Für diese Arbeit wurde die Extraktion mit kaltgepresstem Leinöl durchgeführt. Das hierfür verwendete Leinöl wurde unter hermetischer Abriegelung gepresst. Im weiteren Verlauf des Textes wird der Terminus „Optimierung“ des Leinöls verwendet, um den Lesefluss zu vereinfachen. Die Optimierung des Leinöls wurde im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt und hat in der Produktion und mit den Materialien der Hagenthaler Ölmanufaktur stattgefunden. Es wurden insgesamt 4 L Leinöl optimiert.

Insgesamt wurden 3640 g kaltgepresstes Leinöl und 610 g Presskuchen verwendet. Der Presskuchen wurde vorab gemahlen bis ein feines Pulver entsteht. Für die Extraktion werden der gesamte Presskuchen und das Leinöl in einem Verhältnis von 1:2 vermengt und für 30 Minuten bei 675 rpm und einer Raumtemperatur von 18 °C gerührt. Anschließend wird das Gemisch in 1 L Plastikflaschen mit Schraubverschluss überführt und für 5 Minuten bei 4000 rpm zentrifugiert. Das überstehende Leinöl wird in einem neuen Gefäß gesammelt und bei 4 °C aufbewahrt.

Der bereits verwendete Presskuchen wird erneut mit einer Menge von 1220 g Leinöl vermengt und wieder für 30 Minuten gerührt. Die Extraktion wird zwei weitere Male wiederholt, sodass die Extraktion insgesamt dreimal durchgeführt wurde. In jeder Extraktionsrunde wird derselbe Presskuchen mit frischem Leinöl vermengt.

Das gesammelte optimierte Leinöl wird anschließend in 7 x 0,5 L dunkelgefärbte Glasflaschen abgefüllt und bis zur Verwendung im Dunkeln bei 4 °C gelagert.

4.3.2.2 Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts

Die Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts erfolgte mittels photometrischer Messung und mit Hilfe des Folin-Ciocalteu-Reagenz (Gülçin, 2012). Es wurde im vierfachen Ansatz durchgeführt. Dafür wurden 2,5 g Öl in 15 ml Schraubröhren eingewogen und 2,5 ml Hexan hinzugefügt. Außerdem wurde 1 ml Methanol 80 % (80:20, v/v) dazugegeben und 4 Minuten mittels Vortex gemischt. Nach der Durchmischung wurden die Proben für 5 Minuten bei 4000 rpm und 21 °C zentrifugiert, um die Phasen zu trennen. Die wässrige Phase wurde anschließend in eine neue 15 ml Schraubröhre überführt. Die Extraktion und die Zentrifugation wurden zwei weitere Male wiederholt, um ein Volumen von 3 ml der wässrigen Phase zu erhalten.

Es wurde mit der wässrigen Phase weitergearbeitet, zu dieser wurden 2,5 ml Hexan hinzugefügt und für 30 Sekunden mittels Vortex vermischt. Anschließend wurden die Proben erneut für 5 Minuten bei 4000 rpm und 21 °C zentrifugiert und 2,5 ml der wässrigen Phase in eine neue 15 ml Schraubröhre überführt.

Nach Abdunkeln des Raums wurde zu den 2,5 ml der wässrigen Phase 0,39 ml des Folin-Ciocalteu-Reagenz und 0,39 ml 7,5 % Natriumcarbonatlösung (w/v) hinzugefügt. Für die Reaktion wurden die Proben für 30 Minuten in einem dunklen Raum stehen gelassen. Alle folgenden Schritte wurden nun im Dunkeln durchgeführt. Nach 30 Minuten wurden die Proben erneut für 5 Minuten bei 4000 rpm bei 21 °C zentrifugiert, um den weißen Niederschlag abzutrennen. Anschließend wurden die Proben mittels Einmalspritze und Spritzenfilter in eine Quarzküvette filtriert, um im Anschluss die Absorption dieser bei 765 nm im Photometer zu messen.

Zusätzlich wurde ein Leerwert bestehend aus 2,5 ml Methanol 80 % (80:20, v/v), sowie 0,39 ml Folin-Ciocalteu-Reagenz und 0,39 ml 7,5 % Natriumcarbonatlösung gemessen. Der Leerwert wurde für die Reaktion gleich der Proben behandelt.

Für die Auswertung der Gesamtpolyphenole wurde eine Standardgerade erstellt. Für die Standardgerade wurden 5,5 mg Gallussäure eingewogen und mit 10 ml Methanol 80 % (80:20, v/v) vermischt. Anschließend wurden sieben Verdünnungen erstellt mit einer Konzentration von 2-45 µg/ml. Für die Farbreaktion wurden die Standards behandelt wie oben beschrieben. Mit Hilfe der festgelegten Konzentrationen und der Extinktion der einzelnen Standards wurde eine Kalibriergerade, wie in Abbildung 8, erstellt.

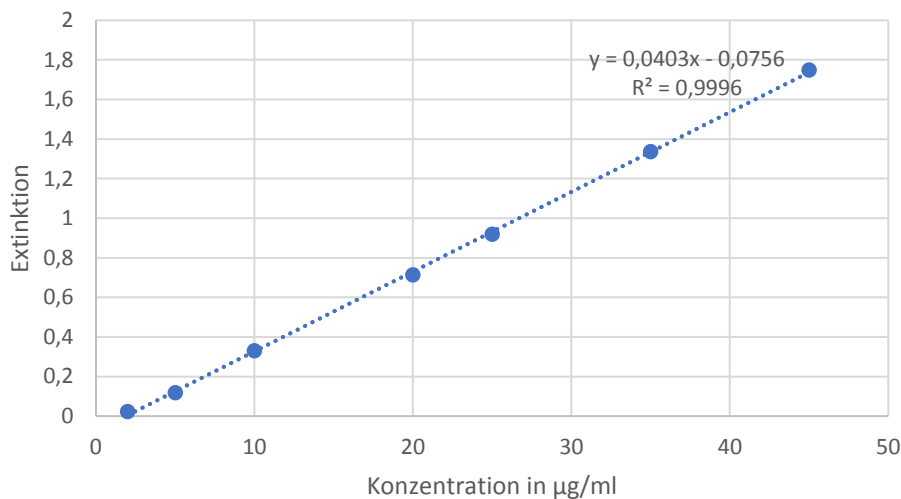


Abbildung 8: Beispiel einer Kalibriergeraden für die Berechnung der Konzentration in mg GAE / 100 g Öl.

Auf Basis der Kalibriergeraden wurde eine Geradengleichung erstellt. In diese wurden die Extinktionen der Proben, nach Subtraktion des Leerwertes, eingesetzt und anschließend die Konzentrationen unter Berücksichtigung des Probenvolumens und der Einwaage berechnet.

Die Konzentration wird in mg Gallussäureäquivalenten (GAE) / 100 g Öl angegeben.

4.3.3 Statistische Auswertung

Die Datenaufbereitung und statistische Aufbereitung erfolgte mit Hilfe von Microsoft Excel 2016 und GraphPad Prism 9.

4.3.3.1 Sensorik

Für beide sensorischen Methoden wurden die Daten zur bewerteten Bitterintensität und den weiteren Attributen mittels einer 10 cm langen unstrukturierten Skala erhoben. Durch Abmessen der Skala mit einem Lineal konnten die Bewertungen jedes Panellisten als Zahlenwert

erfasst werden. Der Zahlenwert entspricht damit der Bitterintensität oder der Intensität des jeweiligen Attributes zwischen 0 (überhaupt nicht) bis 10 (sehr intensiv).

4.3.3.1.1 Sensorische Charakterisierung

Die Bitterintensität der Proben wurden zum einen für jeden Zeitpunkt der Verkostung, sowie über den Verlauf der 12 Wochen statistisch ausgewertet.

Für die Auswertung pro Zeitpunkt wurden die Mittelwerte der Leinölproben mittels einfaktorieller Varianzanalyse verglichen. Anschließend wurde ein Tukey post-hoc Test angewendet und die Signifikanz mit * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ oder **** $p < 0,0001$ angegeben.

Für die Auswertung über den Zeitverlauf von 12 Wochen wurden die Mittelwerte der Panellistenbewertungen der Leinölproben mittels zweifaktorieller Varianzanalyse sowie anschließendem Tukey post-hoc Test verglichen und die Signifikanz angegeben.

4.3.3.1.2 Paarweiser Vergleichstest

Der paarweise Vergleichstest wurde mittels abhängigem t-Test auf die signifikanten Unterschiede in der Bitterintensität getestet. Hierfür wurden die Mittelwerte der jeweiligen Paare verglichen und die Signifikanz angegeben.

4.3.3.2 Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts

Die Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts erfolgte im vierfachen Ansatz, außerdem wurden zwei technische Replikate gemessen. Die Rohdaten wurden als Extinktion erhalten, von dieser wurde zunächst der Leerwert abgezogen und aus den technischen Replikaten der Mittelwert gebildet. Danach, wie bereits oben beschrieben, erfolgte das Einsetzen der Daten in die Geradengleichung der Kalibriergerade, sowie die Berechnung der Konzentrationen. Aufgrund des vierfachen Ansatzes lagen nun pro untersuchtem Leinöl vier Werte der Konzentration vor, aus welchen erneut der Mittelwert gebildet wurde. Dieser Mittelwert wurde im Weiteren für die statistische Auswertung herangezogen.

Wie für die sensorische Untersuchung innerhalb der Lagerstudie wurden auch hier die Daten pro Zeitpunkt der Probenentnahme und über den Verlauf von 12 Wochen getestet.

Für die Auswertung der Daten pro Zeitpunkt der Entnahme wurden aufgrund der unterschiedlichen Öffnungszeitpunkte der Ölfaschen die Daten nach den Lagerbedingungen in

bereits geöffnet und verschlossen geteilt. Aus diesen Daten wurde jeweils der Mittelwert gebildet und mittels einfaktorieller Varianzanalyse und anschließendem Tukey post-hoc Test untersucht.

Für die Auswertung über den Zeitverlauf von 12 Wochen wurden die Daten auch in geöffnet und verschlossen gelagert unterteilt und die Mittelwerte mittels zweifaktorieller Varianzanalyse untersucht. Für beide Auswertungen wurde die Signifikanz angegeben.

4.3.3.3 Zusammenhang zwischen Bitterintensität und Gesamtpolyphenolgehalt

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Bitterintensität und dem Gesamtpolyphenolgehalt der jeweiligen Öle zu prüfen, wurde eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt. Für diese Korrelationsanalyse wurden die Leinöle nach Produktionsart und Lagervariante getrennt untersucht. Es wurden der Korrelationskoeffizient und die Signifikanz angegeben.

5. Ergebnisse

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der vorgestellten Lagerstudie beschrieben und visualisiert. In 5.1 werden die sensorischen Ergebnisse beschrieben, in 0 folgenden die Ergebnisse der Gesamtpolyphenolbestimmung und in 0 werden die Ergebnisse der Korrelationsanalyse vorgestellt. Die Ergebnisse werden in Mittelwert $\pm$ Standardabweichung angegeben.

5.1 Sensorik

Im Folgenden werden die Ergebnisse, der in Kapitel 4.3.1 eingeführten sensorischen Methoden beschrieben. Beide Prüfungen wurden mit einer unstrukturierten Skala von 0 (überhaupt nicht) bis 10 (sehr intensiv) bewertet. Außerdem erhielten alle Panellisten vor jeder Prüfung fünf definierte Konzentrationen einer Koffeinelösung in aufsteigender Reihenfolge, als Unterstützung sich in die Skala einzufinden. Anschließend werden in Kapitel 5.1.1 die Ergebnisse der quantitativen Beschreibung der Leinöle und in 5.1.2 die Ergebnisse des paarweisen Vergleichstest beschrieben.

5.1.1 Quantitative Beschreibung des Leinöls

Innerhalb der quantitativen Beschreibung der verschiedenen Leinöle wurden Bewertungen zu mehreren Attributen, wie beispielsweise der Bitterintensität, der Süßintensität und Aromen wie grasig oder nussig, erhoben.

Im Laufe der 12-wöchigen Lagerstudie wurde die sensorische Verkostung im regelmäßigen Abstand von vier Wochen durchgeführt. In Woche 0 wurden die Leinöle zum ersten Mal verkostet, ab diesem Zeitpunkt wurden die Leinöle in zwei verschiedene Lagerbedingungen eingeteilt. Ein Teil wurde geöffnet weitergelagert, der andere Teil wurde original verschlossen bis zum Zeitpunkt der nächsten Verkostung gelagert, für jeden Verkostungszeitpunkt wurde eine Flasche gelagert.

Abbildung 9 stellt die Geschmacksprofile der getesteten Leinöle dar. Vor allem die Bitterintensität unterschied sich signifikant innerhalb der unterschiedlich produzierten Leinöle. Aus diesem Grund wird nachfolgend die Bitterintensität genauer betrachtet.

Für die anderen getesteten Attribute wurde ein signifikanter Unterschied für das Aroma Grün/Grasig über den Zeitverlauf der Lagerung gefunden. Dieser signifikante Unterschied

bestand für das konventionell produzierte (verschlossen gelagert) Leinöl (B) zwischen Woche 4 und 12. Außerdem bestand ein signifikanter Unterschied für das hermetisch verschlossen produzierte (geöffnet gelagerte) Leinöl (C) zwischen Woche 4 und 8. Für die anderen Aromen zeigte sich kein signifikanter Unterschied über den Zeitverlauf von 12 Wochen, zwischen den verschiedenen Produktionsvarianten und den zwei Lagerbedingungen.

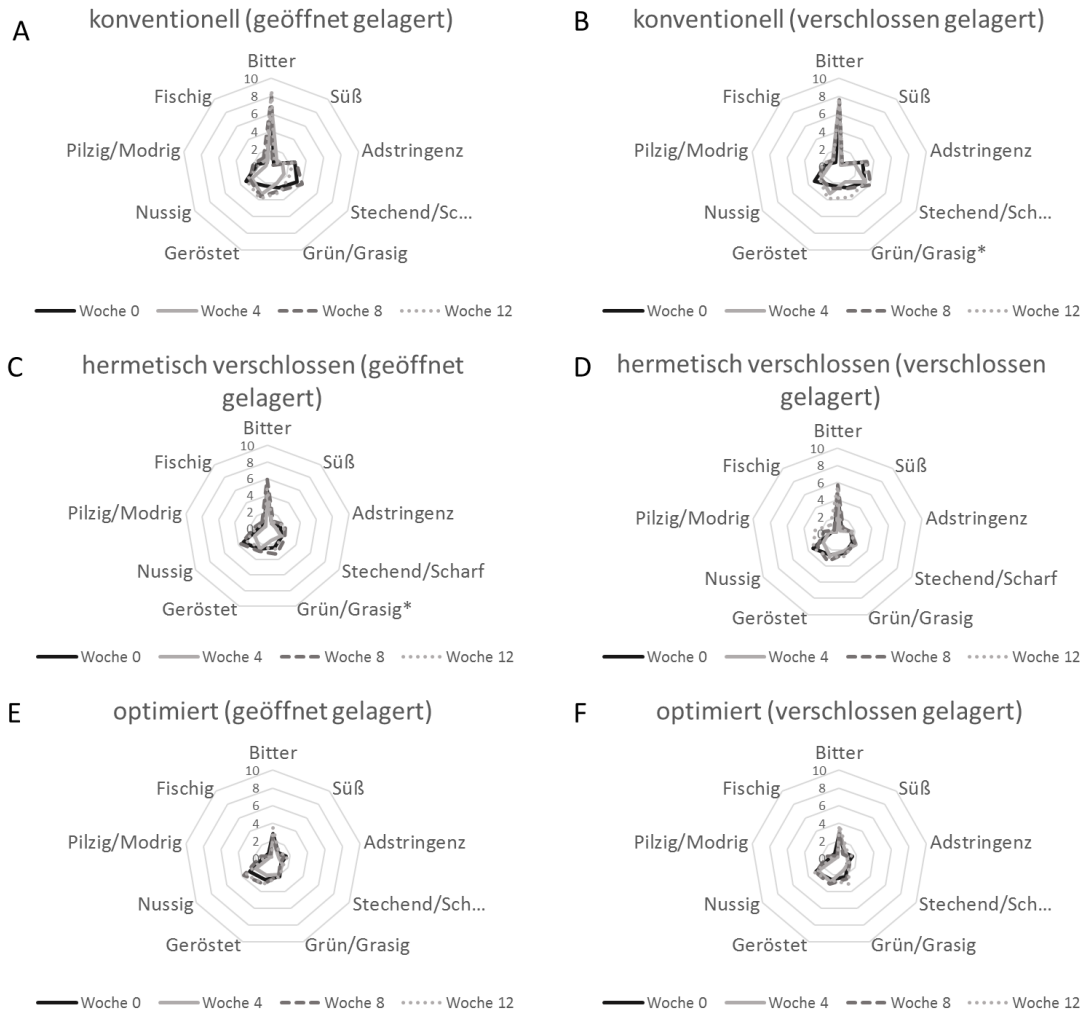


Abbildung 9: Spiderweb-Diagramme der unterschiedlich produzierten und gelagerten Leinöle (A – F) über 12 Wochen. $n=16$. Statistische Signifikanz wurde mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit * $p < 0,05$ angegeben. Es wird der Mittelwert angegeben.

Wie bereits oben erwähnt wurde der Schwerpunkt dieser Arbeit auf die Bitterintensität der Leinöle gelegt. Die Ergebnisse der Bitterintensität aus Woche 0 zeigt Abbildung 10, das konventionell produzierte und das optimierte Leinöl zeigen einen signifikanten Unterschied in der Bitterintensität. Für das konventionell produzierte Leinöl zeigte sich eine Bitterintensität von $6,8 \pm 3,1$ im Vergleich zum optimierten Leinöl mit $2,8 \pm 2,6$.

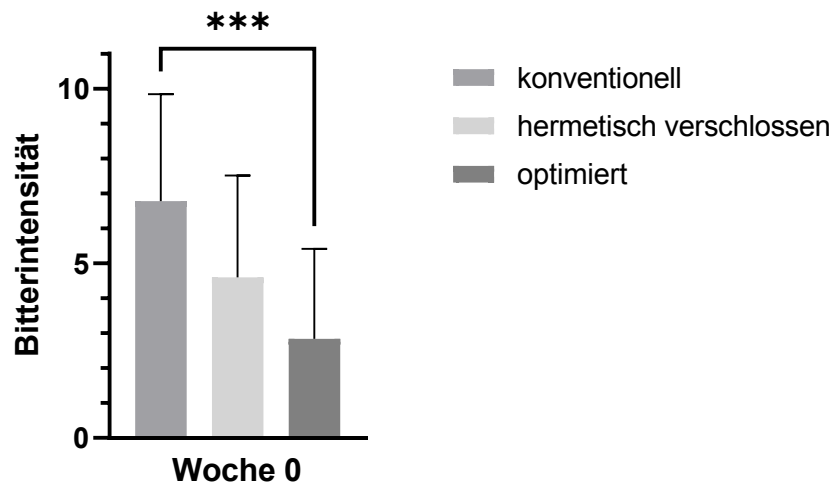


Abbildung 10: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0. $n=16$. Statistische Signifikanz wurde mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit *** $p < 0,001$ angegeben. Die horizontalen Balken geben Mittelwert und Standardabweichung an.

Zum zweiten Zeitpunkt der Verkostungen, in Woche 4, wurden von jedem unterschiedlich produzierten Leinöl jeweils zwei Proben verkostet. Wie in Abbildung 11 dargestellt, zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Bitterintensität zwischen dem konventionell produzierten und dem optimierten Leinöl, welche geöffnet sowie original verschlossen lagerten. Außerdem zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem konventionell produziertem und geöffnet gelagertem und dem hermetisch verschlossen produzierten und verschlossen gelagerten Leinöl.

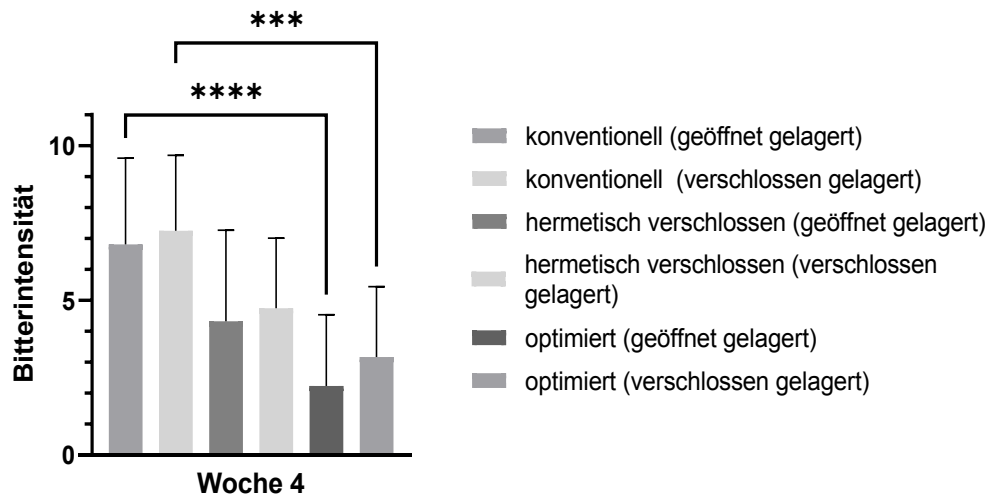


Abbildung 11: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle, sowie zwei Lagervarianten in Woche 4. $n=16$. Statistische Signifikanz wurde mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$ und **** $p < 0,0001$ angegeben. Die statistische Signifikanz wird ausschließlich für die unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb der gleichen Lagervariante angegeben. Die horizontalen Balken geben Mittelwert und Standardabweichung an.

Die Verkostungsergebnisse von Woche 8 werden in Abbildung 12 dargestellt. Sie zeigten einen signifikanten Unterschied in der Bitterintensität zwischen konventionell produzierten und optimierten Leinölen, sowie den hermetisch verschlossen produzierten und optimierten Leinölen jeweils innerhalb einer Lagervariante. Die konventionell produzierten Leinöle zeigten eine Bitterintensität von $8,0 \pm 2,4$ (geöffnet gelagert) bzw. von $7,6 \pm 1,9$ (verschlossen gelagert). Für die hermetisch verschlossen produzierten Leinöle zeigte sich eine Bitterintensität von $6,0 \pm 2,7$ (geöffnet gelagert) bzw. $5,7 \pm 2,7$ (verschlossen gelagert) und für die optimierten Leinöle $2,6 \pm 2,0$ (geöffnet gelagert) bzw. $3,0 \pm 2,5$ (verschlossen gelagert).

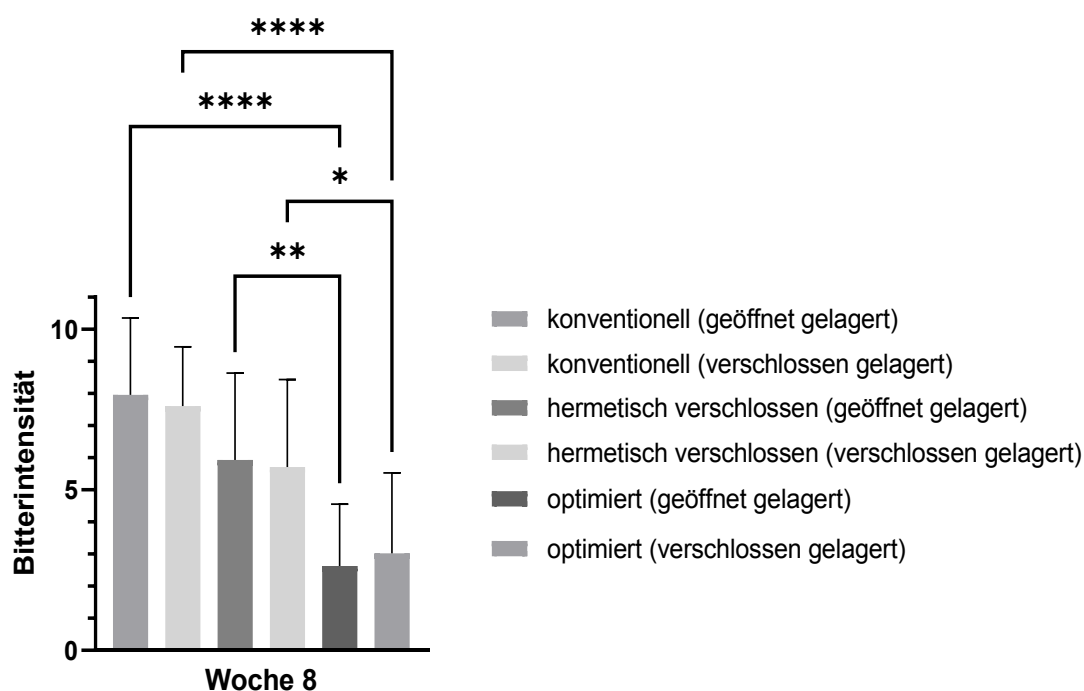


Abbildung 12: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle, sowie zwei Lagervarianten in Woche 8. $n=16$. Statistische Signifikanz wurde mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ und **** $p < 0,0001$ angegeben. Die statistische Signifikanz wird ausschließlich für die unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb der gleichen Lagervariante angegeben. Die horizontalen Balken geben Mittelwert und Standardabweichung an.

In Woche 12 zeigte sich nun zwischen allen drei unterschiedlich produzierten Leinölen einen signifikanten Unterschied in der Bitterintensität (s. Abbildung 13). Die Bitterintensität des konventionell produzierten Leinöls lag bei $8,7 \pm 1,5$ (geöffnet gelagert), die des hermetisch verschlossen produzierten und geöffnet gelagerten bei $4,8 \pm 2,8$ und des optimierten und geöffnet gelagerten Leinöl bei $3,5 \pm 2,8$. Die verschlossen gelagerten Leinöle zeigten zwischen dem konventionell produzierten und optimierten Leinöl einen signifikanten Unterschied der Bitterintensität. Diese lag bei dem konventionell produzierten Leinöl bei $7,7 \pm 2,0$ und bei dem optimierten Leinöl bei $3,8 \pm 2,8$.

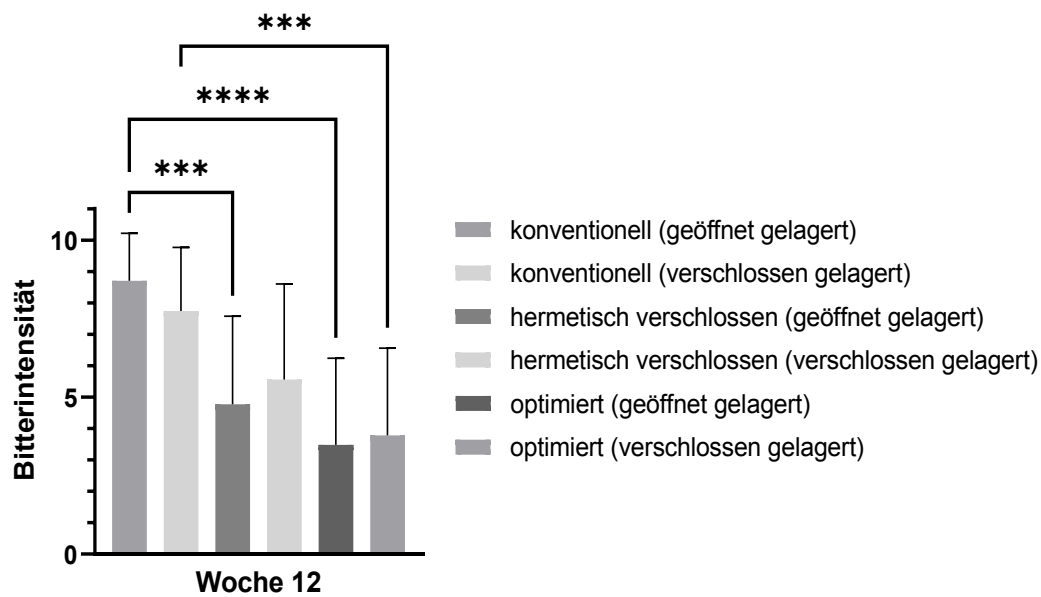


Abbildung 13: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle, sowie zwei Lagervarianten in Woche 12. $n=16$. Statistische Signifikanz wurde mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit *** $p < 0,001$ und **** $p < 0,0001$ angegeben. Die statistische Signifikanz wird ausschließlich für die unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb der gleichen Lagervariante angegeben. Die horizontalen Balken geben Mittelwert und Standardabweichung an.

Über den Zeitverlauf von 12 Wochen zeigten sich innerhalb der geöffneten (s. Abbildung 14) und der original verschlossenen (s. Abbildung 15) Lagervariante keine signifikanten Unterschiede zwischen den unterschiedlich produzierten Leinölen.

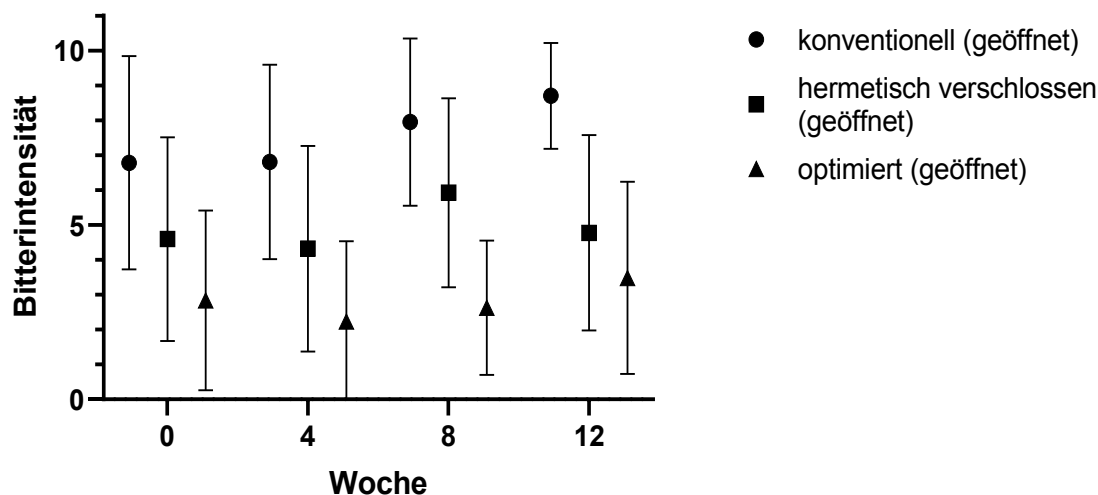


Abbildung 14: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb der geöffneten Lagervariante in Woche 0-12. $n=16$. Statistische Signifikanz wurde mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ausgeschlossen. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

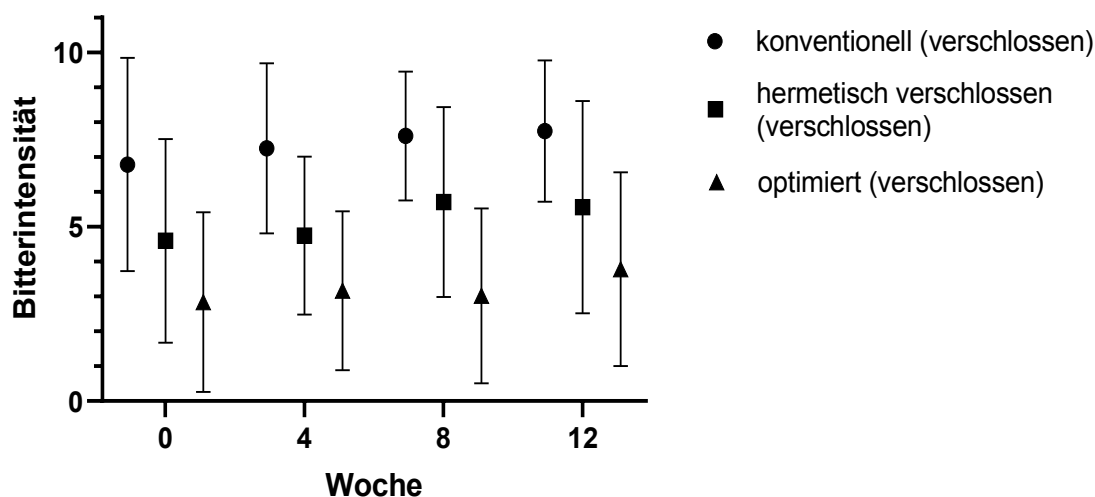


Abbildung 15: Quantitative Beschreibung der Bitterintensität der drei unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb der verschlossenen Lagervariante in Woche 0-12. $n=16$. Statistische Signifikanz wurde mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ausgeschlossen. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

5.1.2 Paarweise Vergleichsprüfung

Die Ergebnisse der quantitativen Beschreibung der Leinöle zeigten, dass das optimierte Leinöl signifikant weniger bitter wahrgenommen wurde, im Vergleich zu dem konventionell und hermetisch verschlossen produzierten Leinölen. Das optimierte Leinöl hat, im Gegensatz zu den anderen zwei Leinölen, einen höheren Gehalt an Polyphenolen (Fruehwirth, et al., 2020). Obwohl die Gruppe der Polyphenole meist bitter schmeckende Verbindungen sind (Bravo, 1998), können manche Verbindungen hingegen eine bittermaskierende Wirkung aufzeigen (Patentnr. 5,336,513, 1994). Um zwei der im optimierten Leinöl vorkommenden Verbindungen auf eine bittermaskierende Wirkung zu testen, wurde ein paarweiser Vergleichstest durchgeführt, wie in Kapitel 4.3.1.2 beschrieben wurde. Für diese sensorische Prüfung wurden Ferulasäure und Syringaaldehyd in verschiedenen Konzentrationen untersucht. Die Prüfung wurde sowohl auf der Basis einer 500 ppm Koffeinelösung als auch auf der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls durchgeführt. Zunächst folgen die Ergebnisse für die Prüfung auf der Basis einer 500 ppm Koffeinelösung.

Für diese sensorische Prüfung wurden sechs Probenpaare verkostet. Jedes Probenpaar bestand aus einer Kontrolle, entweder der 500 ppm Koffeinelösung oder des bitterschmeckenden Leinöls, und der angereicherten Probe. Die ersten drei Probenpaare enthielten Ferulasäure, Syringaaldehyd und die Kombination aus beidem in einer Konzentration wie sie im optimierten Leinöl vorliegt (s. Tabelle 8). In Abbildung 16 zeigen die Grafiken A, B und C diese Bewertungen der Bitterintensität. Die drei Paare zeigten jeweils keinen signifikanten Unterschied in der Bitterintensität im Vergleich zu der 500 ppm Koffeinelösung.

In Abbildung 16 D - E sind die drei Probenpaare mit der höheren Konzentration der beiden Substanzen und ihrer Kombination dargestellt. Als hohe Konzentration wurde eine Konzentration, für die bereits eine bittermaskierende Wirkung für die Ferulasäure gezeigt wurde, getestet (Patentnr. 5,336,513, 1994). Diese wurden in Tabelle 8 vorgestellt. Auch hier zeigten die Bewertungen keinen signifikanten Unterschied der Bitterintensität innerhalb der Paare. Für die bessere Übersichtlichkeit werden die Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte in Tabelle 10 und Tabelle 11 dargestellt.

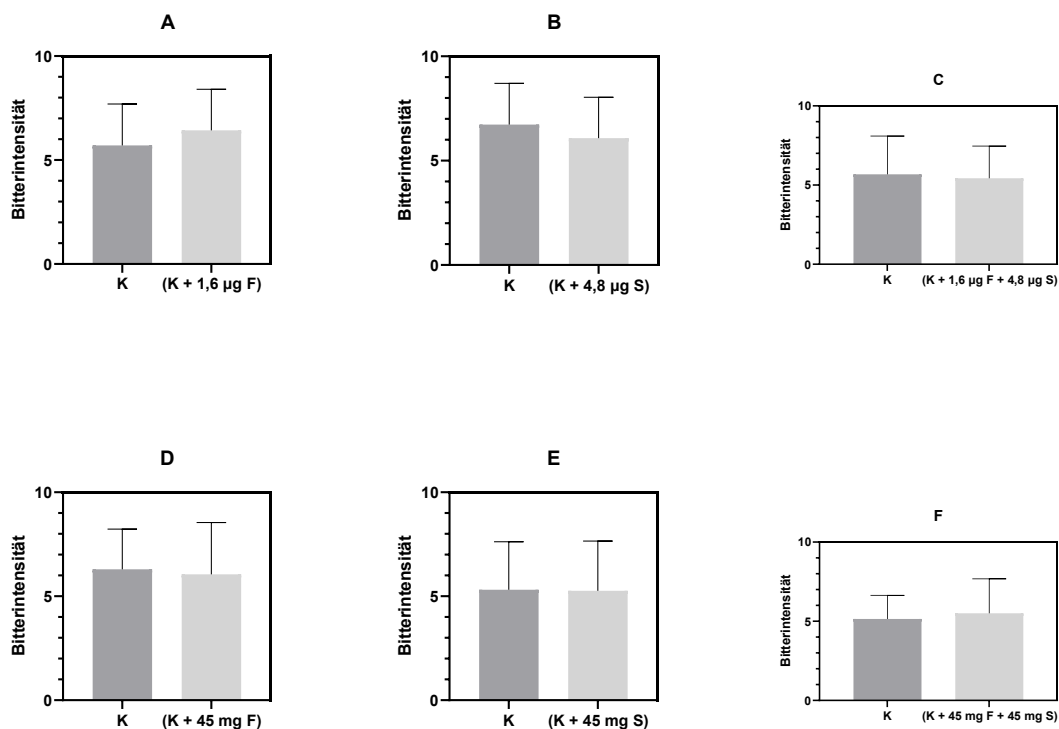


Abbildung 16: Paarweiser Vergleich von 500 ppm Koffeinelösung angereichert mit A) 1,6 µg Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); B) 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); C) 1,6 µg Ferulasäure (F) + 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); D) 45 mg Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); E) 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); F) 45 mg Ferulasäure (F) + 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K). $n=16$. Die statistische Signifikanz wurde mittels abhängigem t-Test ausgeschlossen. Es werden als Balken die Mittelwerte und Standardabweichung angegeben.

Tabelle 10: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeinelösung. $n=16$.

	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Ferula- säure	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Syringa- aldehyd	Koffein- lösung	Koffeinelösung + Ferulasäure + Syringaaldehyd
Mittelwert $\pm$ Standardabweichung	5,7 $\pm$ 2,0	6,4 $\pm$ 2,0	6,7 $\pm$ 2,0	6,1 $\pm$ 2,0	5,7 $\pm$ 2,4	5,4 $\pm$ 2,0
p-Wert	0,11		0,24		0,73	

Tabelle 11: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeinelösung. $n=16$.

	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Ferula- säure	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Syringa- aldehyd	Koffein- lösung	Koffeinelösung + Ferulasäure + Syringaaldehyd
Mittelwert $\pm$ Standardabweichung	6,3 $\pm$ 2,0	6,1 $\pm$ 2,5	5,3 $\pm$ 2,3	5,3 $\pm$ 2,4	5,1 $\pm$ 1,5	5,5 $\pm$ 2,2
p-Wert	0,76		0,94		0,61	

In einer zweiten Runde wurde der paarweise Vergleichstest mit der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls durchgeführt. Auch für diese Prüfung wurden die Ferulasäure, das Syringaaldehyd und deren Kombination in einer niedrigeren und höheren Konzentration getestet (s. Tabelle 9). In Abbildung 17 A – C sind die Bewertungen der niedrigeren Konzentrationen dargestellt. Zwischen keinem der Paare wurde ein signifikanter Unterschied festgestellt.

Die Ergebnisse der höheren Konzentrationen werden in Abbildung 17 D – F dargestellt. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Bitterintensität innerhalb der verkosteten Paare. Die Mittelwerte, Standardabweichungen und die p-Werte werden in Tabelle 12 und Tabelle 13 dargestellt.

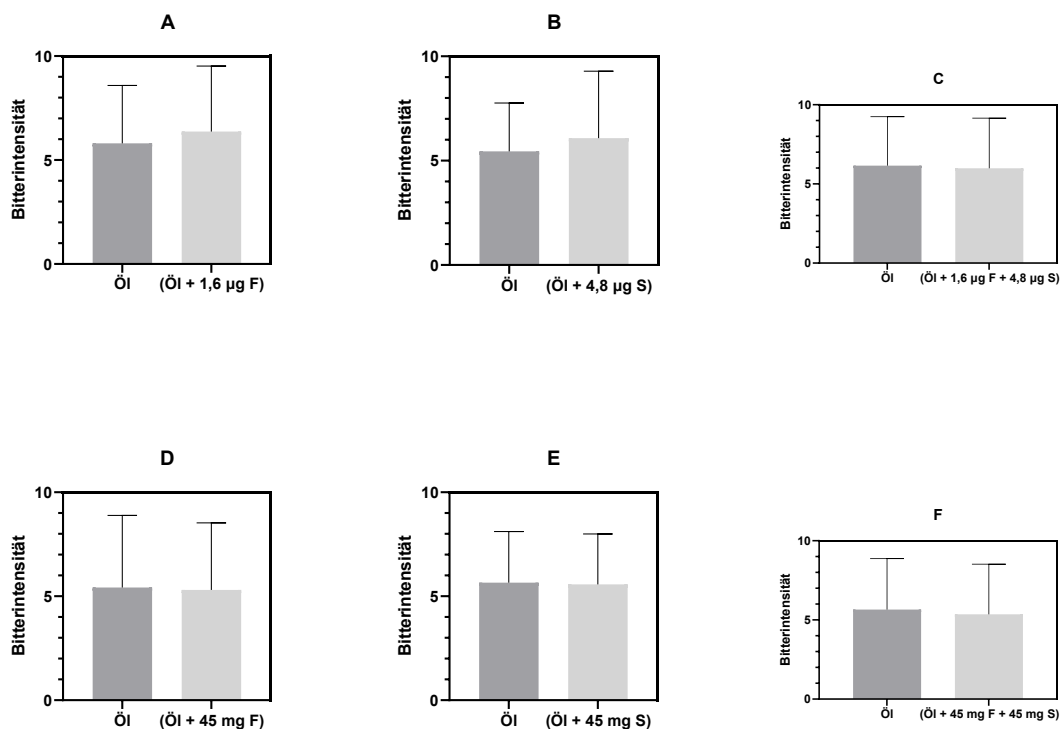


Abbildung 17: Paarweiser Vergleich von Leinöl angereichert mit A) 1,6 µg Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); B) 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); C) 1,6 µg Ferulasäure (F) + 4,8 µg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); D) 45 mg Ferulasäure (F) / 100 g Koffeinelösung (K); E) 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K); F) 45 mg Ferulasäure (F) + 45 mg Syringaaldehyd (S) / 100 g Koffeinelösung (K). $n=16$. Die statistische Signifikanz wurde mittels abhängigem t-Test ausgeschlossen. Es werden als Balken die Mittelwerte und Standardabweichung angegeben.

Tabelle 12: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls. $n=16$.

	Leinöl	Leinöl + Ferula- säure	Leinöl	Leinöl + Syringa- aldehyd	Leinöl	Leinöl + Ferulasäure + Syringaaldehyd
Mittelwert $\pm$ Standardab- weichung	5,8 $\pm$ 2,8	6,4 $\pm$ 3,2	5,4 $\pm$ 2,3	6,1 $\pm$ 3,2	6,2 $\pm$ 3,1	6,0 $\pm$ 3,2
p-Wert	0,40		0,27		0,82	

Tabelle 13: Darstellung der Bitterintensität als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf Basis eines bitterschmeckenden Leinöls. $n=16$.

	Leinöl	Leinöl + Ferula- säure	Leinöl	Leinöl + Syringa- aldehyd	Leinöl	Leinöl + Ferulasäure + Syringaaldehyd
Mittelwert $\pm$ Standardab- weichung	5,4 $\pm$ 3,5	5,3 $\pm$ 3,2	5,7 $\pm$ 2,5	5,7 $\pm$ 2,4	5,7 $\pm$ 3,2	5,4 $\pm$ 3,2
p-Wert	0,85		0,88		0,72	

5.2 Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts

Die analytische Untersuchung der Leinöle wurde, wie in Kapitel 4.3.2.2 beschrieben, durchgeführt. Dafür wurden die Öle nach der Entnahme innerhalb der Lagerzeit in die entsprechenden Probengefäße eingewogen, mit Argon überschichtet und bis zur Untersuchung bei -80 °C aufbewahrt.

Die Gesamtpolyphenolgehalte wurden zu Beginn der Lagerstudie, in Woche 0, aus einer Referenzflasche entnommen. Die Ergebnisse in Abbildung 18 stellen somit die Ausgangswerte für alle gelagerten Leinöle dar. Der Gesamtpolyphenolgehalt in Woche 0 für das konventionell produzierte Leinöl lag bei $0,42 \pm 0,01$ mg Gallussäureäquivalente (GAE) / 100 g. Für das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl lag der Ausgangswert bei $0,41 \pm 0,03$ mg GAE / 100 g und für das optimierte Leinöl bei $1,13 \pm 0,19$ mg GAE / 100 g. Damit zeigte das optimierte Leinöl einen signifikant höheren Gesamtpolyphenolgehalt im Vergleich zu den anderen zwei Leinölen.

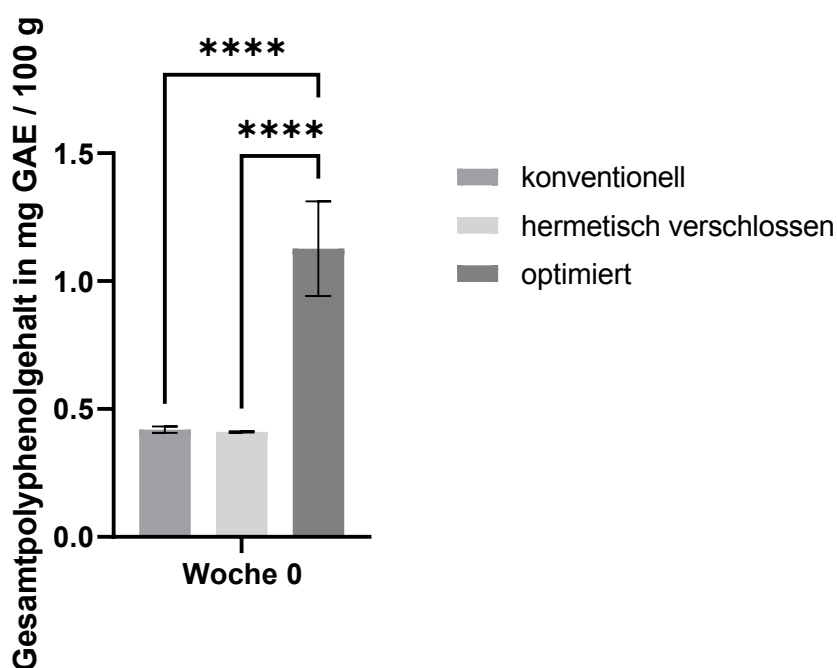


Abbildung 18: Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Für die weitere statistische Auswertung wurden die Leinöle nach den zwei verschiedenen Lagerbedingungen getrennt, denn für die zu Beginn geöffneten Leinöle liegen zusätzliche Proben aus Woche 1-3 vor. Für die original verschlossen gelagerten Leinöle lagen keine Proben aus Woche 1-3 vor, denn diese Leinöle wurden ausschließlich zu den Verkostungszeitpunkten geöffnet. Diese fanden im regelmäßigen Abstand von vier Wochen statt.

In Woche 1 zeigte sich für alle Flaschen der geöffnet gelagerten Leinöle das gleiche Bild, das optimierte Leinöl hat den signifikant höchsten Gehalt an Polyphenolen (s. Abbildung 19). Das optimierte Leinöl enthielt in dieser Flasche $0,53 \pm 0,03$ mg GAE / 100 g und damit einen signifikant geringeren Gesamtpolyphenolgehalt im Vergleich zur Vorwoche (s. Tabelle 14). Das konventionell produzierte Leinöl enthielt $0,36 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g und das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl $0,36 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g.

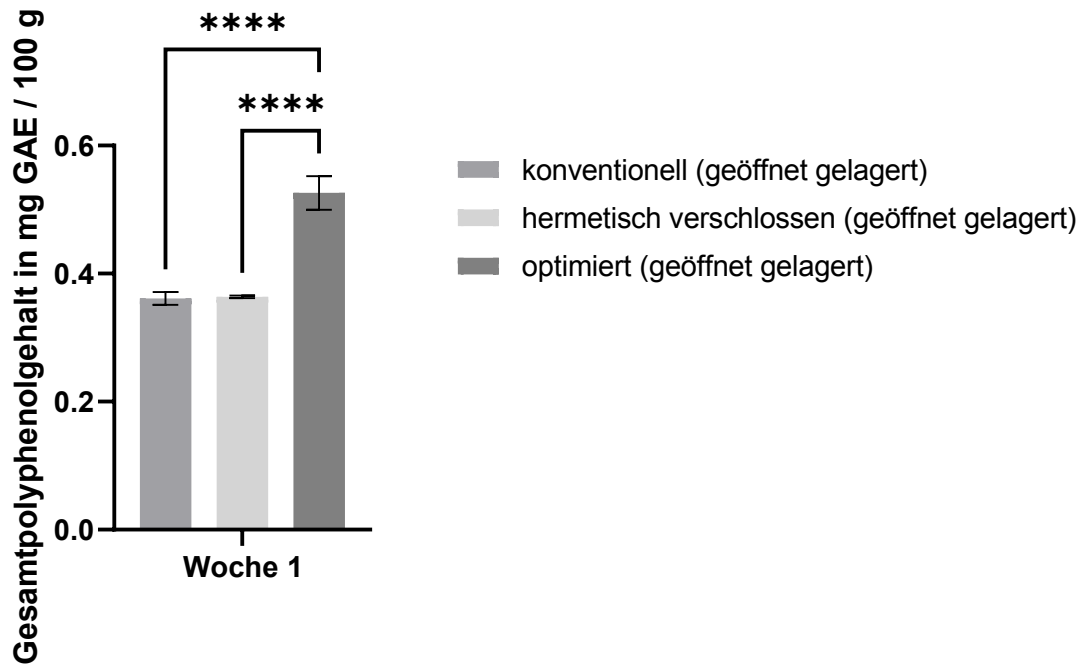


Abbildung 19: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 1, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Für Woche 2 zeigte sich ein Gesamtpolyphenolgehalt für das konventionell produzierte Leinöl von $0,37 \pm 0,03$ mg GAE / 100 g, für das hermetisch verschlossen gelagerte $0,35 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g und für das optimierte Leinöl $0,52 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g (s. Abbildung 20). Damit unterschied sich das optimierte Leinöl noch immer signifikant von den anderen zwei Leinölen.

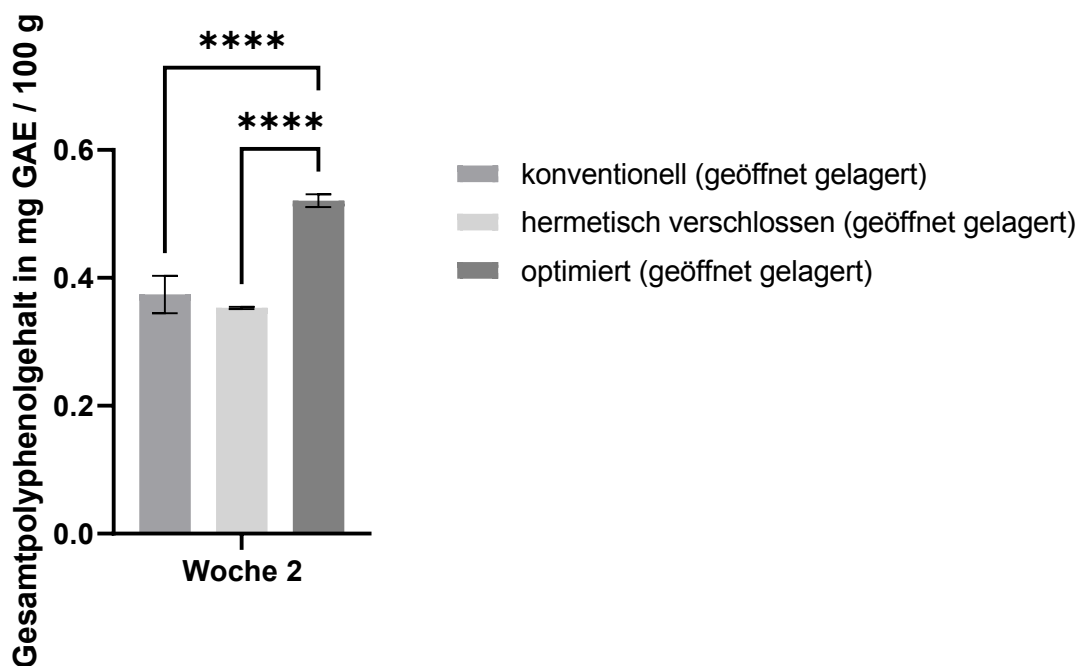


Abbildung 20: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 2, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Die Abbildung 21 zeigt, dass es in Woche 3 auch einen signifikanten Unterschied im Gesamtpolyphenolgehalt für das optimierte Leinöl mit $0,54 \pm 0,02$ mg GAE / 100 g gab. Das konventionell produzierte Leinöl enthielt $0,32 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g und das hermetisch verschlossene Leinöl $0,32 \pm 0,004$ mg GAE / 100 g.

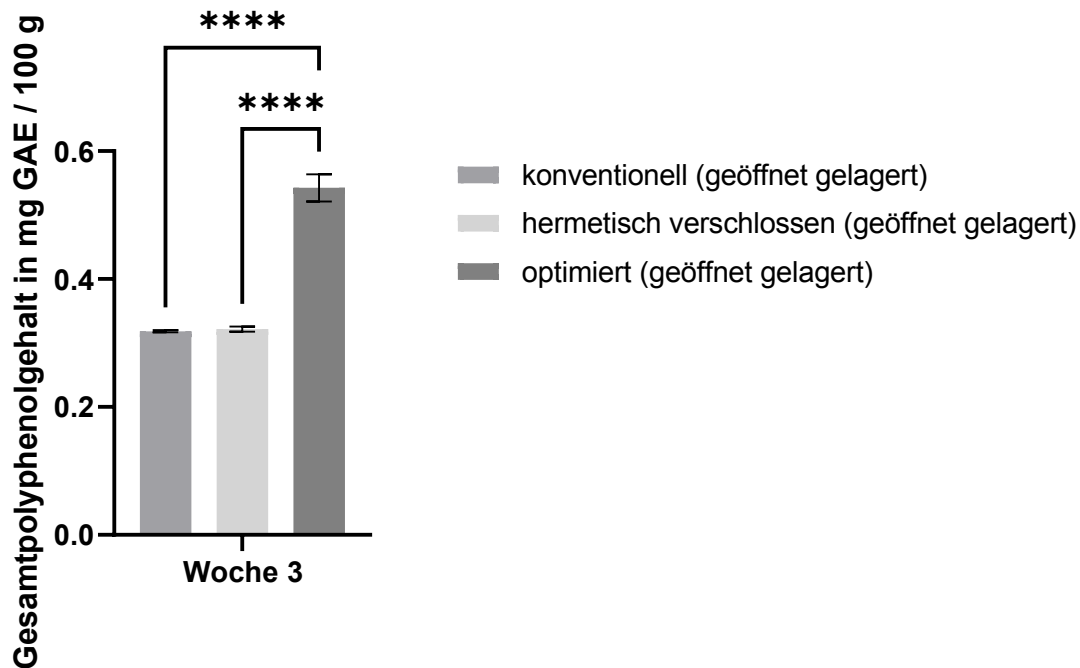


Abbildung 21: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 3, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

In Woche 4 lagen nun auch die ersten Daten der original verschlossen gelagerten Flaschen vor. Innerhalb dieser Lagervariante konnte pro Verkostungszeitpunkt immer nur eine Flasche geöffnet werden, um die original verschlossene Lagerung für die nächsten Verkostungszeitpunkt zu ermöglichen. Für die bessere Vergleichbarkeit wurde aus diesem Grund auch für die geöffnete Lagervariante nur eine Flasche ausgewählt, welche für die weitere Beschreibung des Gesamtpolyphenolgehalts herangezogen wird. Um dieses Vorgehen zu validieren, wurden die Flaschen der geöffneten Lagerung statistisch auf Unterschiede im Gesamtpolyphenolgehalt untereinander getestet. In den Abbildung 22, Abbildung 23 und Abbildung 24 werden diese Prüfungen dargestellt. Es ergaben sich nur geringfügige Unterschiede (< 20 %), weshalb für die Wochen 4-12 nur eine Flasche herangezogen wurde.

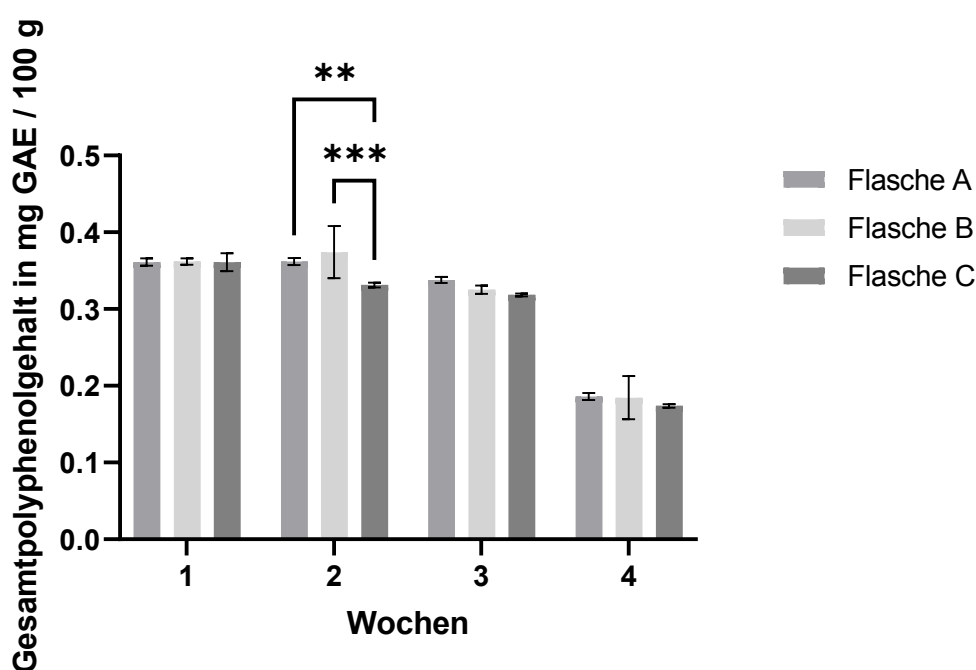


Abbildung 22: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des konventionell produzierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

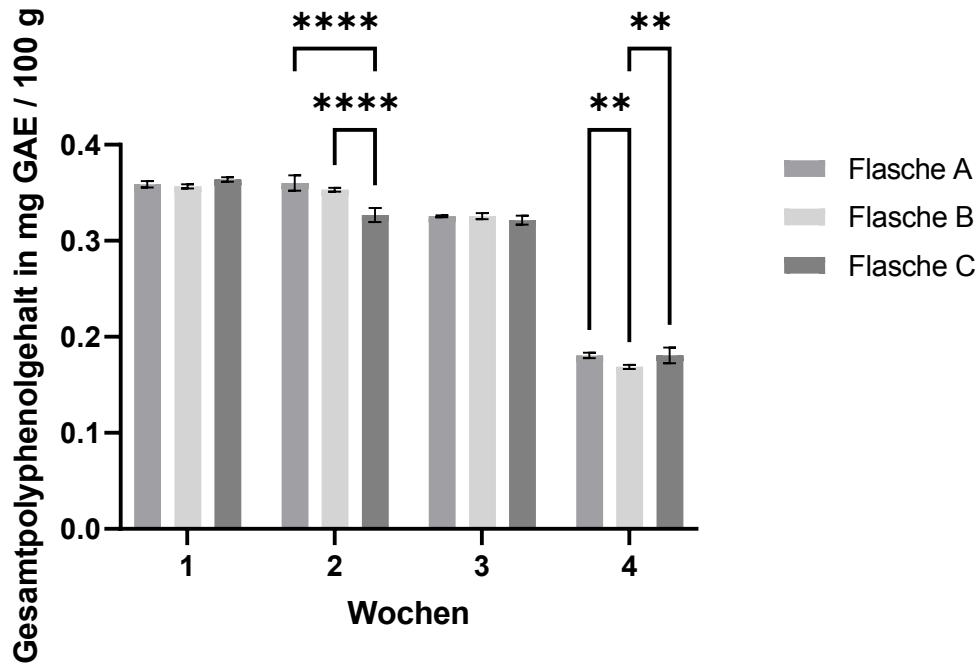


Abbildung 23: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des hermetisch verschlossen produziert Leinöls pro gelagerte Flasche (A – C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

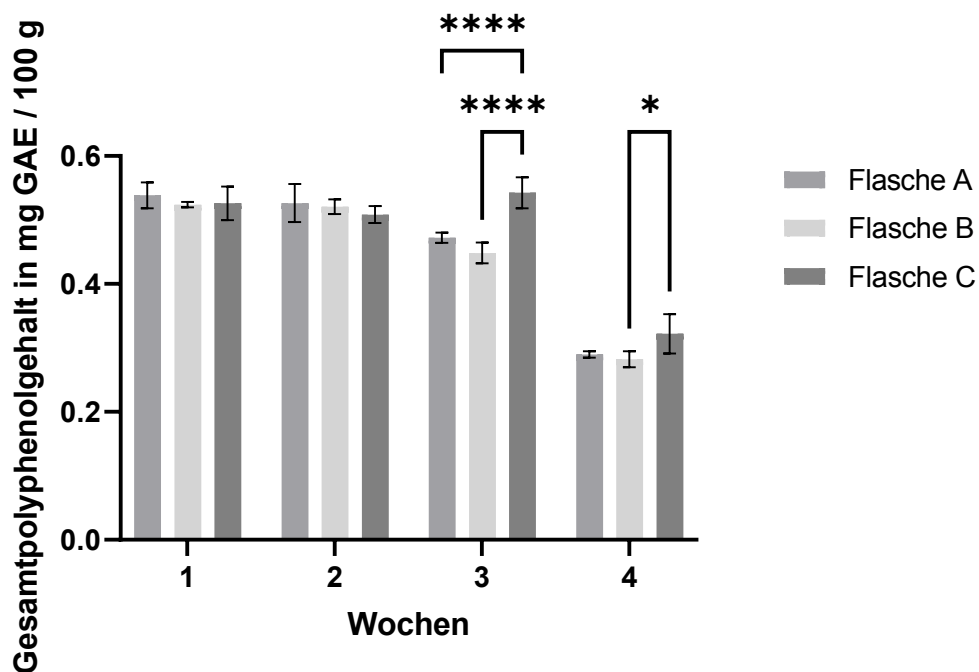


Abbildung 24: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des optimierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A – C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Wie in Abbildung 25 dargestellt, ergab sich für die geöffnet gelagerte Flasche in Woche 4 ein signifikanter Unterschied zwischen dem optimierten Leinöl und den zwei anders produzierten Leinölen. Der Gehalt an Polyphenolen lag im optimierten Leinöl bei $0,32 \pm 0,03$ mg GAE / 100 g, im konventionell produzierten bei $0,17 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g und im hermetisch verschlossen produzierten Leinöl bei $0,18 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g.

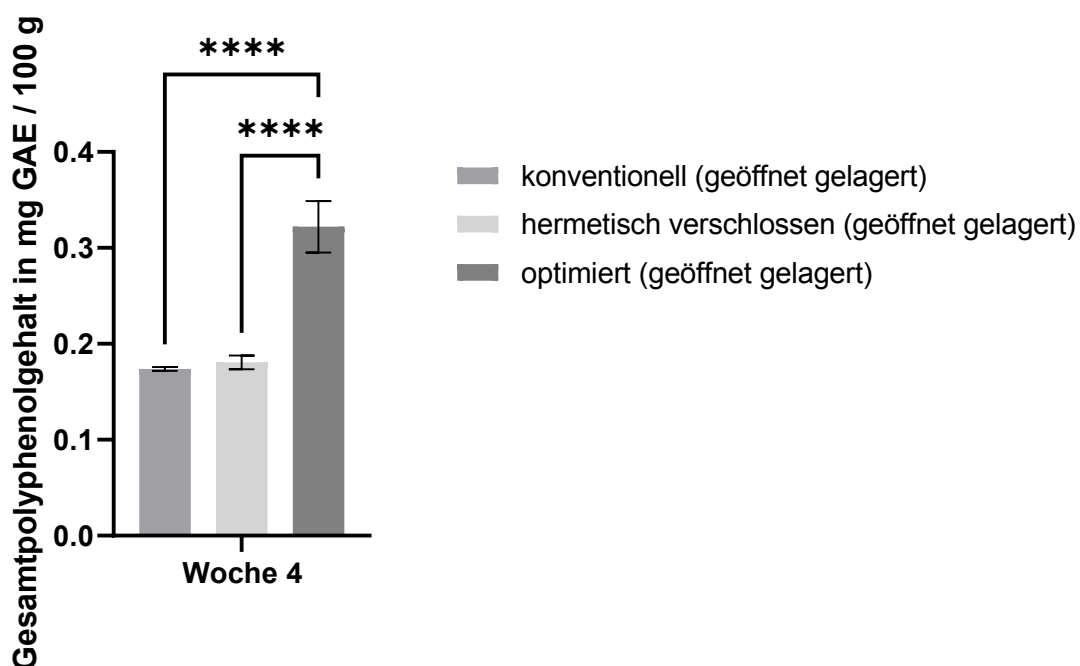


Abbildung 25: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 4, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Die original verschlossen gelagerte Flasche zeigte in Woche 4 einen signifikanten Unterschied zwischen allen drei verschiedenen produzierten Leinölen (s. Abbildung 26). Das konventionell hergestellte Leinöl hatte einen Gesamtpolyphenolgehalt von $0,19 \pm 0,003$ mg GAE / 100 g, das hermetisch verschlossen produzierte von $0,17 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g und das optimierte von $0,20 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g.

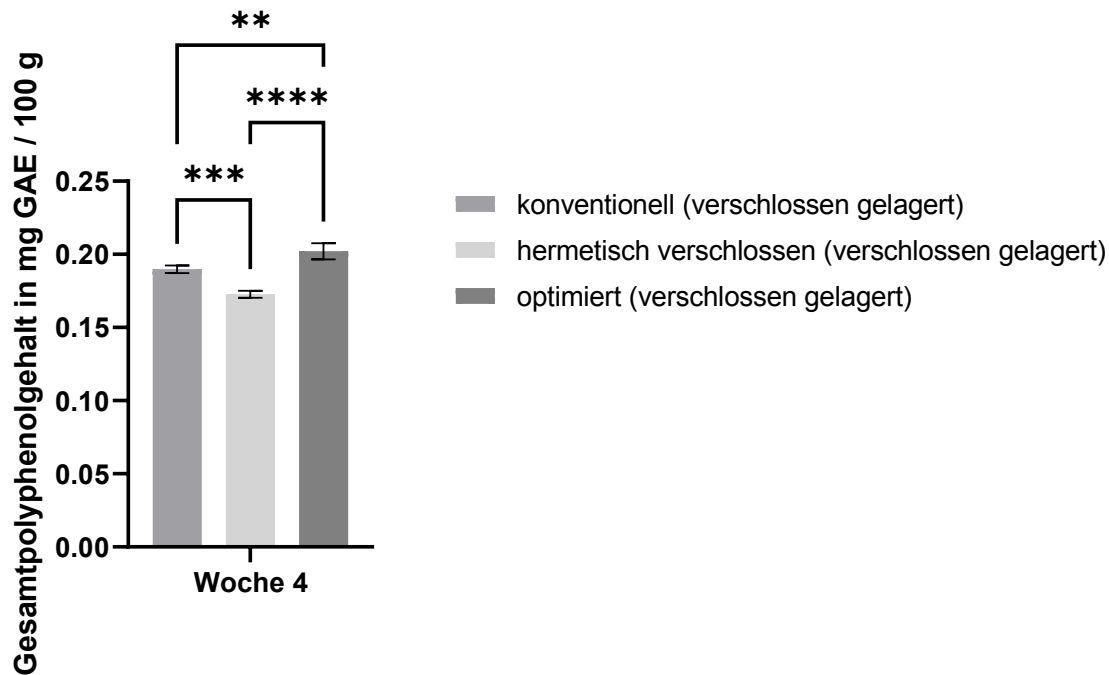


Abbildung 26: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 4, original verschlossen gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ und **** $p < 0,0001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Die Abbildung 27 zeigt für Woche 8 der geöffnet gelagerten Flasche nach wie vor einen signifikanten Unterschied zwischen dem optimierten Leinöl und den zwei anderen Leinölen. Das konventionell produzierte Leinöl zeigte einen Gesamtpolyphenolgehalt von $0,22 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g, das hermetisch verschlossene Leinöl von $0,21 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g und das optimierte Leinöl von $0,23 \pm 0,007$ mg GAE / 100 g.

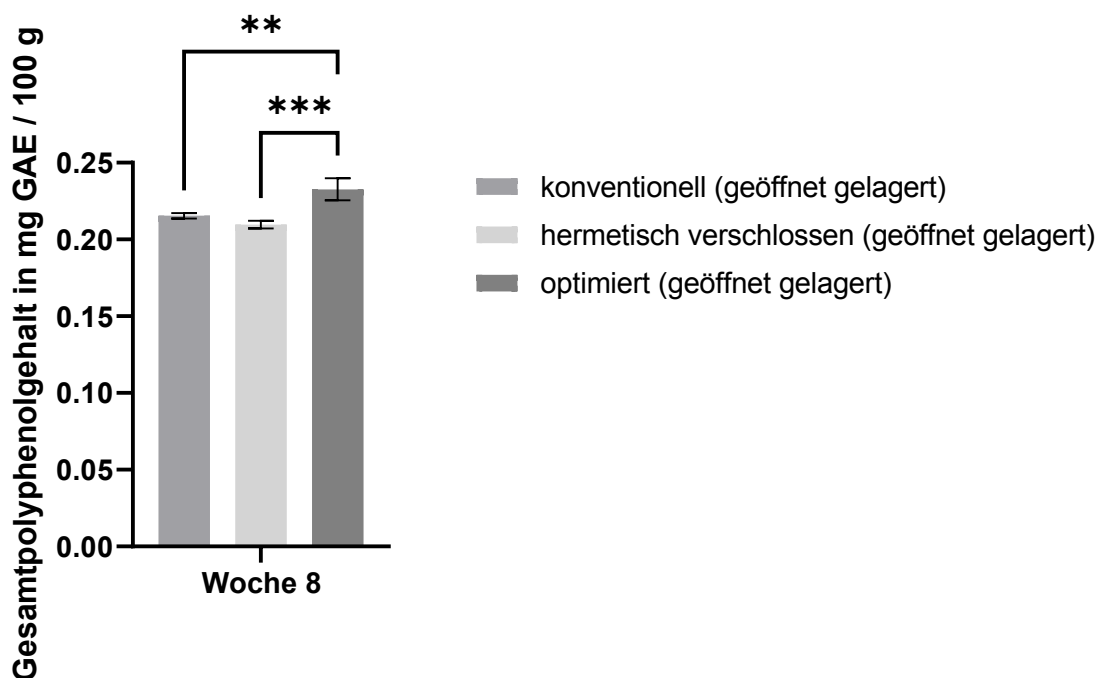


Abbildung 27: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 8, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit ** $p < 0,01$ und *** $p < 0,001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Die Daten der original verschlossen gelagerten Flaschen zeigten in Woche 8 keinen signifikanten Unterschied mehr zwischen den verschiedenen produzierten Leinölen (s. Abbildung 28). Das konventionell produzierte Leinöl enthielt $0,22 \pm 0,002$ mg GAE / 100 g, das hermetisch verschlossen produzierte $0,21 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g und das optimierte Leinöl $0,21 \pm 0,007$ mg GAE / 100 g.

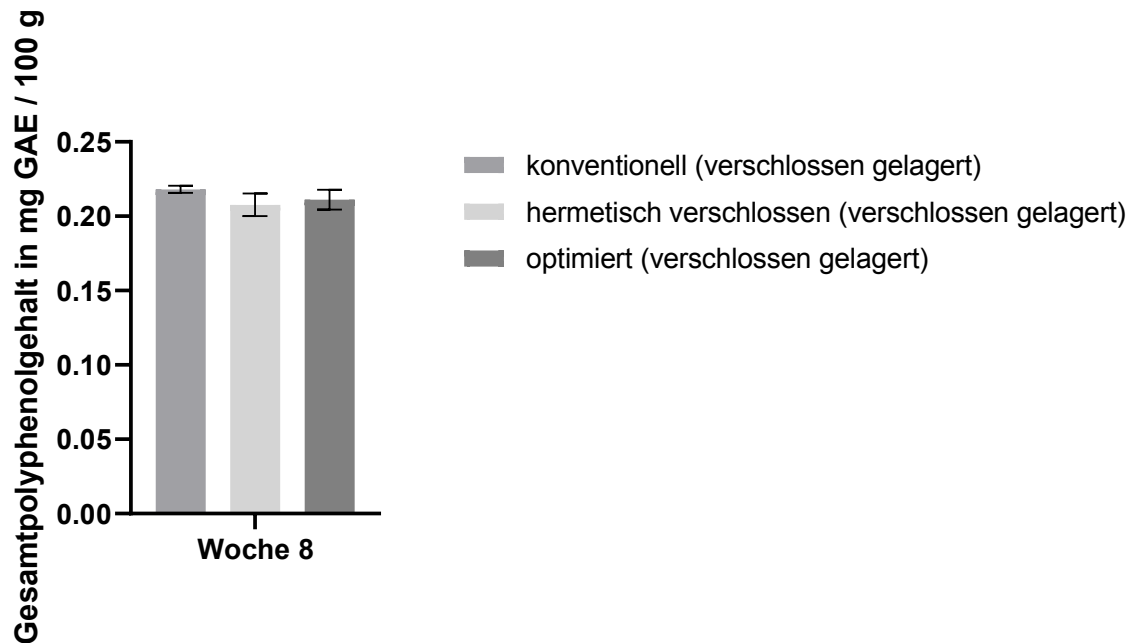


Abbildung 28: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 8, original verschlossen gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ausgeschlossen. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Das geöffnet gelagerte Leinöl zeigte in Woche 12 noch einen signifikanten Unterschied (s. Abbildung 29) zwischen dem konventionellen und hermetisch verschlossen produzierten Leinöl, sowie dem hermetisch verschlossen produzierten und dem optimierten Leinöl. Die Gesamtpolyphenolgehalte betrugen, für das konventionell produzierte Leinöl $0,24 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g, für das hermetisch verschlossene Leinöl $0,22 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g und das optimierte Leinöl $0,24 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g.

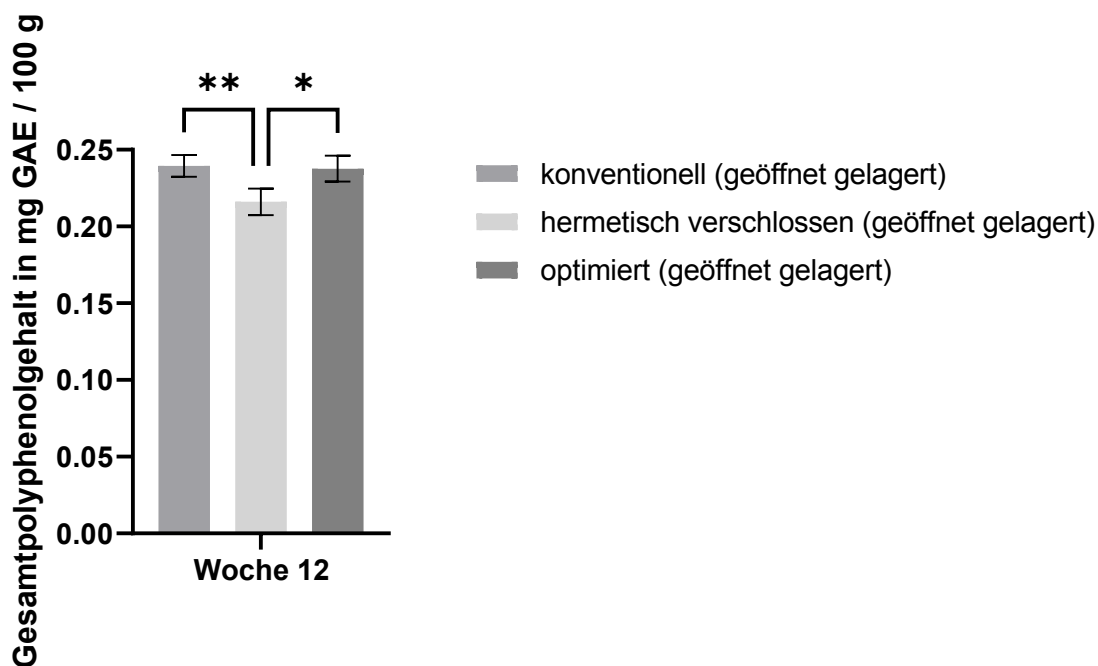


Abbildung 29: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 12, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit * $p < 0,05$ und ** $p < 0,01$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

In Woche 12 der Lagerung des original verschlossen gelagerten Leinöls ergab sich wieder ein signifikanter Unterschied zwischen dem konventionell und hermetisch verschlossen produzierten Leinöl, sowie dem hermetisch verschlossen produzierten und dem optimierten Leinöl (s. Abbildung 30). Das konventionell produzierte Leinöl zeigte einen Gesamtpolyphenolgehalt von $0,22 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g, das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl von $0,20 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g und das Optimierte von $0,21 \pm 0,01$ mg GAE / 100 g.

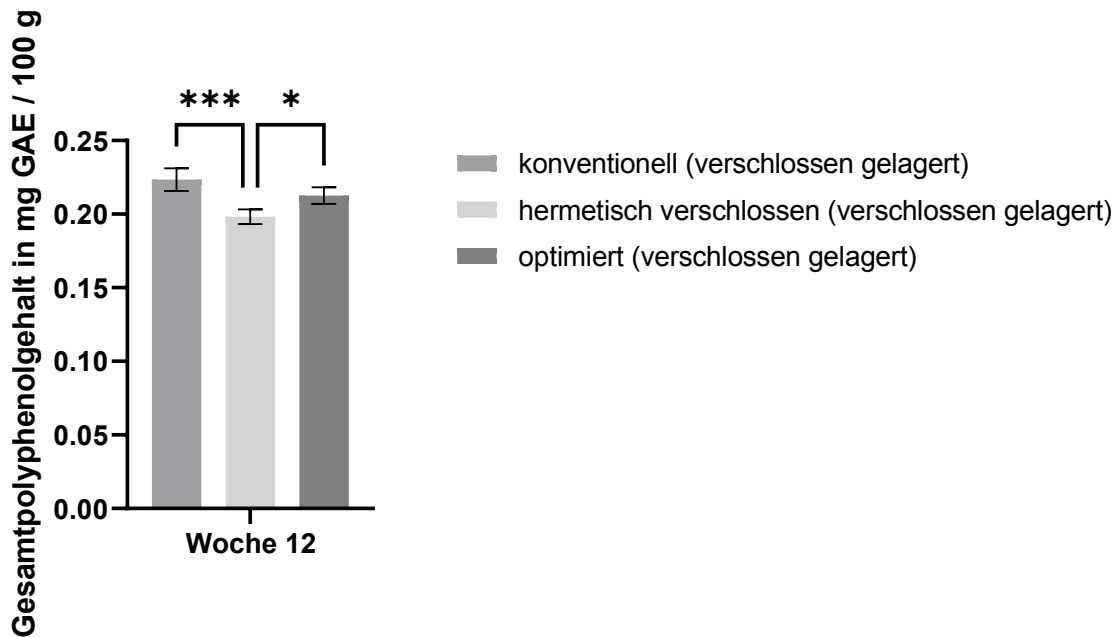


Abbildung 30: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 12, original verschlossen gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels einfaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit * $p < 0,05$ und *** $p < 0,001$ angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Abbildung 31 zeigt die geöffnet gelagerten Leinöle im zeitlichen Verlauf über die zwölf Wochen der Lagerzeit. Für die bessere Übersichtlichkeit wird in Abbildung 31 nur der signifikante Unterschied zwischen Woche 0 und 12 dargestellt. Alle signifikanten Unterschiede werden in Tabelle 14 dargestellt.

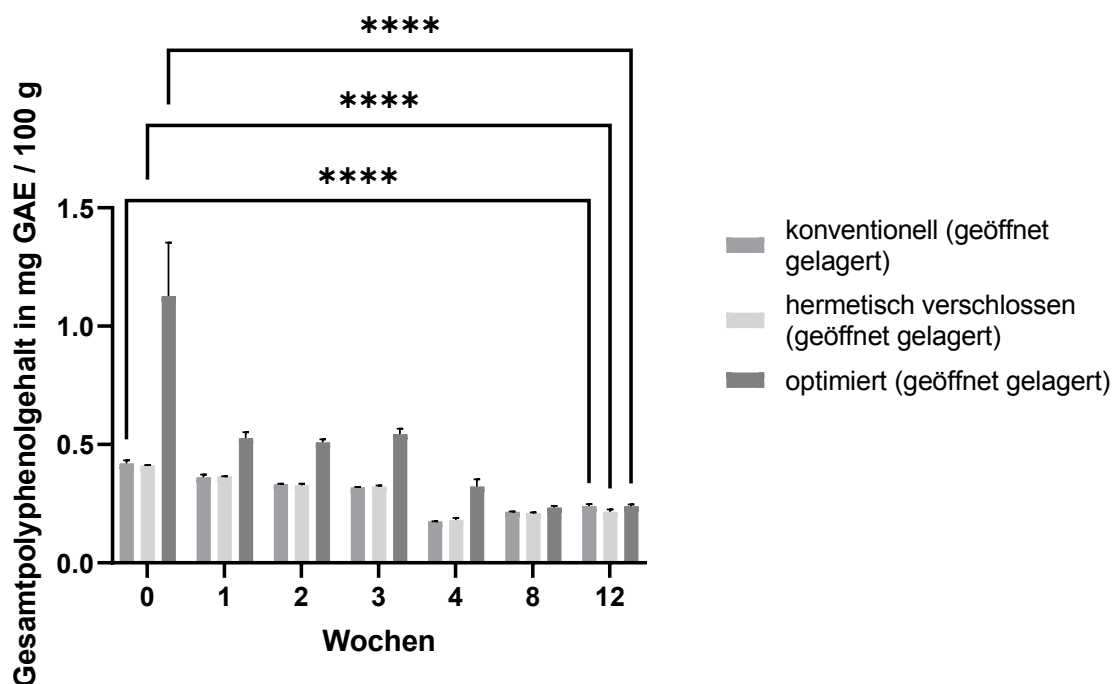


Abbildung 31: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben. Es wird ausschließlich die statistische Signifikanz zwischen Woche 0 und Woche 12 angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Tabelle 14: Darstellung der statistischen Signifikanz der Gesamtpolyphenolgehalte drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, geöffnet gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ und **** $p < 0,0001$ angegeben.

Wochen	Konventionell	Hermetisch verschlossen	Optimiert
0 vs. 1	ns	ns	****
0 vs. 2	ns	ns	****
0 vs. 3	*	ns	****
0 vs. 4	****	****	****
0 vs. 8	****	****	****
0 vs. 12	****	****	****
1 vs. 2	ns	ns	ns
1 vs. 3	ns	ns	ns

1 vs. 4	****	****	****
1 vs. 8	***	****	****
1 vs. 12	**	***	****
2 vs. 3	ns	ns	ns
2 vs. 4	****	***	****
2 vs. 8	**	**	****
2 vs. 12	*	**	****
3 vs. 4	***	***	****
3 vs. 8	*	**	****
3 vs. 12	ns	*	****
4 vs. 8	ns	ns	ns
4 vs. 12	ns	ns	ns
8 vs. 12	ns	ns	ns

Abbildung 32 zeigt die original verschlossen gelagerten Leinöle im zeitlichen Verlauf über die zwölf Wochen der Lagerzeit. Für die bessere Übersichtlichkeit wird in Abbildung 32 nur der signifikante Unterschied zwischen Woche 0 und 12 dargestellt. Alle signifikanten Unterschiede werden in Tabelle 15 dargestellt.

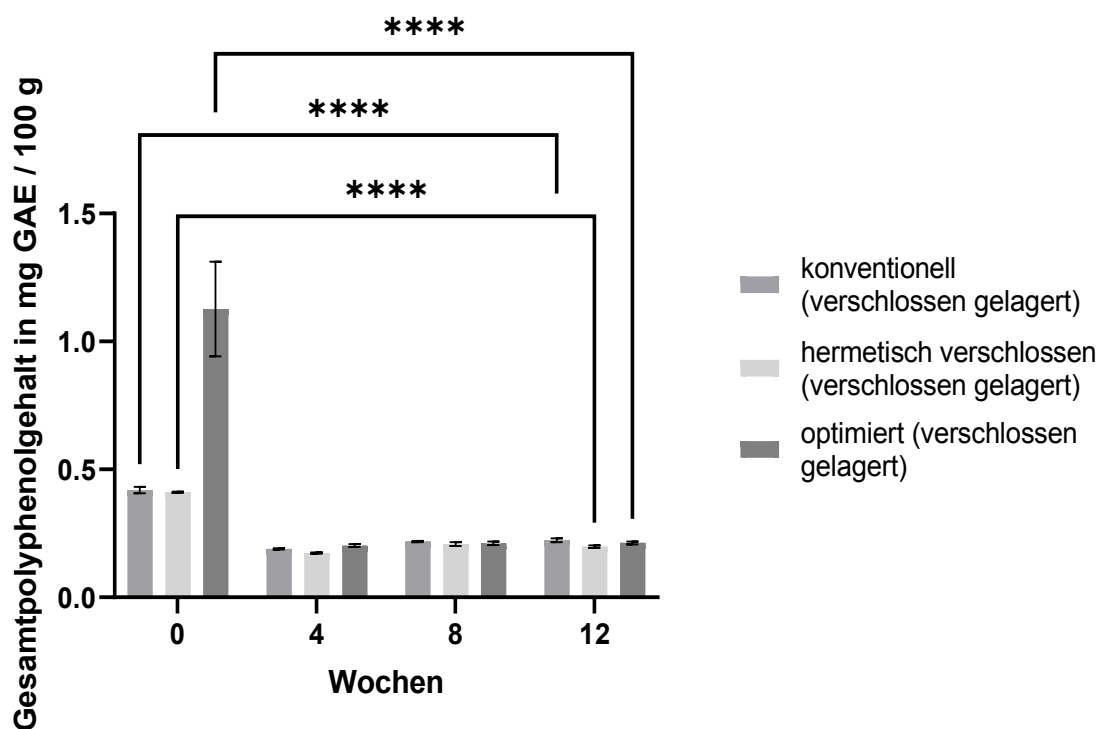


Abbildung 32: Darstellung des Gesamtpolyphenolgehalts der drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, original verschlossen gelagert. n=4 (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben. Es werden ausschließlich die statistische Signifikanz zwischen Woche 0 und Woche 12 angegeben. Es werden Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Tabelle 15: Darstellung der statistischen Signifikanz der Gesamtpolyphenolgehalte drei unterschiedlich produzierten Leinöle in Woche 0-12, original verschlossen gelagert. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit **** $p < 0,0001$ angegeben.

Wochen	Konventionell	Hermetisch verschlossen	Optimiert
0 vs. 4	****	****	****
0 vs. 8	****	****	****
0 vs. 12	****	****	****
4 vs. 8	ns	ns	ns
4 vs. 12	ns	ns	ns
8 vs. 12	ns	ns	ns

Tabelle 16 zeigt die Unterschiede des Gesamtpolyphenolgehalts zwischen den zwei Lagervarianten innerhalb der Produktionsvariante. Das optimierte Leinöl wies in Woche 4, 8 und 12 einen signifikanten Unterschied im Gesamtpolyphenolgehalt zwischen geöffnet und original verschlossener Lagerung auf. Abbildung 31 und Abbildung 32 stellen jeweils die Menge an Gesamtpolyphenolgehalt der einzelnen Leinöle dar. In Tabelle 16 wird Woche 0 nicht angegeben, da es zu Beginn noch keine unterschiedlichen Lagervarianten gab.

Tabelle 16: Darstellung der statistischen Signifikanz der Gesamtpolyphenolgehalte zwischen den Lagervarianten nach den unterschiedlich produzierten Leinölen in Woche 4-12. $n=4$ (technische Replikate aus einer Flasche). Die statistische Signifikanz wird mittels zweifaktorieller Varianzanalyse ermittelt und mit * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ und **** $p < 0,0001$ angegeben.

Produktionsvariante	Woche 4	Woche 8	Woche 12
konventionell	ns	ns	ns
hermetisch verschlossen	ns	ns	*
optimiert	****	**	**

5.3 Zusammenhang zwischen Bitterintensität und Gesamtpolyphenolgehalt

Mit einer Korrelationsanalyse nach Pearson wurde die Bitterintensität und der Gesamtpolyphenolgehalt untersucht. Es wurden jeweils der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben. Abbildung 33 zeigt eine schwache Antikorrelation zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt und der Bitterintensität mit $r = -0,35$. Es wurde jedoch kein signifikanter Zusammenhang gefunden (p -Wert = 0,09).

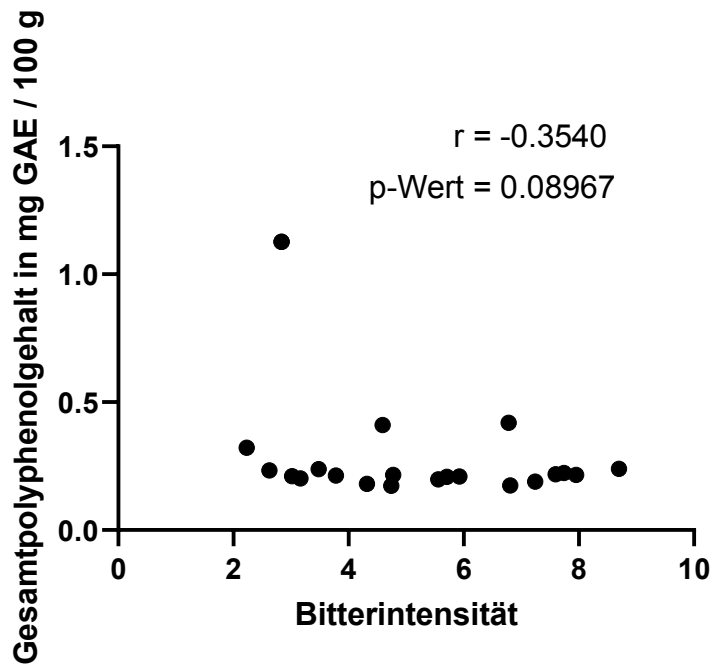


Abbildung 33: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts aller Leinölproben. Die Signifikanz wurde ausgeschlossen. Es werden der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben.

6. Diskussion

In Kapitel 3 wurden bereits die Hypothesen, welche dieser Arbeit zugrunde liegen, beschrieben. Eine Hypothese dieser Arbeit befasst sich damit, ob zwischen dem optimierten Leinöl ein Unterschied in der Bitterintensität, im Vergleich zu einem konventionell produzierten Leinöl und einem Leinöl, welches hermetisch verschlossen produziert wurde, besteht. Eine weitere Hypothese ist, ob es einen Unterschied in der Bitterintensität zwischen diesen drei Leinölen über eine Lagerzeit von zwölf Wochen gibt und ob es einen Unterschied im Gesamtpolyphenolgehalt der drei Leinöle im Verlauf von zwölf Wochen gibt. Außerdem sollte die Frage zu einem Zusammenhang zwischen der Bitterintensität und dem Gesamtpolyphenolgehalt betrachtet werden.

6.1 Sensorik

Quantitative Beschreibung der Leinöle nach Verkostungszeitpunkt • Zunächst wurde eine sensorische Verkostung der drei verschieden produzierten Leinöle durchgeführt. Dafür wurde eine quantitative Beschreibung mit 16 Panellisten als sensorische Prüfung verwendet. In Woche 0 zeigte sich für das optimierte Leinöl eine Bewertung der Bitterintensität von $2,8 \pm 2,6$. Für das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl ergab sich eine Bewertung von $4,6 \pm 3,0$ und für das konventionell produzierte Leinöl von $6,8 \pm 3,1$. Damit zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem optimierten und konventionell produzierten Leinöl. Dieser signifikante Unterschied blieb über die zwölf Wochen der Lagerzeit bestehen. Auch das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl zeigte signifikante Unterschiede zu den anderen beiden Leinölen, diese waren jedoch noch periodisch und veränderten sich zwischen den Verkostungszeitpunkten. Ab Woche 4 zeigte auch das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl einen signifikanten Unterschied, zunächst zum konventionell produzierten Leinöl. In Woche 8 bestand der signifikante Unterschied zwischen dem hermetisch verschlossen produzierten und dem optimierten Leinöl. In Woche 12 änderte sich das wieder und der signifikante Unterschied wurde wieder zwischen dem konventionell und hermetisch verschlossen produzierten Leinöl festgestellt.

Einen ähnlichen Trend zeigte eine Studie von Sielicka & Małecka (2017), welche Leinöl mit einem Rosmarinextrakt und Butylhydroxytoluol (BHT) anreicherten. Bei einer Lagertemperatur von 25 °C ab Tag 14 - 42 zeigte das Leinöl mit 0,05 % Rosmarinextrakt die geringsten Bewertungen der Bitterintensität. Das mit 0,02 % BHT angereicherte Leinöl wurde noch länger von den Panellist:innen mit einen akzeptablen Bittergeschmack beschrieben. Die Autoren diskutierten,

dass die Zusätze das Aufkommen des Bittergeschmacks verzögern (Sielicka & Małecka, 2017). Betrachtet man Abbildung 14 und Abbildung 15 ist es für die in dieser Arbeit getesteten Leinöle auch möglich, dass es zu einer Verzögerung des Bittergeschmacks im optimierten Leinöl kommt. Allerdings zeigen die Bewertungen der Bitterintensität zwischen den verschiedenen Leinölen in dieser Arbeit eine größere Differenz über die gesamte Lagerzeit als zwischen den Leinölen in der Studie von Sielicka & Małecka (2017). Denn das in dieser Arbeit verwendete optimierte Leinöl wies über die gesamte Lagerzeit einen signifikanten Unterschied im Bittergeschmack zum konventionell produzierten Leinöl auf. Das hermetisch verschlossene Leinöl zeigte diesen Unterschied nur periodisch und die verschiedenen Leinöle näherten sich in der Bitterbewertung weder zu Beginn noch am Ende aneinander an. Ein Unterschied der Ergebnisse von Sielicka & Małecka (2017) zu den Ergebnissen dieser Arbeit ist, dass am Ausgangspunkt der Lagerzeit die Prüfpersonen alle drei Leinöl als gleich bitter bewerteten (Sielicka & Małecka, 2017). Die Studie von Odeh et al. (2021) beschrieb zu Beginn einen höheren Bittergeschmack der angereicherten Leinöle. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen gegensätzliches, hier wurde das optimierte Leinöl zu Beginn am wenigsten bitter bewertet. Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, wird von van Ruth et al. (2001) diskutiert, dass die Zusammensetzung der phenolischen Verbindungen einen größeren Einfluss hat, als ausschließlich die Menge an Gesamtpolyphenolen (van Ruth, Shaker, & Morrissey, 2001). Außerdem weisen einige Polyphenole einen bitteren Geschmack auf (Drewnowski & Gomez-Carneros, 2000), andere zeigen jedoch eine bittermaskierende Wirkung (Patentnr. 5,336,513, 1994). Soares et al. (2013) fasst dazu mehrere Hypothesen zusammen, die für die Erklärung der unterschiedlichen Wirkung verantwortlich sein können. Es kann dafür die jeweilige Struktur der Polyphenole verantwortlich sein (Soares, et al., 2013).

Quantitative Beschreibung der Leinöle nach Lagervariante • Zusätzlich zu den verschiedenen produzierten Leinölen wurden auch zwei unterschiedliche Lagervarianten getestet. Zum einen wurden alle drei Leinöle original verschlossen bis zum Zeitpunkt der Verkostung gelagert. Zum anderen wurden alle drei Leinöl im Zuge der ersten Verkostung in Woche 0 geöffnet und gelagert. Alle Leinöle wurden bei einer Raumtemperatur von 21 °C gelagert. Es zeigte sich kein Unterschied innerhalb der gleich produzierten Leinöle bezüglich der Lagervariante. Somit hatte die Lagerung in Hinblick auf geöffnete oder original verschlossene Flaschen und damit auch der mögliche Sauerstoffeintrag keinen Unterschied auf die Bitterintensität der Leinöle. Der größere Unterschied in Hinblick auf die Bitterintensität macht in diesem Fall die Produktionsmethode aus.

Quantitative Beschreibung der Leinöle über die Lagerzeit • Die Frage hinsichtlich der Bitterintensität über den zeitlichen Verlauf von zwölf Wochen kann auch mit den Ergebnissen

der quantitativen Beschreibung der Leinöle beantwortet werden. Sowohl in der original verschlossenen als auch in der geöffneten Lagerung zeigte sich nach der statistischen Auswertung der Daten kein Unterschied in der Bitterintensität zwischen den Verkostungszeitpunkten innerhalb der unterschiedlich produzierten Leinöle. Damit wurden alle drei unterschiedlich produzierten Leinöle innerhalb von zwölf Wochen Lagerung nicht signifikant bitterer wahrgenommen, auch die Lagervariante unterschied sich nicht signifikant. Dieses Ergebnis ist überraschend, aber positiv zu bewerten. Es zeigt, dass sich die sensorische Qualität der Leinöle nicht signifikant verschlechtert hat. Da die Oxidationsprodukte im Speiseöl bitter schmecken (Usuki & Kaneda, 1980), können die Ergebnisse auch bedeuten, dass die Oxidation in der Zeit von 12 Wochen nicht stark vorangeschritten ist. Allerdings enthält Leinöl viele ungesättigte Fettsäuren, welche schnell oxidieren (Odeh, Kraljić, Skukan, & Škevin, 2021).

Jedoch ist zu berücksichtigen, dass auch wenn sich die drei Leinöle über den Zeitverlauf nicht signifikant unterschieden, wurde das optimierte Leinöl, mit $2,8 \pm 0,5$ in der geöffneten Lagervariante und $3,2 \pm 0,4$ in der original verschlossenen Lagervariante, am wenigsten bitter bewertet. Fruehwirth, Steinschaden et al. (2020) berichteten von einem höheren Gesamtpolyphenolgehalt im optimierten Leinöl. Außerdem können bestimmte Polyphenole in hohen Mengen eine bittermaskierende Wirkung haben (Patentnr. 5,336,513, 1994). Aus diesem Grund wurden im weiteren Verlauf der Arbeit zwei Polyphenole auf eine mögliche bittermodulierende Wirkung untersucht. Des Weiteren wurde der Gesamtpolyphenolgehalt der drei unterschiedlich produzierten Leinöle mit unterschiedlichen Lagervarianten über die Zeit von zwölf Wochen analysiert.

Quantitative Beschreibung der Aromen • Die statistische Auswertung der einzelnen Aromen zeigte keine signifikanten Unterschiede. Getestet wurden die Aromen über die Lagerzeit von 12 Wochen, zwischen den Produktionsvarianten und innerhalb der gleichen Produktionsvariante zwischen den zwei Lagerbedingungen. Nur die Intensität des Aromas Grün/Grasig wies einen signifikanten Anstieg innerhalb der gleichen Produktionsvariante über die Lagerzeit auf. Ein Grund dafür kann die Oxidation der Fettsäuren sein, denn das Oxidationsprodukt Hexanal weist einen grasigen Geruch auf.

Paarweiser Vergleichstest • Die Prüfung über eine mögliche bittermaskierende Wirkung der Ferulasäure, Syringaaldehyd und deren Kombination fand mit Hilfe eines paarweisen Vergleichstest statt, wie in Kapitel 4.3.1.2 beschrieben. Außerdem sollte diese Prüfung auch die ersten Hinweise dafür geben, ob es einen Zusammenhang zwischen Polyphenolen und Bitterintensität gibt. Für keine der geprüften Konzentrationen und Kombinationen zeigte sich eine signifikante Reduktion der Bitterintensität, sowohl auf Basis einer 500 ppm Koffeininlösung

als auch eines bitterschmeckenden Leinöls. Das kann darauf hindeuten, dass der Gesamtpolyphenolgehalt keinen direkten Einfluss auf die Bitterintensität hat. Allerdings konnte auch die bittermaskierende Wirkung von Ferulasäure, welche in einem Patent gezeigt wurde (Patentnr. 5,336,513, 1994), nicht mit den Ergebnissen dieser Arbeit reproduziert werden.

Das Patent zeigte die bittermaskierende Wirkung von Ferulasäure auf Basis einer 500 ppm Koffeinelösung. In dieser Arbeit wurde die Ferulasäure in einem bitterschmeckenden Leinöl und einer 500 ppm Koffeinelösung getestet. Möglich ist, dass die Ferulasäure innerhalb einer Öl-Matrix eine andere Wirkung zeigt. Außerdem wurde, für die im Patent beschriebenen Studie, das Natriumsalz der Ferulasäure eingesetzt, in der vorliegenden Arbeit jedoch Ferulasäure. Dies kann ein Faktor sein, weshalb die Ergebnisse in einer 500 ppm Koffeinelösung nicht reproduziert werden konnten, obwohl es sich um eine vergleichbare Lösung zu der getesteten Lösung in der des Patents beschriebenen Studie handelt. In diesem Fall ist es sinnvoll die bittermaskierende Wirkung des Natriumsalzes der Ferulasäure und der reinen Ferulasäure erneut zu testen und zu vergleichen.

Eine weitere Limitation des paarweisen Vergleichstest war es, dass die getesteten Substanzen sich nicht vollständig im bitterschmeckenden Leinöl lösten. Da auch im optimierten Leinöl Schwebstoffe zu erkennen sind wurde der paarweise Vergleichstest trotzdem wie in Kapitel 4.3.1.2 beschrieben durchgeführt. Jede Prüfperson wurde gebeten die Proben mit Leinöl kräftig zu schwenken oder zu rühren, um den Bodensatz aufzuschwemmen. Es ist möglich, dass Rückstände der zu testenden Substanzen in den Verkostungsgefäßen zurückblieben und somit nicht die gesamte Menge der Ferulasäure, des Syringaaldehyd oder deren Kombination mit dem bitterschmeckenden Leinöl verkostet wurde.

6.2 Bestimmung des Gesamtpolyphenolgehalts

Aufgrund der Ergebnisse der sensorischen Verkostung, sowie den Ergebnissen von Fruehwirth, Steinschaden et al. (2020), wurden die Gesamtpolyphenolgehalte der verschiedenen Leinöle bestimmt. Diese photometrische Bestimmung wurde mit Hilfe des Folin-Ciocalteu-Reagenz durchgeführt und in Kapitel 4.3.2.2 beschrieben.

Vergleich des Gesamtpolyphenolgehalts zwischen den Leinölen • Am Ausgangspunkt der Lagerzeit, in Woche 0, wurden die Gesamtpolyphenole der jeweiligen Leinöle bestimmt. Es zeigte sich eine fast dreifache Erhöhung des Gesamtpolyphenolgehalts im optimierten Leinöl im Vergleich zum konventionell und hermetisch verschlossen produzierten Leinöls. Im Gegensatz dazu zeigten Fruehwirth, Steinschaden et al. (2020) eine zwölfwache Steigerung der

Gesamtpolyphenole im optimierten Leinöl im Vergleich zum konventionell produzierten Leinöl. Für die Differenz des Gesamtpolyphenolgehalts im optimierten Leinöl zwischen Fruehwirth, Steinschaden et al. (2020) und dieser Arbeit, können natürliche Schwankungen des Flachses (*Linum usitatissimum*) zu Grunde liegen.

Eine Studie untersuchte über drei Jahre den Gesamtpolyphenolgehalt von vier verschiedenen Genotypen an Moltebeeren. Diese wurden im Freien angebaut und waren so den klimatischen Bedingungen der einzelnen Jahre ausgesetzt. Es wurde gezeigt, dass der Gesamtpolyphenolgehalt negativ mit der Temperatur korrelierte, es signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Genotypen (19,18 - 22,99 mg GAE / g Trockengewicht) gab und auch die Erntezeit spielte eine wichtige Rolle im Gesamtpolyphenolgehalt (Hykkerud, et al., 2018). Eine weitere Studie untersuchte zwei verschiedene Varianten von Leinsaat. Sie zeigten einen signifikanten Unterschied im Polyphenolgehalt zwischen beiden Genotypen. Die Sorte Solal enthielt 511,6 mg Catechin-Äquivalente / 100 g Saat, die Sorte Bethune hingegen 349,7 mg Catechin-Äquivalente / 100 g Saat (Tavarini, et al., 2019). Die Ergebnisse dieser Arbeit weisen nicht die erhoffte zwölfwache Erhöhung der Gesamtpolyphenole wie in der Studie von Fruehwirth, Steinschaden et al. (2020) auf. Die die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten eine signifikante Erhöhung der Gesamtpolyphenole zwischen optimiertem Leinöl und konventionell, sowie hermetisch verschlossen produziertem Leinöl.

Vergleich des Gesamtpolyphenolgehalts zwischen den Leinölen über die Lagerzeit • Eine weitere Hypothese, mit der sich die vorliegende Arbeit beschäftigt, ist ob es einen Unterschied im Gesamtpolyphenolgehalt zwischen den Leinölen über die Lagerzeit von 12 Wochen gibt. Die Ergebnisse dieser Lagerstudie zeigten, dass sich die drei Leinöle zu jedem Zeitpunkt der Probenentnahme signifikant unterschieden. Das gilt für die geöffnet gelagerten, sowie die original verschlossen gelagerten Leinöle. Jedoch wurden die Unterschiede und damit die Signifikanzen im Laufe der 12 Wochen immer geringer. In Woche 12, innerhalb der jeweiligen Lagervarianten, unterschieden sich das konventionell produzierte und das optimierte Leinöl nicht mehr signifikant voneinander. Aber beide unterschieden sich signifikant von dem hermetisch verschlossen produzierten Leinöl, welches die geringste Menge an Gesamtpolyphenolen zeigte.

Odeh, Kraljić et al. (2021) reicherten Leinöl mit verschiedenen Gewürzen und Kräutern an und lagerten die Leinöle über 180 Tage. Der Gesamtpolyphenolgehalt wurde an Tag 0, 120 und 180 gemessen, für die bessere Vergleichbarkeit zu den Ergebnissen dieser Arbeit werden die Daten von Tag 120 betrachtet. Es zeigte sich, dass die mit Gewürzen und Kräutern angereicherten Leinöle an Tag 0 einen höheren Gesamtpolyphenolgehalt aufwiesen, als das nicht angereicherte

Leinöl. Einige Leinöle wiesen einen vierfach höheren Gesamtpolyphenolgehalt auf, andere einen doppelten im Vergleich zu dem nicht angereicherten Leinöl. An Tag 120 zeigte sich, dass alle Leinöle die einen vierfach höheren Gesamtpolyphenolgehalt an Tag 0 aufwiesen, dass sich der Gesamtpolyphenolgehalt um die Hälfte der Ausgangsmenge reduzierte. Die angereicherten Leinöle, welche an Tag 0 eine geringe Anreicherung an Polyphenolen aufwiesen, zeigten an Tag 120 nur eine Reduktion des Gesamtpolyphenolgehalts von 5 – 10 % (Odeh, Kraljić, Skukan, & Škevin, 2021).

Der gleiche Trend zeigte sich in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit, das Leinöl mit dem höchsten Gesamtpolyphenolgehalt zu Beginn zeigte über die Lagerzeit von 12 Wochen die stärkste Reduktion des Gesamtpolyphenolgehalt (s. Abbildung 31 und Abbildung 32). Die Leinöle mit einer geringeren Ausgangsmenge an Polyphenolen, zeigten auch eine geringere Reduktion über die Lagerzeit. Eine mögliche Erklärung kann sein, dass sich die Polyphenole während der Oxidation nicht nach einem negativen linearen Verlauf abbauen, sondern in einem negativ exponentiellen und anschließend ein Plateau entsteht oder sich ein Gleichgewicht einstellt. Eine andere Beobachtung über die Lagerzeit war, dass das optimierte Leinöl zu Beginn milchig-trüb durch Schwebstoffe wirkte, die anderen zwei Leinöle schienen transparent. Am Ende der Lagerzeit, als die drei verschiedenen Leinöle ähnliche Ergebnisse im Gesamtpolyphenolgehalt zeigten, sahen alle drei Leinöle ungetrübt aus. Außerdem zeigte das optimierte Leinöl eine größere Menge an sedimentiertem Bodensatz, als zu Beginn. Diese Beobachtungen, gepaart mit den Beobachtungen des paarweisen Vergleichstest, lassen vermuten, dass bei der Optimierung des Leinöls eine Anreicherung des Leinöls mit polyphenolhaltigen Schwebstoffen stattfand. Für den/die Konsument:in würde das jedoch lediglich bedeuten in regelmäßigen Abständen oder bei Benutzung des Leinöls den Bodensatz aufzuschwemmen. Der nächste Schritt um diese Überlegung zu testen, kann es sein, den Gesamtpolyphenolgehalt im Bodensatz zu bestimmen und ein optimiertes Leinöl zu filtrieren und den Gesamtpolyphenolgehalt im Filtrat zu bestimmen.

Darüber hinaus wurden in der Studie von Odeh, Kraljić et al. (2021) nicht die genauen Lagerbedingungen angegeben, was einen genauen Vergleich erschwert. Gleiches kritisieren auch Sielicka und Małecka (2017), durch die Anwendung unterschiedlicher Forschungsmethoden und Versuchsbedingungen ist die Vergleichbarkeit zwischen Leinölstudien erschwert. Besonders auffällig sind die Unterschiede hinsichtlich der Lagerbedingungen, der Methoden zur Untersuchung verschiedener Parameter, wie die Gesamtpolyphenolbestimmung und dabei die Verwendung unterschiedlicher Einheiten in den Ergebnissen. Zukünftige Studien können daraus lernen und einheitliche Methoden und Einheiten für die zu untersuchenden

Parametern verwendet und das Leinöl unter realistischen Bedingungen für den/die Konsument:in prüfen.

Vergleich des Gesamtpolyphenolgehalts nach Lagerbedingung • Aus den Abbildung 31 und Abbildung 32 wurde ersichtlich, dass sich die Leinöle zwischen den zwei Lagerbedingungen unterscheiden. Tabelle 16 stellt die signifikanten Unterschiede dar. Vor allem im optimierten Leinöl waren im geöffnet gelagerten Leinöl signifikant mehr Gesamtpolyphenole enthalten, im Vergleich zum original verschlossen gelagerten. Dieses Ergebnis ist überraschend, zu erwarten wäre, dass die Flasche unter geöffneter Lagerung schneller weniger Gesamtpolyphenole aufzeigte. Denn durch die häufigere Öffnung der Flaschen zur Probenentnahme trat mehr Sauerstoff in die Flasche ein, welcher zur Oxidation der Fettsäuren beiträgt und damit zum Abbau der Polyphenole als Antioxidantien. Jedoch kann dieses Ergebnis auch die bereits oben erwähnte Hypothese der polyphenolhaltigen Schwebstoffe bestärken. Denn durch die häufigere Probenentnahme der geöffnet gelagerten Leinöle wurden diese Flaschen häufiger bewegt, wobei die sedimentierten Schwebstoffe wieder aufgeschwemmt wurden. Die original verschlossenen Leinölflaschen wurden, im Gegensatz dazu, nur zu den Verkostungszeitpunkt im 4-wöchigen Abstand bewegt, was eine stärkere Sedimentation und Bodensatzbildung begünstigte. Ansonsten wurden beide Lagervarianten unter den gleichen Bedingungen, wie Licht und Temperatur, gelagert.

6.3 Zusammenhang zwischen Bitterintensität und Gesamtpolyphenolgehalt

Die vierte Hypothese bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen der Bitterintensität und dem Gesamtpolyphenolgehalt des Leinöls. Dafür wurde eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt. Für die untersuchten Leinölproben wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Bitterintensität und dem Gesamtpolyphenolgehalt gefunden. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse, dargestellt in Kapitel 5.3, zeigten nur eine schwach negative Korrelation ($r = -0,35$; $p\text{-Wert} = 0,09$). Nach Produktions- und Lagervariante getrennt getestete Leinöle (s.

Anhang, Abbildung 35 - Abbildung 40) zeigten jedoch Trends, dass mit einer höheren Menge an Gesamtpolyphenolen, ein Leinöl als weniger bitter wahrgenommen wurde und umgekehrt. Jedoch wurde auch hier kein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden. Deshalb wird davon ausgegangen, dass der Gesamtpolyphenolgehalt keinen direkten Einfluss auf den Bittergeschmack der verschiedenen Leinöle hat.

Das optimierte Leinöl wurde in der quantitativen, sensorischen Bewertung signifikant weniger bitter bewertet. Es ist möglich, dass es durch die Anreicherung mit Polyphenolen aus dem Presskuchen, zu einer anderen Verteilung der Polyphenole im Leinöl gekommen ist und damit wie in einer Studie von van Ruth et al. (2001) diskutiert, nicht die Menge an Gesamtpolyphenolen ausschlaggebend ist, sondern die Zusammensetzung an phenolischen Verbindungen (van Ruth, Shaker, & Morrissey, 2001). Aus diesem Grund ist es sinnvoll auch die einzelnen Polyphenole der drei verschiedenen Leinöle zu bestimmen und zu vergleichen.

Außerdem haben auch das Cyclolinopeptid E, sowie die Oxidationsprodukte der ungesättigten Fettsäuren einen Einfluss auf den Bittergeschmack des Leinöls (Brühl, et al., 2007; Brühl, Matthäus, Scheipers, & Hofmann, 2008; Usuki & Kaneda, 1980). Diese Verbindungen sollten in den drei unterschiedlich produzierten Leinölen bestimmt werden und eine Prüfung des statistischen Zusammenhangs stattfinden.

7. Schlussfolgerung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Arbeit kurz zusammengefasst und anschließend die in Kapitel 3 aufgestellten Hypothesen behandelt. Außerdem wird in diesem Kapitel diese Arbeit in den aktuellen Forschungsstand eingeordnet und ein Ausblick auf die zukünftige Forschung gegeben.

Die sensorischen Ergebnisse der quantitativen Beschreibung der Leinöle über 12 Wochen zeigten, dass sich die drei unterschiedlich produzierten Leinöle zu jedem Zeitpunkt der Verkostung signifikant unterschieden. Das optimierte Leinöl wurde dabei am wenigsten bitter wahrgenommen. Danach folgte das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl und die höchste Bitterintensität wies das konventionell produzierte Leinöl auf. Über den Verlauf von 12 Wochen zeigte sich allerdings kein signifikanter Unterschied in der Bitterintensität innerhalb der jeweils unterschiedlich produzierten Leinöle. Damit können zwei der Hypothesen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, beantwortet werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass sich das optimierte Leinöl in der Bitterintensität signifikant von dem konventionell produzierten Leinöl unterscheidet (Hypothese I). Über den Verlauf von 12 Wochen unterscheiden sich die Leinöle jeweils nicht in der Bitterintensität (Hypothese II).

Zu Beginn der Lagerstudie zeigte die Bestimmung der Gesamtpolyphenole eine fast dreifache Erhöhung des Gesamtpolyphenolgehalts im optimierten Leinöl im Vergleich zum konventionell und hermetisch verschlossen produzierten Leinöl. Über den Verlauf von 12 Wochen gleichte sich der Gehalt an Polyphenolen in den jeweiligen Leinölen immer weiter an. Dabei sank der Gesamtpolyphenolgehalt des optimierten Leinöls schneller als der der anderen zwei Leinöle. Bereits nach acht Wochen Lagerzeit zeigten alle drei Leinöle einen ähnlichen Gehalt an Polyphenolen, unterschieden sich aber noch signifikant voneinander. Der Verlauf über 12 Wochen Lagerzeit, zeigte somit einen signifikanten Unterschied des Gesamtpolyphenolgehalts innerhalb der jeweils unterschiedlich produzierten Leinöle (Hypothese III).

Um die vierte Hypothese zu beantworten wurde durch eine Korrelationsanalyse nach Pearson der Zusammenhang zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt und der Bitterintensität des jeweiligen Leinöls geprüft. Die Ergebnisse zeigten einen Trend für eine Korrelation zwischen dem Gesamtpolyphenolgehalt und der Bitterintensität. Jedoch wurde für keines der Leinöle ein signifikanter Zusammenhang gefunden (Hypothese IV). Festzuhalten ist jedoch, dass das optimierte Leinöl trotz hoher Menge an Gesamtpolyphenolen signifikant weniger bitter schmeckte als das konventionell produzierte und im Verlauf der Lagerung auch zum hermetisch verschlossen produzierte Leinöl.

Die Ergebnisse dieser Forschung knüpfen an die Studie von Fruehwirth et al. (2020) an. Um die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in dem Kontext der Lagerstabilität in die aktuelle Fachliteratur einzuordnen und zu vergleichen, müssen noch weitere Parameter bestimmt werden. Dafür wurden von den, für diese Studie verwendeten und gelagerten, Leinölen zusätzliche Proben entnommen, mit Argon überschichtet und bei -80 °C gelagert. Diese Proben werden in Zukunft hinsichtlich des oxidativen Abbaus der Fettsäuren als Indikator der Lipidoxidation und damit der Lagerstabilität untersucht. Außerdem werden die einzelnen Polyphenole bestimmt. Das ermöglicht es einen Überblick zu erhalten, welche Polyphenole enthalten sind und in welcher Menge sie in den verwendeten Leinölen vorkommen.

Durch die Untersuchungen dieser Arbeit lassen sich neue Erkenntnisse über die Bitterintensität und den Gesamtpolyphenolgehalt des optimierten Leinöls herausstellen. Obwohl die Frage nach der geringeren Bitterintensität des optimierten Leinöls nicht final beantwortet werden konnte, zeigt sie Hinweise darauf, dass die geringere Bitterintensität mit der Produktion des Leinöls in Zusammenhang steht. Für die weitere Forschung ist es außerdem von Interesse, die Zusammensetzung der einzelnen Polyphenole zu betrachten. Da die Zusammensetzung der einzelnen Polyphenole einen größeren Einfluss auf den Bittergeschmack haben kann, als die Menge der Gesamtpolyphenole. Auch das Cyclolinopeptid E kann einen Einfluss auf die Bitterintensität haben und wird aus diesem Grund in einer zukünftigen Arbeit in den zurückgestellten Leinölproben untersucht. Möglich ist es auch, dass die geringe Bitterintensität durch eine andere Verbindung oder die Kombination an Verbindungen beeinflusst wurde, welche wir noch nicht genau kennen. Eine andere Beobachtung, welche in der zukünftigen Forschung von Interesse wäre, ist die genauere Betrachtung der Schwebstoffe im optimierten Leinöl. Da es durch die Sedimentation der Schwebstoffe, über die Lagerzeit, zu einer schnellen Reduktion des Gesamtpolyphenolgehalts kommen kann.

8. Zusammenfassung

Leinöl ist durch seine Inhaltsstoffe ein gesundes und funktionelles Lebensmittel. Jedoch schmeckt es schnell bitter und wird aus diesem Grund nicht in der empfohlenen Menge verzehrt. Die Literatur zeigt, dass für den Bittergeschmack die Lipidoxidation verantwortlich sein kann. Studien beschrieben, dass die Oxidation und damit auch der Bittergeschmack durch den Einsatz von Polyphenolen reduziert oder zeitlich verzögert werden kann.

Eine frühere Studie entwickelte eine neue, optimierte Produktionsmethode für Leinöl, welche eine signifikante Erhöhung des Gesamtpolyphenolgehalts erzielte. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Leinöl nach der neuen Methode produziert. Anschließend wurde eine Lagerstudie von 12 Wochen mit dem zuvor produzierten Leinöl, einem konventionell und einem hermetisch verschlossen produzierten Leinöl durchgeführt. Die drei Leinöle wurden mittels quantitativer Beschreibung und paarweisem Vergleichstest sensorisch auf ihre Bitterintensität und die charakteristischen Aromen von Leinöl, sowie mittels photometrischer Bestimmung durch das Folin-Ciocalteu-Reagenz auf ihren Gesamtpolyphenolgehalt geprüft.

Die Ergebnisse zeigten, dass das optimierte Leinöl zu Beginn signifikant weniger bitter ist. Außerdem gibt es keinen signifikanten Unterschied in der Bitterintensität über 12 Wochen Lagerzeit. Bezüglich des Gesamtpolyphenolgehalts wies das optimierte Leinöl zu Beginn eine fast dreifache Erhöhung im Vergleich zu den anderen zwei Leinölen auf. Über die Lagerzeit zeigt sich ein signifikanter Unterschied im Gesamtpolyphenolgehalt der einzelnen Leinöle. Mittels einer Korrelationsanalyse konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Bitterintensität und Gesamtpolyphenolgehalt festgestellt werden. Jedoch wurde das optimierte Leinöl weniger bitter wahrgenommen als das konventionell, sowie das hermetisch verschlossen produzierte Leinöl. Zusammenfassend wurde ein neuartiges Leinöl vorgestellt, welches als weniger bitter wahrgenommen wurde und mehr Polyphenole enthält als herkömmliches Leinöl.

9. Summary

Linseed oil is a healthy and functional food due to its ingredients. However, it tastes bitter quickly and is therefore not consumed in the recommended quantity. The literature shows that lipid oxidation may be responsible for the bitter taste. Studies showed that the oxidation and thus also the bitter taste can be reduced or delayed by the use of polyphenols.

An earlier study developed a new, optimised production method for linseed oil, which showed a significant increase in total polyphenol content. In this work, linseed oil is produced using the new method. A storage study of 12 weeks is then conducted with the newly produced linseed oil, one conventionally produced linseed oil and one produced under hermetically sealed conditions. The three linseed oils were evaluated for their bitter intensity by means of quantitative description and pairwise comparison test and the characteristic flavours of linseed oil by means of quantitative description, as well as for their total polyphenol content by means of photometric determination using the Folin-Ciocalteu reagent.

The results showed that the optimised linseed oil was significantly less bitter at the beginning. Furthermore, there was no significant difference in the bitterness intensity over 12 weeks of storage. Regarding the total polyphenol content, the optimised linseed oil showed an almost threefold increase at the beginning compared to the other two linseed oils. Over the storage period, there was a significant difference in the total polyphenol content of the individual linseed oils. By means of a correlation analysis, no significant correlation between bitterness intensity and total polyphenol content was found. However, the optimised linseed oil was perceived as less bitter than the conventionally and hermetically sealed produced linseed oil. In summary, a novel linseed oil was presented that was perceived less bitter and contains more polyphenols than conventional linseed oil.

10. Literaturverzeichnis

- Aladedunye, F., Sosinska, E., & Przybylski, R. (2013). Flaxseed Cyclolinopeptides: Analysis and Storage Stability. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 90:419–428. doi:10.1007/s11746-012-2173-0
- Alasalvar, C., Chang, S. K., Bolling, B., Oh, W. Y., & Shahidi, F. (2021). Specialty seeds: Nutrients, bioactives, bioavailability, and health benefits: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20: 2382-2427. doi:10.1111/1541-4337.12730
- Al-Okbi, S. Y. (2005). Highlights on Functional Foods, with Special Reference to Flaxseed. *Journal of Natural Fibers*. Vol. 2(3). doi:10.1300/J395v02n03_06
- Alshafe, M. M., Kassem, S. S., Abdelkader, M. M., & Hanafi, E. M. (2015). Flaxseed as Functional Food. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 6(4): 1944-1951.
- Baldioli, M., Servili, M., Perretti, G., & Montedoro, G. (1996). Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 73, 11, 1589-1593. doi:10.1007/BF02523530
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Lead Review Article*. 31 7-333. doi:10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x
- Brühl, L., Matthäus, B., Fehling, E., Wiege, B., Lehmann, B., Luftmann, H., . . . Hofman, T. (2007). Identification of Bitter Off-Taste Compounds in the Stored Cold Pressed Linseed Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55, 7864–7868. doi:10.1021/jf071136k
- Brühl, L., Matthäus, B., Scheipers, A., & Hofmann, T. (2008). Bitter off-taste in stored cold-pressed linseed oil obtained from different varieties. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 110, 625–631. doi:10.1002/ejlt.200700314
- Bundesministerium für Gesundheit und Frauen. (2017). *Österreichischer Ernährungsbericht*. Von https://ernaehrungsbericht.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/dep_ernaehrung/forschung/ernaehrungsberichte/ernaehrungsbericht2017_web_20171018.pdf abgerufen
- Busch-Stockfisch, M. (2015). *Sensorik kompakt: in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung*. Behr's Verlag DE.
- Cory, H., Passarelli, S., Szeto, J., Tamez, M., & Mattei, J. (2018). The Role of Polyphenols in Human Health and Food System: A Mini-Review. *Frontiers in Nutrition*. 5:87. doi:10.3389/fnut.2018.00087
- Dahiya, R., Dahiya, S., Shrivastava, J., Fuloria, N. K., Gautam, H., Mourya, R., & Fuloria, S. (2021). Natural cyclic polypeptides as vital phytochemical constituents from seeds of selected medicinal plants. *Archiv der Pharmazie*. 354:e2000446. doi:10.1002/ardp.202000446

- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (2015). *Evidenzbasierte Leitlinie: „Fettzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten“*. 2. Version. Abgerufen am 27. September 2021 von <https://www.dge.de/wissenschaft/leitlinien/leitlinie-fett>
- Drewnowski, A., & Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. *American Journal of Clinical Nutrition*. 72:1424–3. doi:10.1093/ajcn/72.6.1424
- Farag, M. A., Elimam, D. M., & Afifi, S. M. (2021). Outgoing and potential trends of the omega-3 rich linseed oil quality characteristics and rancidity management: A comprehensive review for maximizing its food and nutraceutical applications. *Trends in Food Science & Technology*. 114; 292–309. doi:10.1016/j.tifs.2021.05.041
- Fruehwirth, S., Steinschaden, R., Woschitz, L., Richter, P., Schreiner, M., Hoffmann, B., . . . Pignitter, M. (2020). Oil-assisted extraction of polyphenols from press cake to enhance oxidative stability of flaxseed oil. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. Volume 133. doi:10.1016/j.lwt.2020.110006
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*. 51(9):1633–1653. doi:10.1007/s13197-013-1247-9
- Grosshagauer, S., Steinschaden, R., & Pignitter, M. (2019). Strategies to increase the oxidative stability of cold pressed oils. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie - Food Science and Technology*. 106; 72–77. doi:10.1016/j.lwt.2019.02.046
- Gülçin, İ. (2012). Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of Toxicology*. 86, 345–391. doi:10.1007/s00204-011-0774-2
- Hasiewicz-Derkacz, K., Kulma, A., Czuj, T., Prescha, A., Żuk, M., Grajzer, M., . . . Szopa, J. (2015). Natural phenolics greatly increase flax (*Linum usitatissimum*) oil stability. *BMC Biotechnology*. 15:62. doi:10.1186/s12896-015-0178-0
- Hykkerud, A. L., Uleberg, E., Hansen, E., Vervoort, M., Mølmann, J., & Martinussen, I. (2018). Seasonal and yearly variation of total polyphenols, total anthocyanins and ellagic acid in different clones of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 91, 96 - 102. doi:10.5073/JABFQ.2018.091.013
- Karl, C. M., Wendelin, M., Lutsch, D., Schleining, G., Dürschmid, K., Ley, J. P., . . . Lieder, B. (2020). Structure-dependent effects of sweet and sweet taste affecting compounds on their sensorial properties. *Food Chemistry: X*. 7; 100100. doi:10.1016/j.fochx.2020.100100
- Lao, Y. W., Mackenzie, K., Vincent, W., & Krokhin, O. V. (2014). Characterization and complete separation of major cyclolinopeptides in flaxseed oil by reversed-phase chromatography. *Journal of Separation Science*. 37, 1788–1796. doi:10.1002/jssc.201400193
- Michotte, D., Rogez, H., Chirinos, R., Mignolet, E., Campos, D., & Larondelle, Y. (2011). Linseed oil stabilisation with pure natural phenolic compounds. *Food Chemistry*. 129; 1228–1231. doi:10.1016/j.foodchem.2011.05.108

11. Anhang

Bewertung des Geschmacks:

Bitter

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Süß

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Adstringenz

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Stechend/Scharf

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Bewertung des Flavors:

Grün/Grasig

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Geröstet

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Nussig

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Pilzig/Modrig

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Fischig

Überhaupt nicht deutlich sehr intensiv

Abbildung 34: Darstellung des Bewertungsbogens für die quantitative Beschreibung des Leinöls.

Tabelle 17: Rohdaten der Bitterintensität des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Bitterintensität konventionell		geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert		
Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	10	-	-	-		-	-	-
2	6	-	-	-		-	-	-
3	2,5	-	5,6	8,2		-	7,2	9,9
4	10	-	8,7	-		-	7,6	-
5	9,9	-	10	-		-	10	-
6	2,1	3,7	3,4	-		5,8	6,5	-
7	2,7	7,7	8,4	9,1		6,3	9,3	6,2
8	6,8	9,1	9,9	9,5		9,3	7,3	4,6
9	8,9	-	-	-		-	-	-
10	8,4	2,1	-	-		6,8	-	-
11	10	9,6	9,9	9,9		9,9	9,8	9,8
12	10	10	10	9,9		10	7,2	5
13	-	-	7,9	5,8		-	9,9	5,8
14	-	-	8,8	-		-	9,9	-
15	4,9	-	10	-		-	8,4	-
16	2,3	6,1	-	8		6	-	4,6
17	6,4	8,4	-	9,8		6,6	-	10
18	-	2,5	10	10		10	7,1	7,9
19	-	2,3	-	-		3,8	-	-
20	-	9,3	-	9,9		8,9	-	9,8
21	-	9,2	-	10		8,9	-	9,4
22	-	5,3	3,7	7,9		1,2	5,2	6,8
23	-	7,7	-	-		7,3	-	-
24	-	7,2	-	8		6,2	-	8,1
25	-	-	6,3	-		-	6	-
26	-	-	9,8	-		-	6,5	-

27	-	-	-	8,2		-	-	7,3
28	-	-	4,8	5,1		-	3,7	8,7
29	7,6	8,7	-	9,9		8,9	-	10
Mittelwert	6,8	6,8	8,0	8,7		7,2	7,6	7,7
Standard- abweichung	3,0	2,7	2,3	1,5		2,4	1,8	2,0

Tabelle 18: Rohdaten der Bitterintensität des hermetisch verschlossenen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Bitterintensität hermetisch verschlossen		geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert		
Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	8	-	-	-		-	-	-
2	6	-	-	-		-	-	-
3	4,2	-	9,4	7,6		-	8,6	7,4
4	6,8	-	7,8	-		-	7,9	-
5	9,8	-	7,6	-		-	8,6	-
6	0,6	0,5	2	-		4,4	2,6	-
7	0,9	0,9	6	0,9		4	8,6	3,6
8	3,4	2	6,1	2,7		4,1	6	2,5
9	6,1	-	-	-		-	-	-
10	0	3	-	-		6,2	-	-
11	6,3	8,4	9,9	9,2		7,3	1,8	5,8
12	7,2	7,5	7,2	5,1		7,7	7,6	10
13	-	-	3,1	2,3		-	6,5	4,3
14	-	-	9,9	-		-	5	-
15	1	-	5,4	-		-	2,5	-
16	3,1	0,3	-	0,1		0,8	-	0,1
17	3,9	9,2	-	7,4		5,4	-	9,4
18	-	7,3	5,1	2,5		7,6	10	5

19	-	1,9	-	-		1,4	-	-
20	-	6,9	-	4,2		4,8	-	4,6
21	-	5,1	-	9,9		8,1	-	10
22	-	2,4	2,7	4,2		1,6	6,1	3,2
23	-	2,9	-	-		4,9	-	-
24	-	5,6	-	5		3,4	-	5,3
25	-	-	3,1	-		-	2,9	-
26	-	-	7,3	-		-	4,6	-
27	-	-	-	5,7		-	-	5,3
28	-	-	2,2	3,6		-	2	2,4
29	6,2	5,2	-	6		4,2	-	10
Mittelwert	4,6	4,3	5,9	4,8		7,2	7,6	7,7
Standard- abweichung	2,8	2,9	2,6	2,7		2,4	1,8	2,0

Tabelle 19: Rohdaten der Bitterintensität des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Bitterintensität optimiert	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
Panellisten								
1	7,3	-	-	-		-	-	-
2	3,7	-	-	-		-	-	-
3	1,3	-	6,2	5,1		-	8,7	2,5
4	2,6	-	2,1	-		-	4,2	-
5	8,2	-	5	-		-	8	-
6	0,4	0,9	0,2	-		1,6	0,1	-
7	3,2	0,3	3,8	0,1		0,8	1,1	0,7
8	1,2	2,3	4,8	1,6		7	2,1	0,7
9	1,5	-	-	-		-	-	-
10	0	1	-	-		1,2	-	-
11	0,6	2,2	0,8	2		2,7	1,2	5,9

12	6,8	2,5	5	5		4,9	5	5
13	-	-	3,5	1,2		-	1,3	1,3
14	-	-	1,8	-		-	2,8	-
15	1,4	-	1,5	-		-	1,2	-
16	0,8	0,5	-	1		0,6	-	0,5
17	2,3	1,7	-	6,3		6	-	1,7
18	-	0	0,1	2,7		1,5	2,3	2,5
19	-	0	-	-		1,7	-	-
20	-	7,1	-	4,1		4,3	-	5,7
21	-	4,6	-	9,9		2	-	9,9
22	-	0,7	0,8	0,8		1,2	4	3,6
23	-	7,5	-	-		2,5	-	-
24	-	2,2	-	3,7		5,4	-	7
25	-	-	3,5	-		-	1,9	-
26	-	-	1,7	-		-	3,8	-
27	-	-	-	4,4		-	-	5,5
28	-	-	1,2	0,6		-	0,6	1,6
29	4,1	2,2	-	7,2		7,2	-	6,4
Mittelwert	2,8	2,2	2,6	3,5		3,2	3,0	3,8
Standard- abweichung	2,5	2,2	1,9	2,7		2,2	2,4	2,7

Tabelle 20: Rohdaten der Aromaintensität Grün/Grasig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Grün/Grasig konventionell	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	1,9	-	-	-		-	-	-
2	0,9	-	-	-		-	-	-
3	5,8	-	2,7	0		-	2,4	4,6

4	4,7	-	5,5	-		-	4,9	-
5	2,8	-	2,3	-		-	4,9	-
6	0,9	3,8	3	-		0,9	4,1	-
7	1	0,9	1,8	2,5		1,2	1,5	1,8
8	0	0,5	0	0		0	0	0
9	4,9	-	-	-		-	-	-
10	8,7	1,8	-	-		2,6	-	-
11	3,3	3	0,8	1,5		0,5	3	2,4
12	0	0	0	0		0	0	0
13	-	-	4,7	4		-	4,2	4,4
14	-	-	2,7	-		-	1,5	-
15	0	-	0	-		-	0	-
16	2,2	0,4	-	0,5		6,8	-	1,4
17	3,7	0,8	-	2,6		1,4	-	1,9
18	-	1,2	2,9	2,8		5,7	1,6	4,8
19	-	6,4	-	-		3,5	-	-
20	-	2,4	-	4,2		1,7	-	3
21	-	0	-	7,1		0	-	1,9
22	-	3,9	9,9	5		4,7	5,1	6,9
23	-	0	-	-		0	-	-
24	-	5,1	-	3,5		0,2	-	6,5
25	-	-	2,3	-		-	1,2	-
26	-	-	2,2	-		-	1	-
27	-	-	-	7,2		-	-	5,9
28	-	-	4,8	3,3		-	6,3	7,2
29	0,1	1	-	5		0,1	-	6,5
Mittelwert	2,6	2,0	2,9	3,1		1,8	2,6	3,7
Standard- abweichung	2,4	1,9	2,4	2,3		2,1	2,0	2,4

Tabelle 21: Rohdaten der Aromaintensität Grün/Grasig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Grün/Grasig hermetisch verschlossen	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	4,9	-	-	-		-	-	-
2	1,7	-	-	-		-	-	-
3	2,6	-	2,8	0		-	0	0,9
4	5	-	5,2	-		-	3,8	-
5	2,9	-	5	-		-	2,8	-
6	3,7	2,8	2,9	-		2,4	5,1	-
7	2,4	1,7	2,6	0,5		0,2	2,3	1,1
8	0,4	1	0,8	0,8		0,7	0,5	1,1
9	4,9	-	-	-		-	-	-
10	1,1	3,3	-	-		5,3	-	-
11	3,9	3,3	5	2,3		2	3,6	2,8
12	0	0	0	0		0	0	0
13	-	-	5	4,7		-	5,3	3,5
14	-	-	2	-		-	1,8	-
15	0	-	1	-		-	0,9	-
16	1,8	2,1	-	1		1,1	-	0,7
17	3,6	0,8	-	3,2		3,2	-	0,9
18	-	2,7	4,7	3,9		5,8	6,3	2,6
19	-	1	-	-		1,7	-	-
20	-	1,1	-	1,8		3,3	-	4
21	-	0	-	3,3		0	-	3,5
22	-	2	8,1	2,1		5,1	3	3,2
23	-	0	-	-		0	-	-
24	-	2,5	-	1,2		3,5	-	5,9

25	-	-	0,9	-		-	2,2	-
26	-	-	3,3	-		-	0,1	-
27	-	-	-	7,3		-	-	0,6
28	-	-	3,1	5,1		-	1,1	6,1
29	0	0,1		5,3		0		7,5
Mittelwert	2,4	1,5	3,3	2,7		2,1	2,4	2,8
Standard- abweichung	1,7	1,1	2,1	2,1		2,0	1,9	2,2

Tabelle 22: Rohdaten der Aromaintensität Grün/Grasig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Grün/Grasig optimiert		geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert		
Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	4,8	-	-	-		-	-	-
2	4,5	-	-	-		-	-	-
3	1,9	-	1,4	1,7		-	4,1	4,3
4	2,9	-	2,5	-		-	2,7	-
5	1,3	-	4,9	-		-	5	-
6	2,6	2,3	2,1	-		3,7	3,6	-
7	1,4	1,8	2,8	0,7		0,6	3,1	0,4
8	0	1,5	1,3	1,6		0,4	1,7	2,3
9	2,1	-	-	-		-	-	-
10	4,7	3,4	-	-		1,1	-	-
11	4,8	5,4	2,1	4,8		3,7	3,7	4,7
12	0	0	0	0		0	0,2	0
13	-	-	4,3	4,3		-	4,5	3,4
14	-	-	3,6	-		-	2,3	-
15	0,4	-	1,5	-		-	1,3	-
16	1,5	0,6	-	1,5		0,2	-	1,7

17	1,5	1,1	-	1		0	-	3,2
18	-	2,7	0	1,7		2,2	2,5	1,6
19	-	2,9	-	-		5,8	-	-
20	-	2	-	2,4		1,6	-	2,7
21	.	0,9	-	3,2		0	-	3,1
22	-	3,4	0,6	2,5		3,1	1,7	3,4
23	-	-	-	-		0	-	-
24	-	1,1	-	2,5		0	-	5,3
25	-	-	1,9	-		-	2,5	-
26	-	-	2,7	-		-	0	-
27	-	-	-	5,3		-	-	5,3
28	-	-	0,7	0,7		-	0,3	3,6
29	1,2	0	-	1,6		0	-	3,4
Mittelwert	2,2	1,9	2,0	2,2		1,4	2,5	3,0
Standard- abweichung	1,6	1,4	1,4	1,5		1,7	1,5	1,5

Tabelle 23: Rohdaten der Aromaintensität Geröstet des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Geröstet konventionell	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	4,9	-	-	-		-	-	-
2	3,4	-	-	-		-	-	-
3	4,9	-	5,9	7,7		-	7,3	10
4	0	-	0	-		-	1	-
5	3,2	-	4,9	-		-	2,7	-
6	0,6	2,3	1,3	-		1,9	0,5	-
7	0,3	3,3	4,3	0,8		6	3,8	3,2
8	5,1	5,1	2,3	4,6		5,8	0,9	4,4

9	1,9	-	-	-		-	-	-
10	0	1,6	-	-		0	-	-
11	0,2	1,1	1,5	2,3		3,4	1,3	3,6
12	0	2	2,1	2,3		2	0	0
13	-	-	5,4	4,5		-	5,2	2,6
14	-	-	3	-		-	1,4	-
15	3,9	-	2,9	-		-	3,3	-
16	0,3	1,8	-	2,4		0,2	-	1,7
17	7,8	4,4	-	0,5		3,7	-	0,7
18	-	4,9	6,3	5,1		7,9	2,4	6,2
19	-	10	-	-		2,1	-	-
20	-	6,1	-	1,8		4,7	-	0,7
21	-	4,7	-	5,8		5,9	-	4,5
22	-	0,5	1,5	3,2		0,4	1,4	2
23	-	2,3	-	-		0,1	-	-
24	-	3,4	-	8,1		4,9	-	6
25	-	-	7,2	-		-	3,8	-
26	-	-	7,3	-		-	4,8	-
27	-	-	-	5		-	-	8
28	-	-	1,2	0,7		-	1,8	2,5
29	0	0		6,2		2,2		6,1
Mittelwert	2,3	3,3	3,6	3,8		3,2	2,6	3,9
Standard- abweichung	2,4	2,4	2,3	2,3		2,4	1,9	2,7

Tabelle 24: Rohdaten der Aromaintensität Geröstet des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität			
Geröstet hermetisch verschlossen		geöffnet gelagert	original verschlossen gelagert

Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	4,8	-	-	-		-	-	-
2	1,5	-	-	-		-	-	-
3	4,9	-	7,7	8		-	5,1	7,8
4	1,7	-	1,3	-		-	0	-
5	4,8	-	4,8	-		-	7,6	-
6	2,8	4,9	3,5	-		2,2	1,1	-
7	0,5	2,2	1,4	0,3		0,4	1,9	1,6
8	5	2	4,7	2,5		4,4	4,9	2,2
9	2,3	-	-	-		-	-	-
10	0	0	-	-		2,4	-	-
11	4,7	6,1	0,6	2,3		4,9	4,8	4,6
12	0	2	0	0		0	0	1,7
13	-	-	4,2	3,6		-	3,4	4,4
14	-	-	3,5	-		-	4,6	-
15	4,7	-	4,5	-		-	4,5	-
16	0,6	0,4	-	2,5		3,4	-	2,1
17	3,8	6,5	-	0,8		5	-	0,7
18	-	4,8	2,5	1,1		5	8,2	1,9
19	-	1,9	-	-		1,6	-	-
20	-	5,1	-	0		5,1	-	0,9
21	-	0	-	2,7		1,8	-	4,4
22	-	0	0,1	0,9		0,1	0,1	0,8
23	-	0	-	-		0	-	-
24	-	5	-	7		5	-	4,5
25	-	-	3,1	-		-	4,5	-
26	-	-	5,4	-		-	3,1	-
27	-	-	-	6		-	-	6,2
28	-	-	0	0,6		-	0,3	1,1
29	0	1,3	-	1,2		1,5	-	0,6
Mittelwert	2,6	2,6	3,0	2,5		2,7	3,4	2,8
Standard- abweichung	2,0	2,3	2,2	2,4		1,9	2,5	2,1

Tabelle 25: Rohdaten der Aromaintensität Geröstet des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität		geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert		
Geröstet optimiert								
Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	7,3	-	-	-		-	-	-
2	1,1	-	-	-		-	-	-
3	5,1	-	5,4	7,7		-	5,1	7,4
4	2,3	-	1,7	-		-	1,8	-
5	2,5	-	4,8	-		-	4,8	-
6	3,1	3,2	5,2	-		2,6	2,6	-
7	0,8	0,2	1,6	0,3		3,7	3,1	1,8
8	3,6	2,3	6	1,7		6,3	3,1	1,9
9	1,9	-	-	-		-	-	-
10	0,5	0	-	-		0	-	-
11	3,4	6,4	3,6	5,8		4,6	4,7	4,4
12	2,5	0	0	0,1		1,8	0	0,2
13	-	-	3	4,8		-	4,3	4,6
14	-	-	5	-		-	4,3	-
15	4,7	-	3,1	-		-	3,9	-
16	0,4	0,9	-	0,9		1,1	-	1,8
17	0,9	4,3	-	0,2		6,1	-	1,9
18	-	0,9	2,2	2,4		1,5	1	2
19	-	1,1	-	-		5,7	-	-
20	-	5,8	-	0,8		4,6	-	1
21	-	0	-	4,9		0,7	-	0,1
22	-	0,5	0	0		0	0,6	0,8
23	-	0,6	-	-		0,1	-	-
24	-	4,8	-	7,1		6,1	-	6,2

25	-	-	3,7	-		-	4,5	-
26	-	-	3,7	-		-	5,7	-
27	-	-	-	7,2		-	-	6
28	-	-	0	0		-	0,1	0
29	1,1	1,4	-	5,1		0	-	1,2
Mittelwert	2,6	2,0	3,1	3,1		2,8	3,1	2,6
Standard- abweichung	1,9	2,1	1,9	2,8		2,4	1,8	2,3

Tabelle 26: Rohdaten der Aromaintensität Nussig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Nussig konventionell	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
Panellisten								
1	4,8	-	-	-		-	-	-
2	6,2	-	-	-		-	-	-
3	4,8	-	7,1	7,7		-	8	7,4
4	3	-	0,8	-		-	1,3	-
5	3,1	-	1	-		-	0	-
6	1,1	0,8	0,5	-		0,4	0,2	-
7	0,4	0,3	1,2	1,6		2,1	1,8	0,4
8	8,8	3	1,4	1,6		5,8	1	1,5
9	2	-	-	-		-	-	-
10	4,9	1,9	-	-		1	-	-
11	4,1	5	3	2,3		5	2,7	2,9
12	0,1	0	0	0		0	0	0
13	-	-	4,1	2,4		-	6,7	4,4
14	-	-	4	-		-	2,6	-
15	4	-	2,8	-		-	1,9	-
16	0,5	0,3	-	1,3		0,1	-	1,8

17	2	5,3	-	2		-	-	0
18	-	6,2	3,6	2,1		2,2	0,1	3,5
19	-	5,4	-	-		2,9	-	-
20	-	3	-	3,8		1,1	-	1,6
21	-	4,8	-	4,5		6,3	-	4,4
22	-	0,9	3	0,5		0	2	0,4
23	-	0	-	-		0	-	-
24	-	4	-	8,2		4,7	-	0,8
25	-	-	4,9	-		-	3,9	-
26	-	-	5,6	-		-	7,6	-
27	-	-	-	3,4		-	-	5,9
28	-	-	1,5	0,8		-	2	0
29	2,3	0	-	8,2		4,6	-	6
Mittelwert	3,3	2,6	2,8	3,2		2,4	2,6	2,6
Standard- abweichung	2,3	2,2	2,0	2,6		2,2	2,6	2,4

Tabelle 27: Rohdaten der Aromaintensität Nussig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Nussig hermetisch verschlossen	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	7,9	-	-	-		-	-	-
2	4,9	-	-	-		-	-	-
3	6,1	-	6	8,3		-	3,9	7,7
4	4,8	-	7,9	-		-	1	-
5	2,9	-	1,5	-		-	1	-
6	1,3	3,5	4,8	-		0,8	0,2	-
7	0,7	0,3	2,5	1,5		0,5	2,6	3,1

8	6,7	1	4,5	4,3		3,3	1,9	4
9	3	-	-	-		-	-	-
10	4,9	0,6	-	-		5,3	-	-
11	4,7	6,5	3,2	4		4,7	4,6	4,4
12	0	0	0	0		0	0	0
13	-	-	5,7	2,3		-	4,9	2,4
14	-	-	3,5	-		-	4,2	-
15	4,8	-	5,1	-		-	4,9	-
16	0,6	0,6	-	0,7		0,3	-	2,7
17	0,5	2,1	-	1		0,7	-	3
18	-	0,9	3,3	1,4		1,8	3	1,6
19	-	1,2	-	-		1,5	-	-
20	-	2,8	-	0		0,8	-	1,5
21	-	0	-	5,1		2,9	-	4,8
22	-	0,4	0	1,6		1,1	1,4	1
23	-	0,1	-	-		0	-	-
24	-	6,8	-	7		6,9	-	7,9
25	-	-	3,4	-		-	2,6	-
26	-	-	6,8	-		-	6	-
27	-	-	-	5,6		-	-	3,3
28	-	-	1	0,9		-	1,7	1,1
29	0	1,5	-	4,2		1,1	-	5,2
Mittelwert	3,4	1,8	3,7	3,0		2,0	2,7	3,4
Standard- abweichung	2,5	2,1	2,3	2,5		2,0	1,8	2,2

Tabelle 28: Rohdaten der Aromaintensität Nussig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität				
Nussig		geöffnet gelagert		original verschlossen
optimiert				gelagert

Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	7,3							
2	3,7							
3	3,2	-	6,1	7,9		-	2	7,5
4	5	-	2			-	2,1	
5	1	-	2,7			-	1,5	
6	3	1,9	5,6			3,5	1,8	
7	1,5	0,5	1,2	1,8		0,2	0,6	3,2
8	4,1	2	5	6,1		4,8	4,8	6,2
9	2,1							
10	4,7	2				1,1		
11	7	6,4	7,3	6,1		6,7	4,7	6,1
12	0	0	0	0		0	0	0
13	-	-	4	2,9		-	4,7	2,8
14	-	-	5,3			-	4,8	
15	3,7	-	4,8			-	5	
16	0,6	0,3		2,7		1		0,3
17	0	2,5		0		3,5		0,9
18	-	1,1	2,2	1,4		3,6	3,2	2,4
19	-	4,8				5		
20	-	3		1		4,3		1,6
21	-	3		4,5		3,3		2,8
22	-	1,2	2,4	0,8		0,5	0,9	0,4
23	-					0		
24	-	4,9		6,9		6,9		7,5
25	-	-	2,6			-	4,3	
26	-	-	6,9			-	6,7	
27	-	-	-	4,7		-	-	6,7
28	-	-	2,2	1,9		-	1,8	1,1
29	1,2	0,8		7,7		0		2,3
Mittelwert	3,0	2,3	3,8	3,5		2,8	3,1	3,2
Standard- abweichung	2,2	1,8	2,1	2,7		2,3	1,9	2,6

Tabelle 29: Rohdaten der Aromaintensität Pilzig/Modrig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Pilzig/Modrig konventionell	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	7,6	-	-	-		-	-	-
2	3,9	-	-	-		-	-	-
3	7,4	-	5,5	4,8		-	5	8,2
4	0	-	0	-		-	0	-
5	0	-	0	-		-	0	-
6	0,7	1,6	5,1	-		2,9	2,2	-
7	0,3	0,8	0,7	0,3		0,9	2,8	1,9
8	0,3	1,2	2	3,6		0,8	4,2	4,6
9	0	-	-	-		-	-	-
10	0	1,4	-	-		1,8	-	-
11	0,1	0,7	0,6	1		1,3	0,1	1
12	2,5	0	0	0		0	0	0
13	-	-	3,7	0,3		-	3,2	0,9
14	-	-	0,6	-		-	0,2	-
15	0,5	-	1,5	-		-	2	-
16	1,4	0,3	-	0,3		0,1	-	0,1
17	0	1,6	-	0,1		2,4	-	0
18	-	0	0	0		0	0	0
19	-	0	-	-		0	-	-
20	-	0,6	-	0		1,7	-	0
21	-	0	-	1		1,3	-	0,1
22	-	0	0	0,1		0	0	0,3
23	-	0,1	-	-		0	-	-
24	-	1,7	-	4		3,3	-	5,1

25	-	-	4,8	-		-	3,6	-
26	-	-	7,8	-		-	7,6	-
27	-	-	-	5,2		-	-	4,7
28	-	-	0	0,1		-	0	0
29	1,3	0,1	-	0,9		0,7	-	3,2
Mittelwert	1,6	0,6	2,0	1,4		1,1	1,9	1,9
Standard- abweichung	2,5	0,6	2,5	1,8		1,1	2,2	2,4

Tabelle 30: Rohdaten der Aromaintensität Pilzig/Modrig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Pilzig/Modrig hermetisch verschlossen	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	2,5	-	-	-		-	-	-
2	1,4	-	-	-		-	-	-
3	5,2	-	7,8	7,5		-	7,5	5
4	0	-	0	-		-	0	-
5	0,1	-	0	-		-	0	-
6	0	0,7	0,9	-		1,2	1,5	-
7	2	1	2,3	0,1		1,1	3,2	2,7
8	1,2	0,1	0,7	1		0,3	0,9	0
9	0	-	-	-		-	-	-
10	0,6	0	-	-		5,4	-	-
11	0,1	0,3	1	0,9		0,3	0,4	0,9
12	0	0	0	0		4,9	0	0
13	-	-	3,1	0,2		-	0,6	0,4
14	-	-	0,1	-		-	0,1	-

15	0,3	-	0,9	-		-	0,6	-
16	0,5	0,3	-	0,2		0,2	-	1
17	0,1	3,4	-	0		1,1	-	0,1
18	-	0	0	0		0	0	0
19	-	0	-	-		0	-	-
20	-	0,3	-	0,1		0	-	0
21	-	0	0	-		0	-	0,6
22	-	0,1	1,1	0		0	0,1	0
23	-	0	-	-		0	-	-
24	-	0,2	-	4,9		0,1	-	3,3
25	-	-	0,4	-		-	4,2	-
26	-	-	6,5	-		-	7,1	-
27	-	-	-	3,4		-	-	5,7
28	-	-	0	0		-	0,1	0
29	0	0,5	-	0		1,1	-	1,9
Mittelwert	0,9	0,4	1,5	1,2		1,0	1,6	1,4
Standard- abweichung	1,4	0,8	2,3	2,2		1,6	2,4	1,8

Tabelle 31: Rohdaten der Aromaintensität Pilzig/Modrig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Pilzig/Modrig optimiert	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	7,5	-	-	-		-	-	-
2	0,6	-	-	-		-	-	-
3	5,3	-	3,7	4,9		-	7,7	5,2
4	0	-	0	-		-	0	-
5	0,1	-	0	-		-	0,1	-
6	0	1,1	1,5	-		0	0,5	-

7	1,5	3,1	2,8	0,1		2,1	1,2	0,5
8	0	0	1,2	0		0,8	0	0
9	0	-	-	-		-	-	-
10	0	0	-	-		0	-	-
11	0	0,4	0,6	0,6		0,4	1,6	0,5
12	0	0	0	0		0	0	0
13	-	-	2,5	0,3		-	2,5	0,4
14	-	-	0	-		-	0,3	-
15	0	-	0	-		-	0,1	-
16	0,6	0,4	-	0,3		0,1	-	1,7
17	0	0,1	-	0		1	-	0
18	-	0	0	0		0	0	0,1
19	-	0	-	-		0	-	-
20	-	0,1	-	0,1		0,1	-	0
21	-	0,1	-	1,1		0	-	0
22	-	0	0	0		0,1	0	0
23	-	-	-	-		0	-	-
24	-	0,2	-	3		0,2	-	4,9
25	-	-	3,6	-		-	0,6	-
26	-	-	6,9	-		-	7,5	-
27	-	-	-	4		-	-	0,2
28	-	-	0,1	0,1		-	0	0
29	0	0	-	0,1		0	-	0
Mittelwert	1,0	0,4	1,4	0,9		0,3	1,4	0,8
Standard- abweichung	2,1	0,8	1,9	1,5		0,6	2,4	1,6

Tabelle 32: Rohdaten der Aromaintensität Fischig des konventionell produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität				
Fischig		geöffnet gelagert		original verschlossen gelagert
konventionell				

Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	5	-	-	-		-	-	-
2	0,8	-	-	-		-	-	-
3	0,8	-	2	0		-	1,6	2,2
4	0	-	0	-		-	0	-
5	0,1	-	0	-		-	0	-
6	0	0,6	4,9	-		1,4	2,2	-
7	0,3	0,3	0,4	0,1		2,4	0,8	0,1
8	0,5	0,9	2,5	4,1		0,9	1,3	0
9	0	-	-	-		-	-	-
10	0	0	-	-		0	-	-
11	2,9	4,2	0,4	0,6		4,8	0,8	1,3
12	0	0	0	0		0	0	0
13	-	-	1,6	1,9		-	1,4	2
14	-	-	0,7	-		-	1	-
15	0	-	1	-		-	0,6	-
16	0,4	1,3	-	0,1		3,5	-	0,1
17	0,4	-	-	0		-	-	0
18	-	0	0	0		0	0,1	0
19	-	0	-	-		0	-	-
20	-	0,1	-	0		0,3	-	0
21	-	2,1	-	0,7		0,1	-	1,9
22	-	0,2	0	0,2		0,1	0	0
23	-	0	-	-		0	-	-
24	-	0,2	-	1,7		3,9	-	6,3
25	-	-	3,1	-		-	2,4	-
26	-	-	4,8	-		-	3,2	-
27	-	-	-	5,5		-	-	1,7
28	-	-	0	0		-	0	0
29	0	0	-	0		0,2	-	1,5
Mittelwert	0,7	0,7	1,3	0,9		1,2	1,0	1,1
Standard- abweichung	1,3	1,1	1,6	1,6		1,6	1,0	1,6

Tabelle 33: Rohdaten der Aromaintensität Fischig des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität		geöffnet gelagert					original verschlossen gelagert		
Fischig hermetisch verschlossen									
Panellisten	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	
1	0	-	-	-		-	-	-	
2	0,8	-	-	-		-	-	-	
3	2,2	-	3,9	0		-	3,8	0,1	
4	0	-	0	-		-	0	-	
5	0,2	-	0	-		-	0,1	-	
6	0	1	0,2	-		0,9	0,5	-	
7	3,3	0,5	0,6	0,4		2,2	0,5	0,1	
8	0,2	0	0,3	0		0,3	1,5	0	
9	0	-	-	-		-	-	-	
10	0	0	-	-		0	-	-	
11	0,9	2,2	1,1	0,5		0,8	0,2	0,8	
12	0	0	0	0		0	0	0	
13	-	-	1,1	0,5		-	0,2	1,8	
14	-	-	0,1	-		-	0,1	-	
15	0	-	0	-		-	0,1	-	
16	1	0,4	-	0,4		0,3	-	0,5	
17	0,1	0	-	0		0,1	-	0,2	
18	-	0	0,1	0		0	0	0	
19	-	0	-	-		0,1	-	-	
20	-	0	-	0,1		0	-	0	
21	-	0	-	0,1		0	-	0,1	
22	-	0	0	0		0,1	0	0	
23	-	0	-	-		0	-	-	
24	-	0,1	-	5		0	-	4,8	

25	-	-	2,9	-		-	2,8	-
26	-	-	5,3	-		-	0	-
27	-	-	-	0		-	-	3,6
28	-	-	0	0		-	0,1	0,1
29	0	0	-	0		0	-	0
Mittelwert	0,5	0,3	1,0	0,4		0,3	0,6	0,8
Standard- abweichung	0,9	0,6	1,6	1,2		0,6	1,1	1,4

Tabelle 34: Rohdaten der Aromaintensität Fischig des optimierten Leinöls und der zwei Lagervarianten. Die Bewertung erfolgte auf einer unstrukturierten Skala von 0-10. Woche 0 gilt als erste Verkostung für beide Lagervarianten, da in dieser Woche die unterschiedlichen Lagerbedingungen begannen. Die mit einem Strich (-) gekennzeichneten Felder stehen für ein nicht teilnehmen des jeweiligen Panellisten in der jeweiligen Woche.

Aromaintensität Fischig optimiert	geöffnet gelagert				original verschlossen gelagert			
	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12	Woche 0	Woche 4	Woche 8	Woche 12
1	2	-	-	-		-	-	-
2	1,2	-	-	-		-	-	-
3	3,6	-	0,1	0,9		-	2,4	0,1
4	0	-	0	-		-	0	-
5	0,1	-	0	-		-	1,4	-
6	0	0	0,2	-		0	0,1	-
7	1,8	6,5	0,3	0,2		0,8	0,5	0
8	0	0	0	0		0	0	0
9	0	-	-	-		-	-	-
10	0	0	-	-		0	-	-
11	1,4	0,8	0,1	0,6		1,1	0,2	0,5
12	0	0	0	0		0	0	0
13	-	-	0,5	0,2		-	1,3	0,7
14	-	-	0	-		-	0	-
15	0	-	0,1	-		-	0,1	-
16	1,3	0,5	-	0		0,1	-	0,2

17	0	0,1	-	0		0	-	0
18	-	0	0	0		0	0	0
19	-	0	-	-		0	-	-
20	-	0,2	-	0,1		0,2	-	0,1
21	-	0	-	1		0	-	0
22	-	0	0	0		0	0	0
23	-	-	-	-		0	-	-
24	-	0,1	-	0,4		2,7	-	1,2
25	-	-	2,6	-		-	0,5	-
26	-	-	1,7	-		-	0,1	-
27	-	-	-	0,2		-	-	0,3
28	-	-	0,1	0		-	0	0
29	0	0	-	0,1		0	-	0
Mittelwert	0,7	0,5	0,4	0,2		0,3	0,4	0,2
Standard- abweichung	1,0	1,6	0,7	0,3		0,7	0,7	0,3

Tabelle 35: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeinelösung. n=16.

Bitterintensität	Duo 1		Duo 2		Duo 3	
Panellist	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Ferula- säure	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Syringa- aldehyd	Koffein- lösung	Koffeinelösung + Ferulasäure + Syringaaldehyd
1	3,8	6,1	5,5	6	6	6,8
2	7,3	7	8,2	8,4	4,8	6,2
3	9,6	9	9,4	9,7	9,7	8,7
4	5,1	4,1	6,3	1,7	4,9	5,4
5	8,5	10	7	6,9	1	3,9
6	5,7	7,3	5,1	6,9	5,8	5,2
7	3,5	6,3	5,3	6,5	6,6	5,3
8	5,1	7,5	9,9	7,3	9,3	1,1
9	6	8	6,4	6,5	6,5	7,7

10	5	7,1	7,5	5	7,7	7,8
11	3,2	6,1	7,4	3,5	2	2,7
12	7,8	7,6	9,3	8,1	7,6	4,1
13	6,9	3,7	6,8	5,7	4,9	5,6
14	5,5	5,1	6,9	4,3	2,4	5,7
15	6	5,7	4,3	5,7	6,5	3,3
16	2,3	2,3	2,4	5,1	5,1	7,3
Mittelwert	5,7	6,4	6,7	6,1	5,7	5,4
Standard- abweichung	1,9	1,9	1,9	1,9	2,3	2,0

Tabelle 36: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf der Basis einer 500 ppm Koffeinelösung. n=16.

Bitterintensität	Duo 4		Duo 5		Duo 6	
Panellist	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Ferula- säure	Koffein- lösung	Koffein- lösung + Syringa- aldehyd	Koffein- lösung	Koffeinelösung + Ferulasäure + Syringaaldehyd
1	7,6	6	7,3	5	6,8	5,5
2	4,9	4,3	6,6	5,1	4,9	5,9
3	9	9,5	4,4	3	4,8	2,9
4	3,1	10	1,4	4,8	2,1	6
5	5,2	2,4	7,9	9,8	6	8,5
6	4,2	4,7	4	6,8	4,6	5,1
7	3,7	5,8	7,6	2	7,4	3,1
8	10	4,8	7,5	5,5	7,3	1,8
9	6,4	8,5	6,2	7,2	5,2	7,2
10	7	7,3	3	4,9	4,9	7,5
11	5,8	10	2,4	2,6	5,4	7,7
12	8,9	6,3	9,2	9,7	4,7	2,6
13	6,3	5,1	5,1	2,5	2,1	3,5
14	6,8	3,8	6	3,1	6,1	5
15	6,6	6,4	3,8	7,2	5,1	7,5

16	5,2	2	2,6	5	4,9	8,2
Mittelwert	6,3	6,1	5,3	5,3	5,1	5,5
Standard- abweichung	1,9	2,4	2,2	2,3	1,4	2,1

Tabelle 37: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit niedriger Konzentration auf der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls. n=16.

Bitterintensität	Duo 1		Duo 2		Duo 3	
Panellist	Leinöl	Leinöl + Ferula- säure	Leinöl	Leinöl + Syringa- aldehyd	Leinöl	Leinöl + Ferulasäure + Syringaaldehyd
1	1,8	1,3	5,6	3,5	6,5	5,1
2	9,4	8,6	8,4	9,2	8,1	9
3	2,9	4,2	3,6	5,2	6,5	10
4	2,3	5,6	3,2	1,3	8,5	7
5	8,4	9,9	8,9	9,8	9,1	7,3
6	4	7,1	4,5	3,1	6,7	5,2
7	4,8	2,8	4	8,2	8,8	2,2
8	10	5,2	7,6	5	6,2	10
9	5,7	8,9	6,3	5,2	0,6	2,5
10	4,6	7,6	5	9,9	0,8	2,5
11	5,2	2,8	2,5	1,6	1,4	1,5
12	8,8	9,1	8,8	10	9,8	9,2
13	8,9	8	6,5	7,9	5,1	4,5
14	5,1	10	0,9	1,3	7,1	2,1
15	2,6	0,9	4,8	6,9	3,5	7,9
16	8,4	9,9	6,5	9,1	9,8	9,8
Mittelwert	5,8	6,4	5,4	6,1	6,2	6,0
Standard- abweichung	2,7	3,1	2,2	3,1	3,0	3,1

Tabelle 38: Rohdaten Bitterintensität der Paare des paarweisen Vergleichstest mit hoher Konzentration auf der Basis eines bitterschmeckenden Leinöls. n=16.

Bitterintensität	Duo 4		Duo 5		Duo 6	
Panellist	Leinöl	Leinöl + Ferula- säure	Leinöl	Leinöl + Syringa- aldehyd	Leinöl	Leinöl + Ferulasäure + Syringaaldehyd
1	6,3	5	2,8	4,3	2,5	3,4
2	9	9,9	7,3	8,8	8,2	8
3	4,4	2,1	5,7	3,1	3,8	4,4
4	1,3	0,6	6,6	9,5	4,5	8,8
5	9,8	9,9	8,9	9,9	9,9	8,7
6	1,5	5,3	8,2	2,6	7,5	1,2
7	7,6	5,3	3,6	5,8	7	5,1
8	5,2	2,1	4,2	6	1	9
9	0,1	0,2	1,6	3,9	1,3	0,4
10	7,6	5,1	6	2,9	5,7	2
11	0,7	1,8	4,4	3,2	1,6	0,9
12	8,5	7,5	6,8	7,5	9	8,4
13	6,1	6	7,1	6	2,9	3,8
14	0,9	6,9	5,7	4,6	10	5,2
15	8,6	7,4	1,7	3,7	5,8	7
16	9,1	9,8	9,9	7,3	9,7	9,3
Mittelwert	5,4	5,3	5,7	5,6	5,7	5,4
Standard- abweichung	3,4	3,1	2,4	2,3	3,1	3,1

Tabelle 39: Daten der Gesamtpolyphenole in mg (GAE) / 100 g Öl, dargestellt als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung. Für die Wochen 1-3 liegen für das original verschlossen gelagerte Leinöl keine Daten vor, da die Leinölf Flaschen immer nur zu den Verkostungszeitpunkten im Abstand von 4 Wochen geöffnet wurde.

Woche	geöffnet gelagert			original verschlossen gelagert		
	konventionell	hermetisch verschlossen	optimiert	konventionell	hermetisch verschlossen	optimiert
0	0,42 $\pm$ 0,01	0,41 $\pm$ 0,00	1,13 $\pm$ 0,19	0,42 $\pm$ 0,01	0,41 $\pm$ 0,00	1,13 $\pm$ 0,19

1	0,36 ± 0,00	0,36 ± 0,01	0,53 ± 0,03			
2	0,33 ± 0,01	0,33 ± 0,00	0,51 ± 0,01			
3	0,32 ± 0,00	0,32 ± 0,00	0,54 ± 0,02			
4	0,18 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,32 ± 0,03	0,17 ± 0,00	0,19 ± 0,00	0,20 ± 0,01
8	0,21 ± 0,00	0,22 ± 0,00	0,23 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,22 ± 0,00	0,21 ± 0,01
12	0,22 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,20 ± 0,00	0,22 ± 0,01	0,21 ± 0,01

Tabelle 40: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des konventionell produzierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.

	konventionell		
Woche	Flasche A	Flasche B	Flasche C
1	0,36 ± 0,00	0,36 ± 0,00	0,36 ± 0,00
2	0,36 ± 0,01	0,35 ± 0,00	0,33 ± 0,01
3	0,33 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,32 ± 0,00
4	0,18 ± 0,00	0,17 ± 0,00	0,18 ± 0,01

Tabelle 41: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des hermetisch verschlossen produzierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.

	hermetisch verschlossen		
Woche	Flasche A	Flasche B	Flasche C
1	0,36 ± 0,00	0,36 ± 0,00	0,36 ± 0,01
2	0,36 ± 0,00	0,37 ± 0,00	0,33 ± 0,00
3	0,34 ± 0,00	0,33 ± 0,00	0,32 ± 0,00
4	0,19 ± 0,00	0,18 ± 0,02	0,17 ± 0,00

Tabelle 42: Darstellung der Gesamtpolyphenolgehalte des optimierten Leinöls pro gelagerte Flasche (A-C) in Woche 1-4, geöffnet gelagert.

	optimiert		
Woche	Flasche A	Flasche B	Flasche C
1	0,54 ± 0,02	0,52 ± 0,00	0,53 ± 0,03
2	0,53 ± 0,03	0,52 ± 0,01	0,51 ± 0,01

3	$0,47 \pm 0,01$	$0,45 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,02$
4	$0,29 \pm 0,00$	$0,28 \pm 0,01$	$0,32 \pm 0,03$

Korrelation zwischen Bitterintensität und Gesamtpolyphenolgehalt nach Produktions- und Lagervariante

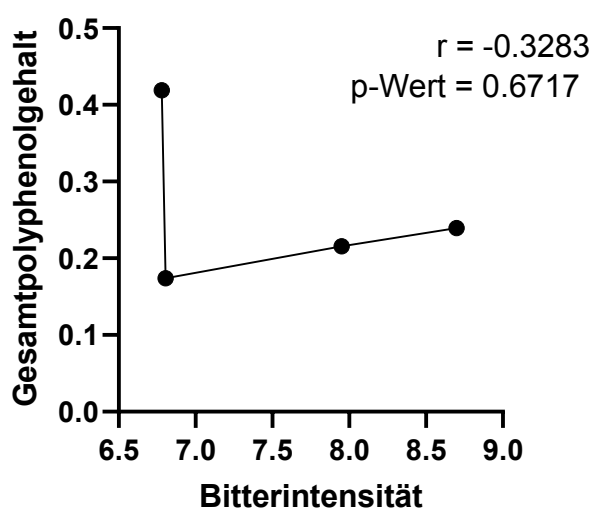


Abbildung 35: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des konventionell produzierten und geöffnet gelagerten Leinöls. Die Signifikanz wurde ausgeschlossen. Es werden der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben. Die Verbindung zwischen den Datenpunkten deutet den zeitlichen Verlauf an.

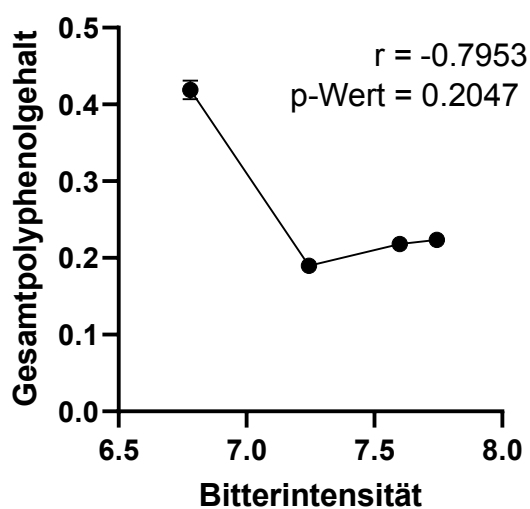


Abbildung 36: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des konventionell produzierten und original verschlossen gelagerten Leinöls. Die Signifikanz wurde ausgeschlossen. Es

werden der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben. Die Verbindung zwischen den Datenpunkten deutet den zeitlichen Verlauf an.

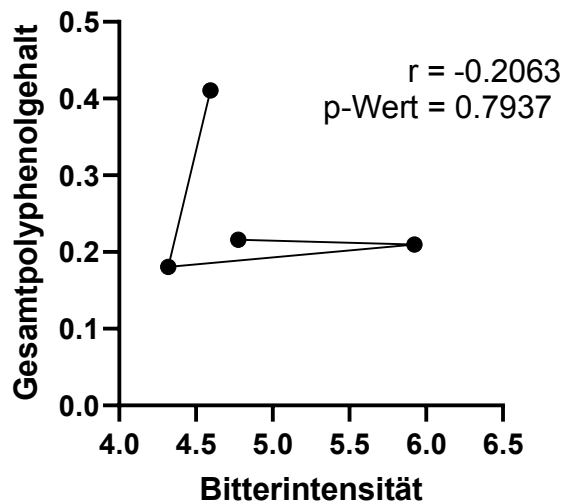


Abbildung 37: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des hermetisch verschlossen produzierten und geöffnet gelagerten Leinöls. Die Signifikanz wurde ausgeschlossen. Es werden der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben. Die Verbindung zwischen den Datenpunkten deutet den zeitlichen Verlauf an.

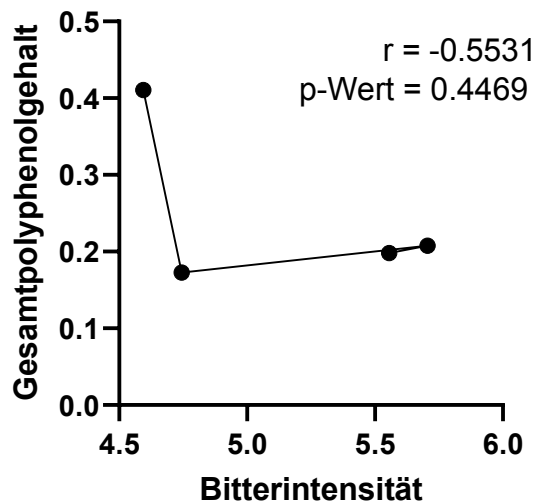


Abbildung 38: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des hermetisch verschlossen produzierten und original verschlossen gelagerten Leinöls. Die Signifikanz wurde ausgeschlossen. Es werden der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben. Die Verbindung zwischen den Datenpunkten deutet den zeitlichen Verlauf an.

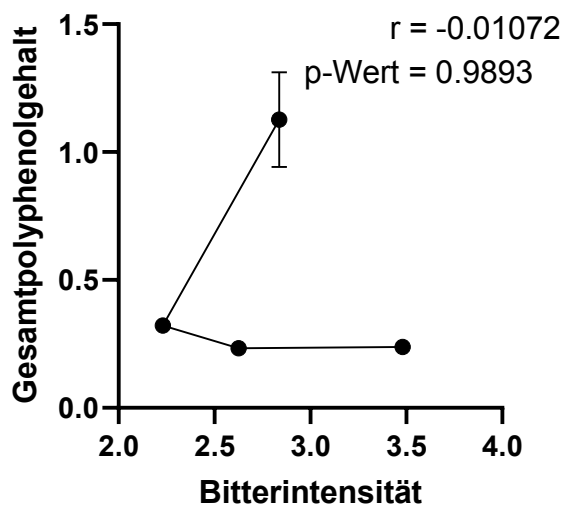


Abbildung 39: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des optimierten und geöffnet gelagerten Leinöls. Die Signifikanz wurde ausgeschlossen. Es werden der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben. Die Verbindung zwischen den Datenpunkten deutet den zeitlichen Verlauf an.

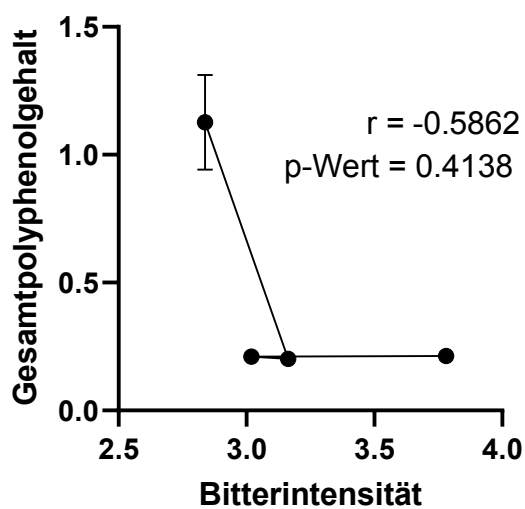


Abbildung 40: Korrelation nach Pearson zwischen der Bitterintensität und des Gesamtpolyphenolgehalts des optimierten und original verschlossen gelagerten Leinöls. Die Signifikanz wurde ausgeschlossen. Es werden der Korrelationskoeffizient r und die Signifikanz angegeben. Die Verbindung zwischen den Datenpunkten deutet den zeitlichen Verlauf an.