



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Untersuchungen zur Konglomeratbildung in Naturtrüben Apfelsäften

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Verfasserin:	Monika Schnürer
Matrikelnummer:	0403723
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	A 474 Ernährungswissenschaften
1. Betreuer:	Dipl.-Ing. Karl Vogl
2. Betreuer:	Dipl.-Ing. Dr. Manfred Gössinger
durchgeführt am	LFZ für Wein- und Obstbau Klosterneuburg

Wien, im September 2010

Was wir wissen ist ein Tropfen, was wir nicht wissen, ein Ozean.

Isaac Newton

Danksagung

An dieser Stelle soll all jenen gedankt werden, die mit ihrer fachlichen und persönlichen Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Großer Dank richtet sich an das LFZ für Wein- und Obstbau Klosterneuburg für die finanzielle und materielle Unterstützung.

Besonderer Dank geht an Herrn Dipl.-Ing. Karl Vogl für die Überlassung des Themas und an Herrn Dr. Dipl.-Ing. Manfred Gössinger für die fachliche und herzliche Betreuung der Arbeit.

Weiters danke ich Herrn Mag. Walter Brandes, Frau Ing. Silvia Wendelin, Frau Mag. Barbara Thurner sowie der gesamten Abteilung Chemie, die für chemische und analytische Fragen stets ein offenes Ohr hatten.

Außerdem gebührt der gesamten Abteilung Obstverarbeitung mein Dank, besonders Herrn Thomas Lauer, Herrn Erich Friedrich und Herrn Theodor Frings, die mir mit Rat und Tat bei den Arbeiten im Technikum zur Seite standen, sowie Frau Dipl.-Ing. Stefanie Berghold, die für Fragen bezüglich Reifeanalysen und Berechnungen des öfteren ihre Hilfe beisteuerte.

Ebenso bedanke ich mich bei den Mitarbeitern vom Versuchsgut Haschhof und den Mitarbeitern der Abteilung Kellerwirtschaft, ohne die der Safttransport zum Kellerwirtschaftsgebäude und die dort durchgeführte Zentrifugation nicht möglich gewesen wären.

Auch bei Frau Ing. Karoline Pischinger aus der Abteilung Mikrobiologie möchte ich mich bedanken, die die mikrobiologischen Untersuchungen der externen Apfelsaftproben durchgeführt hat.

Bei Herrn Dipl.-Ing. Dr. Lothar Wurm möchte ich mich für die zur Verfügungstellung der Äpfel der Sorte Elstar bedanken, ebenso bei Herrn Friedrich Preiß aus der Gegend Traismauer, der ebenfalls 1000 kg Äpfel der Sorte Elstar beisteuerte.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei meinen Eltern, die mich während meines gesamten Werdegangs immer unterstützt haben. Genauso möchte ich mich bei meinen Schwestern Maria und Katharina, bei meinem Freund Philipp und all meinen FreundInnen bedanken, dass sie immer für mich da waren.

Danksagung	V
1 Einleitung	1
2 Der Apfel als Quelle der Trubpartikel.....	2
2.1 Zusammensetzung des Apfels	2
2.2 Veränderungen während der Reifung.....	3
2.2.1 Änderungen der Atmungsintensität	3
2.2.2 Änderungen des NDVI	4
2.2.3 Änderungen der Farbe	4
2.2.4 Stoffliche Änderungen	5
3 Naturtrüber Apfelsaft als zweiphasiges System	7
3.1 Trubzusammensetzung.....	7
3.1.1 Pektin.....	8
3.1.2 Stärke	10
3.1.3 Protein	11
3.1.4 Polyphenole.....	12
3.2 Trubentstehung	13
3.2.1 Vor der Pasteurisation.....	13
3.2.2 Thermische Denaturierung während der Pasteurisation.....	14
3.2.3 Nach der Pasteurisation (während der Saftlagerung).....	14
3.3 Trubstabilität	15
4 Aufgabenstellung	19
5 Material und Methoden.....	20
5.1 Rohware.....	20
5.1.1 Äpfel	20
5.1.2 Befragung zur Sortenauswahl.....	24
5.1.3 Enzyme.....	25
5.1.4 Bentonit	25
5.2 Reifebestimmungen	26
5.2.1 Material.....	26
5.2.2 Farbe	27
5.2.3 Respiration	27
5.2.4 NDVI	28
5.2.5 Streif-Index	29
5.2.6 Titrierbare Säure	31
5.3 Saftherstellung.....	32
5.3.1 Material.....	32
5.3.2 Durchführung.....	33
5.4 Saftparameter.....	37
5.4.1 pH-Wert	37
5.4.2 Titrierbare Säure	38
5.4.3 Zuckerbestimmung.....	38
5.4.4 Trübungsmessung.....	38
5.5 Flaschenanalysen.....	39
5.5.1 Schüttelkontrolle.....	39
5.5.2 Trübungsmessungen.....	40

Chemische Analysen	41
5.5.3 Bestimmung des Gesamtpektin Gehaltes	41
5.5.4 Bestimmung des Gesamtphenol Gehaltes	45
5.5.5 Bestimmung des Proteingehaltes	47
5.5.6 Bestimmung des Stärkegehaltes (Lösliche/Unlösliche Stärke)	49
5.6 Partikelgrößenmessung	51
5.6.1 Prinzip	51
5.6.2 Material	52
5.6.3 Durchführung	52
5.6.4 Auswertung	52
5.7 Externe Proben.....	54
5.7.1 Externe Proben Osttirol.....	54
5.7.2 Externe Proben Niederösterreich	57
5.8 Statistische Auswertung	58
6 Ergebnisse und Diskussion.....	59
6.1 Befragung zur Sortenauswahl	59
6.2 Reifebestimmungen	61
6.2.1 Streif.....	61
6.2.2 Farbe	62
6.2.3 Respiration	65
6.2.4 NDVI.....	66
6.2.5 Titrierbare Säure	68
6.3 Saftparameter	69
6.4 Trübung, Trübungsverlauf und Konglomeratbildung -	
Trübungsmessung und Schüttelanalysen.....	71
6.4.1 Variantenbeschreibung - Schwerpunkt Trübung , Trübungsverlauf und	
Konglomeratbildung	73
6.5 Inhaltsstoffe - Chemische Analysen.....	112
6.5.1 Pektin	112
6.5.2 Stärke.....	117
6.5.3 Protein.....	119
6.5.4 Gesamtphenole.....	123
6.6 Partikelgrößenmessung	127
6.7 Externe Proben Osttirol	129
6.8 Externe Proben Niederösterreich	130
6.8.1 Nachweis für Polysaccharide, Dextrine und Pektinstoffe mittels Jod-	
Kaliumjodidlösung	130
6.8.2 Nachweis von phenolischen Verbindungen nach Folin-Ciocalteu.....	130
6.8.3 Mikroskopischer Befund des Trubes	131
6.8.4 Makroskopischer Befund nach Bebrütung des Trubes auf Nähragar	131
6.8.5 Zusammenhänge Probenunterschiede/Konglomeratbildung	131
7 Diskussion	132
7.1 Einfluss der Inhaltsstoffe und der entsprechenden Behandlungsformen	
auf Trübungsintensität und Trübungsstabilität sowie Einfluss des Reifegrades	
auf die Wirkungsweise der Behandlungsformen.....	132
7.1.1 Pektin und Pektinasen	132
7.1.2 Stärke und Amylasen.....	134
7.1.3 Protein und Protease bzw. Bentonit	135

7.1.4	Polyphenole und Bentonit	136
7.1.5	0-Variante und Zentrifuge.....	137
7.2	Zusammenhänge zwischen Trübungswert nach HTST und Konglomeratbildung	138
7.3	Einfluss der analysierten Inhaltsstoffe auf die Konglomeratbildung ..	139
7.4	Zusammenhänge zwischen Behandlungsformen und Konglomeratbildung	139
8	<i>Schlussbetrachtung</i>	142
9	<i>Zusammenfassung</i>	144
10	<i>Abstract</i>.....	145
11	<i>Literaturverzeichnis</i>	146
	<i>Lebenslauf</i>.....	151

Abbildung 2.1 Wachstum, Respiration und Ethylenproduktion bei klimakterischen und nichtklimakterischen Pflanzen [Wills et al., 2007].....	4
Abbildung 3.1 Durchschnittliche Zusammensetzung von Apfelsafttrub (ZIMMER et al., 1996).....	8
Abbildung 3.2 Pektin-Struktur (R: COO ⁻ oder COOCH ₃).....	9
Abbildung 3.3 Scanning electron micrograph von (a) nicht pasteurisiertem naturtrüben Apfelsaft (b) pasteurisiertem naturtrüben Apfelsaft 5 min bei 90 ° (CARRIN 2004)	11
Abbildung 3.4 Einflussfaktoren auf die Trubstabilität [STÜSSI, 1998]	17
Abbildung 5.1 Äpfel Elstar Unreif	21
Abbildung 5.2 Äpfel Elstar Reif	21
Abbildung 5.3 Äpfel Elstar Überreif.....	22
Abbildung 5.4 Äpfel Elstar Traismauer	22
Abbildung 5.5 Äpfel Braeburn Unreif	23
Abbildung 5.6 Äpfel Braeburn Reif.....	23
Abbildung 5.7 Äpfel Braeburn Überreif	24
Abbildung 5.8 Spectrophotometer CM-3500d zur Farbmessung	27
Abbildung 5.9 Messung von Gewicht und Größe der Äpfel für die Respirationmessung	28
Abbildung 5.10 Pigment Analyzer PA 1101	29
Abbildung 5.11 Messung des Stärkegehalts.....	30
Abbildung 5.12 Rätzmühle (Voran) und Siebbandpresse EW 1002 (V. Stoissier)	33
Abbildung 5.13 Saftballons für Enzymierung	33
Abbildung 5.14 Temperaturverlauf während der Pasteurisation in den Flaschen	34
Abbildung 5.15 Zentrifuge GEA Westfalia.....	35
Abbildung 5.16 Flussdiagramm der Safterstellung	36
Abbildung 5.17 Trübungsphotometer LTP-5	40
Abbildung 5.18 Durchführung der Trübungsmessung	40
Abbildung 5.19 Spectrophotometer Agilent Technologies mit zugehöriger Software	42
Abbildung 5.20 Küvetten mit Standards für Kalibrationsgerade.....	43
Abbildung 5.21 Standardlösungen für Kalibrationsgerade.....	48
Abbildung 5.22 Particle Size Analyzer Cilas 1090	52
Abbildung 5.23 Ergebnisskurve einer Partikelgrößenmessung.....	53
Abbildung 5.24 Externe Saftprobe Osttirol mit Fädchenbildung.....	54
Abbildung 5.25 Fädchen aus der externen Saftprobe Osttirol	54
Abbildung 5.26 Externe Proben ohne und mit Konglomeratbildung.....	57
Abbildung 6.1 Reifeindex nach Streif für die jeweilige Sorte bzw. Reifegrad der Äpfel mit Markierung der jeweiligen Untergrenze für den optimalen Erntezeitpunkt.....	62
Abbildung 6.2 NDVI-Werte von Elstar und Braeburn in unterschiedlichen Reifegraden	67
Abbildung 6.3 TE/F der Säfte nach HTST.....	72
Abbildung 6.4 TE/F Elstar Unreif nach der Enzymierung.....	74
Abbildung 6.5 Trübungsverlauf Elstar Unreif 0-Variante, Bentonit.....	75

Abbildung 6.6 Trübungsverlauf Elstar Unreif Amylasen und Protease.....	76
Abbildung 6.7 Trübungsverlauf Elstar Unreif Pektinasen.....	76
Abbildung 6.8 Trübungsverlauf Elstar Unreif Zentrifuge	77
Abbildung 6.10 Verlauf der Konglomeratgröße bei Elstar Unreif.....	78
Abbildung 6.11 TE/F Elstar Reif „nach Enzymierung“	79
Abbildung 6.12 Trübungsverlauf Elstar Reif 0-Variante, Bentonit	81
Abbildung 6.13 Trübungsverlauf Elstar Reif Amylasen, Protease.....	81
Abbildung 6.15 Darstellung des Trübungsabfalls in % bei Elstar Reif.....	82
Abbildung 6.16 Ausgeklärte Säfte bei Elstar Reif behandelt mit Pektinasen	83
Abbildung 6.17 TE/F nach Enzymierung bei Elstar Überreif.....	84
Abbildung 6.18 Trübungsverlauf Elstar Überreif 0-Variante, Bentonit.....	85
Abbildung 6.19 Trübungsverlauf Elstar Überreif Amylasen, Protease	86
Abbildung 6.20 Trübungsverlauf Elstar Überreif Pektinasen.....	86
Abbildung 6.21 Trübungsverlauf Zentrifuge	87
Abbildung 6.23 Konglomeratbildung bei Elstar Überreif.....	88
Abbildung 6.24 TE/F nach Enzymierung bei Elstar Traismauer.....	90
Abbildung 6.25 Trübungsverlauf Elstar Traismauer 0-Variante, Bentonit	91
Abbildung 6.26 Trübungsverlauf Elstar Traismauer Amylasen, Protease	92
Abbildung 6.27 Trübungsverlauf Elstar Traismauer Pektinasen	92
Abbildung 6.28 Trübungsverlauf Elstar Traismauer Zentrifuge	93
Abbildung 6.29 Darstellung Trübungsabfall in % bei Elstar Traismauer	93
Abbildung 6.30 Konglomeratbildung Elstar Traismauer	94
Abbildung 6.31 TE/F nach Enzymierung bei Braeburn Unreif.....	95
Abbildung 6.32 Trübungsverlauf Braeburn Unreif 0-Variante, Bentonit	97
Abbildung 6.33 Trübungsverlauf Braeburn Unreif Amylasen, Protease	97
Abbildung 6.34 Trübungsverlauf Braeburn Unreif Pektinasen	98
Abbildung 6.35 Trübungsverlauf Braeburn Unreif Zentrifuge	99
Abbildung 6.37 Konglomeratbildung bei Braeburn Unreif	100
Abbildung 6.38 TE/F nach Enzymierung bei Braeburn Reif.....	102
Abbildung 6.39 Trübungsverlauf Braeburn Reif 0-Variante, Bentonit.....	103
Abbildung 6.40 Trübungsverlauf Braeburn Reif Amylasen, Protease	103
Abbildung 6.41 Trübungsverlauf Braeburn Reif Pektinasen	104
Abbildung 6.42 Trübungsverlauf Braeburn Reif Zentrifuge	104
Abbildung 6.43 Trübungsabfall in % bei Braeburn Reif.....	105
Abbildung 6.44 Konglomeratbildung bei Braeburn Reif	106
Abbildung 6.45 Konglomeratgröße nach Beständigkeitsprüfung durch 2. Schütteldurchgang bei Braeburn Reif	106
Abbildung 6.46 TE/F nach Enzymierung bei Braeburn Überreif	107
Abbildung 6.47 Trübungsverlauf bei Braeburn Überreif 0-Variante, Bentonit .	109
Abbildung 6.48 Trübungsverlauf bei Braeburn Überreif Amylasen, Protease .	109
Abbildung 6.49 Trübungsverlauf bei Braeburn Überreif Pektinasen	110
Abbildung 6.50 Trübungsverlauf Braeburn Überreif Zentrifuge.....	110
Abbildung 6.52 Pektingehalt in den 0-Varianten nach Enzymierung.....	113
Abbildung 6.53 Pektingehalt bei Säften von Elstar Überreif.....	114
Abbildung 6.54 Pektingehalt bei Säften von Braeburn Reif	116
Abbildung 6.55 Proteingehalt in den 0-Varianten nach Enzymierung	120
Abbildung 6.56 Proteingehalt bei Säften von Elstar Überreif	121
Abbildung 6.57 Proteingehalt bei Säften von Braeburn Reif	122

Abbildung 6.58 Gesamtphenolgehalt in den 0-Varianten nach Enzymierung .	124
Abbildung 6.59 Gesamtphenolgehalt bei Elstar Überreif	125
Abbildung 6.60 Gesamtphenolgehalt bei Braeburn Reif	126

Tabelle 2.1 Zusammensetzung von Äpfeln [g / 100 g] [THÖNGES und RINDER, 1994]	2
Tabelle 2.2 Durchschnittliche Zusammensetzung des essbaren Anteils von Äpfeln [g / 100 g] (ohne Kerngehäuse, mit Schalen) [SOUCI et al. 1969]	3
Tabelle 5.1 Übersicht über Ernte und Lagerzeiträume der verwendeten Äpfel	20
Tabelle 5.2 Art und Dosierung der Enzyme	25
Tabelle 5.3 Dosierung von Bentonit	25
Tabelle 5.4 Material für Reifebestimmungen	26
Tabelle 5.5 Rohstoffe für Reifebestimmungen	26
Tabelle 5.6 Geräte für Saftherstellung	32
Tabelle 5.7 Rohstoffe für Saftherstellung	32
Tabelle 5.8 Aufstellung der hergestellten Saftvarianten. Bei Elstar Reif wurde wegen des niedrigen Trubgehaltes nicht zentrifugiert. Bei Braeburn Reif war nicht ausreichend Saft vorhanden, daher wurde keine Variante mit Panzym Clear hergestellt.	35
Tabelle 5.9 Geräte zur Bestimmung der Saftparameter	37
Tabelle 5.10 Rohstoffe zur Bestimmung der Saftparameter	37
Tabelle 5.11 Geräte für Flaschenanalysen	39
Tabelle 5.12 Rohstoffe für Pektinbestimmung	41
Tabelle 5.13 Geräte für Pektinbestimmung	41
Tabelle 5.14 Rohstoffe für Bestimmung der Gesamtphenolgehaltes	45
Tabelle 5.15 Geräte für Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes	45
Tabelle 5.16 Pipettierschema für Gesamtphenolbestimmung	46
Tabelle 5.17 Rohstoffe für Bestimmung des Proteingehaltes	47
Tabelle 5.18 Geräte für Bestimmung des Proteingehaltes	47
Tabelle 5.19 Rohstoffe für Bestimmung des Stärkegehaltes	49
Tabelle 5.20 Geräte für Bestimmung des Stärkegehaltes	49
Tabelle 5.21 Geräte für Partikelgrößenmessung	52
Tabelle 5.22 Ergebnistabelle einer Partikelgrößenmessung	53
Tabelle 5.23 Zusätzliche Geräte für chemische Analysen bei „Externe Proben Osttirol“	55
Tabelle 5.24 Zusätzliche Rohstoffe für chemische Analysen bei „Externe Proben Osttirol“	55
Tabelle 6.1 Ergebnisse der Farbmessung der Schale von Elstar	64
Tabelle 6.2 Ergebnisse der Farbmessung der Schale von Braeburn	65
Tabelle 6.3 Respiration Elstar	65
Tabelle 6.4 Respiration Braeburn	65
Tabelle 6.5 Ergebnisse der Messung von Titrierbarer Säure bei Elstar	68
Tabelle 6.6 Ergebnisse der Messung von Titrierbarer Säure bei Braeburn	68
Tabelle 6.7 Saftparameter Elstar	70
Tabelle 6.8 Saftparameter Braeburn	70
Tabelle 6.9 Werte für unlösliche Stärke in mg/L	117
Tabelle 6.10 Werte für lösliche Stärke in mg/L	118
Tabelle 6.11 Ergebnisse der Partikelgrößenmessung	128
Tabelle 6.12 Ergebnisse chemische Analysen des Saftes von Externe Proben Osttirol	129

Tabelle 6.13 Ergebnisse chemische Analysen des Trubes von Externe Proben Osttirol	129
Tabelle 6.14 Ergebnisse Nachweis Polysaccharide, Dextrine und Pektinstoffe	130

1 Einleitung

Apfelsaft erfreut sich in Österreich großer Beliebtheit. Obgleich klarer Apfelsaft höheren Absatz findet, ist die Nachfrage nach naturtrübem Apfelsaft vermutlich auf Grund seiner gesundheitsfördernden Wirkungen in den 90er Jahren merklich gestiegen und liegt heute bei etwa 4-5% Marktanteil.

Im Vergleich zu klarem Apfelsaft wird bei naturtrübem Apfelsaft der Trub bzw. die so genannten Trubstoffe nicht entfernt. Der Saft bleibt so wie er direkt nach dem Pressen war, also trüb.

Auf diesen Trub sind die bereits erwähnten positiven Wirkungen auf die Gesundheit zurückzuführen, die dem naturtrüben Apfelsaft nachgesagt werden. Es sind unter anderem natürliche Antioxidantien enthalten, die das Risiko für Erkrankungen wie Krebs, Herzinfarkt oder Atherosklerose senken können. Auch verschiedene Zellwandbestandteile wie Pektin sind in naturtrübem Apfelsaft zu finden. Pektin ist bekannt als Ballaststoff und fördert die Verdauung [ELMADFA und LEITZMANN, 2004]. Der Konsum von naturtrübem Apfelsaft sollte also gefördert werden.

Die absolute Stabilität der Trübung im Saft ist allerdings kaum gegeben. Der Trub setzt sich während der Lagerung in der Flasche ab und der Saft klart aus. Vor dem Öffnen ist es daher wichtig die Flasche zu schütteln. Im Normalfall lässt sich der abgesetzte Trub rückstandslos wieder aufschütteln. Es kann aber auch zu Verklumpungen, so genannten Konglomeraten, kommen, die sich durch Schütteln nicht wieder lösen lassen. Die Verklumpungen werden vom Kunden kaum oder nicht akzeptiert und die betroffenen Säfte können nicht verkauft werden. Wenn auf Grund dieser Umstände tausende Liter Apfelsaft vernichtet werden müssen, kann das zu enormen Schäden bei den Fruchtsaftproduzenten, vor allem bei Kleinbetrieben, führen und den Konsum naturtrüben Apfelsaftes trotz seiner gesundheitsfördernden Wirkung mindern.

Da es zu dieser Problematik bis dato noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen gab, sollte in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, wodurch diese Klumpenbildung beeinflusst wird und wie sie möglicherweise verhindert werden kann.

2 Der Apfel als Quelle der Trubpartikel

Der Apfel (*Malus x domestica* Borkh., *Malus sylvestris*) gehört zur Familie der Rosaceae und besteht aus Schale, äußerem Parenchym, innerem Parenchym und Kerngehäuse. Die Schale ist aus einer Cuticula aus Wachs, einer Epidermis und einer Hypodermis aufgebaut. In den Vakuolen der äußeren Zellen können Anthocyane eingelagert sein, welche den Äpfeln rote Farbe verleihen. Anschließend befindet sich lockeres Parenchymgewebe, bestehend aus großen Zellen mit dünnen Zellwänden und großen Interzellularräumen, welche in den Äpfeln einen Luftgehalt von 20-27 % verursachen. In den Zellen befindet sich eine große Vakuole, welche das Cytoplasma an die Zellwand presst. Aus diesem Bereich, welcher über 80 % der Apfelmasse darstellt, stammt die Flüssigkeit, die beim Pressen als Saft gewonnen wird [PRATT, 1988].

2.1 Zusammensetzung des Apfels

Die unlösliche Trockensubstanz, das heißt Rohfaser, Kerne, Schale und Stiele, macht lediglich 2,5 bis 4,5 % der Gesamtmasse aus. Die Summe von Wasser und der gelösten Trockensubstanz beträgt 95,5 bis 97,5 %, was gleichzeitig der möglichen Saftausbeute beim Pressen entspricht, sofern keine Maischeverflüssigung durchgeführt wird (Tabelle 2.1) [THÖNGES und RINDER, 1984].

Der unlösliche Rohfaseranteil im essbaren Teil des Apfels (ohne Kerngehäuse), liegt bei lediglich 0,9 %. Eiweiß und Fett, welche für die Trubbildung hauptsächlich verantwortlich sind, liegen jeweils bei nur 0,3 % (Tabelle 2.2) [SOUCI et al., 1969].

Tabelle 2.1 Zusammensetzung von Äpfeln [g / 100 g] [THÖNGES und RINDER, 1994]

Wasser	Lösliche Trocken- substanz	Unlösliche Trocken- substanz	Zucker	Säuren
83-90	7,5-12,5	2,5-4,5	7,3-12,0	0,4-1,2

Tabelle 2.2 Durchschnittliche Zusammensetzung des essbaren Anteils von Äpfeln [g / 100 g] (ohne Kerngehäuse, mit Schalen) [SOUCI et al. 1969]

Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlenhydrate	Rohfaser	Mineralstoffe
86,0	0,30	0,30	12,1	0,9	0,40

2.2 Veränderungen während der Reifung

Das Wachstum eines Apfels kann durch eine sigmoide Kurve beschrieben werden. Das Wachstum erfolgt anfangs hauptsächlich durch Zellteilung, später durch Zellstreckung und Bildung von Interzellularräumen [PRATT, 1988]. Während der Reifung durchläuft der Apfel eine Reihe von komplexen physikalischen und chemischen Veränderungen. Weichwerden, zunehmende Süße, Aromaänderungen und Farbänderungen sind nur einige Beispiele [BELITZ, 2008]. Anhand dieser Veränderung kann der Reifegrad der Äpfel mit Hilfe verschiedener Messmethoden bestimmt werden. Die wichtigsten Veränderungen werden im Folgenden beschrieben.

2.2.1 Änderungen der Atmungsintensität

Die Intensität der Atmung, das heißt die Intensität der CO₂-Abgabe, ist vom Entwicklungsstadium der Äpfel abhängig. Mit beginnendem Wachstum gibt es zuerst einen Atmungsanstieg, der später in einen Abfall der Atmung übergeht. Zu Beginn der Reife setzt, induziert durch Ethylenproduktion, das Klimakterium ein. Es erfolgt ein starker Atmungsanstieg, der bis zur Vollreife andauert und während der Seneszenz in einen Abfall der Atmung übergeht (Abbildung 2.1).

Früchte mit einem solchen Atmungsverlauf zählen zu den klimakterischen Früchten. Nicht-klimakterische Früchte sind durch einen steten Atmungsabfall, auch während der Reife, charakterisiert und enthalten im Gegensatz zu klimakterischen Früchten keine Stärke [WILLS et al., 2007].

Die durch die Atmung der Früchte hervorgerufene Konzentrationsänderung von CO₂ in der Umgebungsluft kann mit einem Fühler gemessen und damit das Reifestadium der Äpfel bestimmt werden.

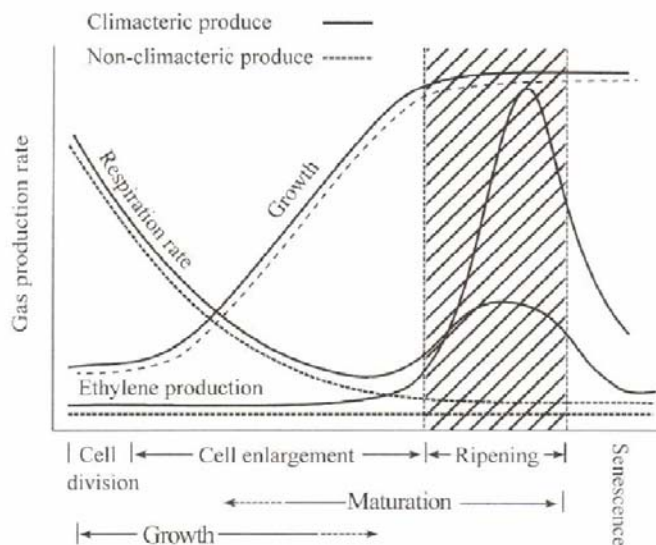


Abbildung 2.1 Wachstum, Respiration und Ethylenproduktion bei klimakterischen und nichtklimakterischen Pflanzen [Wills et al., 2007].

2.2.2 Änderungen des NDVI

Gesunde Vegetation reflektiert im sichtbaren Spektralbereich (rund 400 – 700 nm) relativ wenig Strahlung, im Infrarot-Bereich (rund 700 bis 1300 nm) jedoch relativ viel. Die Vitalität der Pflanze korreliert stark mit der Reflexion im Infrarotbereich und somit mit dem Anstieg des Reflexionsgrades und wird mit dem NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) beschrieben. In der Reifeperiode und nach der Ernte sinken die Werte für den NDVI ab [RUTKOWSKI et al., 2008].

2.2.3 Änderungen der Farbe

Die Farbgebung erfolgt hauptsächlich durch Anthocyane, Chlorophyll und Carotinoide. Die Anthocyan synthese erfolgt während dem gesamten Fruchtwachstum, während die Farbveränderungen im Laufe der Reifung hauptsächlich auf das gleichzeitige Verschwinden von Chlorophyll a und b zurückzuführen sind [KNEE, 1980]. Carotinoide werden im Apfel von β -Carotin, Lutein, Violaxanthin, Neoxanthin und Cryptoxanthin repräsentiert, wobei der Gehalt an β -Carotin während der Reifung absinkt, der Gehalt der Xanthophylle jedoch ansteigt [GROSS et al., 1978].

Bei der Messung zur Reifebestimmung wird als Farbraum der $L^*a^*b^*$ -Raum zur Verwendung herangezogen. In diesem Farbraum steht L^* für die Helligkeit und reicht von 0 (schwarz) bis 100 (weiß). Die a^* -Achse reicht von $-a^*$ bis $+a^*$ und entspricht den Farben Grün bis Rot. Die b^* -Achse reicht von $-b^*$ bis $+b^*$ und entspricht den Farben Blau bis Gelb.

Alternativ oder in Kombination zum $L^*a^*b^*$ -Raum kann auch der $L^*C^*h^\circ$ -Raum zur Messung verwendet werden. Dabei steht C^* für die Buntheit und h° für den Farbtonwinkel [TIJSKENS et al., 2008].

2.2.4 Stoffliche Änderungen

2.2.4.1 Kohlenhydrate

Zwischen dem Zeitpunkt der Ernte und dem Verderb durch Fäulnis werden etwa 20 % der Kohlenhydrate umgesetzt [BELITZ et al., 2008].

Der Gehalt an Stärke wird im Laufe der Fruchtentwicklung am Baum erst aufgebaut, wird in Form von kristallinen Stärkekörnern gespeichert und sinkt bis zur Ernte wieder ab. Bei ausgereiften Früchten ist nur noch wenig Reststärke enthalten. Nach der Ernte wird diese im Zuge der klimakterischen Atmungsaktivität sehr schnell abgebaut [BLANCO et al., 1992; WILLS et al., 2007].

Im Gegensatz dazu steigt der Gehalt an Zuckern im Apfel an [BLANCO et al., 1992]. Als Quellen werden Stärke, Hemicellulosen und Säuren angenommen [BELITZ et al., 2008].

In der Pektinfraktion kommt es während der Reifung zu einer Verringerung des Molekulargewichtes und zu einer Demethylierung. Unlösliches Pektin geht langsam in lösliches Pektin über, welches Polyphenole bindet und damit bei reifen Früchten deren adstringierende Wirkung löscht. Im weiteren Verlauf der Reifung kommt es bei Äpfeln auch zu einem Abbau des löslichen Pektins, der auch zum Mehligwerden der Textur führt [BELITZ et al., 2008].

Auf den genannten Veränderungen verschiedener Kohlenhydrate beruht die Reifebestimmung mit Hilfe des Streif-Index. Dabei werden Fleischfestigkeit (Penetrometerwert), Zuckergehalt (lösliche Trockensubstanz gemessen mittels Refraktometer) und Stärkeabbauwert ermittelt, woraus schließlich der Streif-

Index berechnet werden kann (siehe 0). Dieser Index ergibt einen Wert zwischen 0 und 1. Je näher das Ergebnis bei 1 liegt, desto unreifer ist die gemessene Apfelprobe [STREIF, 1989]. Reifeindizes bieten einen Richtwert für den optimalen Erntezeitpunkt der einzelnen Apfelsorten [HÖHN et al., 1999].

2.2.4.2 Proteine, Enzyme

Bei dem im Obst und so auch in Äpfeln vorhandenen Protein handelt es sich hauptsächlich um Enzyme, die unter anderem im Kohlenhydrat-, Lipid- und Proteinstoffwechsel oder aber auch im Citratzyklus eine wichtige Rolle spielen [BELITZ et al., 2008].

Während des Reifevorganges nehmen die Synthese dieser Enzyme und damit auch der Proteingehalt zu [FRENKEL et al., 1968].

2.2.4.3 Säuren

Die Hauptsäure in Äpfeln stellt die Äpfelsäure mit Konzentrationen zwischen 0,4 und 1 % dar. Während der Reifung fällt der Gehalt ab, bis es kurz vor der Ernte noch einen kurzen Anstieg gibt. Der Säureabfall während der Fruchtentwicklung ist möglicherweise auf einen Verdünnungseffekt zurückzuführen, der durch die Massenvergrößerung während der Zellwachstumsphase auftritt. Während der Lagerung kommt es durch die Respiration zu weiterem Säureabbau [ACKERMANN et al., 1992]. Allerdings wird nicht in allen Studien ein Säureanstieg vor der Ernte verzeichnet. Jedenfalls kann aber davon ausgegangen werden, dass bei geringerer Bepflanzungsdichte höhere Gehalte an Äpfelsäure auftreten [STURM und STAMPAR, 1999].

3 Naturtrüber Apfelsaft als zweiphasiges System

Wie bei ZIMMER et al. (1996) beschrieben, handelt es sich bei naturtrübem Apfelsaft um ein zweiphasiges System. Die Serumphase ist eine gelblich gefärbte Flüssigkeit und hat einen pH-Wert zwischen etwa 3,1 und 3,8. In dieser Flüssigkeit sind Fruchtzucker, Fruchtsäuren, Mineralstoffe, phenolische Stoffe und Aromastoffe gelöst. Ebenfalls in der Serumphase enthalten sind kolloidal gelöste Polymere, wie zum Beispiel Pektin, welche signifikant die Saftviskosität beeinflussen.

Die feste Phase besteht aus ungelösten Partikeln und ist in der Serumphase verteilt. Diese Partikel streuen das auftreffende Licht und verursachen dadurch eine Trübung. Bei der Lagerung können die Partikel sedimentieren. Die Sedimentation verläuft nach dem Gesetz von Stokes und ist daher von den Größen Partikeldurchmesser, Partikeldichte, Serumdichte und Serumviskosität abhängig. Demnach werden die Partikel in Grobtrub und Feintrub eingeteilt: im Grobtrub finden sich die größeren Teilchen, die schnell zu Boden sinken und ein ausgeprägtes Trubdepot verursachen. Zum Feintrub zählen die kleinen Teilchen, die nur sehr langsam oder gar nicht absinken (für Teilchen kleiner 0,5 μm gilt das Stokessche Gesetz nicht mehr) und so die Trübung des Saftes stabilisieren [ZIMMER et al., 1996]. Dies ist insofern notwendig, da der Verbraucher von einem naturtrüben Saft eine gewisse Stabilität innerhalb einer gewissen Lagerdauer erwartet. Bevorzugt wird vom Konsumenten eine Trübungsintensität von 300 TE/F [KRAPPENBAUER et al., 2004]. Dieser Trübungswert sollte zumindest einige Monate aufrechterhalten werden können.

3.1 Trubzusammensetzung

Entgegen oftmaliger Vermutungen, Pektin sei der Hauptbestandteil des Apfelsafttrubes, sind die quantitativ wichtigsten Komponenten Proteine und Lipide, die beide vermutlich aus dem Apfelparenchymgewebe stammen. Ebenso sind Polyphenole, Neutralpolysaccharide, und in geringen Mengen Pektin enthalten (1-2 % Trockensubstanz) [ZIMMER et al., 1996] (Abbildung 3.1).

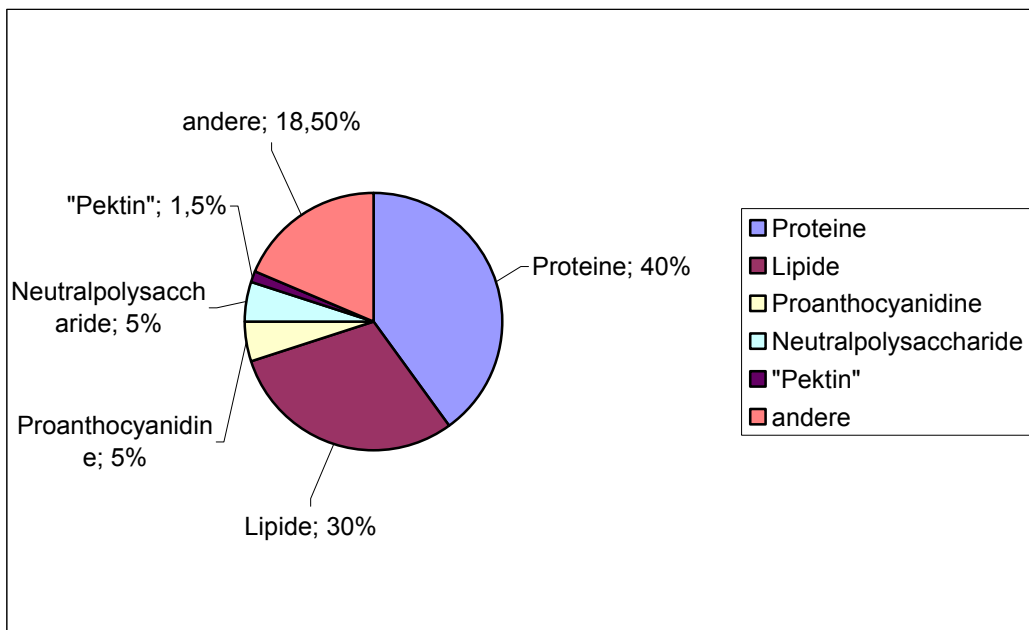


Abbildung 3.1 Durchschnittliche Zusammensetzung von Apfelsafttrub (ZIMMER et al., 1996)

Im Folgenden sollen einige dieser Inhaltsstoffe genauer beschrieben werden:

3.1.1 Pektin

Pektin ist ein Heteropolysaccharid und kommt hauptsächlich in Pflanzenzellwänden als Gerüstsubstanz vor. Im Frischgewebe eines Apfels kommt Pektin auf einen Gehalt von rund 0,6 %. [BELITZ et al., 2008]

Pektin besteht hauptsächlich aus α -D-Galakturonsäure (mindestens 65 %), die zu einer Polygalakturonsäure-Hauptkette α -1,4-glykosidisch verknüpft ist. Einige der Galakturonsäuremoleküle sind mit Methanol verestert. Je nach Veresterungsgrad der Galakturonsäuren handelt es sich um hochverestertes Pektin (mehr als 50 % verestert) oder um niedrigverestertes Pektin. Ein weiterer Bestandteil sind α -1,2-glykosidisch verknüpfte Rhamnose-Moleküle, die in der Polygalakturonsäure-Hauptkette eingelagert sind. An diese Rhamnose-Moleküle verknüpft finden sich Neutralzucker in Form von längeren Seitenketten oder Monomeren. Auf Grund der ungleichmäßigen Verteilung der Rhamnose-Moleküle in der Galakturonsäurekette wird zwischen smooth und hairy regions unterschieden [ENDRESS, 1996].

Pektin wird in pflanzlichen Lebensmitteln von verschiedenen Arten von Enzymen angegriffen. Es wird unterschieden zwischen Pektinesterasen, die das Pektin entmethylieren, und Polygalakturonasen, die die glykosidische Bindung in Polygalakturoniden angreifen. Zu den Polygalakturonasen zählen Hydrolasen und Lyasen. Unterschiede gibt es auch zwischen dem Ort des Angriffs (Endo-/Exoenzyme) und nach dem Substrat (Pektin oder Pektinsäure). Während der Reifung der Früchte kommt es zu einer Steigerung der Aktivität von Polygalakturonasen und Pektinesterasen, wodurch es zu einer Verringerung des Molekulargewichtes und zu einer Demethylierung in der Pektinfraktion kommt (siehe 2.2.4.1) [BELITZ et al., 2008].

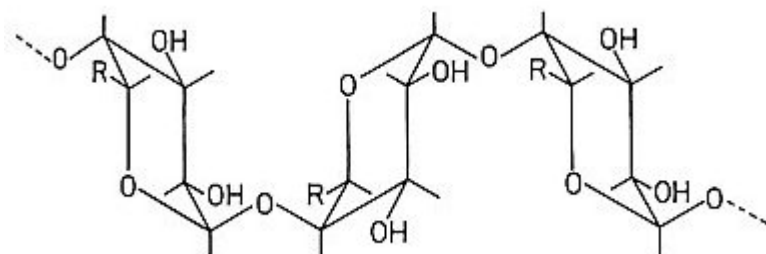


Abbildung 3.2 Pektin-Struktur (R: COO^- oder COOCH_3)

Obwohl es keinen nachweisbaren Zusammenhang zwischen Trubausbeute und Gesamtpektingehalt gibt [STÄHLE-HAMATSCHEK und GIERSCHEK K, 1989], spielt Pektin eine wesentliche Rolle bei der Trubstabilisierung. Verschiedene Trubmodelle sind in 3.3 beschrieben. Doch Pektin spielt auch auf andere Weise eine wichtige Rolle: liegt es in löslicher Form vor, wird die Serumviskosität erhöht, was ebenfalls einen positiven Einfluss auf die Trubstabilität hat. [GENOVESE und LOZANO, 2000].

Wird Pektin im Saft durch Enzyme, genauer gesagt Pektinasen, zerstört oder komplett abgebaut, wird die trubstabilisierende Wirkung unterbunden und es kommt zu elektrostatischer Anziehung, Aggregation und Sedimentation der Trubpartikel [SORRIVAS et al., 2006].

Pektinasen können, wie bereits erwähnt, in zwei unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden: Pektinmethylesterase und Polygalakturonase. Pektinmethylesterase katalysiert die Hydrolyse von Methylestergruppen von Pektin und liefert damit das Substrat für die Polygalakturonase. CASTALDO et

al. (1989) fanden im Apfel zwei unterschiedliche Formen von Pektinmethylesterasen, welche sich jeweils in Molekulargewicht und Ladung unterschieden. Die schwerere Form war bis 40°C stabil und konnte bei Inkubation bei 90°C für 1 min komplett inaktiviert werden.

Doch nicht nur Hochkurzzeiterhitzung (HTST) des Saftes, sondern auch Dampferhitzung während des Pressvorganges soll laut GENOVESE et al. (1997) die Pektinasen inaktivieren, um die Trubstabilität zu verbessern.

Neuere Untersuchungen konnten jedoch zeigen, dass auch bei höheren Temperaturen keine vollständige Inhibierung des Enzyms möglich ist. KRAPFENBAUER et al. (2006) konnten selbst nach Erhitzung des Saftes auf 90°C für 100 Sekunden eine gewisse Restaktivität der Pektinmethylesterase beweisen.

3.1.2 Stärke

Stärke ist ein pflanzliches Reservepolysaccharid, das von klimakterischen Pflanzen – also auch in Äpfeln – in Form von kristallinen Stärkekörnern gespeichert wird. Während des Wachstums steigt der Stärkegehalt im Apfel am Baum bis zu einem Maximum an. Bis zur Reife bzw. nach der Ernte, wenn die Äpfel unreif geerntet werden, wird die Stärke im Zuge des Anstiegs der klimakterischen Atmungsaktivität abgebaut (siehe 2.2.4.1).

Apfelstärkekörner bestehen aus den Glucanen Amylose (unverzweigt; rund 25–30 %) und Amylopektin (verzweigt; rund 70–75 %). Bei Temperaturen von 58–60 °C beginnt das Amylopektin zu verkleistern. Die Folge weiterer Erhitzung ist der Übergang der Stärke in den kolloidal gelösten Zustand, in dem die Moleküle durch Enzyme abgebaut werden können. Dies bestätigt auch eine Studie von CARRIN et al. (2004) (Abbildung 3.3). Bei Abkühlung kann die gelöste Stärke retrogradieren, d.h. es kommt zu einem weitgehend irreversiblen Übergang vom gelösten Zustand in einen unlöslichen, mikrokristallinen Zustand. In dieser Form kann es auch zu Stärke-Gerbstoff-Komplexen kommen, welche Ursache von Trübungen sein können [SCHOBINGER et al., 2001]. Gelöste Stärke kann in naturtrübem Apfelsaft als Schutzkolloid wirken, durch Retrogradation wird allerdings die Trübungsstabilität negativ beeinflusst. Retrogradierte Stärke ist

hauptsächlich in der Grobtrubfraktion zu finden (bei unreifen Äpfeln bis zu 80 %), welche nicht zur Trübungsstabilität beiträgt, sondern während der Lagerung zu Boden sinkt. Ein hoher Anteil an Stärke erhöht also nicht die Stabilität des Saftes, sondern nur die Menge des Präzipitats am Boden der Flasche. [DIETRICH und WILL, 1996; ZIMMER et al., 1996; BELITZ et al., 2008]

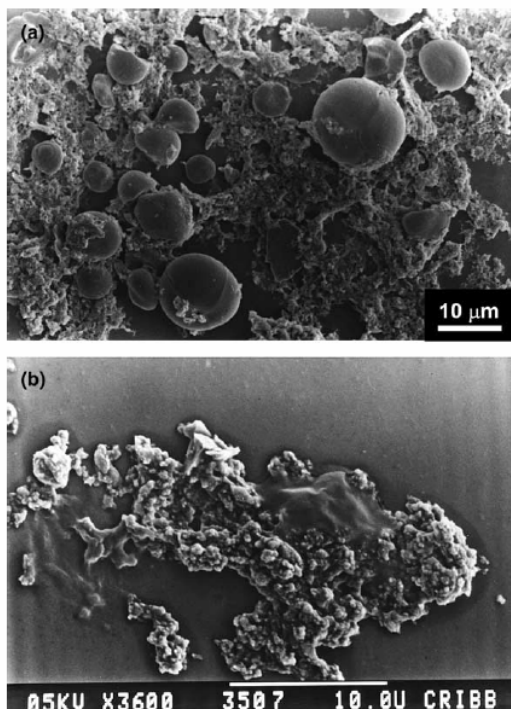


Abbildung 3.3 Scanning electron micrograph von (a) nicht pasteurisiertem naturtrüben Apfelsaft (b) pasteurisiertem naturtrüben Apfelsaft 5 min bei 90 ° (CARRIN 2004)

3.1.3 Protein

Die Frischsubstanz von Äpfeln besteht trotzdem lediglich zu 0,2 bis etwa 1 % aus stickstoffhaltigen Verbindungen. In Apfelsäften macht den Hauptanteil am Protein die Aminosäure Asparagin mit 100-1500 mg/L aus. Gemeinsam mit Asparaginsäure (30-300 mg/L) entspricht dieser Gehalt 80 % der Gesamtmenge an freien Aminosäuren im Apfelsaft, welche einen beträchtlichen Anteil an stickstoffhaltigen Verbindungen darstellen [SCHOBINGER, 2001].

Proteine stellen einen erheblichen Anteil am Trub dar (Abbildung 3.1) und werden, wie in 3.3 beschrieben, unter anderem durch Interaktion mit Pektin in Schwebe gehalten [STÄHLE-HAMATSCHEK und GIERSCHEK, 1989]. Manche Proteine können auch mit Polyphenolen Komplexe bilden, welche in

klarem Apfelsaft zu Nachtrübungen führen können. Pektin und Polygalakturonsäure können diesen Effekt verstärken [SIEBERT et al., 1996(a)].

Mittels Bentonit, einem Verwitterungsprodukt aus vulkanischen Aschen und Tuffen oder aus Pegamiten, kann durch Adsorption der Gehalt an Protein im Saft reduziert werden. Mit Hilfe von Proteasen - eiweißabbauenden Enzymen - lässt sich der Proteingehalt ebenfalls reduzieren [SCHOBINGER et al., 2001].

3.1.4 Polyphenole

Einige hundert Polyphenole wurden bereits in pflanzlichen Lebensmitteln festgestellt. Sie können auf Grund der Anzahl der Phenolringe und deren Verknüpfung in Gruppen eingeteilt werden. Polyphenole haben eine antioxidative Wirkung, wobei ihre Aktivität von der Anzahl sowie der Stellung der OH-Gruppen und vom pH-Wert der Umgebung abhängig ist [BELITZ et al., 2008].

Auf Grund der antioxidativen Kapazität der phenolischen Verbindungen wird Apfelsaft eine ernährungsphysiologisch bedeutende Wirkung zugeschrieben. Naturtrüber Apfelsaft enthält weitaus höhere Gehalte an phenolischen Verbindungen als klarer Apfelsaft [MARKOWSKI et al., 2006]. Es gibt Hinweise, dass naturtrüber Apfelsaft mit Hilfe der phenolischen Verbindungen unter anderem das Risiko für DNA-Schäden und Hyperproliferation der Zellen im Darm senken [BARTH et al., 2005] oder antioxidative Enzyme wie Katalase, Gluthathion-Peroxidase und Gluthathion-Reduktase vor chemisch induziertem Stress schützen kann [KUJAWSKA et al., 2010].

Polyphenole haben einen bedeutenden Einfluss auf den Geschmack von Obst und Obstverarbeitungsprodukten. Beispielsweise können Gerbstoffe bei unreifen Äpfeln einen adstringierenden, herben Geschmack hervorrufen. Auch die Färbung des Obstes und der daraus resultierenden Produkte wird wesentlich von Polyphenolen beeinflusst. Durch Oxidation und eine Reihe weiterer Reaktionen können braune Verfärbungen auftreten - „enzymatische Bräunung“. Durch Enzyminaktivierung durch Erhitzen, Zusatz von Reduktionsmitteln oder Entzug von Sauerstoff kann der Verfärbung

entgegengewirkt werden [BELITZ et al., 2008]. Als Alternative zum Erhitzen, könnten auch ultraviolette Strahlung und pulsierte elektrische Felder (PEF) zur Enzyminaktivierung (und mikrobiologischen Inaktivierung) eingesetzt werden [NOCI et al., 2008].

Weiters können Polyphenole, wie in 3.1.3 erwähnt, mit Proteinen zu Trübungen führen. Dabei wird ein π -Komplex zwischen den beiden Verbindungen gebildet, der durch Wasserstoffbrücken stabilisiert wird [BELITZ et al., 2008].

Der Gehalt an phenolischen Verbindungen im Saft kann wie bei Proteinen mittels Bentonit reduziert werden [SCHOBINGER et al., 2001], wobei Säure-Aktivierung von Bentonit die Adsorption von dunklen Komponenten in Apfelsaft verbessert [KOYUNCU et al 2007].

3.2 Trubentstehung

Wie bei ZIMMER (1996) beschrieben, unterscheidet man generell zwischen primären und sekundären Trubstoffen. Als primäre Trubstoffe werden jene Substanzen bezeichnet, welche bereits im Apfel ungelöst vorliegen wie feste Bestandteile der Zellwände, Stärkekörner und Membranstrukturen. Da allerdings feste Zellwandbestandteile im Trester zurückbleiben und oft im Herstellungsprozess native Stärkekörner abzentrifugiert werden, gelten nur Membranbruchstücke als wesentliche Elemente. Diese bilden die so genannte primäre Trübung, welche bereits unmittelbar nach dem Pressvorgang erkennbar ist aber nur maximal 25-30 % der Gesamttrübung ausmacht.

Sekundäre Trubstoffe entwickeln sich erst nach der Zerstörung des Fruchtgewebes durch enzymatische und chemische Vorgänge sowie durch thermische Denaturierung.

Die Entstehung der sekundären Trubstoffe kann laut ZIMMER (1996) in drei Phasen eingeteilt werden:

3.2.1 Vor der Pasteurisation

Unmittelbar nach dem Pressen setzt die sekundäre Trubbildung mit sehr großer Geschwindigkeit ein. Membranbruchstücke, die anfangs noch zu klein waren, um eine Streuung des Lichts hervorzurufen, lagern sich zusammen um einen

thermodynamisch günstigeren Zustand zu erreichen. Durch diese Assoziation sind die Partikel schließlich groß genug um eine Trübung zu verursachen.

Weiters kommt es durch die Gewebeerstörung zu einer Vermischung von saurer Vakuolenflüssigkeit und nahezu basischem Zytoplasma. Durch diesen Vorgang entsteht der insgesamt relativ niedrige pH-Wert des Saftes, was zu einer Säuredenaturierung und einem Löslichkeitsverlust der Plasmaproteine führt.

Durch die Gewebeerstörung kommt es außerdem zu einem Austritt an Enzymen, welche unter anderem die enzymatische Bräunungsreaktion und sowohl eine Polyphenolpolymerisation als auch eine Komplexierung von Phenolen mit Proteinen hervorrufen.

Die Geschwindigkeit der Trubentstehung geht mit zunehmender Saftstandzeit sukzessive zurück. Insgesamt gilt, je später der Saft pasteurisiert wird, desto höher ist der Trübungsgrad.

3.2.2 Thermische Denaturierung während der Pasteurisation

Durch die Erhitzung des Saftes kommt es zu einer Enzyminaktivierung, die Trubbildung durch enzymatische Reaktionen wird somit unterbrochen. Allerdings kommt es zu einer thermischen Denaturierung der Proteine, was wiederum zu einem irreversiblen Unlöslichwerden der Proteine und einer weiteren Trübung führt. Der Anteil an durch thermische Behandlung gebildeten Trubteilchen kann bis über 50 % betragen.

3.2.3 Nach der Pasteurisation (während der Saftlagerung)

Während der Saftlagerung kommt es, allerdings sehr langsam, zu einer weiteren Trübungszunahme. Diese Zunahme ist hauptsächlich auf chemische Reaktionen zurückzuführen, die auch in klaren Apfelsäften zu Nachtrübungen führen können. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Komplexbildung zwischen Polyphenolen und Proteinen.

Nach dem anfänglichen Trübungsanstieg erfolgt ein Trübungsabfall durch Agglomeration von Feintrubpartikeln, welche in der Entstehung von Grobtrubpartikeln resultiert. Größere Partikel streuen das Licht weniger als kleine, weshalb die Trübung geringer erscheint. Hinzu kommt, dass Grobtrub

schneller absinkt als Feintrub, welcher leicht in Schwebelage bleibt und damit die Trübung stabilisiert.

3.3 Trubstabilität

Die primäre Voraussetzung der Konglomeratbildung ist das Absinken der Trubpartikel und die Ausbildung eines Trubdepots am Boden der Flasche. Die Stabilität der Trübung ist daher von enormer Bedeutung.

Die Mechanismen der Partikelstabilität sind noch nicht komplett geklärt. Ältere Trubmodelle besagen, dass Trubteilchen als Komplex aus positiv geladenem Protein-Kohlenhydrat-Kern vorliegen, umhüllt von einer negativ geladenen Pektinhülle. Durch Abstoßung der gleichen Ladungen, bleiben die Partikel in Schwebelage [STÄHLE, 1989; ENDO, 1965; YAMASAKI et al., 1964]. Wird die schützende Pektinhülle durch Enzyme zerstört oder komplett abgebaut, kommt es zu elektrostatischer Anziehung, Aggregation und Sedimentation der Trubpartikel [SORRIVAS et al., 2006].

Da allerdings sehr wenig Pektin im Trub enthalten ist, spielen vermutlich auch freie Phosphatidsäuren der Trublipide, also Phospholipide mit unveresterter Phosphatgruppe, von denen große Mengen im Trubfett vorkommen, eine wesentliche Rolle und sind die Hauptträger der negativen Partikelladung [DIETRICH et al., 2000].

Nach MCCLEMENTS (1999) müssen jedenfalls für die kolloidale Stabilität die abstoßenden Kräfte überwiegend sein. Es gibt verschiedene Mechanismen, welche die Stabilität beeinflussen, dazu gehören anziehende Van der Waals Kräfte, abstoßende elektrostatische Kräfte und einige andere Wechselbeziehungen wie sterische Abstoßung, Substanzverdrängung, hydrophobe und hydrophile Interaktionen.

Zur Bewertung der Stabilität von kolloiden Systemen werden oft Z-Potential-Messungen eingesetzt, da das Z-Potenzial (ξ) ein guter Index für die Größe von elektrostatisch abstoßenden Kräften zwischen kolloiden Partikeln ist [McCLEMENTS, 1999].

Neuere Studien beschreiben die komplexen Wechselwirkungen auch mit Hilfe einer erweiterten DLVO-Theorie (Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek-Theorie),

welche ebenfalls besagt, dass die Stabilität von kolloiden Partikeln von der Balance zwischen anziehenden Van der Waals Kräften und abstoßenden elektrostatischen Kräften abhängt. Durch mobile Kationen wird die negative Ladung von Apfelsaftpartikeln reduziert, wodurch die elektrostatische Abstoßung verringert und Aggregation und Instabilität erhöht werden [OVERBEEK, 1977; GENOVESE und LOZANO, 2006; BENITEZ et al., 2009].

Laut DIETRICH (2000) liegen die Trubstoffe nicht in kugelähnlichem Zustand, wie in den älteren Modellen beschrieben, vor, sondern in Form eines fibrillären Netzwerkes. Es erscheint die Erhaltung einer hohen Hydrophilie der Partikeloberflächen besonders wichtig. Begünstigt wird diese durch das hohe Wasserbindungsvermögen der Polysaccharide, welches den hydrophoben Trubteilchen aus Proteinen und Lipiden eine stark hydratisierte Oberfläche verleiht. Die Aggregation der hydrophoben Teilchenkerne im wässrigen Milieu wird dadurch unterbunden. Polyphenole, insbesondere hochpolymere und somit hydrophobe Polyphenole, scheinen einen negativen Effekt zu haben. Durch ihre vernetzenden Eigenschaften wird die Trübungsstabilität vermindert. Dies kann durch entsprechenden Oxidationsschutz vermieden werden.

Im Allgemeinen gibt es eine ganze Reihe von Faktoren, die den Trübungsgrad und die Trubstabilität in naturtrübem Apfelsaft positiv oder negativ beeinflussen können (Abbildung 3.4).

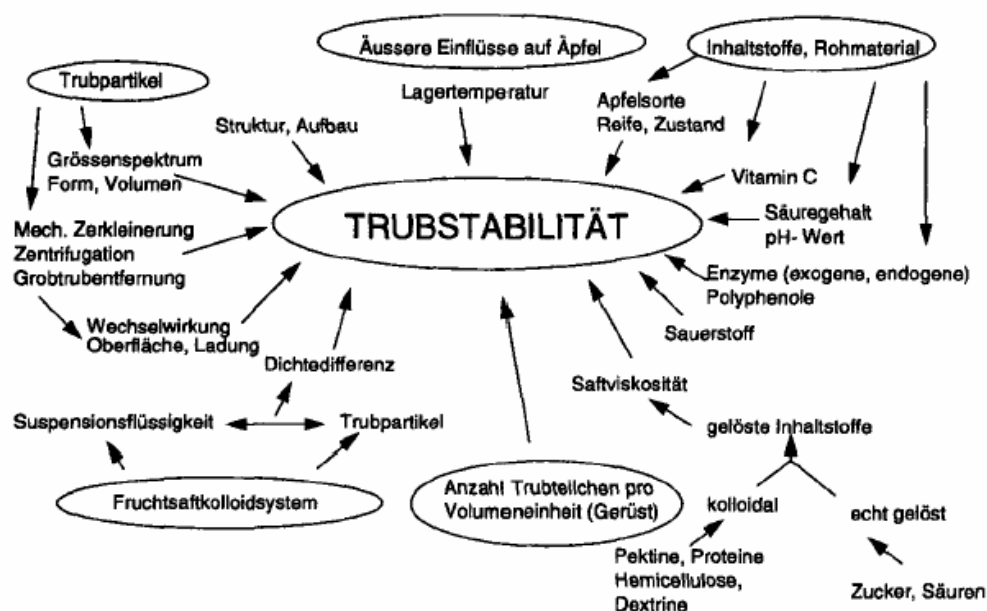


Abbildung 3.4 Einflussfaktoren auf die Trubstabilität [STÜSSI, 1998]

Wesentlich für die Trubstabilität im naturtrüben Saft sind die **Viskosität** und die **Teilchengröße**. Durch einen hohen Anteil von **Feintrub** am Gesamttrub kann die Stabilität wesentlich erhöht werden, da Teilchen $< 0,5 \mu\text{m}$ nicht dem Gesetz von Stokes unterliegen. Proteine, Lipide und polymere Polyphenole gelten als hydrophob und bilden daher keine stabile Suspension. Durch einen hohen Anteil von hydrophilen Polysacchariden, also **Pektin**, kann diese stabilisiert werden.

Im Produktionsprozess kann durch das **Entsaftungssystem** die Trübungsintensität stark, die Stabilität eher wenig beeinflusst werden. Durch eine gewisse **Maischestandzeit** kann die Viskosität und dadurch die Stabilität des Saftes erhöht werden [ZIMMER, 1996].

Werden zur Maische pektinolytische Enzyme hinzugefügt, ergeben sich positive Effekte auf den Polyphenolgehalt und die Saftausbeute, jedoch zeigen die produzierten Säfte eine niedrige Viskosität und eine hohe Instabilität der Trübung [OSZMIANSKI et al., 2009].

Wird zur Maische **Ascorbinsäure** hinzugefügt, werden Trübungsstabilität und Trübungsintensität gesteigert. Zusatz von Ascorbinsäure zum Saft wirkt sich

durch Verhinderung von Polyphenolkomplexierung ebenfalls positiv auf die Stabilität des Saftes aus [ZIMMER, 1996].

Ebenso hat die **Lagertemperatur** des Saftes einen Einfluss auf die Stabilität der Trübung. Im direkten Vergleich zeigen Säfte bei Temperaturen von 4°C oder 40°C gegenüber 22°C nach 120 Tagen eine höhere Trübung. Bei 4°C ist die Viskosität des Saftes höher, somit können die Partikel weniger schnell absinken. Bei 40°C ist die Viskosität zwar am niedrigsten, allerdings resultiert die höhere Trübung aus der Tatsache, dass die Oxidation und Polymerisation der Polyphenole im Vergleich viel höher ist, wodurch es zu Komplexierung und somit zu erneuter Trübung kommt [ZHAO, 2008].

Einen wesentlichen Einfluss zeigt die **Rohware** selbst: jede **Apfelsorte** und jeder **Reifegrad** bringt eine bestimmte Anzahl an Trubpräkursoren mit, wodurch es zu unterschiedlichen Trübungsintensitäten kommt. Jede Sorte erzeugt auch verschiedene Viskositätsgrade und Basisstabilitäten, wodurch es zu besseren oder schlechteren Trübungsstabilitäten kommen kann. Elstar zeigt zum Beispiel eine niedrige Viskosität und eine niedrige Basisstabilität wodurch es zu extrem schlechter Trübungsstabilität kommt.

Unreife Äpfel sind eher schlecht geeignet zur Saftproduktion, da sie einen hohen **Stärkegehalt** aufweisen. Solche Säfte sollten unmittelbar nach dem Pressen separiert werden, um die Stärkekörner zu entfernen. So können eine Stärkeverkleisterung bei der Pasteurisation sowie anschließende Grobtrubabscheidung verhindert werden. Abgesehen davon sind Säfte aus unreifer Rohware meist durch einen unharmonisch sauren Geschmack geprägt, und die Farbe zeigt durch die Stärke einen leichten Grauschleier.

Durch **angefaulte Ware** kommt es zu einer enzymatischen Denaturierung der Feintrubteilchen durch die Exoenzyme von Schimmelpilzen, was ebenfalls zu schlechter Trübungsstabilität führt.

Die Rohware bringt immer die Grundvoraussetzungen für Trübungsintensität und –stabilität mit. Die Einflüsse der Technologie bauen immer nur auf diesen Grundvoraussetzungen auf. Insgesamt spielt daher die Rohware eine wesentlich größere Rolle in Bezug auf Trübungsintensität und –stabilität als die Technologie [ZIMMER, 1996].

4 Aufgabenstellung

Im Zuge dieser Diplomarbeit sollte festgestellt werden, wodurch sich Säfte mit und ohne Konglomeratbildung in Folge der Lagerung unterscheiden und wie dieser Problematik bereits während der Produktion entgegengewirkt werden kann.

Um dies herauszufinden, wurden folgende Arbeitsschritte festgelegt:

- Befragung von Apfelsaftproduzenten, welche Apfelsorten in deren Produktion am ehesten zu Konglomeratbildung neigen und durch welche Produktionsschritte dies zu verhindern versucht wird.
- Produktion von Apfelsaft aus Äpfeln in unterschiedlichen Reifestadien (unreif, reif, überreif) von unterschiedlichen Apfelsorten, die jeweils zu Konglomeratbildung neigen (Elstar, Braeburn). Weiters die Behandlung des Saftes mit Bentonit, Enzymen der Fa. Begerow (Panzym AG XXL, Panzym F2, Neutrase, Panzym Clear, Panzym Smash XXL, Panzym XXL) oder einem Separator.
- Bestimmung der Reife der verwendeten Äpfel durch Parameter wie Streif-Index, Farbe, Säure, Respiration und Chlorophyllgehalt.
- Laufende Kontrolle (alle vier Wochen über einen Zeitraum von sechs Monaten) der gelagerten Säfte auf Konglomeratbildung sowie Messung und Dokumentation der Trübung und deren Veränderung.
- Übernahme und Optimierung quantitativer Bestimmungsmethoden von Pektin, Protein, Gesamtphenolen und Stärke in Fruchtsäften sowie der Vergleich von Säften mit und ohne Konglomeratbildung auf diese Parameter.
- Mikroskopischer Befund und qualitative Untersuchung von externen Apfelsaftproben mit Konglomeratbildung.
- Quantitative Bestimmung von Pektin, Protein, Gesamtphenolen und Stärke im Saft und im isolierten Trub von externen Apfelsaftproben.
- Vergleich von Trubpartikelgrößenverteilungen innerhalb verschiedener Saftvarianten.

5 Material und Methoden

5.1 Rohware

5.1.1 Äpfel

Verwendet wurden ausschließlich Äpfel der Sorten Elstar und Braeburn. Von jeder Apfelsorte wurden Äpfel in drei Reifegraden (unreif, reif, überreif) gepresst. Die Äpfel der Sorte Elstar wurden von der VermarktungsGesmbH Wachau Obst in Gföhl zur Verfügung gestellt. Die Äpfel der Sorte Braeburn stammten alle vom Versuchsgut Haschhof des LFZ Klosterneuburg. Alle Äpfel wurden entweder bereits im benötigten Reifestadium geerntet oder nach der Ernte bis zur notwendigen Reife gelagert. Um den Nachreifungsprozess bei der Lagerung zu beschleunigen, wurden die Äpfel zum Teil bei Raumtemperatur gelagert.

Von der Sorte Elstar wurde zusätzlich eine Charge von „Wein & Obstkultur Preiß“ aus Traismauer verarbeitet.

Tabelle 5.1 Übersicht über Ernte und Lagerzeiträume der verwendeten Äpfel

	Sorte	Ernte	Verarbeitung	Lagerdauer	Temperatur
I	Elstar Unreif	Letzte Augustwoche	1. September-woche	4 Tage	4 °C
II	Elstar Reif	1. September-woche	2. September-woche	4 Tage	4 °C
III	Elstar Überreif	1. September-woche	3. September-woche	4 Tage 7 Tage	4°C 24°C
IV	Braeburn Unreif	1. Oktober-woche	1. Oktoberwoche	1 Tag	15°C
V	Elstar Traismauer	Mitte September	3. Oktoberwoche	4 Wochen 3 Tage	10°C 4°C
VI	Braeburn Reif	1. Oktober-woche	1. November-woche	4 Wochen 5 Tage	4°C 20°C
VII	Braeburn Überreif	Letzte November-woche	3. Dezember-woche	10 Tage 10 Tage	18°C 4°C

5.1.1.1 Elstar Unreif



Abbildung 5.1 Äpfel Elstar Unreif

Die Äpfel für die Saftvariante Elstar Unreif (rund 1000 kg) wurden im unreifen Stadium vom Baum geerntet und nach 4 Tagen Lagerung bei 4 °C verarbeitet.

5.1.1.2 Elstar Reif



Abbildung 5.2 Äpfel Elstar Reif

Die Äpfel für die Saftvariante Elstar Reif (rund 1000 kg) wurden im reifen Stadium vom Baum geerntet und nach 4 Tagen Lagerung bei 4 °C im Kühlhaus verarbeitet.

5.1.1.3 Elstar Überreif



Abbildung 5.3 Apfel Elstar Überreif

Die Äpfel für die Saftvariante Elstar Überreif (rund 1000 kg) stammten aus derselben Apfelcharge wie Elstar Reif, die Äpfel wurden gleichzeitig und mit dem selben Reifegrad vom Baum geerntet. Anschließend wurde 4 Tage bei 4°C und 7 Tage bei 24 °C gelagert.

5.1.1.4 Elstar Traismauer



Abbildung 5.4 Äpfel Elstar Traismauer

Die Äpfel für diese Apfelvariante wurden von einem Fruchtsaftproduzenten nahe Traismauer zur Verfügung gestellt (rund 1000 kg). Erntetermin war Mitte September, es wurden alle Äpfel unabhängig vom Reifegrad geerntet. Dies hatte zur Folge, dass zwar der Großteil der Äpfel bereits reif war. Da aber auch die Schattenfrüchte mitgeerntet wurden, waren auch etliche unreife Äpfel

enthalten. Nach der Ernte wurden die Äpfel in einer Lagerhalle bei rund 10 °C für 4 Wochen gelagert. Zum Presstermin des Fruchtsaftproduzenten wurden die Äpfel abgeholt und nach 3 Tagen Lagerung bei 4 °C im Technikum verarbeitet.

5.1.1.5 Braeburn Unreif



Abbildung 5.5 Äpfel Braeburn Unreif

Die Äpfel für Braeburn Unreif (rund 800 kg) wurden in der ersten Oktoberwoche geerntet und am darauf folgenden Tag gepresst. Über Nacht wurden die Äpfel bei 15 °C gelagert.

5.1.1.6 Braeburn Reif



Abbildung 5.6 Äpfel Braeburn Reif

Die Äpfel für die Variante Braeburn Reif (rund 650 kg) wurden gleichzeitig mit den Äpfeln für Braeburn Unreif geerntet, entsprachen also zum Zeitpunkt der Ernte dem gleichen Reifegrad wie Braeburn Unreif. Der gewünschte Reifegrad wurde durch Lagerung erreicht. Erst wurde 4 Wochen bei 4 °C gelagert, im Anschluss 5 Tage bei 20 °C im Technikum, um den Reifevorgang zu beschleunigen.

Zur Verfügung stand für diese Variante eine geringere Menge Äpfel als bei den anderen Varianten, es kam lediglich zu einer Saftausbeute von rund 400 L.

5.1.1.7 Braeburn Überreif



Abbildung 5.7 Äpfel Braeburn Überreif

Die Äpfel für Braeburn Überreif (rund 900 kg) stammten zum einen Teil aus einem eigenen Quartier, zum anderen Teil aus demselben Quartier wie Braeburn Unreif und Reif und waren somit die Äpfel, die zum Zeitpunkt der ersten Ernte noch nicht reif waren. Diese Äpfel wurden noch am Baum belassen, um einen höheren Reifegrad zu erzielen. Auf Grund des späten Zeitpunktes – es war bereits November – lagen die Außentemperaturen bereits nur noch knapp über 0 °C. Um die Reife zu beschleunigen, wurden die Äpfel geerntet und 10 Tage bei 18 °C im Technikum gelagert. Anschließend folgte bis zur Verarbeitung eine Lagerung über 10 Tage bei 4 °C.

5.1.2 Befragung zur Sortenauswahl

Ausgewählt wurden die Sorten auf Grund der Ergebnisse einer Befragung, die unter Apfelsaftproduzenten zum Thema durchgeführt wurde. Die Befragung erfolgte entweder per E-Mail, per Telefon oder wurde persönlich vor Ort

durchgeführt. Die Apfelsorten, die am häufigsten als problematisch genannt wurden, wurden schließlich für die Versuche ausgewählt.

5.1.3 Enzyme

Zur Enzymierung der Säfte wurden ausschließlich Enzyme der Firma Begerow (D) verwendet:

Tabelle 5.2 Art und Dosierung der Enzyme

Enzym	Art des Enzyms	CAS-Nummer	Chemische Bezeichnung	Dosage mL/25 L
Panzym AG XXL	Amylase	9032-08-0	Gluko-Amylase	0,5 bzw. 0,75
Panzym F2	Amylase	9001-19-8	Alpha-amylase (fungal)	1,2 bzw. 1,5
Neutrase	Protease	9080-56-2	Protease	0,8 bzw. 1
Panzym Clear	Pektinase	9032-75-1	Polygalacturonase	1 bzw. 1,25
		9033-35-6	Lyase, Pektin	
Panzym Smash XXL	Pektinase	9033-35-6	Lyase, Pektin	1,5 bzw. 2
Panzym XXL	Pektinase	9032-75-1	Polygalacturonase	1 bzw. 1,25
		9033-35-6	Lyase, Pektin	

Bei den Varianten Elstar Unreif, Reif und Überreif wurde jeweils die geringere Dosage angewendet; bei den Varianten Elstar Traismauer, Braeburn Unreif, Reif und Überreif wurde jeweils die höhere Dosierung gewählt (entspricht der maximalen Dosierempfehlung).

5.1.4 Bentonit

Zur Teilschönung wurde Bentonit herangezogen. Die Dosierung für die einzelnen Varianten erfolgte nach der gleichen Einteilung wie bei den Enzymen.

Tabelle 5.3 Dosierung von Bentonit

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland	Dosage g/25 L
Bentonit NaCalit	Erbslöh	D	25 bzw. 250

5.2 Reifebestimmungen

Die Reife der Äpfel wurde an Hand mehrerer Parameter bestimmt, um den geeigneten Verarbeitungszeitpunkt der Äpfel festzustellen bzw. um die aktuelle Reife der Äpfel zum Zeitpunkt der Verarbeitung zu dokumentieren. So wurde auch ermöglicht, die Ergebnisse mit Daten anderer wissenschaftlicher Arbeiten besser vergleichen zu können. Für die Messungen wurden willkürlich zehn Äpfel aus der Gesamtmenge entnommen.

5.2.1 Material

Tabelle 5.4 Material für Reifebestimmungen

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
CP Pigment Analyzer PA 1101	UP GmbH	D
Digitaler Mess-Schieber	Tchibo GmbH	D
Festigkeitsmessgerät AFG 500 N	Mecmesin	D
Juicer HR 1861	Philips	D
Magnetrührer	Merck	D
Respirationsmessgerät	Ahlborn	D
Refraktometer REF711gB	Arcada	D
Spectrophotometer CM- 3500d	Konica Minolta	Japan
pH-Meter pH 523	WTW	D
pH-Elektrode SenTix 60	WTW	D
Waage EW 3000-2M	KERN & Sohn GmbH	D

Tabelle 5.5 Rohstoffe für Reifebestimmungen

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Puffer pH 7 und pH 9		
NaOH 0,1 mol für 1 L	Fluka Analytical	D
Lugols Lösung	Merck 1.09261	D

5.2.2 Farbe



Abbildung 5.8 Spectrophotometer CM-3500d zur Farbmessung

5.2.2.1 Prinzip

Bei der Farbmessung trifft Blitzlicht auf die Probe. Das reflektierte Licht wird von einem elektronischen Sensor registriert. Es entspricht einem genormten Farbwert und kann in Koordinaten des definierten $L^*a^*b^*$ -Farbraums dargestellt werden.

5.2.2.2 Durchführung

Es wurde mit der Lichtquelle D65 eine Reflexionsmessung mit einem Bestrahlungswinkel von 10° durchgeführt. Dabei wurde eine 8 mm Blende verwendet.

Das Gerät wurde an jedem Messtag mit den vorgesehenen Standardplatten für weiß und schwarz kalibriert. Von jedem Apfel wurde sowohl an der Sonnen- als auch an der Schattenseite die Farbe im $L^*a^*b^*$ - und im $L^*C^*h^\circ$ -Farbraum ermittelt.

5.2.3 Respiration

5.2.3.1 Prinzip

Die durch Atmung der Äpfel hervorgerufene Konzentrationsänderung von CO_2 in der Umgebungsluft (siehe 2.2.1) wird mit einem Fühler gemessen.

5.2.3.2 Durchführung

Mit einer Waage und einem digitalen Messschieber wurden Gewicht und Durchmesser der Äpfel bestimmt. Anschließend wurden die Äpfel zusammen

mit dem Messfühler in einen 12 L fassenden Behälter gelegt. Es wurde über eine Dauer von zehn Minuten in Intervallen von zehn Sekunden die CO₂-Konzentration gemessen.

Die Messungen wurden mit jeweils fünf Äpfeln auf einmal bei Raumtemperatur durchgeführt.



Abbildung 5.9 Messung von Gewicht und Größe der Äpfel für die Respirationmessung

5.2.3.3 Auswertung

Mit den gemessenen CO₂-Konzentrationswerten wurde mittels Microsoft Excel die Steigung der CO₂-Abgabe ermittelt. Anschließend konnte mit folgender Formel die Respiration berechnet werden:

$$\frac{\text{Steigung} * 0,044 \text{ mg}/\mu\text{mol Molmasse CO}_2 * (\text{L Behältervolumen} - \text{L Volumen der Äpfel}) * 3600 \text{ sec}}{(22,41 \text{ L/mol Gasvolumen} * \text{kg Gewicht der Äpfel})}$$

$$= \text{mg CO}_2 / (\text{h} * \text{kg}) \text{ Respiration}$$

5.2.4 NDVI

5.2.4.1 Prinzip

Mit dem CP Pigment Analyzer PA 1101 kann der NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) der Äpfel gemessen werden (siehe 2.2.2)

Bei der Messung wird Strahlung von einer Lichtquelle in die Probe geschickt. Dort tritt je nach Zusammensetzung der Probe eine Wechselwirkung mit dem Gewebe auf. Die durch Streuung und Absorption in der Probe verminderte Strahlung wird zurückgeworfen und trifft im Gerät auf einen

Glasfaserquerschnitt. Von dem im Gerät registrierten Signal können Rückschlüsse auf die Probe gemacht werden.

5.2.4.2 Durchführung

An jedem Messtag wurde das Gerät mit der eingebauten Standardplatte kalibriert.

Als Messmodus wurde „Apple“ eingestellt, dann wurde das Gerät an den Apfel gehalten und gemessen. Jeder Apfel wurde einmal gemessen.



Abbildung 5.10 Pigment Analyzer PA 1101

5.2.5 Streif-Index

5.2.5.1 Prinzip

Der Streif-Index wird aus Brix-Wert, Stärkeabbauwert und Festigkeit berechnet. Es ergibt sich eine Zahl zwischen null und eins. Je niedriger das Ergebnis, desto reifer sind die Äpfel.

5.2.5.2 Durchführung

Aus der Rohware wurde willkürlich eine Stichprobe von zehn Äpfeln gezogen und zu den Messungen herangezogen.

5.2.5.2.1 Festigkeit

Für die Bestimmung der Festigkeit wurde bei jedem Apfel an zwei einander gegenüberliegenden Stellen die Schale mit einer Fläche von etwa 2 cm^2 entfernt. An diesen Stellen wurde der Stempel des Festigkeitsmessgeräts 8 mm in das

Fruchtfleisch gedrückt. Die Fläche des Stempels betrug 1 cm². Das Ergebnis konnte in kg/cm² am Display abgelesen werden.

5.2.5.2.2 **Stärkegehalt**



Abbildung 5.11 Messung des Stärkegehalts

Zur Messung des Stärkegehaltes wurden die Äpfel quer halbiert und jeweils die Fläche der Oberseite in Lugol'sche Lösung getaucht. Die nach wenigen Minuten auftretende Färbung wurde mit sortenspezifischen Abbildungen der Stärkeabbautafeln (Ctifl, Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes, Frankreich) verglichen und so die Indexzahl ermittelt.

5.2.5.2.3 **Brix**

Jeweils die Unterseiten der Äpfel, die nicht zur Stärkemessung verwendet wurden, wurden im Entsafter zerkleinert. Vom so gewonnenen Saft wurden mehrmals einige mL über das Prisma des Refraktometers gegossen und der Deckel geschlossen. Durch den verbleibenden Flüssigkeitsfilm entstand im Objektiv eine Grenzfläche zwischen hell und dunkel, durch die der Brix-Wert an einer Skala abgelesen werden konnte.

5.2.5.3 **Auswertung**

Aus den Mittelwerten der Messwerte konnte mit folgender Gleichung der Reifeindex nach Streif ermittelt werden:

$$\text{Reifeindex} = \frac{\text{Festigkeit}}{(\text{Refraktometerwert} * \text{Stärkewert})}$$

5.2.6 Titrierbare Säure

5.2.6.1 Prinzip

Die H^+ -Ionenkonzentration wird titrimetrisch bestimmt. Nach Umrechnung kann sie als g Weinsäure pro L angegeben werden.

5.2.6.2 Durchführung

10 mL vom Saft der zehn gepressten Äpfel werden mit NaOH 0,1 mol/L auf pH 8,1 titriert.

5.2.6.3 Auswertung

Der Verbrauch von NaOH wurde mit dem Faktor 0,75 multipliziert. Das Ergebnis stellt den äquivalenten Gehalt an g Weinsäure pro L dar.

5.3 Saftherstellung

5.3.1 Material

Tabelle 5.6 Geräte für Saftherstellung

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Abfüllanlage	Rapf & Co.	A
Berieselungspasteur	Maschinenbau Balik	A
Kreiselpumpe	Schneider 6000 L/h	D
Rätzmühle	Voran	A
Röhrenpasteur	Fischer 800 L	A
Siebbandpresse EW 1002	V. Stoissier	A
Thermometer testo 735	Testo	D
Tiefkühlager	Hofer	A
Zentrifuge	GEA Westfalia	D

Tabelle 5.7 Rohstoffe für Saftherstellung

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
AF Normflaschen	Vetropack	A
AF Normflaschenverschluss Vacu-Vent plus	MW Metallwarenfabrik GmbH	D
Äpfel (Elstar, Braeburn)	Versuchsgut Haschhof (Ernte 2009)	A
Äpfel (Elstar)	Obstbau Preiss	A
50 L-Ballons PVC		A
Enzyme	Begerow	D
Flaschen	Schlegel	A
Kronenkorken	Obrist Italia	I

5.3.2 Durchführung

Die Äpfel wurden entweder bereits im benötigten Reifestadium geerntet oder nach der Ernte bis zur notwendigen Reife gelagert.

Alle Apfelvarianten wurden nach dem Schema in Abbildung 5.16 verarbeitet. Der durch Zerkleinern und Pressen der Äpfel gewonnene und durch HTST (Hochkurzzeiterhitzung) behandelte Saft wurde in Ballons aufgeteilt (16 Ballons zu je 25 L). Zu je zwei Ballons wurde immer das gleiche Enzym hinzugefügt, gut verteilt und bis zum nächsten Tag bei Raumtemperatur stehen gelassen.



Abbildung 5.12 Rätzmühle (Voran) und Siebbandpresse EW 1002 (V. Stoissier)



Abbildung 5.13 Saftballons für Enzymierung

Am darauf folgenden Tag wurde der Grobtrub, der sich über Nacht abgesetzt hatte, vom Saft abgetrennt. Dies geschah, indem der Saft vorsichtig von oben mit einem Schlauch abgesaugt und in einen anderen Behälter überführt wurde.

An diesem Punkt der Herstellung wurden Proben gezogen, die Trübung gemessen und für weitere Analysen eingefroren.

Obwohl nicht alle Saftvarianten enzymiert worden waren (0-Variante, Bentonit, Zentrifuge) und die Bezeichnung daher genau genommen nicht korrekt ist, wurde für diese Proben in der weiteren Arbeit der Einfachheit zuliebe der Zeitpunkt mit „nach Enzymierung“ angegeben.

Der Saft wurde in 1 L Flaschen abgefüllt und im Berieselungspasteur zur Haltbarmachung und Inaktivierung der Enzyme pasteurisiert (85 °C, Haltezeit 20 min).

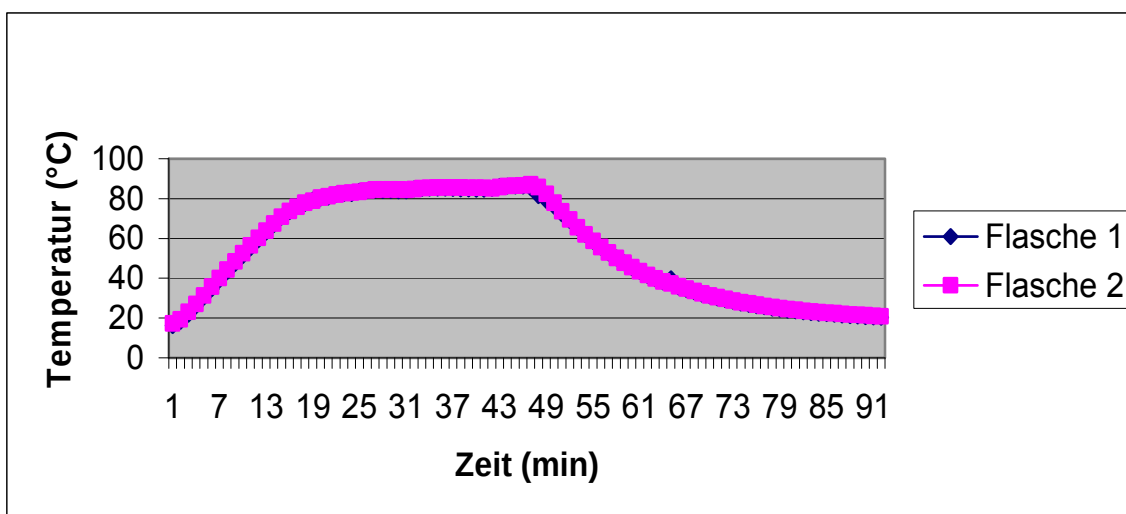


Abbildung 5.14 Temperaturverlauf während der Pasteurisation in den Flaschen

Der restliche Saft, der nach Befüllung der Ballons übrig war, wurde bis zum nächsten Tag kühl gelagert (4°C) und anschließend zentrifugiert (je 2 mal 25 L zu möglichst unterschiedlichen Klärgraden). Auch dieser Saft wurde abgefüllt und pasteurisiert.



Abbildung 5.15 Zentrifuge GEA Westfalia

Die Saftflaschen wurden nach dem Abkühlen bei $\sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ gelagert und über einen Zeitraum von 24 Wochen alle 4 Wochen durch Schütteln auf Klumpenbildung kontrolliert. Sowohl, wie schon erwähnt, „nach Enzymierung“, als auch zu bestimmten Zeitpunkten aus den Flaschen (je 200 mL von 10 cm unter der Oberfläche in den Wochen 0; 4; 12; 24) wurden Proben genommen und zu Analysezwecken bei $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ eingefroren.

Tabelle 5.8 Aufstellung der hergestellten Saftvarianten. Bei Elstar Reif wurde wegen des niedrigen Trubgehaltes nicht zentrifugiert. Bei Braeburn Reif war nicht ausreichend Saft vorhanden, daher wurde keine Variante mit Panzym Clear hergestellt.

Sorte	Elstar				Braeburn		
Reife	Unreif	Reif	Überreif	Traismauer	Unreif	Reif	Überreif
B e h a n d l u n g	0-Variante	0-Variante	0-Variante	0-Variante	0-Variante	0-Variante	0-Variante
	Bentonit	Bentonit	Bentonit	Bentonit	Bentonit	Bentonit	Bentonit
	AG XXL	AG XXL	AG XXL	AG XXL	AG XXL	AG XXL	AG XXL
	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2
	Neutrase	Neutrase	Neutrase	Neutrase	Neutrase	Neutrase	Neutrase
	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear		Clear
	Smash XXL	Smash XXL	Smash XXL	Smash XXL	Smash XXL	Smash XXL	Smash XXL
	XXL	XXL	XXL	XXL	XXL	XXL	XXL
	Zentrifuge 1		Zentrifuge 1	Zentrifuge 1	Zentrifuge 1	Zentrifuge 1	Zentrifuge 1
	Zentrifuge 2		Zentrifuge 2	Zentrifuge 2	Zentrifuge 2		Zentrifuge 2
	Zentrifuge 3		Zentrifuge 3	Zentrifuge 3	Zentrifuge 3		Zentrifuge 3
	Zentrifuge 4		Zentrifuge 4	Zentrifuge 4			Zentrifuge 4
	Zentrifuge 5		Zentrifuge 5				

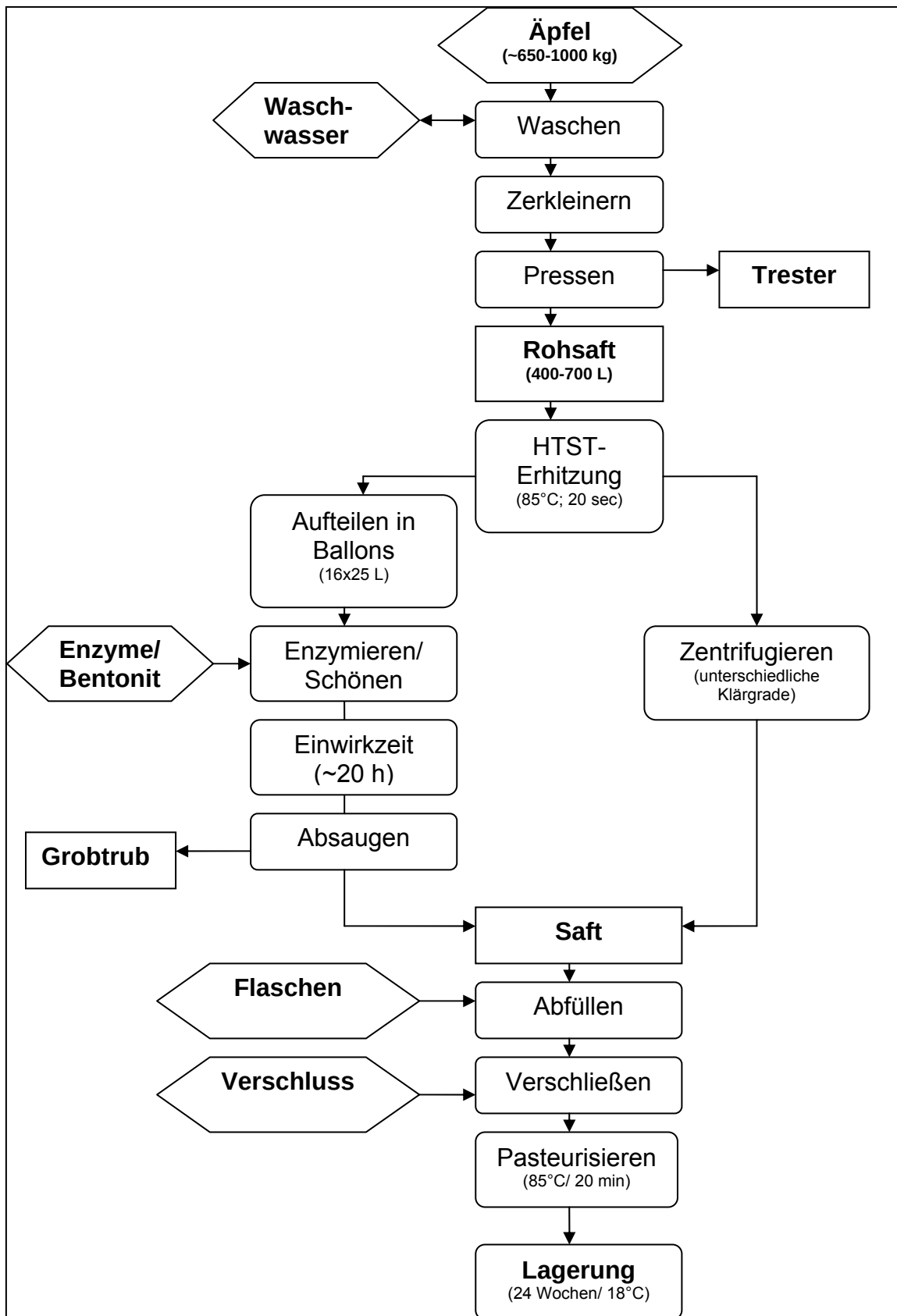


Abbildung 5.16 Flussdiagramm der Saftherstellung

5.4 Saftparameter

Tabelle 5.9 Geräte zur Bestimmung der Saftparameter

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
pH-Elektrode SenTix 60	WTW	D
pH-Meter pH 523	WTW	D
Refraktometer REF711gB	Arcada	D
Trübungsphotometer LTP 5	Dr. Lange	D

Tabelle 5.10 Rohstoffe zur Bestimmung der Saftparameter

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Puffer pH 7 und pH 9		
NaOH 0,1 mol für 1 L	Fluka Analytical	D

Direkt nach der HTST-Behandlung wurde Saft entnommen und die folgenden Parameter wurden zum besseren Vergleich der Säfte bestimmt. Als Messzeitpunkt wurde in der Datenauswertung „nach HTST“ angegeben. Außerdem wurden diese Parameter zum Teil in den Säften nach der Behandlung (Enzymierung, Zentrifugation, etc.), noch vor dem Abfüllen in Flaschen und Pasteurisation, bestimmt. Wie in 5.3.2 bereits beschrieben, wurde in der Auswertung für diese Proben als Messzeitpunkt „nach Enzymierung“ angegeben, in dem Wissen, dass diese Bezeichnung genau genommen nicht korrekt ist.

5.4.1 pH-Wert

5.4.1.1 Prinzip

Die im Saft vorhandenen H^+ -Ionen rufen an der pH-Elektrode ein elektrisches Potential hervor, welches zur Konzentration proportional ist und am Display abgelesen werden kann.

5.4.1.2 Durchführung

An jedem Messtag wurde das pH-Meter mit Pufferlösungen mit pH 7 und pH 4 kalibriert. Dazwischen wurde die Elektrode immer mit dest. Wasser gespült.

Die Elektrode wurde in den Saft gehängt und nach einpendeln des Messwerts wurde dieser notiert.

5.4.2 Titrierbare Säure

Methode, Durchführung und Auswertung für die Messung der titrierbaren Weinsäure sind in Kapitel 5.2.6 Titrierbare Weinsäure beschrieben und dort zu entnehmen.

5.4.3 Zuckerbestimmung

Der Zuckergehalt des Safts wurde mit einem Refraktometer wie in Kapitel 5.2.5.2.3 Brix bestimmt.

5.4.4 Trübungsmessung

5.4.4.1 Prinzip

Die Trübungsmessung erfolgte nach dem Prinzip der Nephelometrie (ZIMMER et al., 1996). Durch Messung der Intensität des Streulichts wird die Konzentration der gelösten Teilchen ermittelt. Das Ergebnis wird in NTU (Nephelometric Turbidity Units) oder Trübungseinheiten Formazin (TE/F) angegeben.

5.4.4.2 Durchführung

Die Messung erfolgte in einer 10 mm Küvette. Jede Messung wurde zwei Mal durchgeführt.

5.5 Flaschenanalysen

In Abständen von 4 Wochen wurde jeweils eine Flasche von jeder Variante durch Schütteln auf Konglomeratbildung kontrolliert und die Stabilität der Trübung durch Trübungsmessungen dokumentiert.

Tabelle 5.11 Geräte für Flaschenanalysen

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Geodreieck		
Handlampe		
Laborzentrifuge Sigma 4-10	SIGMA Laborzentrifugen GmbH	D
Trübungsphotometer LTP 5	Dr. Lange	D

5.5.1 Schüttelkontrolle

Erst wurde von jeder Flasche das bereits abgesetzte Trubdepot von außen in mm abgemessen und Auffälligkeiten wie Trübungsgradienten innerhalb der Flasche dokumentiert. Dies geschah direkt vor einer Lichtquelle, um die Unterschiede besser sichtbar zu machen.

Für anschließende Trübungsmessungen wurden 200 mL Saft aus einer Tiefe von ~10 cm entnommen.

Die Flasche mit den verbleibenden ~800 mL Saft wurde nun drei Mal mit Schwung auf den Kopf und wieder zurück gedreht. Wenn sich das Trubdepot nicht rückstandslos im Saft verteilte, sondern Konglomerate formte, also Klumpen im Saft hinterließ, wurde die maximale Größe (in mm) und die ungefähre Menge (wenig/viel) der Klumpen dokumentiert. Anschließend wurde die Flasche für fünf Sekunden horizontal fest geschüttelt und die Größe und Anzahl der Klumpen wurde ein weiteres Mal festgehalten („Klumpenbeständigkeit“).

5.5.2 Trübungsmessungen



Abbildung 5.17 Trübungsphotometer LTP-5

Die Trübungsmessungen erfolgten wie in Kapitel 5.4.4 Trübungsmessung am Trübungsphotometer LTP 5 von Dr. Lange mit einer 10 mm Küvette.

Es wurden insgesamt drei unterschiedliche Trübungswerte von jeder Variante pro Messzeitpunkt am Trübungsphotometer gemessen:

- von den entnommenen 200 mL Apfelsaft
- von den restlichen 800 mL Apfelsaft in der bereits geschüttelten Flasche
- von der geschüttelten Flasche wurden je 25 mL Saft entnommen und mit der Laborzentrifuge zentrifugiert (2500 rpm; 2 min) - vom Überstand wurde die Trübung gemessen.

Die 200 mL Saft, die anfangs aus der ungeschüttelten Flasche entnommen wurden, wurden in Woche 0, 4, 12 und 24 auf je 100 mL aufgeteilt eingefroren.



Abbildung 5.18 Durchführung der Trübungsmessung

Chemische Analysen

5.5.3 Bestimmung des Gesamtpektingehaltes

Der Gesamtpektingehalt im Saft wurde mit geringen Veränderungen nach der IFU-Methode unter Verwendung von meta-Phenylphenol als Farbreagens an Stelle von Carbazol bestimmt [LIST et al., 1985].

5.5.3.1 Prinzip

Pektin wird mit Ethanol aus dem Saft ausgefällt, in Wasser suspendiert und mit konzentrierter Schwefelsäure zu Galacturonsäure aufgeschlossen. Mit meta-Phenylphenol entsteht eine rosa Färbung, deren Intensität photometrisch bestimmt werden kann.

5.5.3.2 Material

Tabelle 5.12 Rohstoffe für Pektinbestimmung

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Ethanol 96 %	Merck 1.00971	D
NaOH p.a.	Merck 1.06498	D
H ₂ SO ₄ 95-97 % p.a.	Merck 1.00731	D
Natriumtetraborat p.a.	Merck 6308	D
3-Phenylphenol	Sigma-Aldrich 262250	A
Faltenfilter	Whatman 602 H ½	D
Pektin aus Zitrusfrüchten (Schalen)	Fluka 76280	D
D-(+)-Galacturonsäure	Fluka	D

Tabelle 5.13 Geräte für Pektinbestimmung

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Wasserbad		
Zentrifuge J2-HC	Beckman	USA
Reagenzglasschüttler	Janke & Kunkel VF 2	D
Spectrophotometer Messbereich 520 nm	Agilent Technologies 8453	USA
Wasserkocher	Kitchenware	D

5.5.3.3 Durchführung

15 mL Apfelsaft wurden mit 25 mL Ethanol 96 % versetzt und 10 min im Wasserbad bei 85 °C erhitzt. Nach einigen Minuten wurde umgerührt und weitere 5 mL Ethanol 96 % hinzugefügt. Die Proben wurden zentrifugiert (15 min/ 15000 rpm) und der Überstand abdekantiert. Das Zentrifugat wurde zwei Mal nach demselben Prinzip mit Ethanol 63 % gewaschen.

Das Produkt wurde in siedendem Wasser gelöst, mit 5 mL NaOH 1M versetzt und auf 100 mL aufgefüllt. Nach mind. 15 min Wartezeit wurde das Produkt filtriert.

Zu 0,6 mL Filtrat wurden 3,6 mL der H_2SO_4 / Natriumtetraboratlösung zupipettiert und am Vortex gemischt. Nach 10 min im siedenden Wasserbad wurden die Proben unter fließendem Wasser gekühlt. Als Farbreagens wurden 60 μL meta-Phenylphenollösung hinzugegeben und gemischt. Bei der Blindprobe wurde statt meta-Phenylphenol NaOH 0,5 % verwendet. Nach 5 min konnte am Photometer bei 520 nm gemessen werden.



Abbildung 5.19 Spectrophotometer Agilent Technologies mit zugehöriger Software

Es wurde einmalig eine Standardgerade hergestellt: 120,5 mg Galacturonsäuremonohydrat wurde mit 0,5 mL NaOH 1M versetzt und in 1 L Wasser gelöst. Von dieser Stammlösung (100 μg Galacturonsäureanhydrid/ mL) wurden 8 Standards hergestellt (10 – 70 μg / mL), wie die Proben mit meta-Phenylphenol versetzt und nach 5 min gemessen.



Abbildung 5.20 Küvetten mit Standards für Kalibrationsgerade

5.5.3.4 Herstellung der Lösungen

5.5.3.4.1 H_2SO_4 / Natriumtetraboratlösung

0,0125 m-Natriumtetraborat in konz. H_2SO_4 - es wurden also 0,477 g Natriumtetraborat in 100 mL konz. H_2SO_4 gelöst.

5.5.3.4.2 meta-Phenylphenollösung

0,15 % meta-Phenylphenol in NaOH 0,5% - 150 mg meta-Phenylphenol wurden in 5 mL NaOH 10 % gelöst und auf 100 mL verdünnt.

5.5.3.5 Auswertung

Der Messwert der Blindprobe wurde vom Wert der Probe abgezogen.

Das Ergebnis wurde folgendermaßen berechnet:

$$\text{mg Galakturonsäure} / L = \mu\text{g Galakturonsäure} * 100/15$$

5.5.3.6 Vorversuche zur Pektinbestimmung

Um die äußerst empfindliche Methode der Pektinbestimmung auf ihre Aussagekraft zu überprüfen, wurden Vorversuche mit einer Pektinlösung bekannten Pektingehaltes durchgeführt.

Erst wurde die Pektinlösung hergestellt durch Lösen einer definierten Menge Pektin in kochendem Wasser und Zusatz von Äpfelsäure ($c = 5 \text{ g/L}$).

Daraus wurde eine 1:1 Mischung mit Apfelsaft hergestellt.

Es wurden jeweils die reine Pektinlösung, die 1:1 Mischung und der reine Saft zur Bestimmung herangezogen. So konnte gezeigt werden, dass das Pektin sowohl in der reinen Lösung als auch im Saftmilieu wieder gefunden werden konnte.

Die Fällung wurde wie in 5.5.3.3 beschrieben durchgeführt, allerdings mit unterschiedlichen Ethanolgehalten:

- 15 mL Saft + 12 mL Wasser + 23 mL Ethanol (wie in der IFU-Methode beschrieben)
- 15 mL Saft + 35 mL Ethanol (wie in 5.5.3.3 beschrieben)

Die anschließenden Messungen zeigten, dass durch den erhöhten Ethanolgehalt bessere Resultate für die Fällung erbracht werden konnten als mit dem von der IFU-Methode vorgeschriebenen Gehalt.

5.5.4 Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes

Die Gesamtphenole wurden mit Folin-Ciocalteu-Reagens bestimmt [ZOECKLEIN et al., 1995].

5.5.4.1 Prinzip

Phenolische Substanzen werden mittels Folin-Ciocalteu Reagenz durch Reaktion mit Phosphorwolframsäure und Phosphomolybdensäure reduziert. Es kommt zu einer Farbreaktion, die photometrisch bei 765 nm gemessen werden kann.

5.5.4.2 Material

Tabelle 5.14 Rohstoffe für Bestimmung der Gesamtphenolgehaltes

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Salzsäure mind 37 %	Riedel de Haen 30721	D
Methanol Chromasolv	Riedel de Haen 34860	D
Folin-Ciocalteu Lösung	Merck 109001	D
Natriumcarbonat	Riedel de Haen 31432	D
Kaffeensäure	Sigma C-0625	D
Faltenfilter	Whatman 602 H ½	D

Tabelle 5.15 Geräte für Bestimmung des Gesamtphenolgehaltes

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Festphasenextraktionssäulchen (3cc/500 mg, C18 Bond Elut)	Varian	USA
Küvetten 10 mm	Plastibrand Nr. 759005	D
Spectrophotometer Messbereich 765 nm	Agilent Technologies 8453	USA
Absaugvorrichtung für Festphasenextraktionsröhrchen	Bakerbond	USA

5.5.4.3 Durchführung

Die Apfelsaftproben wurden filtriert und 1:2 mit HCl 1N verdünnt (je 2 mL). Zur Kontrolle wurde ein Regelwein mitbestimmt. Dieser musste 1:10 verdünnt werden.

Die C-18 Säulchen wurden mit 5 mL CH₃OH und 4 mL HCl 0,01 N konditioniert. Anschließend wurden 4 mL verdünnte Probe aufgetragen und mit 4 mL HCl 0,01 N gewaschen. Mit je 2 mal 1 mL CH₃OH wurden die Phenole in Probengefäße eluiert. Das Eluat wurde zur Gesamtphenolbestimmung herangezogen und nach dem Schema in Tabelle 5.16 mit H₂O, Folinreagens und Na₂CO₃ versetzt. Die Röhrchen wurden mit einem CH₃OH/HCl-Mix gereinigt.

Tabelle 5.16 Pipettierschema für Gesamtphenolbestimmung

	Blindwert	Regelwein	Probe
H₂O	8 mL	7,5 mL	7 mL
Eluat	0	0,5 mL	1 mL
Folin	0,5 mL	0,5 mL	0,5 mL
	<i>30“ mixen</i>	<i>30“ mixen</i>	<i>30“ mixen</i>
Na₂CO₃	1,5 mL	1,5 mL	1,5 mL
	<i>mixen</i>	<i>mixen</i>	<i>mixen</i>
2 h inkubieren			

Nach 2 Stunden wurden die Proben am Spektralphotometer bei 765 nm gemessen. (Dilut. Factor: Regelwein 10; Probe 1).

5.5.4.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgte gegen eine Standardgerade, erstellt mit Kaffeesäurelösungen unterschiedlicher Konzentration (10, 30, 50, 70, 90, 100, 150, 250 mg/L). Der Gehalt wurde in mg/L berechnet als Kaffeesäure angegeben.

5.5.5 Bestimmung des Proteingehaltes

Der Proteingehalt wird durch Färbung mit Coomassieblau bestimmt [BRADFORD, 1976].

5.5.5.1 Prinzip

Es erfolgt eine photometrische Auswertung bei 595 nm nach Zusatz von Coomassieblau. Dieser Farbstoff bindet an Protein, wodurch das Absorptionsmaximum von 465 nm auf 595 nm mit entsprechender Verschiebung von orange nach blau verlagert wird.

5.5.5.2 Material

Tabelle 5.17 Rohstoffe für Bestimmung des Proteingehaltes

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Ethanol (96%) p.a.	Merck 1.00971	D
Coomassieblau G250	Merck, Nr. 15444	D
Phosphorsäure (85%) p.a.	Merck 1.00573	D
Rinderserumalbumin (BSA)	Serva, Nr. 11930	D
Faltenfilter	Whatman 602 H ½	D

Tabelle 5.18 Geräte für Bestimmung des Proteingehaltes

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Spectrophotometer Messbereich 595 nm	Agilent Technologies 8453	USA

5.5.5.3 Durchführung

Der Saft wurde vor der Bestimmung filtriert. 4 mL filtrierter Saft wurden mit 1 mL Coomassieblaulösung versetzt, vermischt und nach 10 min bei 595 nm am Spektralphotometer gemessen.

An jedem Messtag musste eine Kalibrationsgerade mit verschiedenen Konzentrationen (2, 4, 6, 8, 16 mg/L) an Rinderserumalbumin (BSA) in künstlichem Saft (~5 g Äpfelsäure / L Wasser) erstellt werden. Die Messung erfolgte wie mit der Probe.

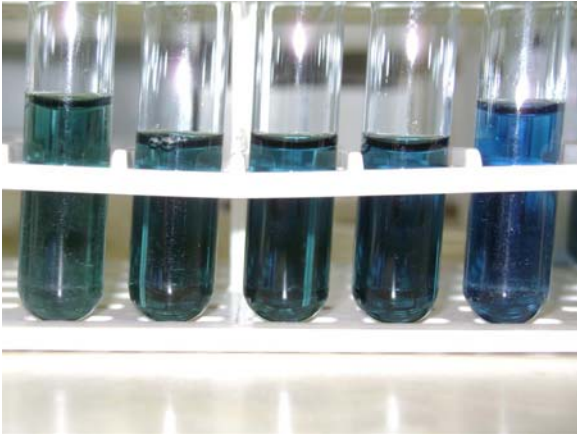


Abbildung 5.21 Standardlösungen für Kalibrationsgerade

5.5.5.4 Herstellung der Lösungen

5.5.5.4.1 Coomassieblau-Lösung

Die Coomassieblau-Lösung wurde aus 100 mg Coomassieblau G 250, 50 mL Ethanol, 100 mL Phosphorsäure und 200 mL Wasser hergestellt.

5.5.5.5 Auswertung

An Hand der Messwerte der Kalibrationslösungen wurde in Excel eine Standardgerade mit Gleichung erstellt, wonach die Ergebnisse für die Proben berechnet werden konnten.

5.5.6 Bestimmung des Stärkegehaltes (Lösliche/Unlösliche Stärke)

5.5.6.1 Prinzip

Die Bestimmung des Stärkegehaltes wurde durchgeführt nach einer Methode von CARRIN et al. (2004).

Diese Methode beruht auf der Einlagerung von Jod in die Zwischenräume der α -Helixstruktur von Amylose, wodurch eine dunkelblaue Färbung entsteht.

5.5.6.2 Material

Tabelle 5.19 Rohstoffe für Bestimmung des Stärkegehaltes

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Kaliumjodid	Merck 1.05040	D
Iod p.a.	Sigma-Aldrich 30305	D
Natriumacetat-Trihydrat	Merck 1.06267	D
Essigsäure 100 % p.a.	Merck 1.00063	D
Stärke p.a.	Merck 1.01252	D
HCl	Merck	D
NaOH p.a.	Merck 1.06498	D

Tabelle 5.20 Geräte für Bestimmung des Stärkegehaltes

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Zentrifuge J2-HC	Beckman	USA
Spectrophotometer, Messbereich 595 nm	Agilent Technologies 8453	USA

5.5.6.3 Durchführung

Aus der Stärkelösung wurden einmalig mit Natriumacetatpuffer Kalibrierlösungen mit verschiedenen Konzentrationen (0,05 g/L; 0,1 g/L; 0,2 g/L; 0,5 g/L) hergestellt, mit 2,5 mL Jodlösung vermischt und nach 10 min bei 25 °C am Spectrophotometer bei 615 nm gemessen. Die Methode wurde am Photometer gespeichert.

Lösliche und unlösliche Stärke wurden in den Proben getrennt gemessen:

20 mL Saft wurden 20 min bei 3000 rpm zentrifugiert.

Der Überstand wurde danach abdekantiert, filtriert und zur Bestimmung der löslichen Stärke herangezogen.

Das Zentrifugat wurde in 2 mL NaOH 2M gelöst, mit 2 mL HCl 2 M neutralisiert und mit Natriumacetatpuffer auf 50 mL aufgefüllt. Diese Lösung wurde filtriert und daraus unlösliche Stärke bestimmt.

Je 5 mL wurden mit 2,5 mL Jodlösung vermischt und nach 10 min bei 25 °C am Spectrophotometer bei 615 nm gemessen.

5.5.6.4 Herstellung der Lösungen

5.5.6.4.1 Jodlösung

1,25 g KJ und 0,635 g J₂ wurden in dest. Wasser gelöst und auf 50 mL aufgefüllt. Von dieser Stammlösung wurden vor jeder Bestimmung 0,4 mL auf 100 mL verdünnt (Jodlösung für Bestimmung).

5.5.6.4.2 Natriumacetatpuffer

3,4 g Natriumacetat-Trihydrat wurden in dest. Wasser gelöst, mit konzentrierter Essigsäure auf pH 4,6 eingestellt und auf 250 mL aufgefüllt.

5.5.6.4.3 Stärkelösung für Kalibrationskurve

2,5 g Stärke wurden in 2 mL NaOH 2 M gelöst, mit 2 mL HCl 2 M neutralisiert und mit Natriumacetatpuffer auf 500 mL aufgefüllt (c = 5 g/L).

5.5.6.5 Auswertung

Das Ergebnis für unlösliche Stärke wurde folgendermaßen berechnet:

$$\text{mg/L} = \text{mg/mL} \cdot 50 / 20$$

5.6 Partikelgrößenmessung

Im Zuge einer Gerätevorführung der Firma Quantachrome wurden folgende Säfte vor bzw. nach Ultraschallbehandlung bezüglich Partikelgrößenverteilung gemessen:

- Elstar Unreif 0-Variante Woche 14
- Elstar Reif 0-Variante Woche 13
- Elstar Überreif 0-Variante Woche 12
- Elstar Traismauer 0-Variante Woche 7
- Elstar Traismauer Bentonit Woche 7
- Elstar Traismauer Zentrifuge 1 Woche 7
- Braeburn Reif 0-Variante Woche 5
- Braeburn Reif Bentonit Woche 5

5.6.1 Prinzip

Das Prinzip der Partikelgrößenmessung durch Laserbeugung basiert auf der Fraunhofer-Näherung [BAUCKHAGE, 1993] oder auf der Theorie nach Mie [BORN und WOLF, 1975]. Das Licht eines monochromen Laserstrahls wird durch die Partikel einer Probe gebeugt. Dabei erzeugen Partikel mit großem Durchmesser eine geringere Beugung, also in kleinem Winkel, kleine Partikel hingegen beugen den Laserstrahl in einem größeren Winkel. Die resultierenden, winkelabhängigen Lichtintensitäten werden von Detektoren aufgenommen, und durch eine komplexe Mathematik kann die Partikelgrößenverteilung berechnet werden.

5.6.2 Material



Abbildung 5.22 Particle Size Analyzer Cilas 1090

Tabelle 5.21 Geräte für Partikelgrößenmessung

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Particle Size Analyzer Cilas 1090	Cilas	F

5.6.3 Durchführung

Es wurden aus den Flaschen je rund 250-500 mL Saft aus einer Tiefe von rund 10-20 cm entnommen. Diese wurden in das Probengefäß des Particle Size Analyzers überführt und anschließend ohne bzw. mit Ultraschallbehandlung untersucht.

5.6.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgte mit dem zugehörigen Softwareprogramm der Firma Cilas. Die Partikelgrößenverteilung wurde mit Hilfe dieses Programms sowohl graphisch (Abbildung 5.23), als auch tabellarisch (Tabelle 5.22) dargestellt.

Im Ergebnisteil wurden die Daten zusammengefasst dargestellt. Einerseits wurde der Maximalwert [μm] angegeben, d.h. der Größenwert, den die größten Partikel im Saft aufwiesen. Andererseits wurden die Häufigkeitsmaxima [μm] genannt, d.h. die Werte, an denen die Kurve jeweils einen Peak zeigte und somit die meisten Teilchen diese Größe aufwiesen.

Diese Werte wurden sowohl vor als auch nach Ultraschallbehandlung angegeben.

Tabelle 5.22 Ergebnistabelle einer Partikelgrößenmessung

x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Q3	0.14	0.55	0.89	2.30	4.10	5.83	7.58	9.68	12.12	14.93
q3	0.02	0.06	0.08	0.17	0.37	0.50	0.66	0.96	1.33	1.76
x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	17.73	20.40	22.86	25.14	27.26	29.22	32.78	35.89	38.62	41.03
q3	1.99	2.12	2.16	2.19	2.22	2.22	2.23	2.21	2.17	2.12
x	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30
Q3	43.16	45.07	46.78	48.33	49.74	51.03	52.22	53.34	54.38	55.83
q3	2.05	2.00	1.93	1.88	1.83	1.78	1.74	1.73	1.70	1.68
x	4.60	5.00	5.30	5.60	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50
Q3	57.16	58.79	59.91	60.96	62.28	63.79	65.19	66.52	67.78	69.02
q3	1.65	1.64	1.61	1.60	1.60	1.58	1.58	1.61	1.64	1.71
x	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
Q3	70.22	72.55	74.82	77.02	79.16	81.21	83.16	85.00	86.72	88.30
q3	1.76	1.85	1.99	2.12	2.24	2.32	2.37	2.39	2.38	2.32
x	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	25.00	28.00	30.00	32.00	34.00
Q3	89.72	91.01	92.16	93.20	94.14	95.72	97.48	98.31	98.91	99.33
q3	2.20	2.11	1.97	1.87	1.77	1.59	1.30	1.01	0.78	0.58
x	36.00	38.00	40.00	43.00	45.00	50.00	53.00	56.00	60.00	63.00
Q3	99.62	99.79	99.89	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.42	0.26	0.16	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	66.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.0	112.0	125.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	130.0	140.0	150.0	160.0	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	224.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	240.0	250.0	280.0	300.0	315.0	355.0	400.0	425.0	450.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : Durchmesser / μm Q3 : kumulative Werte / % q3 : density distribution

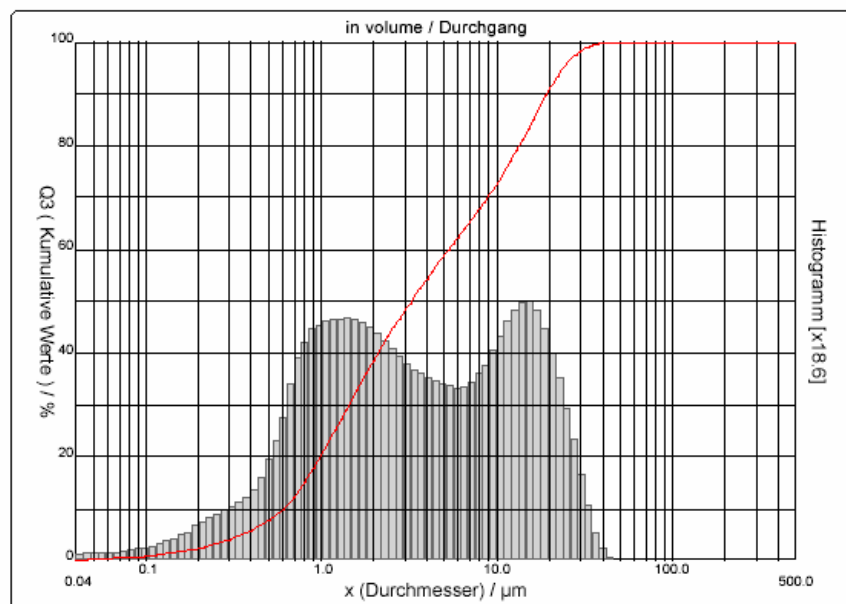


Abbildung 5.23 Ergebnisskurve einer Partikelgrößenmessung

5.7 Externe Proben

Zusätzlich zu den eigens für die Arbeit produzierten Saftvarianten standen vier externe Proben von naturtrübem Apfelsaft aus gemischten Apfelsorten zur Verfügung.

5.7.1 Externe Proben Osttirol

Zwei Proben stammten aus Osttirol und waren in jeweils 5 L fassenden Bag-In-Box Behältnissen aufbewahrt. Beide Proben waren angeblich aus demselben Tank befüllt worden, doch nur eine der Proben erwies sich als trubstabil. In der anderen Probe hatten sich fadenartige Verklumpungen gebildet und der restliche Saft erschien klar (Abbildung 5.24 und Abbildung 5.25).



Abbildung 5.24 Externe Saftprobe Osttirol mit Fädchenbildung



Abbildung 5.25 Fädchen aus der externen Saftprobe Osttirol

Von diesen Proben wurden jeweils die gleichen chemischen Parameter (Pektin, Stärke, Protein, Polyphenole) bestimmt wie von den eigens hergestellten Proben.

Zusätzlich wurde von beiden Proben der isolierte Trub auf dieselben vier chemischen Parameter untersucht. Zu diesem Zweck wurden einige zusätzliche Geräte und Rohstoffe verwendet:

Tabelle 5.23 Zusätzliche Geräte für chemische Analysen bei „Externe Proben Osttirol“

Gerät	Hersteller	Herkunftsland
Faltenfilter	Whatman 602 H ½	D
Zentrifuge J2-HC	Beckman	USA

Tabelle 5.24 Zusätzliche Rohstoffe für chemische Analysen bei „Externe Proben Osttirol“

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Perchlorsäure	Merck	D

Der Trub wurde mittels Zentrifugation und Filtration abgetrennt und im Exsiccator über Nacht getrocknet. Das gewonnene Pulver wurde für die Analysen vorbereitet und verwendet.

Die Ergebnisse wurden immer in % der Trockensubstanz angegeben.

5.7.1.1 Bestimmung des Gesamtphenolgehalts bei „Externe Probe Osttirol“

Für die Gesamtphenolbestimmung wurden je 20 mg Probe in kleine Erlenmeyerkolben eingewogen und in 10 mL Perchlorsäure 6 % gelöst. Nach 10 min im Ultraschallbad wurden die Lösungen filtriert und die Rückstände ein weiteres Mal mit 10 mL Perchlorsäure 6 % vermischt und nach 10 min im Ultraschallbad wiederum filtriert.

Das Filtrat wurde anschließend mit C18-Säulchen für die Phenolbestimmung gereinigt. Da das Filtrat auf Grund der Perchlorsäure bereits einen sauren pH-Wert aufwies, musste keine HCl hinzugefügt werden. Stattdessen wurden 2 mL Wasser hinzugefügt. Die restliche Phenolbestimmung wurde wie in 5.5.4 durchgeführt.

5.7.1.2 Bestimmung des Pektingehalts bei „Externe Proben Osttirol“

Für die Pektinbestimmung wurden ebenfalls je 20 mg des Pulvers eingewogen. Diese wurden in 5 mL NaOH 1M gelöst und auf 100 mL aufgefüllt. Mit dieser Lösung wurde weitergearbeitet wie mit der Lösung des Niederschlags bei der Pektinbestimmung in 5.5.3.

5.7.1.3 Bestimmung von löslicher Stärke bei „Externe Proben Osttirol“

Die Vorbereitung erfolgte ähnlich der Bestimmung von unlöslicher Stärke. Je 20 mg des Pulvers wurden eingewogen und in 2 mL NaOH 2 M gelöst. Nach Zugabe von 2 mL HCl 2 M wurde die Lösung mit NaAc-Puffer auf 50 mL aufgefüllt. Mit dieser Lösung wurde die Bestimmung von löslicher Stärke durchgeführt wie in 5.5.6. Für die Messung wurden die Lösungen nicht zusätzlich verdünnt.

5.7.1.4 Bestimmung des Proteingehalts bei „Externe Proben Osttirol“

Für die Proteinbestimmung wurden je 20 mg eingewogen und in 2 mL NaOH 2 M gelöst. Nach Zugabe von 2 mL HCl 2 M wurde die Lösung mit dest. Wasser auf 50 mL aufgefüllt. Mit dieser Lösung wurde die Bestimmung durchgeführt wie in 5.5.5.

5.7.2 Externe Proben Niederösterreich

Zwei Proben stammten von einem niederösterreichischen Apfelsaftproduzenten. Eine Probe davon wies keine Probleme bezüglich Verteilbarkeit des Trubdepots auf. In der zweiten Probe zeigte sich allerdings gravierende Konglomeratbildung (Abbildung 5.26).



Abbildung 5.26 Externe Proben ohne und mit Konglomeratbildung

Diese Proben wurden in der Abteilung Mikrobiologie eingereicht und nach den akkreditierten Methoden für Trübungsursache wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Nachweis für Polysaccharide (Stärke), Dextrine und Pektinstoffe mittels Jod-Kaliumjodidlösung
- Nachweis von phenolischen Verbindungen nach Folin-Ciocalteu
- Mikroskopischer Befund des Trubes
- Makroskopischer Befund des Trubes

Beide Proben wurden auf Unterschiede in den Untersuchungsparametern verglichen.

Der Nachweis für Polysaccharide, Dextrine und Pektinstoffe wurde jeweils

- o im homogenisierten naturtrüben Saft,
- o im abzentrifugierten Saft oberhalb des Zentrifugates
- o im Zentrifugat + aliquoten Anteil Wasser (entionisiert, autoklaviert)(homogenisiert)
- o in der Waschlösung
- o im abzentrifugierten Trub

durchgeführt.

Die weiteren Untersuchungen wurden nur im abzentrifugierten Trub durchgeführt.

Für den mikroskopischen und makroskopischen Befund wurden die Trubfraktionen der Proben für 7 Tage bei 28 °C auf Nähragar bebrütet.

5.8 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels Microsoft Excel oder SPSS 17.0.

6 Ergebnisse und Diskussion

6.1 Befragung zur Sortenauswahl

Von 24 befragten österreichischen Apfelsaftherstellern traten bei 2 Befragten massive Probleme mit Klumpenbildung während der Lagerung auf. Als problematische Sorte nannte ein Hersteller Elstar, bei dem zweiten Hersteller waren Mischsäfte und zum Teil Elstar und Braeburn klumpenanfällig. Beide Hersteller arbeiteten mit HTST-Erhitzung und setzten die gleichen mobilen Geräte ein (Siebbandpresse, Röhrenpasteur).

6 Hersteller gaben an, früher Probleme mit Klumpenbildung gehabt zu haben. Als Problembehebung wurde die Beschaffung einer Zentrifuge genannt, sowie HTST-Erhitzung oder die Verwendung einer Siebbandpresse anstatt einer Packpresse.

4 Hersteller hatten manchmal Probleme, vor allem bei Verarbeitung von unreifem Obst oder bei Lagerung des Obstes anstatt unmittelbarem Pressen nach der Ernte.

12 Hersteller waren nie mit Problemen konfrontiert. Es wurde 3 mal eine Zentrifuge eingesetzt, 3 mal HTST-erhitzt und 1 mal wurde mit Amylasen, Pektinasen oder Bentonit der Trubgehalt reduziert.

An Hand dieser Befragung wurden die Sorten Elstar und Braeburn für die Versuche bestimmt.

Verarbeiter	Probleme	Problembehebung	manchmal wenn	Technologie	Apfelsorten
1	früher	HTST, Zentrifuge		HTST, Zentrifuge	Fallobst (gemischt)
2	früher	Zentrifuge		Zentrifuge	Mischobst
3	früher	?			Haslinger, Spieslinger, Raneder
4	früher	HTST		HTST	Bio Streuobst
5	früher	statt Pack- Siebbandpresse			Granny, Gala, Elstar, Topaz, Idared
6	früher	?			Streuobst, Tafelobst
7	ja			HTST	Elstar, Braeburn, Jonagold, Golden, Cox Orange, RubINETTE, Boskop
8	ja			HTST	Elstar (Probleme), Golden, Braeburn (nie Probleme), Jona, Gala (Probleme aber aufschütten)
9	manchmal		unreifes Obst dabei	HTST, Zentrifuge	Mischobst, Fallobst
10	manchmal		Obst nicht reif, nicht gleich nach Ernte verarbeitet		Elstar, Gala, Golden, RubINETTE
11	manchmal		?		
12	manchmal		?		
13	nein			?	Jonagold, Cox, Braeburn, Fuji, Idared
14	nein			Zentrifuge	Streuobst, Fallobst
15	nein			HTST, Zentrifuge	Mischobst
16	nein				Gala, Idared, Jona
17	nein				Fallobst (gemischt)
18	nein			HTST	Jonagold, Idared, (Summerred, Early Gold, Elstar, Gala, RubINETTE, Cox Orange)
19	nein			Pektinasen, Amylase, ev. Bentonit	alle Sorten
20	nein			Zentrifuge, HTST	Jona, Idared, Bonapfel, Streuobst
21	nein				Cox, Boskop, Gloster, Pilot, Jonagold
22	nein				Jonagold, Idared, Golden
23	nein				Streuobst, Cox, Elstar
24	nein				

6.2 Reifebestimmungen

6.2.1 Streif

Die Äpfel sollten in möglichst unterschiedlichen Reifegraden verarbeitet werden. Der Reifeindex von Streif zeigt bei beiden Apfelsorten einen Abfall, bei Braeburn ist dieser noch deutlicher zu erkennen (Abbildung 6.1). Die Äpfel zeigten also zwischen Unreif, Reif und Überreif eine deutliche Steigerung des Reifegrades. Die Äpfel aus Traismauer wiesen einen ähnlichen Streif-Index auf (0,052) wie Elstar Überreif (0,051). (Werte siehe Anhang.)

Da die empfohlenen Erntezeiträume bei Elstar zwischen einem Streif-Index von 0,17 und 0,30 und bei Braeburn zwischen 0,16 und 0,22 liegen [HÖHN et al., 1999], galten bis auf Braeburn Unreif alle Äpfel laut Streif-Index bereits als überreif. Allerdings gelten diese Empfehlungen für Äpfel, die für langfristige Lagerung bestimmt sind. Es muss zwischen Pflückreife und Genuss- oder Verarbeitungsreife unterschieden werden, wobei der Zeitraum zwischen den beiden Stadien je nach Sorte variieren kann [STOLL, 1997]. Da langfristige Lagerung nicht das Ziel der Arbeit war, sondern die unmittelbare Verarbeitung der Äpfel, mussten die gemessenen Werte nicht den Empfehlungen entsprechen.

Prinzipiell ist die Repräsentierbarkeit mit einer Probengröße von 10 Äpfeln nicht einfach, da der Reifegrad der Äpfel allein innerhalb eines Baumes sehr stark variieren kann [HÖHN et al., 1999]. Elstar ist davon speziell betroffen [HEROLD et al., 2005].

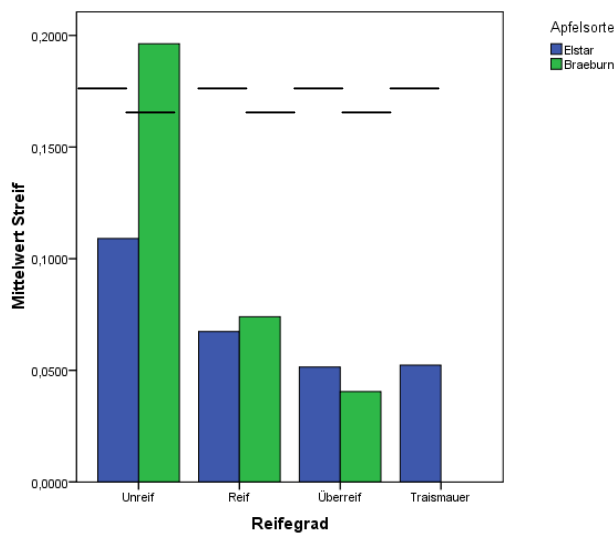


Abbildung 6.1 Reifeindex nach Streif für die jeweilige Sorte bzw. Reifegrad der Äpfel mit Markierung der jeweiligen Untergrenze für den optimalen Erntezeitpunkt

6.2.2 Farbe

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Farbwerte der einzelnen Apfelvarianten sind in Tabelle 6.1 und

Tabelle 6.2 aufgelistet.

6.2.2.1 L*-Wert

Bei der Sorte Elstar war die Helligkeit (L*-Wert) auf der Sonnenseite bei den unreifen Äpfeln am höchsten und fiel bei den reifen Äpfeln ab. Die Werte für die Varianten Reif, Überreif und Traismauer lagen auf ähnlichem Niveau.

Der L*-Wert auf der Schattenseite veränderte sich allerdings kaum, war aber auch bei unreifen Äpfeln höher als auf der Sonnenseite.

Die Äpfel der Sorte Braeburn wiesen sowohl auf der Schatten- als auch auf der Sonnenseite niedrigere L*-Werte auf als die Sorte Elstar. Bei den überreifen Äpfeln war der Wert höher als bei den unreifen und reifen Äpfeln. Normalerweise sinkt der L*-Wert während der Reife mit zunehmender Färbung ab. Die Abnahme bei den überreifen Äpfeln ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Äpfel im unreifen bis reifen Zustand geerntet wurden und dann bis zur Überreife gelagert wurden.

6.2.2.2 a*-Wert

Der a*-Wert nimmt bei Elstar mit der Reife zu. Bei den unreifen und reifen Äpfeln liegt der Wert auf der Schattenseite im negativen Bereich, die Färbung der Äpfel liegt auf dieser Seite also noch im grünen Bereich. Auch die Äpfel aus Traismauer haben negative Werte. Auf der Sonnenseite nimmt der a*-Wert ebenfalls zu, was auf eine Intensivierung der Rotfärbung hinweist.

Bei Braeburn liegt der a*-Wert auf der Schattenseite bereits bei den unreifen Äpfeln im positiven Bereich und ist somit bereits im roten Farbbereich. Bei den reifen Äpfeln nimmt der a*-Wert weiter zu und ist bei den überreifen Äpfeln wieder auf ähnlichem Niveau wie die unreifen Äpfel. Allerdings ist die Standardabweichung vor allem bei den unreifen ($sd = 12,8$) und reifen Äpfeln ($sd = 12,3$) sehr hoch. Das deutet darauf hin, dass die Färbung der Schale nicht bei allen Äpfeln gleich ausgeprägt war, sondern dass die Äpfel eine weite Streuung der Färbung aufwiesen. Die a*-Werte auf der Sonnenseite waren alle in einem ähnlichen Bereich und unterschieden sich nicht wesentlich von einander.

6.2.2.3 b*-Wert

Der b*-Wert, der die gelb-/blau-Färbung der Probe ausdrückt, bleibt bei Elstar auf der Schattenseite im Wesentlichen gleich. Auf der Sonnenseite sinkt er von unreif auf reif etwas ab und steigt dann wieder geringfügig an.

Bei Braeburn ist der b*-Wert auf der Schattenseite fast gleich und steigt bei den überreifen Äpfeln an. Auf der Sonnenseite sind die Werte niedriger aber verhalten sich gleich wie auf der Schattenseite.

6.2.2.4 C*-Wert

Bei Elstar bewegt sich der C*-Wert sowohl auf der Schatten- als auch auf der Sonnenseite in ähnlichen Bereichen, wobei er auf der Schattenseite fast gleich bleibt und auf der Sonnenseite mit zunehmender Reife leicht ansteigt.

Bei Braeburn liegt der C*-Wert auf der Schattenseite immer etwas höher als auf der Sonnenseite, er steigt aber bei beiden Seiten mit zunehmendem Reifegrad an.

6.2.2.5 h°-Wert

Der h°-Wert liegt bei Elstar auf der Schattenseite höher als auf der Sonnenseite und fällt auf jeder Seite mit zunehmender Reife ab, allerdings bleibt er auf der Sonnenseite bei Überreif auf demselben Niveau wie Reif. Dieser Umstand liegt möglicherweise daran, dass Elstar Reif und Überreif zum selben Zeitpunkt geerntet wurden und der entsprechende Reifegrad für Überreif nur durch Lagerung erreicht wurde.

Braeburn zeigte ebenfalls auf der Schattenseite höhere Werte als auf der Sonnenseite. Die Werte fielen ebenfalls von Unreif auf Reif ab, stiegen dann aber bei Überreif auf Werte über die von Unreif an. Dies ist möglicherweise zurückzuführen auf die Tatsache, dass Braeburn Überreif in einem Reifestadium geerntet wurde, welches unter dem Reifestadium von Braeburn Reif lag, und erst im Anschluss gelagert wurde, bis der gewünschte Reifegrad erreicht war.

Tabelle 6.1 Ergebnisse der Farbmessung der Schale von Elstar

	Farbwerte Schattenseite						Farbwerte Sonnenseite				
	L*	a*	b*	C*	h°		L*	a*	b*	C*	h°
Elstar Unreif											
Mittelwert	75,8	-6,5	40,4	41,0	99,0		64,4	8,4	36,2	40,1	76,3
SD	3,3	2,2	3,7	4,0	2,6		10,1	15,0	6,3	3,5	22,9
Elstar Reif											
Mittelwert	74,3	-5,6	40,6	41,1	97,8		43,0	35,2	21,1	41,3	31,3
SD	1,9	2,1	2,5	2,6	2,9		3,5	4,9	2,5	3,8	5,6
Elstar Überreif											
Mittelwert	74,2	3,0	42,7	43,1	85,9		44,9	38,2	24,0	45,4	32,1
SD	4,3	4,8	4,8	4,5	7,0		7,1	3,5	4,2	2,1	6,5
Elstar Traismauer											
Mittelwert	75,9	-1,4	42,7	42,9	92,1		46,7	31,2	22,6	39,5	37,1
SD	3,1	4,4	3,8	3,8	5,9		7,1	8,9	4,4	4,4	14,0

Tabelle 6.2 Ergebnisse der Farbmessung der Schale von Braeburn

	Farbwerte Schattenseite						Farbwerte Sonnenseite				
	L*	a*	b*	C*	h°		L*	a*	b*	C*	h°
Braeburn Unreif											
Mittelwert	59,8	5,4	31,6	34,7	77,9		36,9	28,3	15,8	32,6	29,3
SD	10,9	12,8	7,3	4,1	24,1		4,2	3,6	3,6	3,2	7,3
Braeburn Reif											
Mittelwert	55,4	14,4	31,4	37,6	62,7		34,2	29,3	15,3	33,3	27,5
SD	12,4	12,3	11,4	6,0	24,7		3,5	4,1	3,7	4,4	6,0
Braeburn Überreif											
Mittelwert	70,0	6,3	45,2	46,1	81,5		42,3	31,7	22,0	38,8	34,3
SD	4,5	5,2	5,5	4,4	8,2		6,1	3,4	5,8	4,6	7,7

6.2.3 Respiration

Bei Elstar stieg die Abgabe von CO₂ von Unreif nach Reif an. Die CO₂-Abgabe bei den überreifen Äpfeln war wieder im gleichen Bereich zu finden wie Elstar Unreif (Tabelle 6.3). Bei Braeburn stieg die Respiration mit dem Reifegrad an (Tabelle 6.4).

Nach WILLS et al. (2007) nimmt die Respirationsrate während der Reifung zu, im Laufe der Seneszenz nimmt die Respiration wieder ab. Demnach befanden sich die Äpfel von Elstar Überreif bereits in der abbauenden Phase, Braeburn Überreif war allerdings noch in der Aufbauphase.

Tabelle 6.3 Respiration Elstar

Elstar	CO₂ mg / (h*kg)	SD
Unreif	20,76	3,23
Reif	25,44	3,07
Überreif	20,94	6,56
Traismauer	31,55	3,94

Tabelle 6.4 Respiration Braeburn

Braeburn	CO₂ mg / (h*kg)	SD
Unreif	12,29	0,15
Reif	17,58	0,65
Überreif	26,75	4,03

6.2.4 NDVI

Die NDVI-Werte sanken mit zunehmender Reife bei beiden Apfelsorten ab. Allerdings waren die Schwankungsbreiten sehr groß. Vor allem bei Braeburn Reif (Standardabweichung über 300 % vom Mittelwert) und bei den Elstar Äpfeln aus Traismauer variierten die Werte stark (157 % Standardabweichung vom Mittelwert), was auf große Unterschiede innerhalb der Apfelchargen hindeutet. Vor allem bei Elstar Traismauer fielen diese Unterschiede im Entwicklungsstadium der Äpfel auch visuell auf.

Die Werte für Elstar bewegten sich zwischen 0,67 und 0,02, für Braeburn konnten Werte von 0,77 bis 0,02 festgestellt werden (Abbildung 6.2). KUCKENBERG et al. (2008) gaben in ihrer Arbeit für Golden Delicious Äpfel Werte von 0,84 bis 0,01 an. Allerdings wurde zwischen Schatten- und Sonnenseite unterschieden, was hier in dieser Arbeit vernachlässigt wurde.

Es konnte bei Elstar keine Korrelation zwischen NDVI und Fruchtfleischfestigkeit oder Streifindex ermittelt werden. Bei Braeburn zeigte sich eine Korrelation zwischen NDVI und Fruchtfleischfestigkeit mit einem r von 0,694 und $p = 0,000$. KUCKENBERG et al. (2008) fanden bei Golden Delicious Äpfeln und Jonagold Äpfeln eine Korrelation sowohl zwischen dem NDVI und der Fruchtfleischfestigkeit (0,71 bzw. 0,70) als auch zwischen NDVI und Streifindex (0,70 bzw. 0,60).

Es zeigte sich gesamt bei Elstar und Braeburn mit den b^* -Werten der Schattenseite eine Korrelation des NDVI mit dem r von 0,562 und $p = 0,000$. Außerdem zeigte sich eine Korrelation mit dem C^* -Wert, sowohl auf der Schattenseite ($r = 0,591$ und $p = 0,000$) als auch auf der Sonnenseite ($r = 0,696$ und $p = 0,000$).

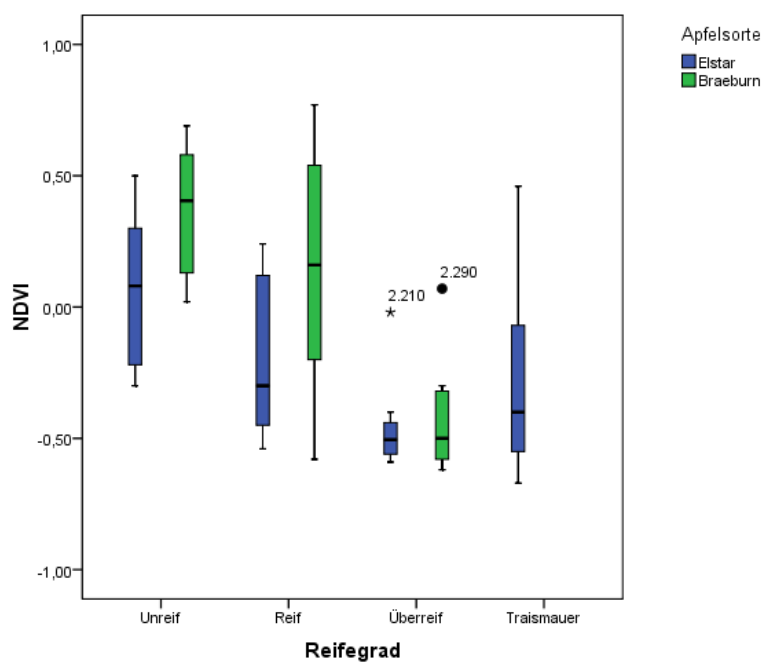


Abbildung 6.2 NDVI-Werte von Elstar und Braeburn in unterschiedlichen Reifegraden

6.2.5 Titrierbare Säure

Die Werte für Titrierbare Säure lagen sowohl bei Elstar als auch bei Braeburn bei den reifen Äpfeln am niedrigsten. Die Werte fielen von Unreif bis Reif ab und zeigten bis Überreif wieder einen Anstieg. Bei Elstar lag dieser Wert sogar über dem Wert der unreifen Äpfel. Braeburn zeigte jeweils im Vergleich der Reifestadien niedrigere Werte als Elstar (Tabelle 6.5 und Tabelle 6.6). Der Anstieg des Säuregehalts bei den überreifen Äpfeln ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass eine Repräsentierbarkeit der Grundgesamtheit mit 10 Äpfeln als Stichprobe nur schwer möglich ist (siehe auch 6.2.1). Vergleicht man die Werte mit den Ergebnissen der Säfte, so ist dort sehr wohl ein Abfall mit steigender Reife zu erkennen.

Tabelle 6.5 Ergebnisse der Messung von Titrierbarer Säure bei Elstar

Elstar	Titrierbare Säure g/L
Unreif	9,08
Reif	7,95
Überreif	9,83
Trismauer	8,66

Tabelle 6.6 Ergebnisse der Messung von Titrierbarer Säure bei Braeburn

Braeburn	Titrierbare Säure g/L
Unreif	8,40
Reif	6,53
Überreif	6,98

6.3 Saftparameter

Die Saftparameter, die vor dem Abfüllen des Saftes gemessen wurden, sind in Tabelle 6.7 und Tabelle 6.8 aufgelistet.

Bei Braeburn ist ein deutlicher Abfall der Titrierbaren Säure mit zunehmender Reife erkennbar.

Bei Elstar ist dieser nicht an Hand der Mittelwerte ersichtlich. Es fällt eine hohe Standardabweichung bei Elstar Unreif auf: Der Saft zeigte direkt nach der HTST-Behandlung einen Säurewert von 8,33 g/L. Nach der Enzymierung und der anschließenden Grobtrubabtrennung, fielen die Werte bis auf 4,95 g/L ab. Das ist ein Abfall von über 40 % des Ausgangswertes. Vermutlich hat hier ein bakterieller Säureabbau stattgefunden, möglicherweise ausgelöst durch verunreinigte Behälter. Die zentrifugierten Varianten von Elstar Unreif zeigten keinen Säureabbau. Diese wurden in einer anderen Art von Tank gelagert, noch dazu gekühlt bei 2 °C. Die enzymierten und geschönten Varianten wurden wegen der enzymatischen Reaktion bei Raumtemperatur bis zur Grobtrubabtrennung gelagert (in diesem Fall etwa 40 Stunden, da es Probleme mit der Bestimmung der empfohlenen Enzymzugabemenge gab), was in diesem Fall für den Säureabbau zusätzlich förderlich gewesen sein könnte.

Der Säureabbau wurde zusätzlich durch die Durchführung einer FT-IR-Messung bestätigt. Es zeigte sich eine deutliche Erhöhung des Milchsäuregehaltes. Dies deutet auf einen Abbau der Äpfelsäure durch Bakterien zu Milchsäure hin. Im weiteren Verlauf des Versuchs konnte jedoch kein signifikanter Einfluss des Säureabbaus auf die Ergebnisse erkannt werden. Bei Äpfeln steigt im Zuge der Reifung der Zuckergehalt an. Als Quelle werden Stärke, Hemicellulosen und Säuren angenommen [BELITZ et al., 2008]. Umso mehr fällt bei Braeburn Überreif der niedrige Brix-Wert auf. 9° Brix liegt deutlich unter den Werten der Säfte aus reifen und überreifen Äpfeln, obwohl dieser mit zunehmendem Reifegrad normalerweise ansteigt. Möglicherweise ist diese Tatsache auf den Umstand zurückzuführen, dass die Äpfel - wie in 6.2.2.5 erwähnt - in einem eher unreifen Stadium geerntet wurden und dann bis zum gewünschten Reifegrad gelagert wurden. Außerdem wurden zum Teil Äpfel aus

einem anderen Quartier beigemischt. Diese Äpfel wiesen vermutlich von Beginn an andere Werte auf als die Äpfel aus dem „Haupt“-Quartier und führten so zu anderen Werten als bei Braeburn Unreif und Reif.

Bei genauer Betrachtung der Werte für Titrierbare Säure und Brix, die an den Apfelproben direkt gemessen wurden (siehe Tabelle 6.5, Tabelle 6.6 und Anhang), lassen sich manche Unterschiede zu den Werten, die im Saft gemessen wurden, erkennen. Diese sind vermutlich zurückzuführen auf eine Stichprobenwahl, die nicht exakt die Grundgesamtheit repräsentierte.

Tabelle 6.7 Saftparameter Elstar

Elstar	pH	SD	Titrierbare Säure g/L	SD	°Brix	SD
Unreif	3,57	0,04	6,40	1,67	11,33	0,29
Reif	3,27	0,02	8,18	0,11	13,00	0,00
Überreif	3,31	0,05	6,15	0,00	13,00	0,00
Traismauer	3,31	0,01	6,78	0,04	11,50	0,00

Tabelle 6.8 Saftparameter Braeburn

Braeburn	pH	SD	Titrierbare Säure g/L	SD	°Brix	SD
Unreif	3,17	0,00	8,44	0,16	11,75	0,35
Reif	3,34	0,00	7,16	0,05	12,50	0,00
Überreif	3,25	0,00	5,66	0,05	9,00	0,00

6.4 Trübung, Trübungsverlauf und Konglomeratbildung - Trübungsmessung und Schüttelanalysen

Insgesamt unterschieden sich die produzierten Säfte sehr stark in ihren Anfangstrübungswerten. Bei Elstar lagen die Werte zwischen 130 und 1370 TE/F, das ist ein Unterschiedsfaktor von 10. Bei Braeburn war der Unterschied mit Werten zwischen 596 und 1238 TE/F nicht ganz so groß.

Bei beiden Sorten fällt auf, dass jeweils die reife Variante den niedrigsten Trübungswert aufwies und die überreife Variante den höchsten.

ZIMMER (1996) stellte in seiner Arbeit fest, dass Säfte aus weniger reifen Äpfeln tendenziell geringere Trübungen aufweisen als Säfte aus vollreifen Äpfeln. Dies könnte die hohe Trübung von den überreifen Varianten erklären. Dass die reifen Varianten allerdings eine geringere Trübung aufwiesen als die unreifen, könnte auf einen höheren Gehalt an Stärke, welche ebenfalls Trübungen verursachen kann [SCHOBINGER et al., 2001], in den unreifen Äpfeln zurückgeführt werden.

ZIMMER (1996) konnte auch einen statistischen Zusammenhang der Trübung mit dem pH-Wert feststellen. In der vorliegenden Arbeit ergaben sich diesbezüglich keine Zusammenhänge. Allerdings war der pH-Unterschied nicht so groß wie in der Arbeit von ZIMMER, der die Säfte auf Apfelsaft-untypische pH-Werte einstellte.

Einen möglichen Einfluss auf die Trübung stellte vermutlich auch die Saftstandzeit zwischen Pressvorgang und HTST-Behandlung dar (siehe 0), zu der es aus logistischen Gründen kam, da sich Presse und Pasteur in unterschiedlichen Räumlichkeiten befanden. Allerdings wurde die Saftstandzeit zwischen dem Pressen und der HTST-Behandlung immer so kurz wie möglich gehalten (15-40 min). Der gesamte Saft wurde immer unmittelbar nach dem Pressvorgang zum Pasteur transportiert und mit HTST behandelt. Im Großen und Ganzen waren der Einfluss der Standzeit und die Raumtemperatur (zwischen 19 und 23 °C) immer ähnlich. Geringe Abweichungen wurden nicht weiter berücksichtigt.

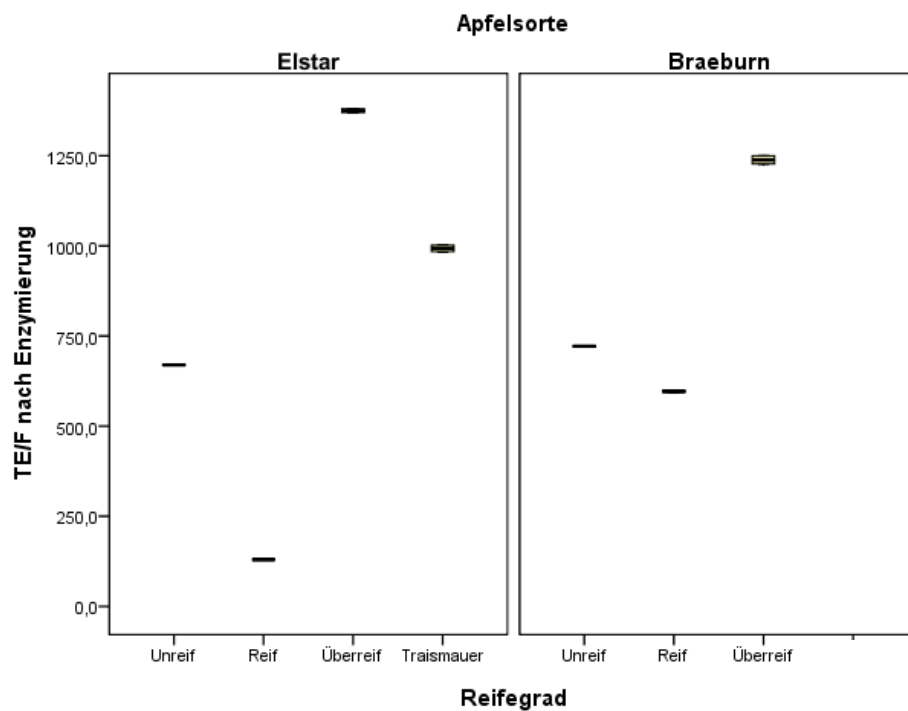


Abbildung 6.3 TE/F der Säfte nach HTST

Konglomeratbildung trat in einigen Säften der Sorte Elstar aus unreifen und überreifen Äpfeln sowie aus Äpfeln aus Traismauer auf. Bei der Sorte Braeburn zeigten einige Säfte aus unreifen und reifen Äpfeln Konglomerate.

Elstar Reif und Braeburn Überreif blieben jeweils komplett frei von Konglomeraten.

Es konnte dabei kein Zusammenhang zwischen der Höhe der TE/F-Werte nach HTST und der späteren Konglomeratbildung festgestellt werden.

6.4.1 Variantenbeschreibung - Schwerpunkt Trübung , Trübungsverlauf und Konglomeratbildung

6.4.1.1 Elstar unreif

Nach der Grobtrubabtrennung konnte ein massiver Säureabbau festgestellt werden (siehe 6.3 Saftparameter).

Der für den Separator bestimmte Saft wurde in einem Stahltank bei 2 °C gelagert und wies daher keinen Säureabbau auf. Da die Zentrifuge allerdings auf Grund technischer Probleme nicht zum vorgesehenen Zeitpunkt verwendet werden konnte, wurde der Saft im Stahltank für 2 Tage gelagert und erst im Anschluss zentrifugiert, abgefüllt und pasteurisiert.

6.4.1.1.1 *Trübung & Trübungsverlauf*

Die Trübung direkt nach der HTST-Behandlung lag bei $670 \pm 1,4$ TE/F.

Nach der jeweiligen Behandlungsmethode (Bentonitzugabe, Enzymierung, Zentrifugation) und der Grobtrubabtrennung, zeigten die Saftvarianten eine deutliche Verringerung des Trübungsgrades. Die 0-Varianten zeigten einen Wert von $536 \pm 94,5$ TE/F. Bentonit unterschied sich vermutlich auf Grund der niedrigen Dosierung mit $559,3 \pm 32,9$ TE/F nicht wesentlich von der 0-Variante. Die beiden Amylasenvarianten zeigten hingegen niedrigere Werte als die 0-Variante und lagen auf einem ähnlichen Niveau (Panzym AG XXL $416,8 \pm 11,6$ TE/F; Panzym F2 $426,8 \pm 2,9$ TE/F).

Durch die Protease Panzym Neutrase wurden die Trübungswerte nicht sehr stark verändert ($639,3 \pm 13,2$).

Die mit Pektinasen behandelten Säfte zeigten wiederum sehr große Veränderungen in den Trübungswerten: Panzym Clear $376,3 \pm 24,6$ TE/F; Panzym Smash XXL $366,5 \pm 72,4$ TE/F; Panzym XXL $400,5 \pm 44,7$ TE/F.

Mit der Zentrifuge wurde versucht, in der ersten Variante so viel Trub wie möglich zu entfernen und anschließend nach jeder Variante um 200 TE/F zu steigern. Dies war zwar nicht exakt möglich, allerdings konnte insgesamt ein großer Trubanteil entfernt werden. Auch untereinander unterschieden sich zumindest einige Varianten in ihrem Zentrifugiergrad. Variante Zentrifuge 1

zeigte den niedrigsten Trübungsgrad mit $251,3 \pm 32,7$ TE/F. Variante Zentrifuge 3 zeigte den höchsten Wert mit $530,5 \pm 14,9$ TE/F. Die restlichen zentrifugierten Varianten lagen im Bereich um 450 TE/F.

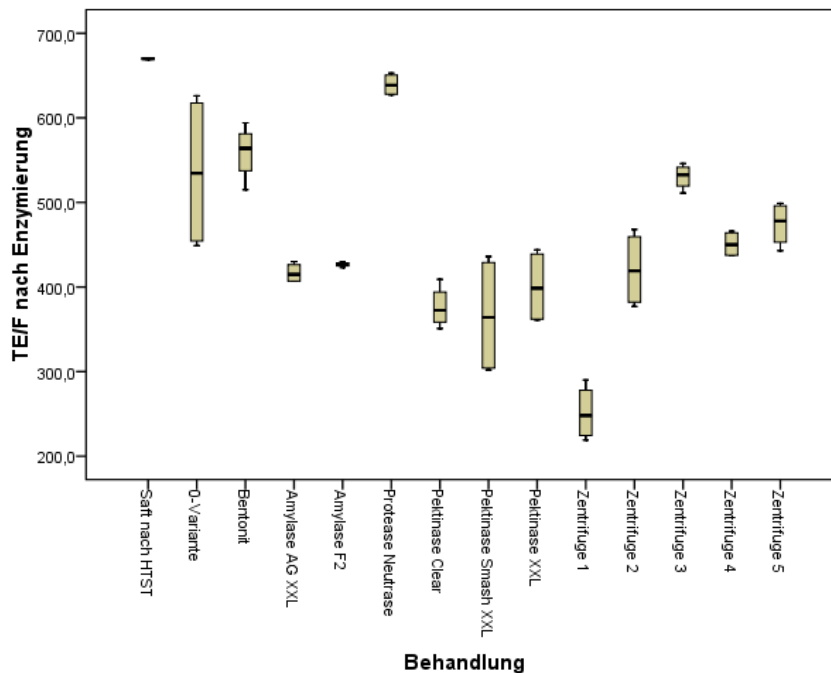


Abbildung 6.4 TE/F Elstar Unreif nach der Enzymierung

Ab Woche 4 wurde von jeder Variante in 2 Flaschen die Trübung gemessen. Von dem Zeitpunkt vor der Abfüllung, als die Varianten bereits zentrifugiert waren, bis zur Messung in Woche 4 zeigte die Amylase AG XXL mit einem mittleren Abfall um $319,3$ TE/F auf $97,5 \pm 16,8$ TE/F den größten Trübungsverlust. Auch gemessen in Prozent der Anfangstrübung dominierte AG XXL mit 77 % die Trübungsabnahme. Zentrifuge 1 wies den geringsten Trübungsabfall auf, mit einer Verminderung um $41,3$ TE/F bzw. 16 % der Anfangstrübung.

Zwischen Woche 4 und Woche 24 war der Trübungsabfall bei der mit Protease Neutrase behandelten Variante in absoluten Werten mit $172,5$ TE/F am größten. Prozentuell zur Anfangstrübung gesehen war allerdings der Abfall bei Amylase F2 mit 31 % am ausgeprägtesten. Die niedrigsten Verlustwerte zeigten in diesem Zeitraum Amylase AG XXL mit $62,8$ TE/F bzw. Bentonit mit 14 %.

Über den gesamten Zeitraum betrachtet war der Abfall bei Amylase AG XXL mit 382,0 TE/F und 91,7 % am höchsten und bei Zentrifuge 1 mit 108,0 TE/F und 43,0 % am niedrigsten.

Bei genauer Betrachtung der Trübungsverläufe ist in Woche 16 jeweils ein höherer Wert als in Woche 12 zu erkennen. Es konnte hier aber kein Fehler bestimmt werden. Möglicherweise wurden an diesem Messtag die Probenahme oder der Proben transport anders durchgeführt als üblicherweise, was zu einem veränderten Ergebnis geführt haben könnte.

Zusätzlich fällt auf, dass im Zeitraum von Woche 4 bis Woche 8 ebenfalls bei den meisten Varianten noch ein sehr großer Trübungsabfall stattgefunden hat.

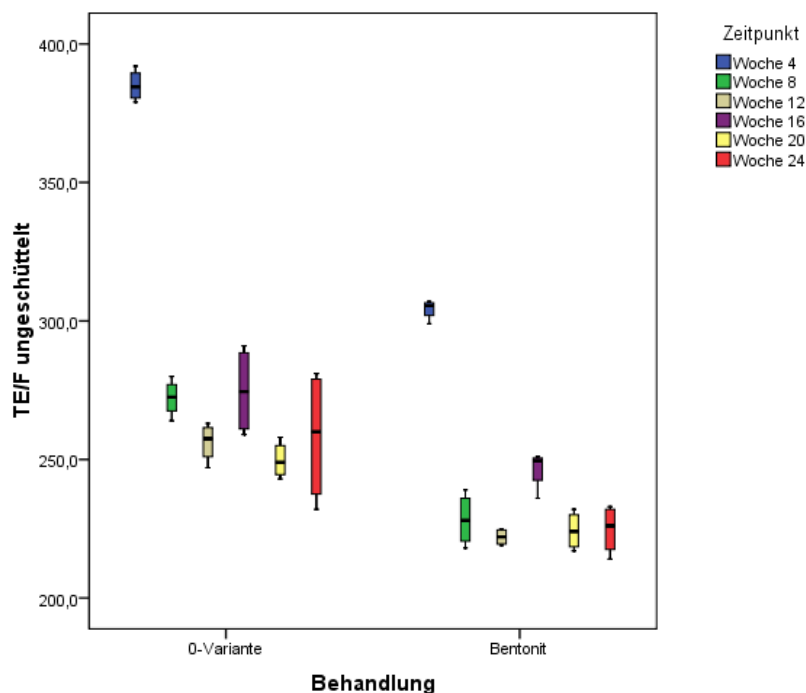


Abbildung 6.5 Trübungsverlauf Elstar Unreif 0-Variante, Bentonit

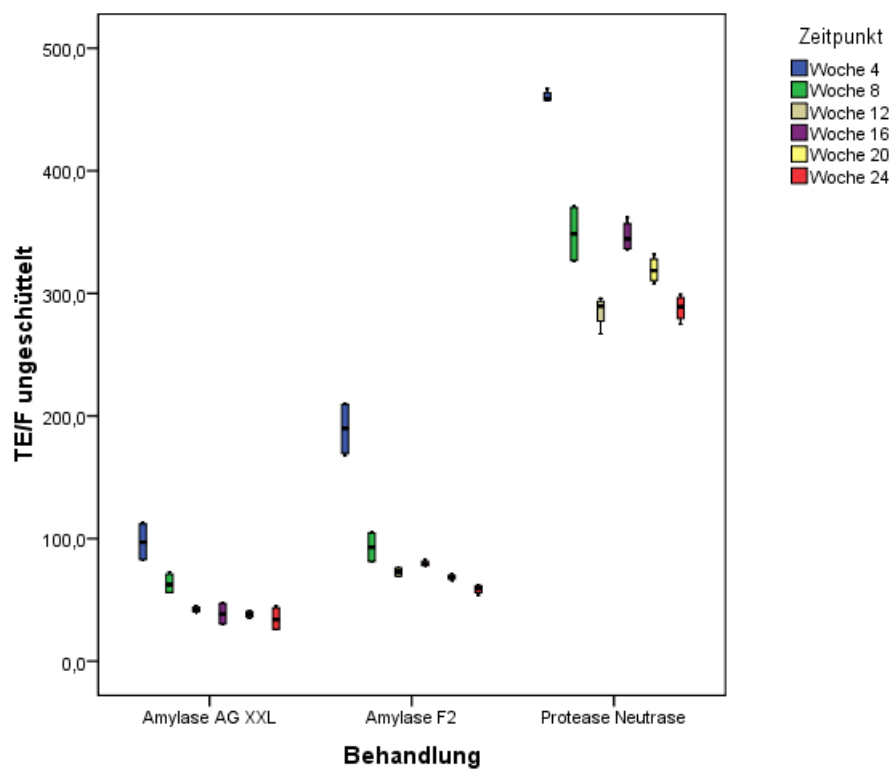


Abbildung 6.6 Trübungsverlauf Elstar Unreif Amylasen und Protease

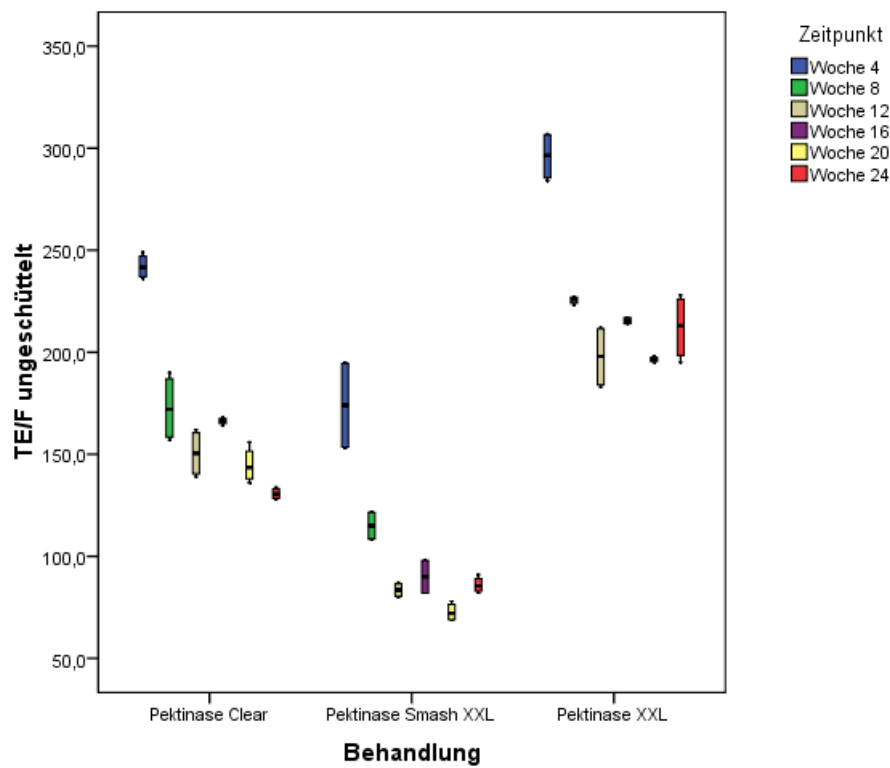


Abbildung 6.7 Trübungsverlauf Elstar Unreif Pektinasen

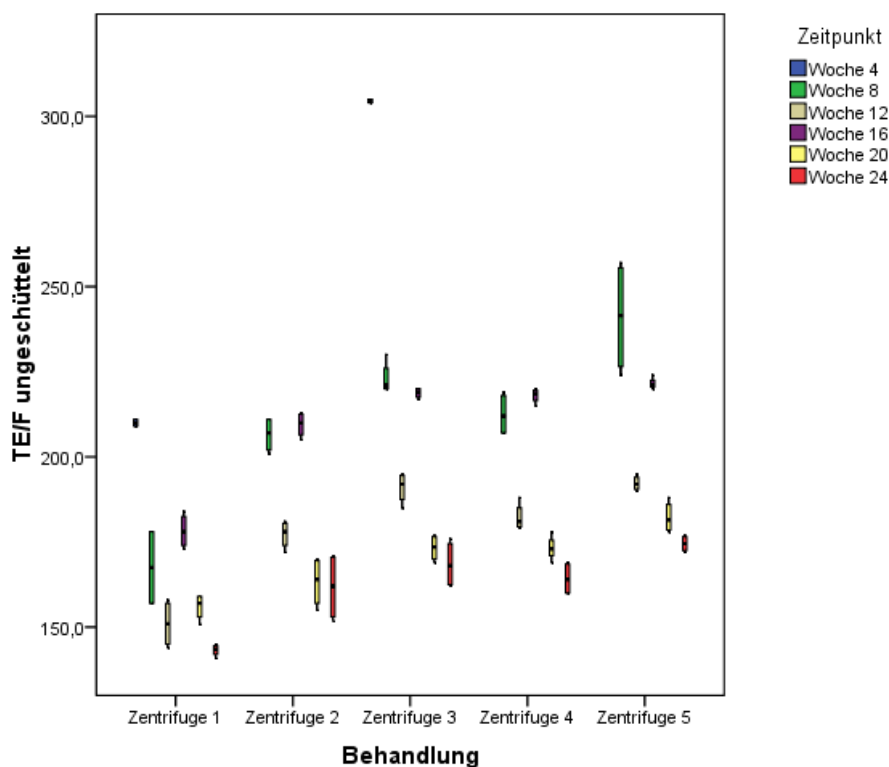


Abbildung 6.8 Trübungsverlauf Elstar Unreif Zentrifuge

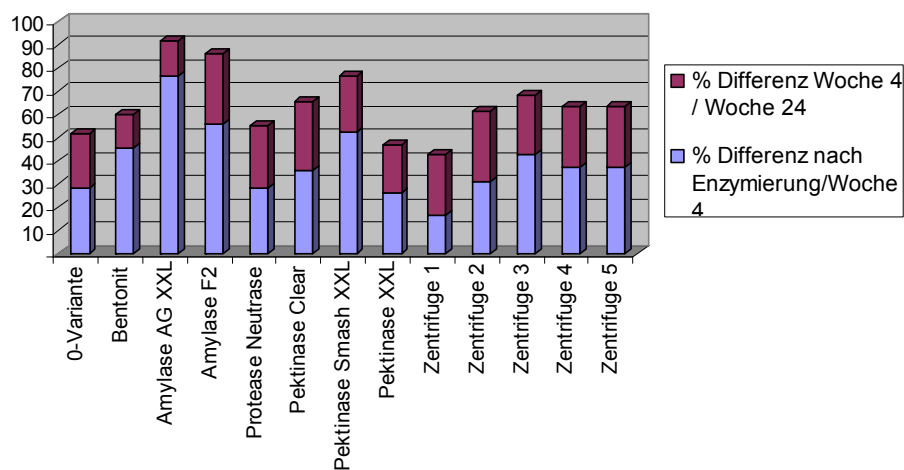


Abbildung 6.9 Darstellung des Trübungsabfalls in % bei Elstar Unreif

6.4.1.1.2 Konglomeratbildung

Bei Elstar Unreif konnten bereits in Woche 4 bei der 0-Variante, bei Bentonit und bei Amylase AG XXL Konglomerate beobachtet werden. In Woche 8

konnten auch bei Protease Neutrase Konglomerate festgestellt werden. Ab Woche 12 erschienen auch in den Zentrifugenvarianten Konglomerate, allerdings blieb ab diesem Zeitpunkt die Variante Amylase AG XXL konglomeratfrei.

Die 0-Variante, sowie die Varianten Bentonit und Protease Neutrase wiesen auch beim 2. Schütteldurchgang eine gewisse Beständigkeit auf, bei allen anderen Varianten konnten die Konglomerate beim 2. Schütteldurchgang entfernt werden.

In den Varianten Amylase F2, Pektinase Clear, Pektinase Smash XXL, Pektinase XXL und Zentrifuge 1 bildeten sich im gesamten Messzeitraum über 24 Wochen keine Konglomerate.

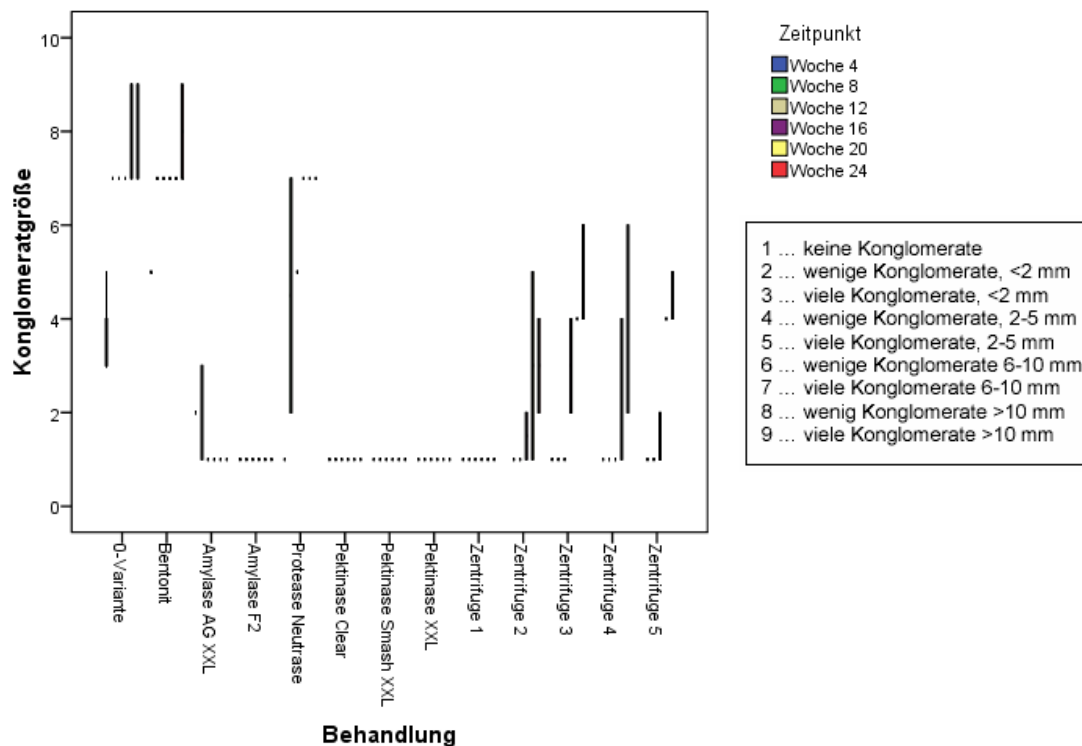


Abbildung 6.10 Verlauf der Konglomeratgröße bei Elstar Unreif

6.4.1.2 Elstar reif

Bereits während des Pressvorganges wirkte der Saft außergewöhnlich klar (wird in 7.2 diskutiert). Eine an die HTST - Behandlung anschließende Trübungsmessung ergab einen Wert von $130,0 \pm 0,0$ TE/F. Ein Separiervorgang hätte in diesem Fall keine nennenswerten Unterschiede im Trübungsgrad bewirkt. Daher wurde in diesem Fall auf das Zentrifugieren verzichtet.

6.4.1.2.1 Trübung & Trübungsverlauf

Zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ zeigten sich bei der 0-Variante, Bentonit, Amylase F2 und Protease Neutrase kaum Unterschiede im Trübungsgrad. Alle diese Säfte lagen weiterhin um 130 TE/F. Amylase AG XXL zeigte einen geringen Abfall auf $121,8 \pm 2,1$ TE/F. Einzig die Pektinasen brachten einen deutlichen Unterschied: Pektinase Clear fiel auf $84,8 \pm 1,0$ TE/F, Pektinase Smash XXL auf $113,5 \pm 1,9$ TE/F und Pektinase XXL auf $94,3 \pm 1,0$ TE/F (Abbildung 6.11).

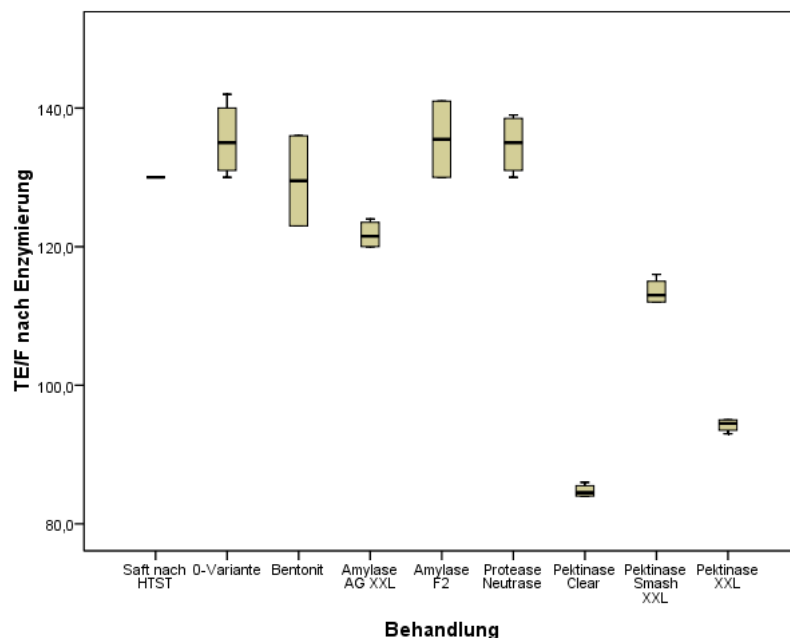


Abbildung 6.11 TE/F Elstar Reif „nach Enzymierung“

Den größten Abfall der Trübung im Zeitraum der ersten 4 Wochen zeigte die Amylase AG XXL mit 89 TE/F, das entspricht einem prozentuellen Abfall von 73 %. Auch Pektinase XXL zeigte einen prozentuellen Abfall von 73 %. Den geringsten Abfall zeigte die 0-Variante mit 36,3 TE/F bzw. 27 %.

Im Zeitraum zwischen Woche 4 und Woche 24 zeigte hingegen die 0-Variante in absoluten Werten den höchsten Abfall mit 51,8 TE/F. Prozentuell betrachtet dominierte die Pektinase Clear mit 42 %. Den geringsten Abfall wiesen Pektinase XXL mit 15,7 TE/F bzw. 17 % und Amylase AG XXL mit ebenfalls 17 % auf.

Im gesamten Messzeitraum über 24 Wochen wies die Amylase AG XXL in absoluten Werten den höchsten Abfall auf (109,2 TE/F). In prozentuellen Werten dominierte Pektinase Clear. Den geringsten Abfall zeigte Amylase F2 mit 73,5 TE/F bzw. 54,2 % (Abbildung 6.12, Abbildung 6.13, Abbildung 6.15).

Äußerst auffallend waren die Endwerte der Trübung in den einzelnen Saftvarianten. Auf Grund der niedrigen Anfangstrübung fielen alle Werte unter 65 TE/F. Alle Pektinasen und Amylase AG XXL zeigten dabei Werte unter 15 TE/F (Pektinase Clear sogar nur $5,8 \pm 0,6$ TE/F) (Abbildung 6.16).

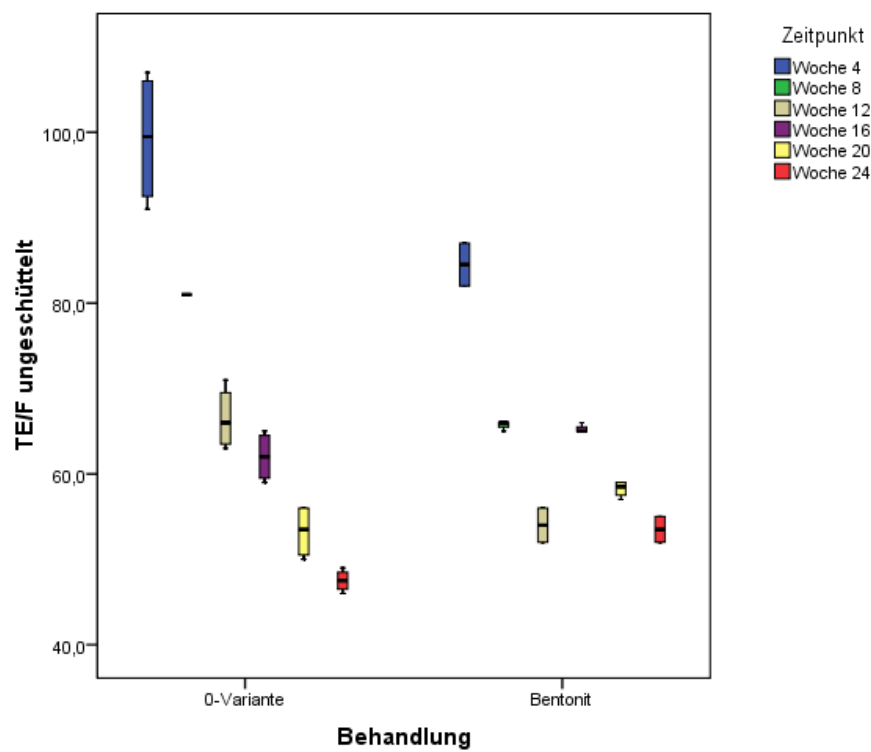


Abbildung 6.12 Trübungsverlauf Elstar Reif 0-Variante, Bentonit

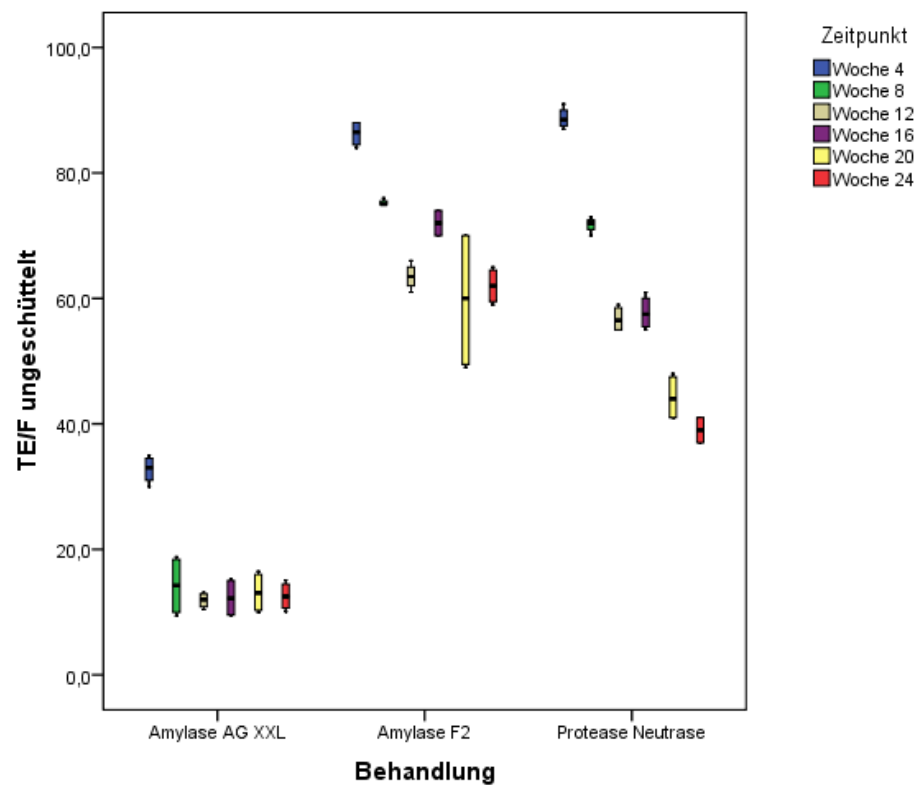


Abbildung 6.13 Trübungsverlauf Elstar Reif Amylasen, Protease

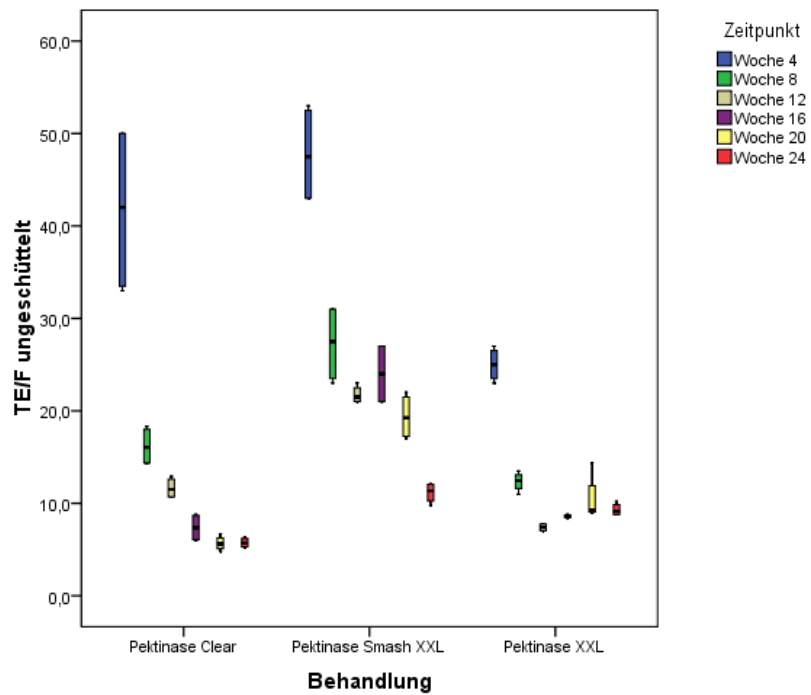


Abbildung 6.14 Trübungsverlauf Elstar Reif Pektinasen

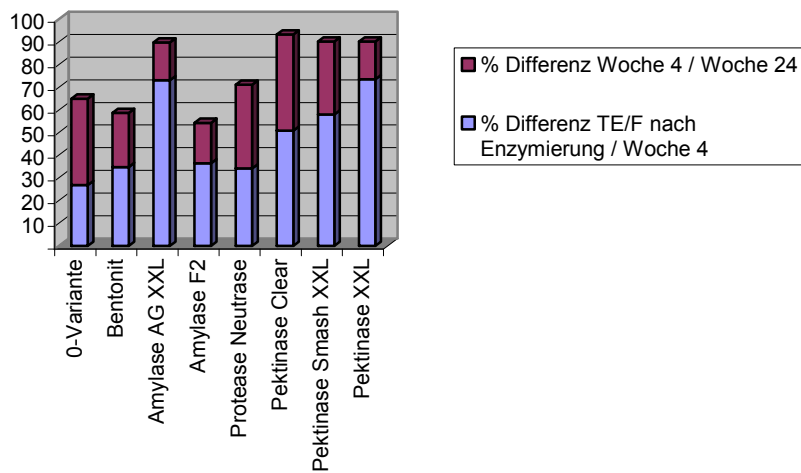


Abbildung 6.15 Darstellung des Trübungsabfalls in % bei Elstar Reif



Abbildung 6.16 Ausgeklärte Säfte bei Elstar Reif behandelt mit Pektinasen

6.4.1.2.2 *Konglomeratbildung*

Auf Grund der niedrigen Anfangstrübung bildete sich in den Flaschen kaum ein Trubdepot (auch nach 24 Wochen nicht über 3 mm), das aufgeschüttelt werden musste. Es konnten sich daher auch keine Konglomerate bilden und alle Säfte der Variante Elstar Reif blieben komplett konglomeratfrei.

6.4.1.3 Elstar überreif

6.4.1.3.1 Trübung & Trübungsverlauf

Ausgehend von einem Wert von $1375,0 \pm 7,1$ TE/F fiel der Trübungswert nach der Grobtrubentfernung bei der 0-Variante, Bentonit, beiden Amylasen und Protease Neutrase auf einen Wert zwischen 1110 und 1180 TE/F. Alle drei Pektinasen fielen auf ein deutlich niedrigeres Niveau zwischen 940 und 1020 TE/F. Die Zentrifugenvarianten 1 bis 4 zeigten den niedrigsten Trübungsgrad im Bereich zwischen 680 und 720 TE/F. Zentrifuge 5 hatte mit $797,8 \pm 17,3$ TE/F deutlich höhere Werte als die restlichen zentrifugierten Varianten. Es konnten leider keine größeren Unterschiede im Trübungsgrad zwischen den zentrifugierten Varianten erzielt werden.

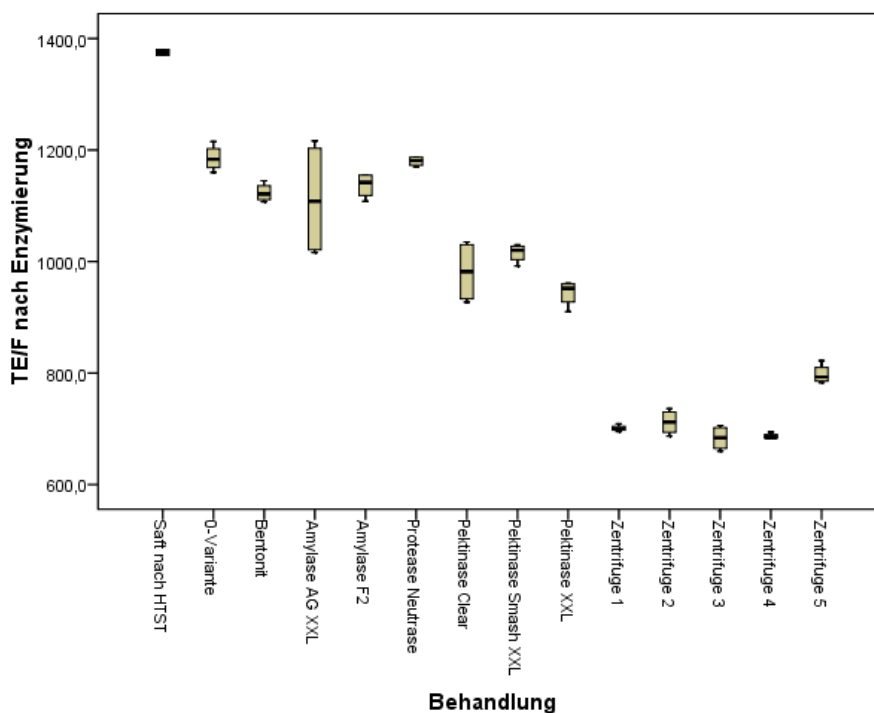


Abbildung 6.17 TE/F nach Enzymierung bei Elstar Überreif

In den ersten 4 Wochen verloren die drei Pektinasenvarianten am meisten Trub, angeführt von Pektinase XXL mit 818,8 TE/F bzw. 87 % Verlust. Die geringsten Verluste zeigten die zentrifugierten Varianten allen voran Zentrifuge 1 mit 98,8 TE/F bzw. 14 %.

Im Zeitraum von Woche 4 bis Woche 24 zeigten hingegen die Pektinasen den geringsten Abfall (Pektinase XXL 83,8 TE/F bzw. 9 %) und die 0-Variante (678,0 TE/F) und Zentrifuge 5 (63 %) die höchsten.

Über den gesamten Messzeitraum gesehen verlor die Protease Neutrase in absoluten Zahlen (1011,5 TE/F) am meisten an Trübung. Die Pektinasen dominierten prozentuell betrachtet mit einem Abfall von jeweils über 90 %. Den geringsten Abfall gemessen in TE/F zeigten die Zentrifugenvarianten. Prozentuell lag keine Variante wesentlich unter dem Durchschnitt.

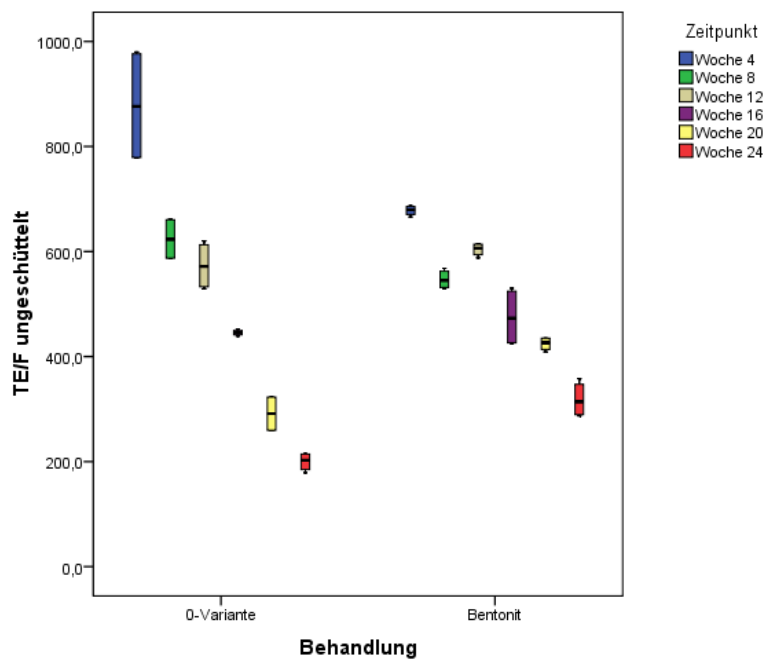


Abbildung 6.18 Trübungsverlauf Elstar Überreif 0-Variante, Bentonit

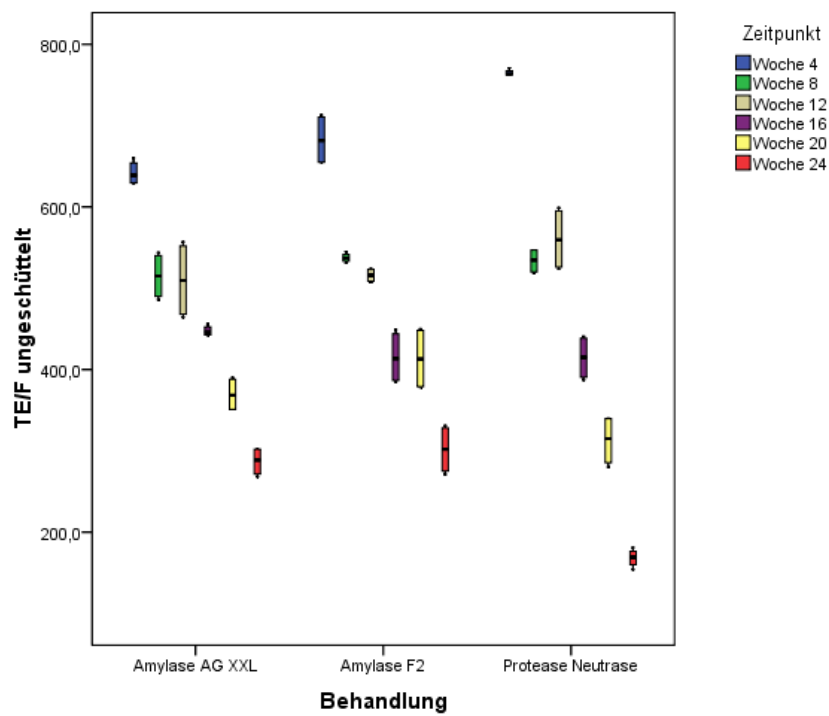


Abbildung 6.19 Trübungsverlauf Elstar Überreif Amylasen, Protease

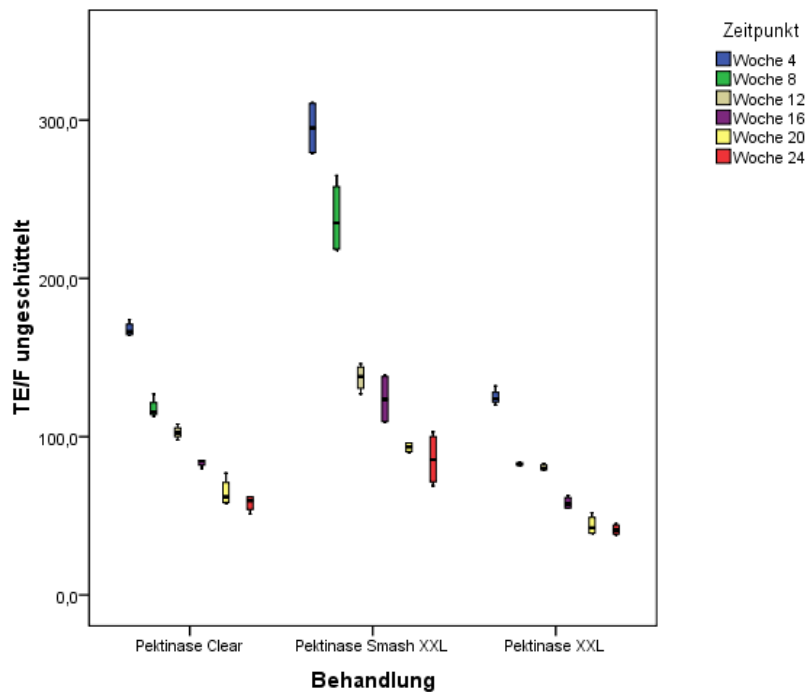


Abbildung 6.20 Trübungsverlauf Elstar Überreif Pektinasen

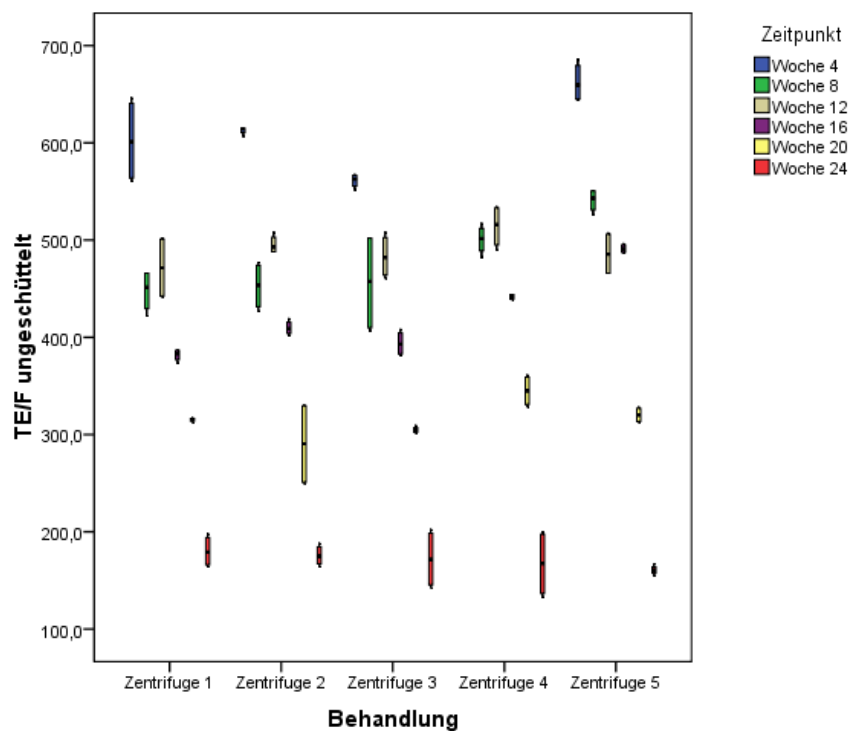


Abbildung 6.21 Trübungsverlauf Zentrifuge

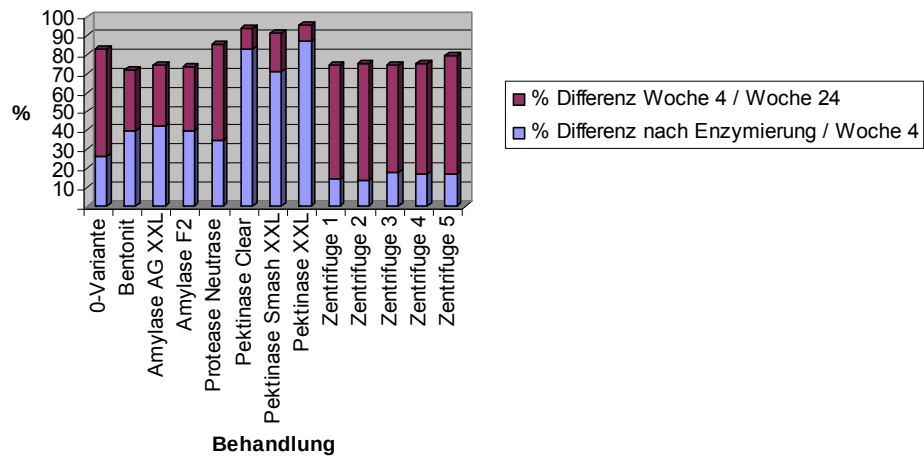


Abbildung 6.22 Darstellung des Trübungsabfalls in % bei Elstar Überreif

6.4.1.3.2 Konglomeratbildung

Bereits ab Woche 4 konnten in der 0-Variante und in den mit Bentonit und Protease Neutrase behandelten Säften Konglomerate festgestellt werden. Ein Mal in Woche 20 traten auch in Variante Zentrifuge 3 Konglomerate auf. In

seltenen Fällen zeigten die Konglomerate auch Beständigkeit, meistens konnten sie allerdings im zweiten Schüttelvorgang eliminiert werden.

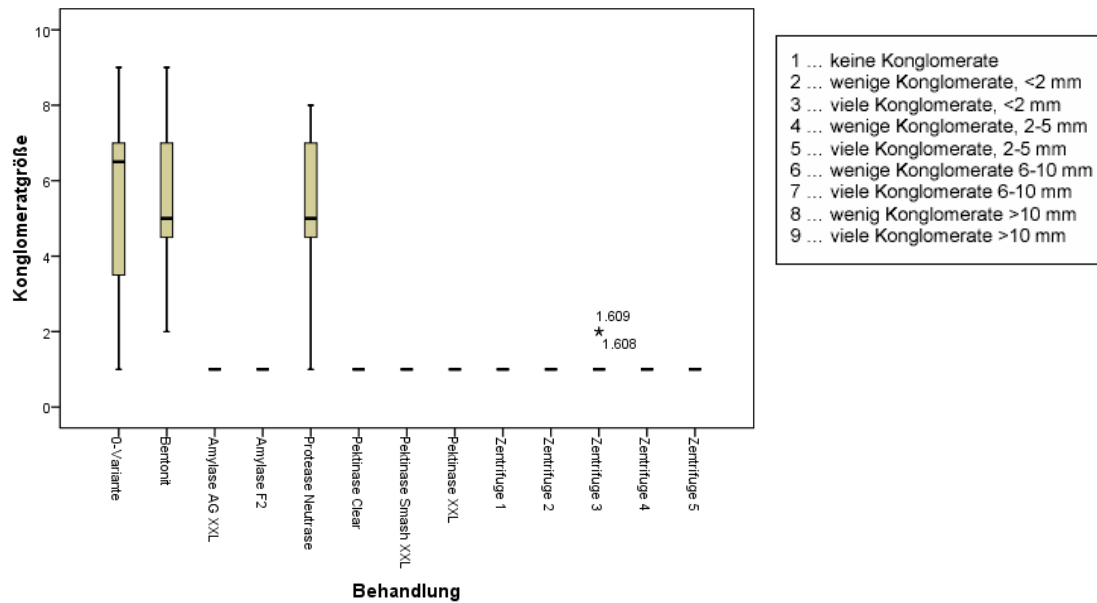


Abbildung 6.23 Konglomeratbildung bei Elstar Überreif

6.4.1.4 Elstar Traismauer

6.4.1.4.1 *Trübung & Trübungsverlauf*

Der Saft wies nach der HTST-Behandlung eine Trübung von $993,0 \pm 12,7$ TE/F auf.

Nach der Enzymierung konnten bei der 0-Variante ($972,8 \pm 21,4$ TE/F) und Protease Neutrase ($926,3 \pm 17,3$ TE/F) keine großen Änderungen im Trübungsgrad festgestellt werden. Die beiden Amylasen zeigten einen etwas stärkeren Abfall (AG XXL auf $883,0 \pm 19,3$ TE/F und F2 auf $854,3 \pm 30,4$ TE/F). Die drei Pektinasen zeigten alle geringere Werte als die Amylasen an: Pektinase Smash XXL lag mit einem Wert von $823,0 \pm 33,4$ TE/F knapp darunter. Die beiden anderen Pektinasen lagen auf einem Niveau um 720 TE/F. Die größte Trübungsverringerung brachten einerseits Bentonit, welches auf $470 \pm 66,2$ TE/F absank, andererseits die Zentrifugenvarianten. Zentrifuge 1 hatte einen Trübungswert von $404,3 \pm 54,8$ TE/F. Zentrifuge 2 und 3 konnten wie gewünscht im Trübungsgrad gesteigert werden ($454,3 \pm 54,8$ TE/F und $556,3 \pm 7,6$ TE/F). Zentrifuge 4 zeigte keinen nennenswerten Unterschied zu Zentrifuge 3 (Abbildung 6.24). Die außergewöhnliche Trübungsverringerung bei Bentonit ist wohl auf die hohe Dosierung zurückzuführen. Es ist außerdem zu erwähnen, dass diese Säfte durch die hohe Dosierung von Bentonit eine viel blassere Farbe aufwiesen. Im Vergleich zu den anderen Säften wirkte die Farbe gar graustichig. Auch sensorisch unterschied sich diese Variante von den anderen.

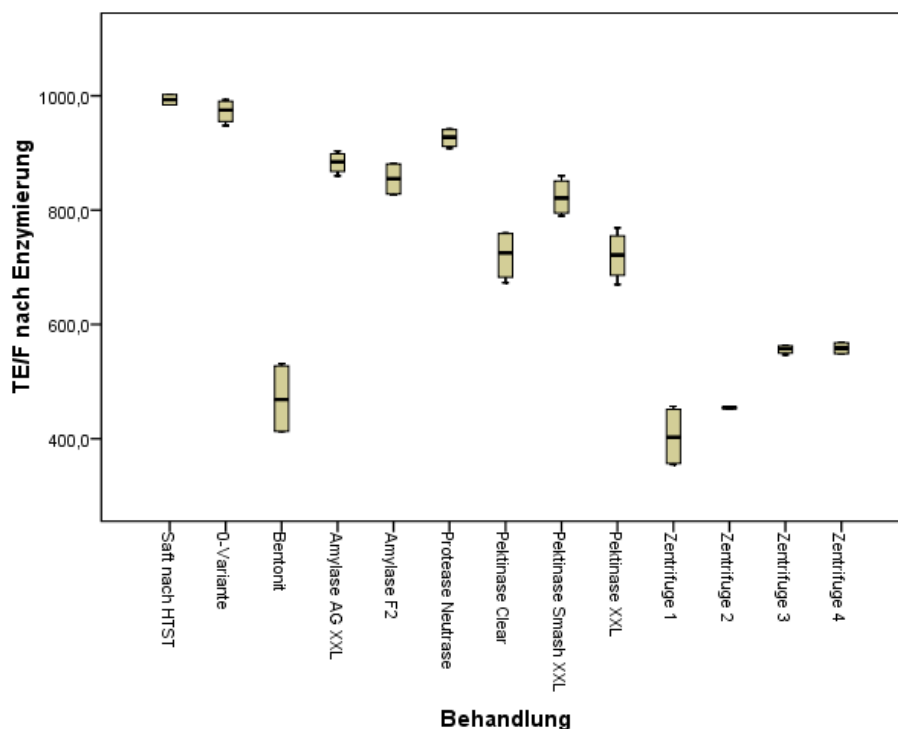


Abbildung 6.24 TE/F nach Enzymierung bei Elstar Traismauer

In den ersten 4 Lagerwochen verloren die zentrifugierten Varianten am wenigsten Trub: Zentrifuge 1 verlor 75,3 TE/F, dicht gefolgt von Zentrifuge 2, etwas mehr Zentrifuge 3 und 4. Bentonit verlor ebenfalls nur 223,3 TE/F. Alle anderen Varianten zeigten einen Abfall zwischen 450 und 580 TE/F. Auch in Prozent ist das Verhältnis ähnlich: Der Verlust bei den Zentrifugen lag in den ersten 4 Wochen bei 19 bzw. 24 %. Bei allen anderen Varianten lagen die Verluste zwischen 47 % (Bentonit) und über 60 % (Pektinasen und Amylase AG XXL).

In den Wochen zwischen Woche 4 und Woche 24 war das Verhältnis genau umgekehrt. Die zentrifugierten Varianten zeigten einen Abfall um 70 %, alle anderen Varianten lagen zwischen 12 und 34 %. Auch in absoluten Zahlen verloren die Zentrifugenvarianten am meisten Trub (bis zu 373 TE/F). Einen relativ hohen Abfall zeigten auch die 0-Variante und Protease Neutrase mit rund 320 TE/F Abfall. Den niedrigsten Abfall zeigte Amylase AG XXL mit 103,5 TE/F bzw. 12 %.

Über den gesamten Zeitraum betrachtet war der Abfall der 0-Variante am größten (905,8 TE/F bzw. 93 %), dicht gefolgt von Protease Neutrase. Hier ist

allerdings zu beachten, dass diese Varianten den höchsten Anfangstrubgehalt aufwiesen, gegen Ende aber niedrigere Trübungswerte aufwies als der durchschnittliche Wert aller Varianten (unter 100 TE/F). Die Amylasen zeigten sich am trübungsstabilsten (über 200 TE/F). Bentonit brachte den geringsten Abfall (329,0 TE/F bzw. 70 %). Auch hier gilt zu beachten, dass diese Variante den geringsten Anfangstrubgehalt hatte, nach 24 Wochen aber noch eine Trübung von $141,3 \pm 5,3$ TE/F anzeigte.

Die niedrigsten Endwerte und praktisch ohne Unterschiede zeigten die Zentrifugenvarianten mit rund 45 TE/F.

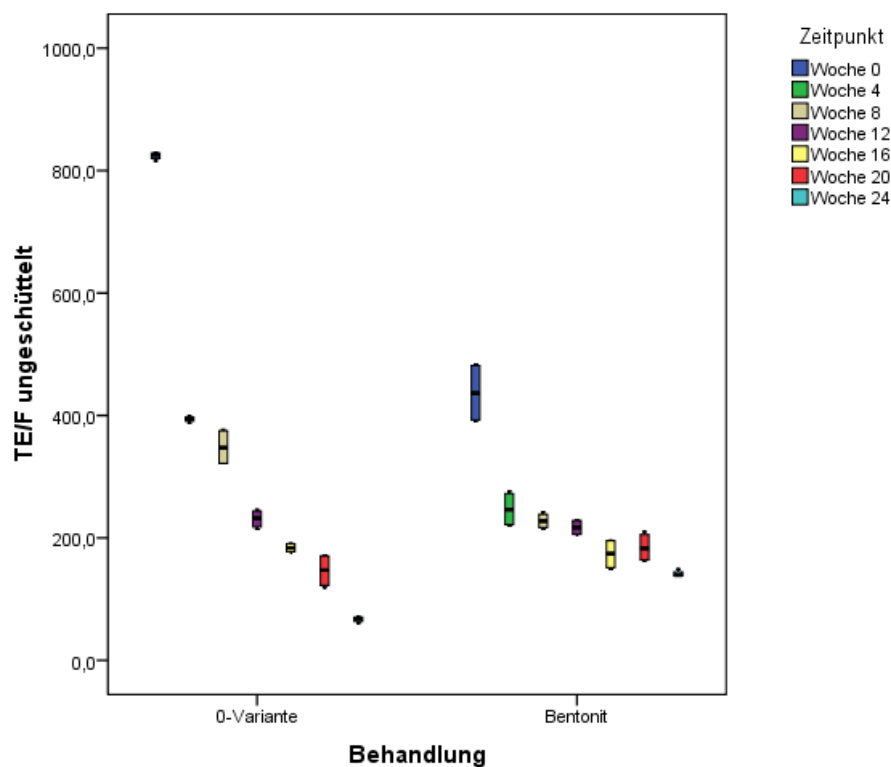


Abbildung 6.25 Trübungsverlauf Elstar Traismauer 0-Variante, Bentonit

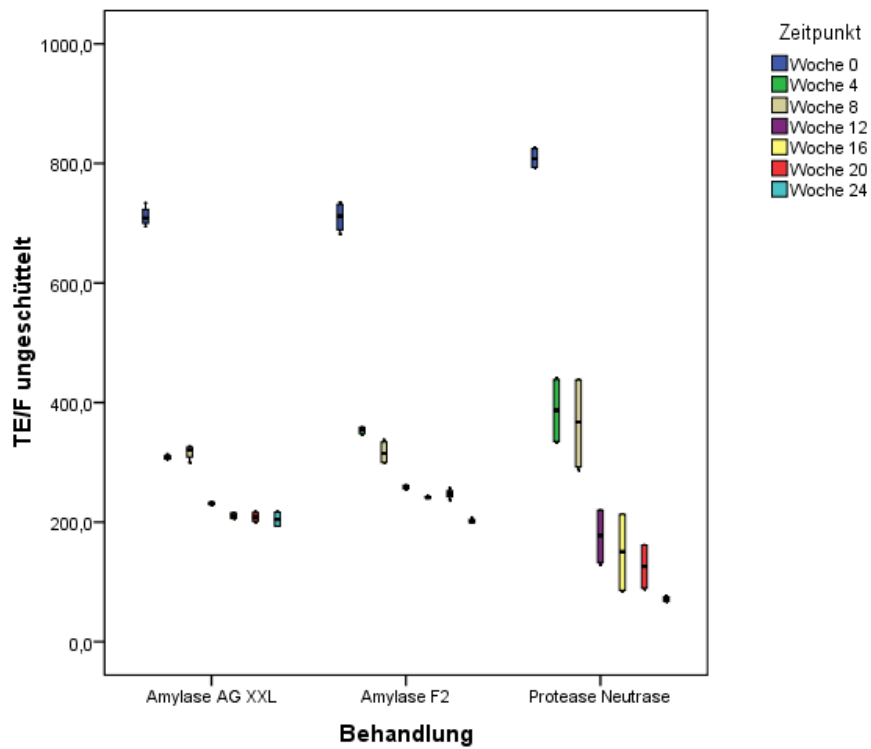


Abbildung 6.26 Trübungsverlauf Elstar Traismauer Amylasen, Protease

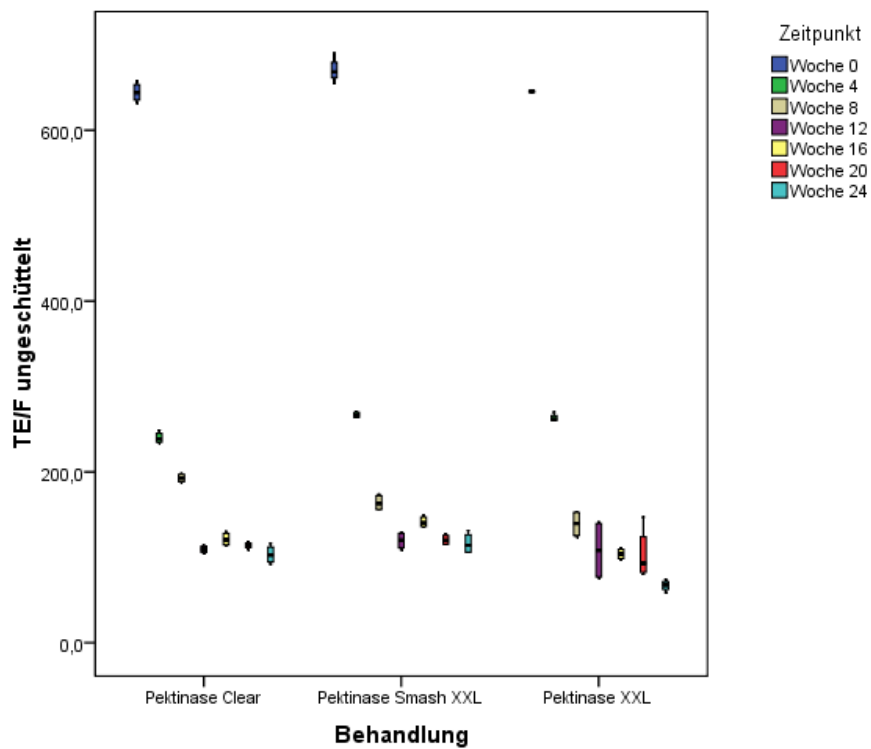


Abbildung 6.27 Trübungsverlauf Elstar Traismauer Pektinasen

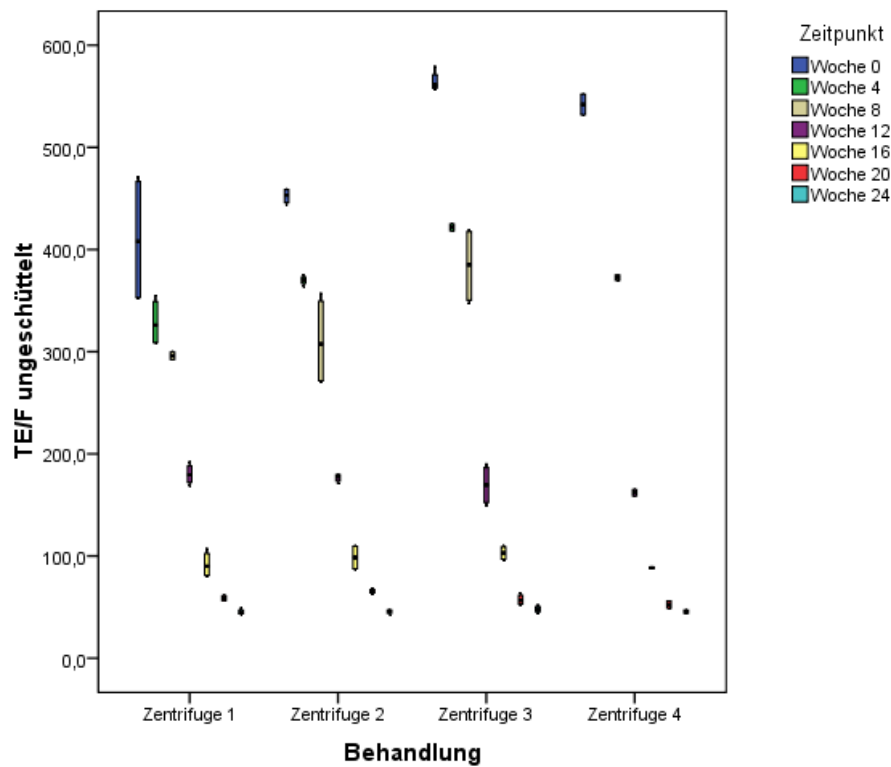


Abbildung 6.28 Trübungsverlauf Elstar Traismauer Zentrifuge

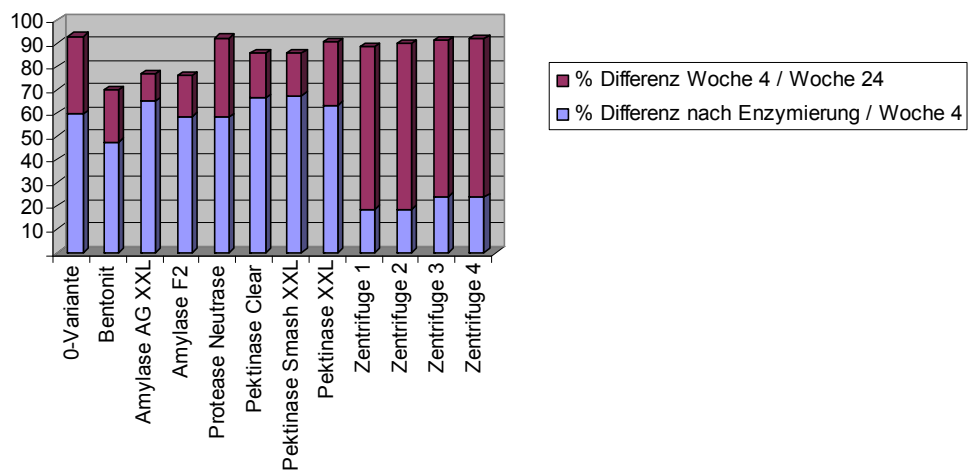


Abbildung 6.29 Darstellung Trübungsabfall in % bei Elstar Traismauer

6.4.1.4.2 Konglomeratbildung

Die 0-Variante wies in Woche 4, Woche 16 und Woche 20 Konglomerate auf. In den anderen Wochen nicht. Die mit Bentonit behandelte Variante wies ab

Woche 4 Konglomerate auf, die Wiederholung blieb jedoch in Woche 12 und 16 konglomeratfrei.

Bei Amylase AG XXL und Protease Neutrase traten jeweils einmal in einer Flasche in Woche 24 bzw. Woche 20 Konglomerate (wenig < 2mm) auf. Alle anderen Varianten blieben komplett konglomeratfrei (Abbildung 6.30).

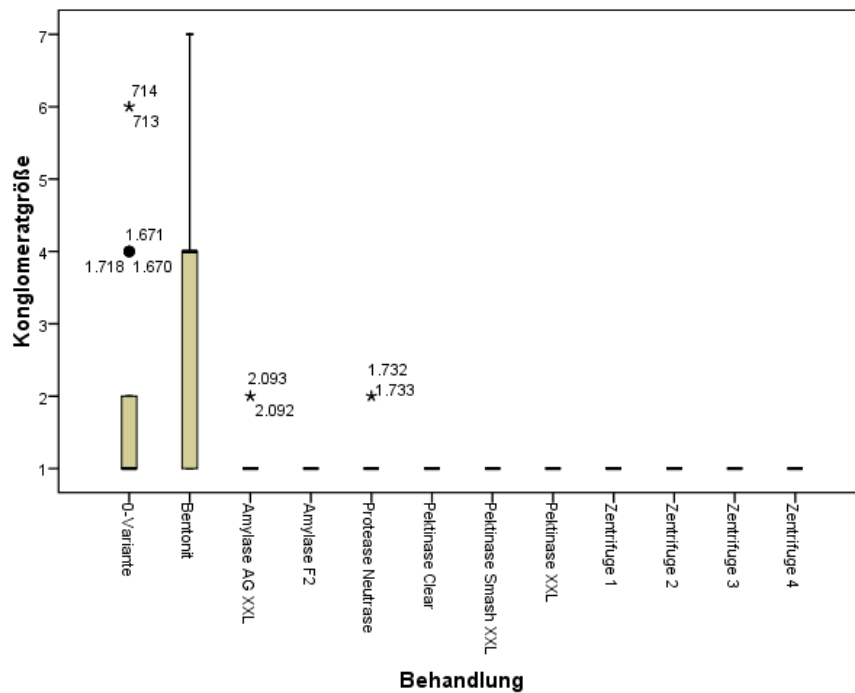


Abbildung 6.30 Konglomeratbildung Elstar Traismauer

6.4.1.5 Braeburn unreif

6.4.1.5.1 Trübung & Trübungsverlauf

Nach der HTST-Behandlung wies der Saft von Braeburn Unreif eine Trübung von $721,5 \pm 2,1$ TE/F auf. Ausgehend von diesem Wert fiel die Trübung der 0-Variante auf $466,8 \pm 268,9$ TE/F. Die hohe Standardabweichung ist zurückzuführen auf den großen Unterschied zwischen dem Originalbehälter und dem Wiederholungsbehälter. Möglicherweise wurde bei einem Behälter keine Grobtrubabtrennung durchgeführt.

Die mit Bentonit behandelte Variante wies mit $248,5 \pm 11,7$ TE/F den geringsten Wert auf. Die Amylasen zeigten mit $343,5 \pm 3,7$ TE/F (AG XXL) und $447,8 \pm 3,9$ TE/F (F2) relativ unterschiedliche Werte. Die Pektinasen bewegten sich im Bereich zwischen 409 und 509 TE/F. Die Protease Neutrase wies einen recht hohen Wert von $598 \pm 20,1$ TE/F auf. Die Zentrifugen zeigten eine Steigerung von $316,3 \pm 45,4$ TE/F über $517,3 \pm 48,4$ TE/F bis $600,5 \pm 3,9$ TE/F (Abbildung 6.31).

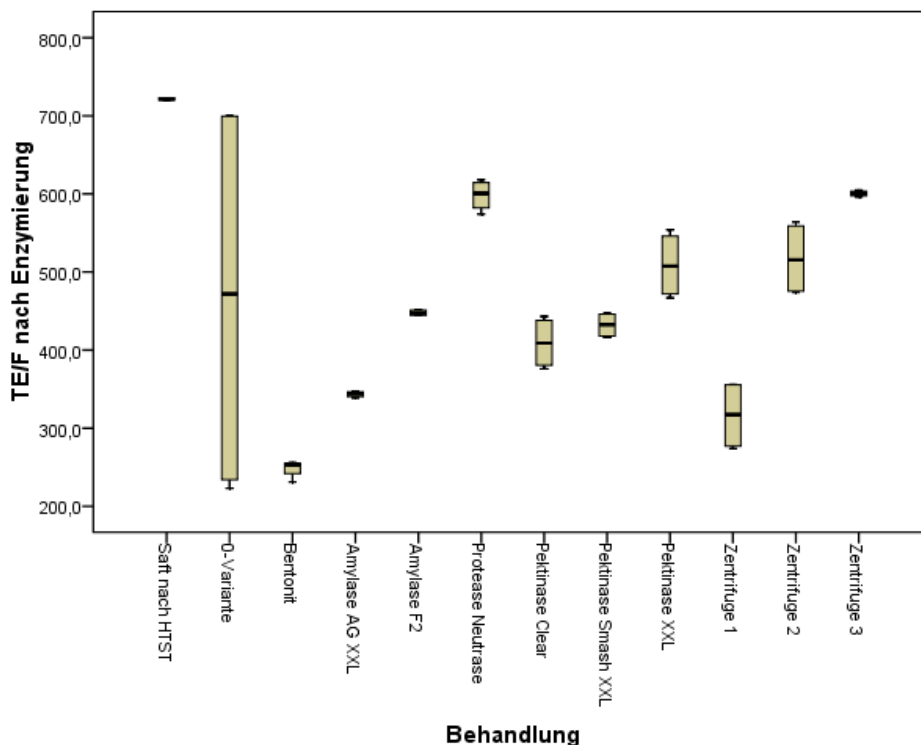


Abbildung 6.31 TE/F nach Enzymierung bei Braeburn Unreif

In den ersten 4 Wochen zeigte Bentonit den geringsten Trübungsabfall mit 68,25 TE/F bzw. 27 %, gefolgt von Zentrifuge 1 mit 107 TE/F bzw. 34 %. Den prozentuell größten Abfall zeigten die Pektinasen, angeführt von Pektinase Clear mit 83 %. Alle anderen Varianten zeigten in diesem Zeitraum einen Abfall um 60 %.

Im Zeitraum zwischen Woche 4 und Woche 24 zeigten die Pektinasen keine Veränderung der Trübung (es wurden sogar wieder geringe Anstiege festgestellt). Die höchsten prozentuellen Anstiege zeigten Zentrifuge 1, Bentonit und Amylase F2. In absoluten Zahlen dominierte die 0-Variante.

Werden die 24 Wochen gesamt betrachtet, zeigte Bentonit den geringsten Trübungsabfall. Prozentuell betrachtet wies Amylase F2 und absolut betrachtet die Protease Neutrase den höchsten Abfall auf. Die Endwerte der Trübung bewegten sich alle zwischen 40 und 160 TE/F. Auch bei der 0-Variante lagen die Werte bei $102,0 \pm 3,6$ TE/F. Wiederholung und Original zeigten also schlussendlich ähnliche Werte trotz der hohen Standardabweichung am Beginn.

Bei Betrachtung von Abbildung 6.32 bis Abbildung 6.35 fällt auf, dass bei allen Varianten in Woche 8 ein tiefer Einschnitt im Trübungswert gezeigt wird. Möglicherweise wurde bei diesem Messzeitpunkt eine andere Küvette benutzt als an den anderen Messtagen.

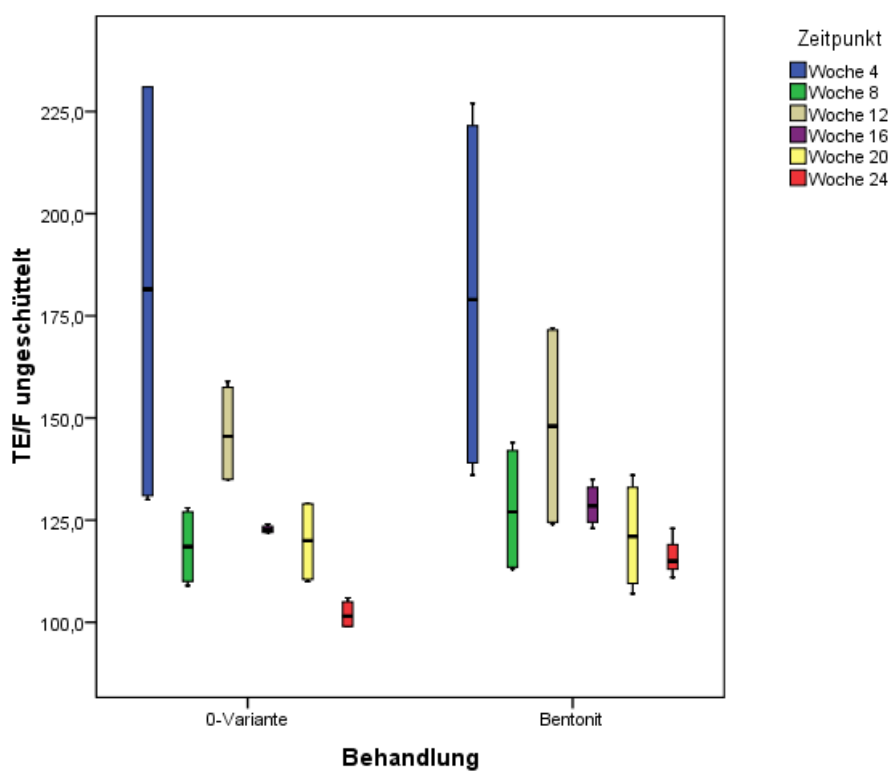


Abbildung 6.32 Trübungsverlauf Braeburn Unreif 0-Variante, Bentonit

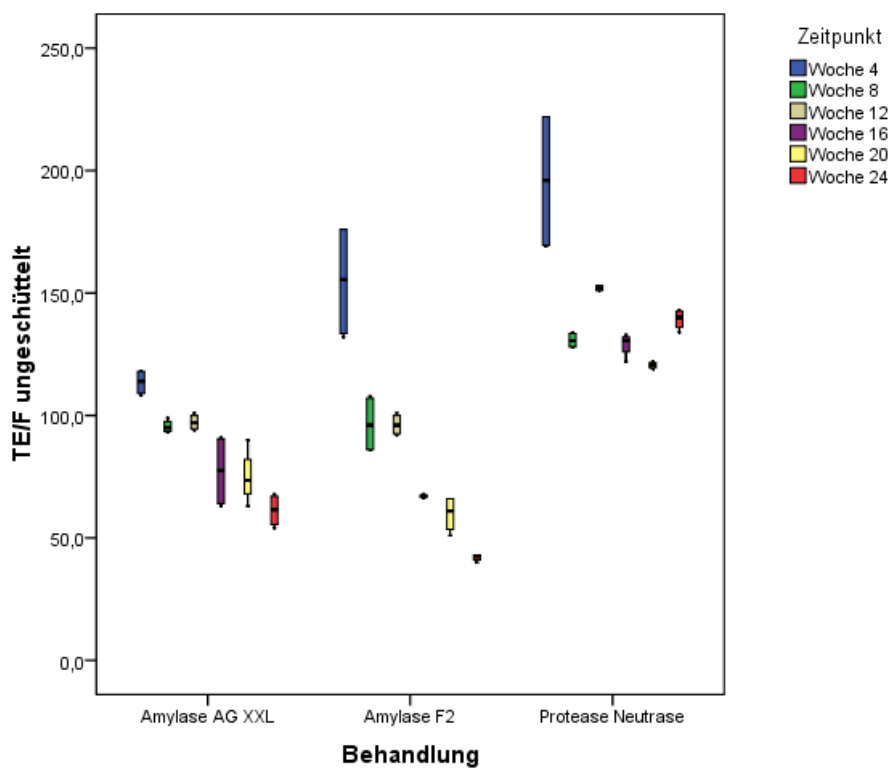


Abbildung 6.33 Trübungsverlauf Braeburn Unreif Amylasen, Protease

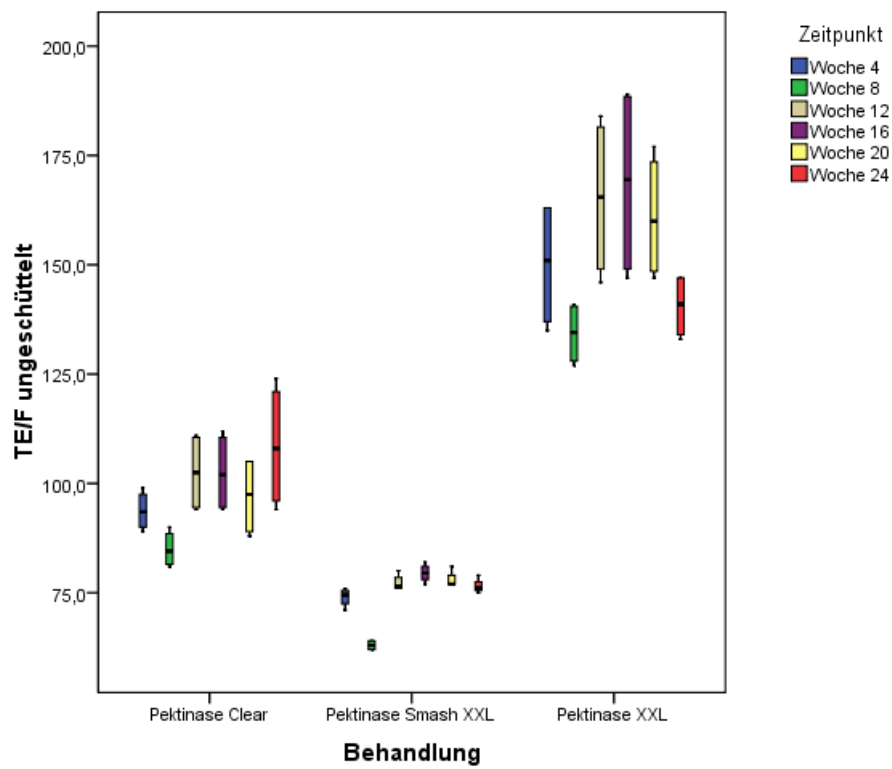


Abbildung 6.34 Trübungsverlauf Braeburn Unreif Pektinasen

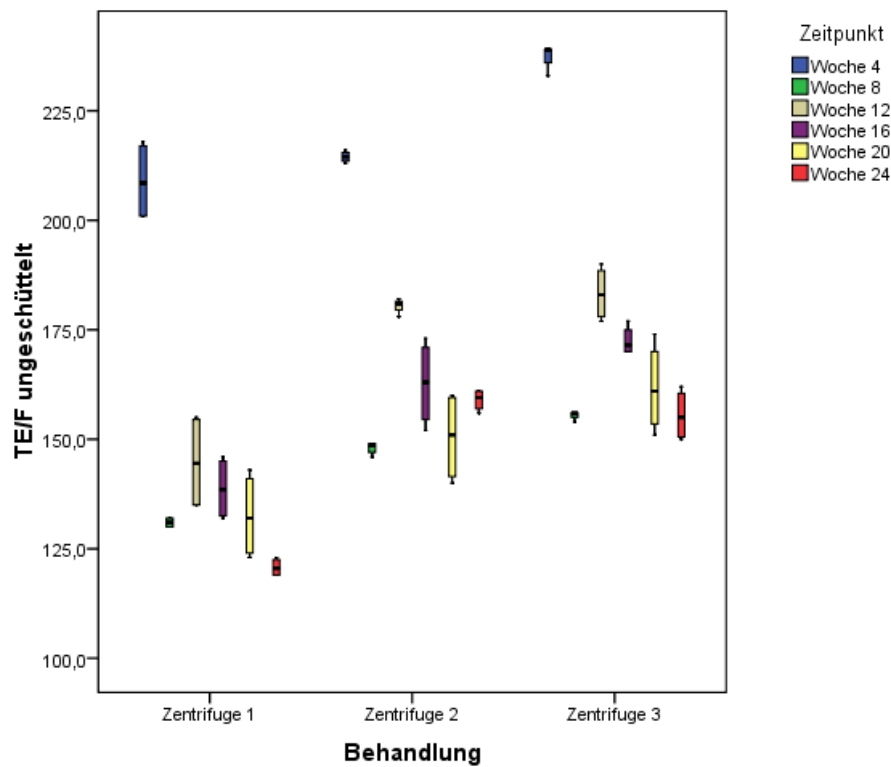


Abbildung 6.35 Trübungsverlauf Braeburn Unreif Zentrifuge

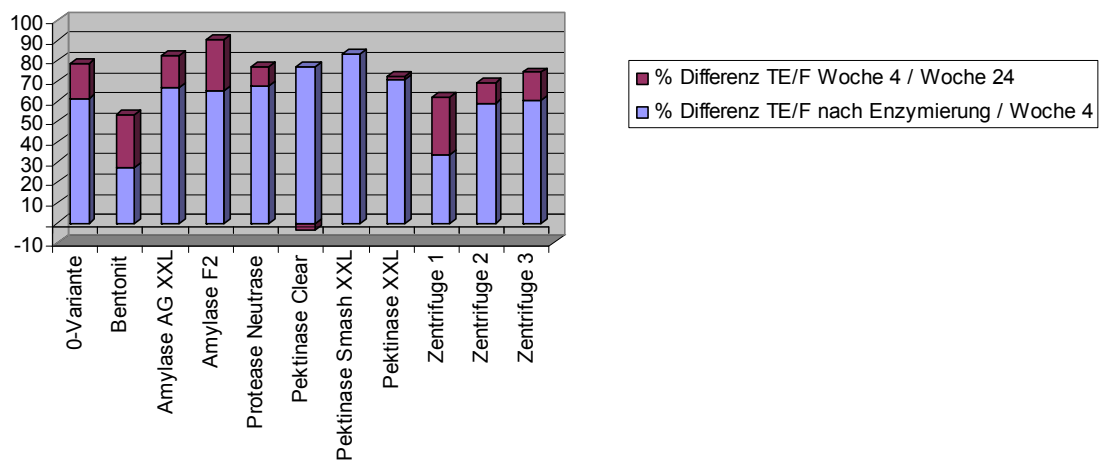


Abbildung 6.36 Darstellung des Trübungsabfalls in % von Braeburn Unreif

6.4.1.5.2 Konglomeratbildung

Sowohl bei der 0-Variante als auch bei Bentonit zeigten sich bereits in Woche 4 Konglomerate. Tendenziell wurden diese im Laufe der Zeit größer und mehr. Bei der Protease Neutrase traten erst in Woche 16 Konglomerate auf, dafür aber ab diesem Zeitpunkt konstant und mit der gleichen Menge und Größe (viel

2-5 mm). Bei den Amylasen AG XXL und F2 traten ab Woche 20 Konglomerate auf. Ebenso traten bei Pektinase Smash XXL in Woche 20 in einer Flasche und bei Zentrifuge 3 in Woche 16 und Woche 20 in je einer Flasche Konglomerate auf.

Allerdings wiesen die Konglomerate keine hohe Beständigkeit auf. Lediglich bei der 0-Variante in Woche 24, bei Bentonit in Woche 20 und 24 und bei Amylase AG XXL in Woche 20 blieben in je einer Flasche Konglomerate zurück (wenig < 2 mm).

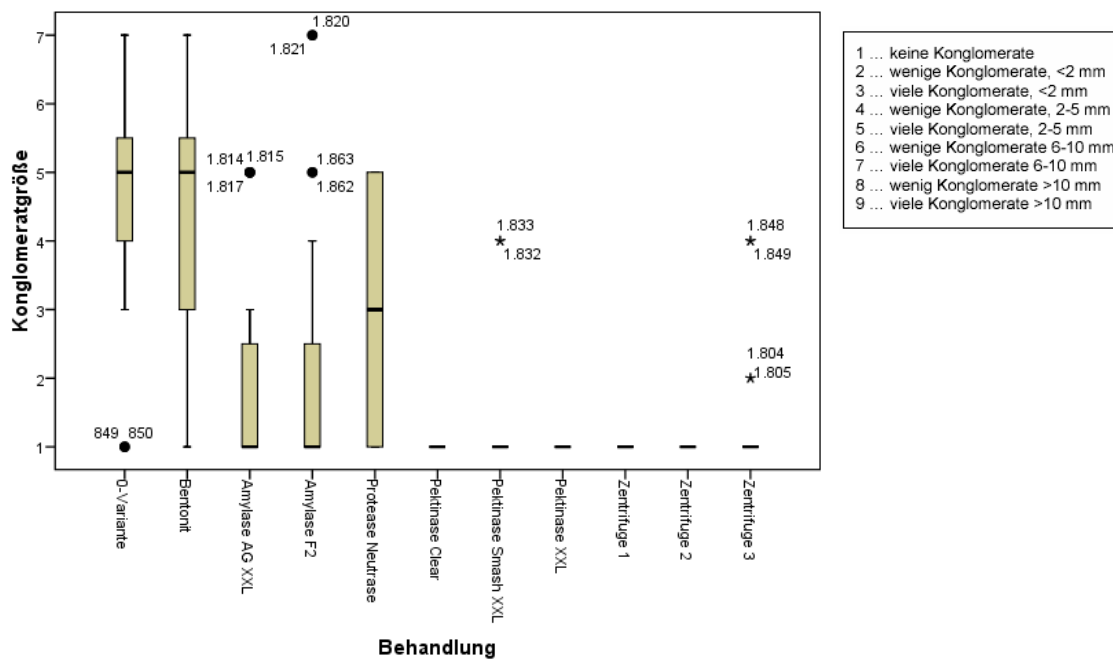


Abbildung 6.37 Konglomeratbildung bei Braeburn Unreif

6.4.1.6 Braeburn reif

Zur Verfügung stand für diese Variante eine geringere Menge Äpfel als bei den anderen Varianten, es kam lediglich zu einer Saftausbeute von rund 400 L. Es konnten also nur 8 Varianten mit Wiederholung hergestellt werden. Die Variante mit Pektinase Clear zeigte bis zu diesem Zeitpunkt nie Konglomeratbildung, dafür einen schnellen Trübungsabfall. Es wurde daher auf diese Variante verzichtet und stattdessen eine zentrifugierte Variante mit möglichst niedrigem Trübungsgrad hergestellt.

6.4.1.6.1 *Trübung & Trübungsverlauf*

Nach der HTST-Behandlung wurde bei Braeburn Reif ein Trübungsgrad von $596,5 \pm 3,5$ TE/F gemessen.

Nach der Enzymierung zeigte sich bei den einzelnen Varianten ein ähnliches Bild wie bei Braeburn Reif. Die höchsten Werte zeigten die 0-Variante mit $508,8 \pm 16,9$ TE/F und die Protease Neutrase mit $509,8 \pm 5,3$ TE/F. Bentonit lag mit $406,0 \pm 11,4$ TE/F deutlich unter der 0-Variante und zählte zu den Varianten mit den niedrigsten Werten. Amylase AG XXL lag mit $431,3 \pm 3,7$ TE/F unter Amylase F2 mit $473,3 \pm 4,3$ TE/F. Die Pektinasen zeigten niedrigere Werte an als die Amylasen (Smash XXL $422,8 \pm 9,9$ TE/F; XXL $368,0 \pm 6,1$ TE/F). Den niedrigsten Wert wies Zentrifuge 1 mit $347,0 \pm 6,2$ TE/F auf. (Abbildung 6.38)

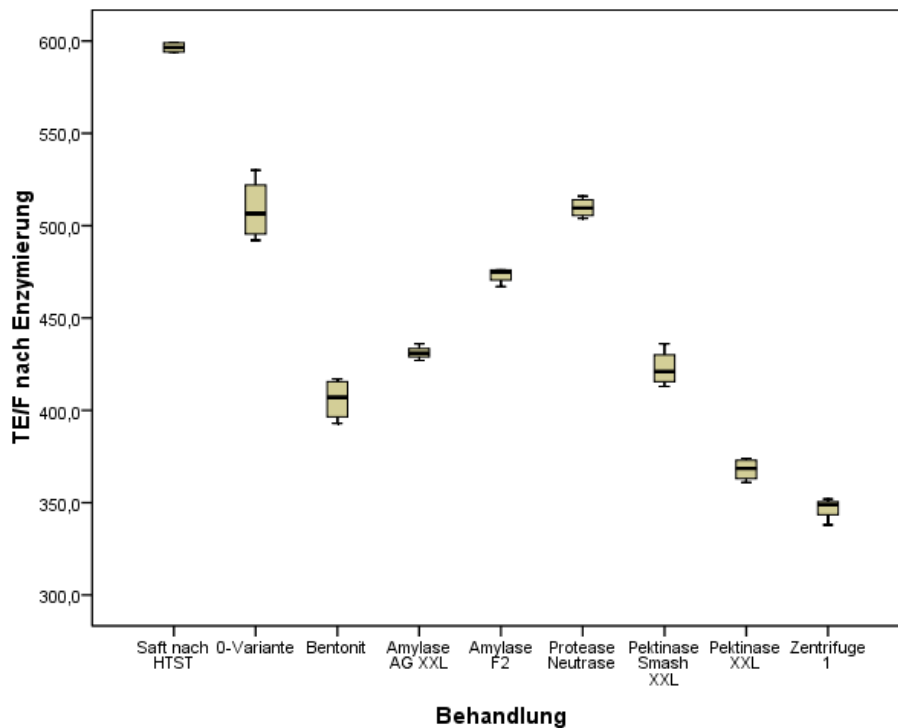


Abbildung 6.38 TE/F nach Enzymierung bei Braeburn Reif

Im Zeitraum bis Woche 4 war bei den Pektinasen der Trübungsabfall am größten: Pektinase Smash XXL fiel um 219,3 TE/F bzw. 52 % und Pektinase XXL fiel um 249,3 TE/F bzw. 68 %. Der geringste Trübungsverlust wurde bei Zentrifuge 1 festgestellt, hier betrug der Verlust 49,5 TE/F bzw. 14 %. Die restlichen Varianten verloren zwischen 120 und 200 TE/F bzw. zwischen 28 und 47 %.

Zwischen Woche 4 und Woche 24 verloren die beiden Amylasen mit rund 60 TE/F bzw. unter 15 % am wenigsten Trub. Die größten Verluste zeigten die Protease Neutrase mit 314,0 TE/F bzw. 62 %, Zentrifuge 1 mit 245,5 TE/F bzw. 73 % und die 0-Variante mit 309 TE/F bzw. 61 %.

Über den gesamten Zeitraum von 24 Wochen zeigte die 0-Variante mit 458,3 TE/F bzw. 90 % den höchsten Verlust an TE/F. Den geringsten Abfall zeigten die beiden Amylasen, sie verloren lediglich rund 200 TE/F bzw. rund 45 % ihrer Anfangstrübung. Die Amylasen zeigten auch die stärkste Trübung nach 24 Wochen. Während diese noch rund 250 TE/F anzeigten, lagen die anderen Varianten teilweise bereits weit unter 100 TE/F.

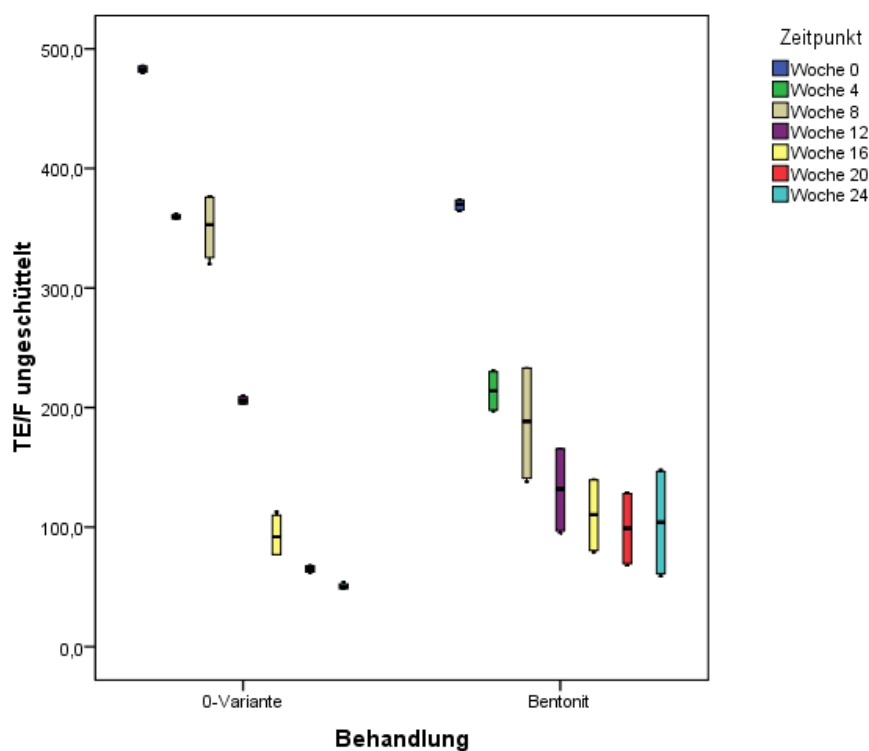


Abbildung 6.39 Trübungsverlauf Braeburn Reif 0-Variante, Bentonit

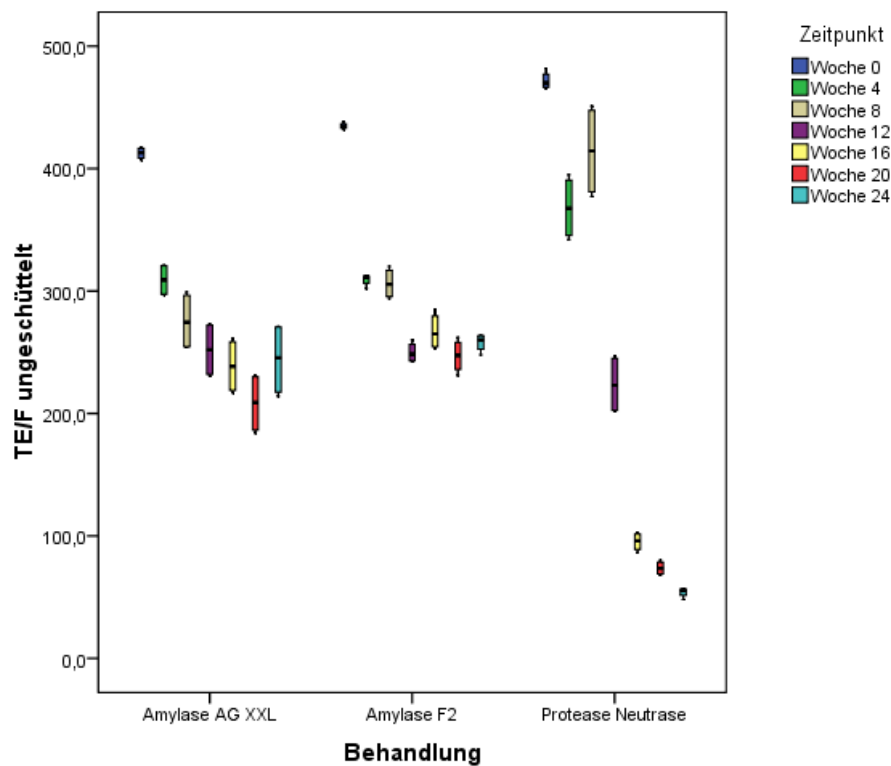


Abbildung 6.40 Trübungsverlauf Braeburn Reif Amylasen, Protease

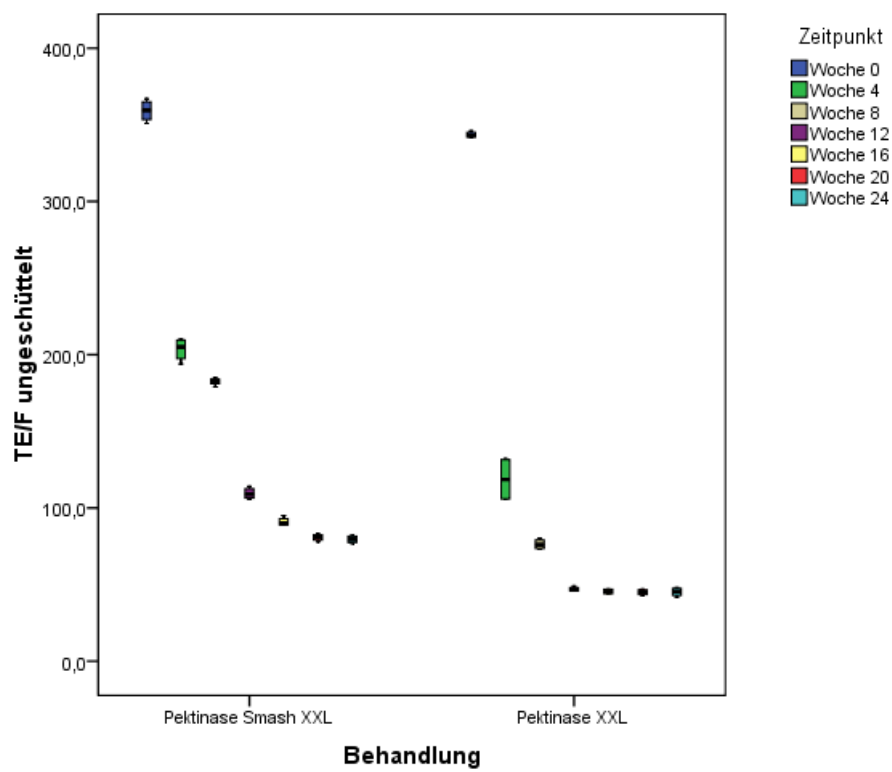


Abbildung 6.41 Trübungsverlauf Braeburn Reif Pektinasen

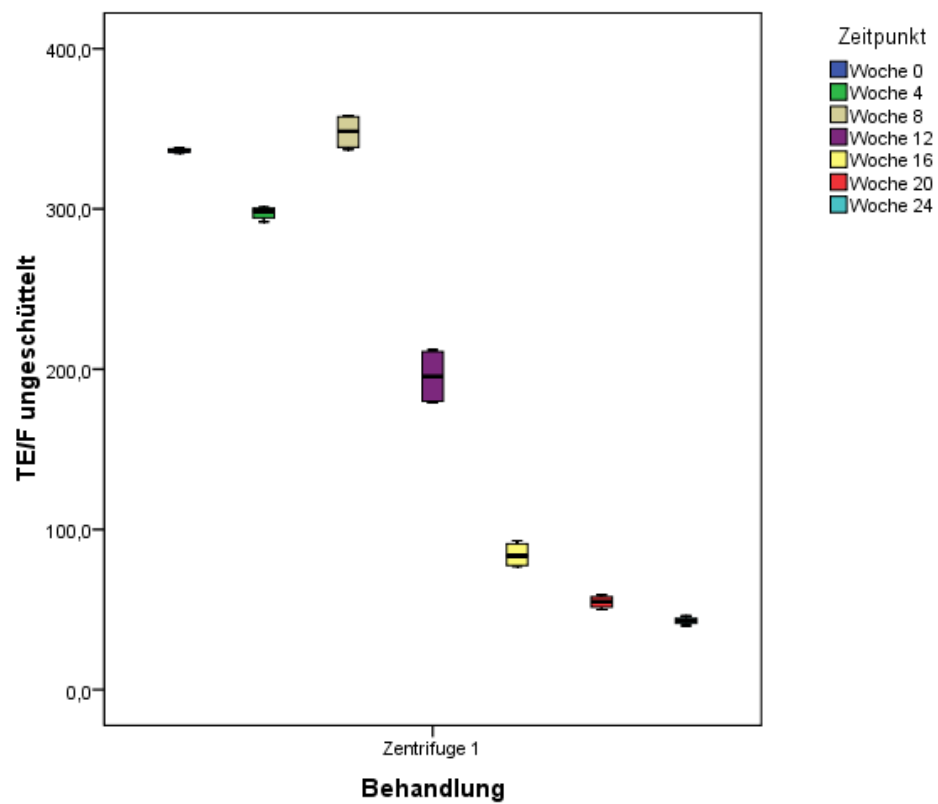


Abbildung 6.42 Trübungsverlauf Braeburn Reif Zentrifuge

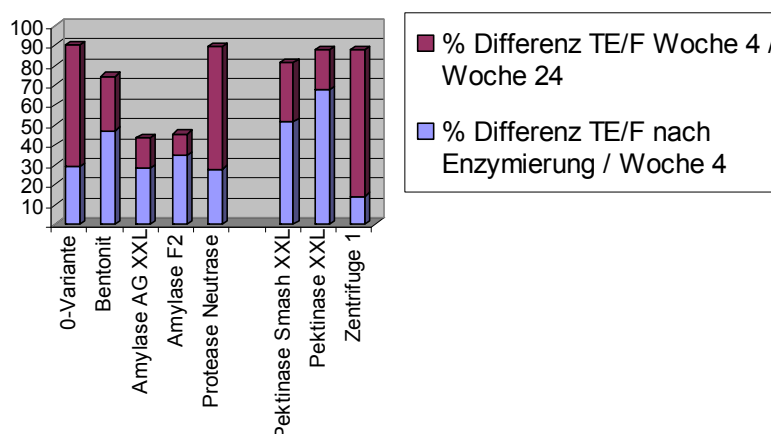


Abbildung 6.43 Trübungsabfall in % bei Braeburn Reif

6.4.1.6.2 Konglomeratbildung

Bei Braeburn Reif traten bei der 0-Variante, bei Bentonit, bei Protease Neutrase und teilweise bei Zentrifuge 1 Konglomerate auf.

Bei der 0-Variante waren die Konglomerate in Woche 4 in der Größenordnung wenig 2-5 mm einzuordnen. Bis Woche 24 steigerten sich die Konglomerate auf viel 6-10 mm. Bei Bentonit verhielt sich die Lage ähnlich.

Protease Neutrase wies erst ab Woche 12 in beiden Flaschen Konglomerate auf. In Woche 24 erreichten die Konglomerate einen Höchstwert von viel >10 mm. Insgesamt zeigte sich hier eine quantitative Steigerung, allerdings unterbrochen in Woche 20, in der keine Konglomerate dokumentiert werden konnten. Bei Zentrifuge 1 zeigten sich in den Wochen 12, 16 und 24 Konglomerate mit maximaler Größe von viel 2-5 mm.

Bei der Beständigkeitsprüfung zeigten die 0-Variante und Protease Neutrase in Woche 16 und 24 in jeweils einer Flasche weiterhin Konglomerate in einer Größe von wenig 2-5 mm. Die mit Bentonit behandelten Säfte zeigten in Woche 16 eine Beständigkeit von wenig <2 mm bzw. wenig 2-5 mm. In Woche 24 zeigte eine Flasche wenig 6-10 mm, die Wiederholung zeigte keine Konglomeratbeständigkeit. Bei Zentrifuge 1 verschwanden die Konglomerate. Alle anderen Varianten blieben komplett konglomeratfrei.

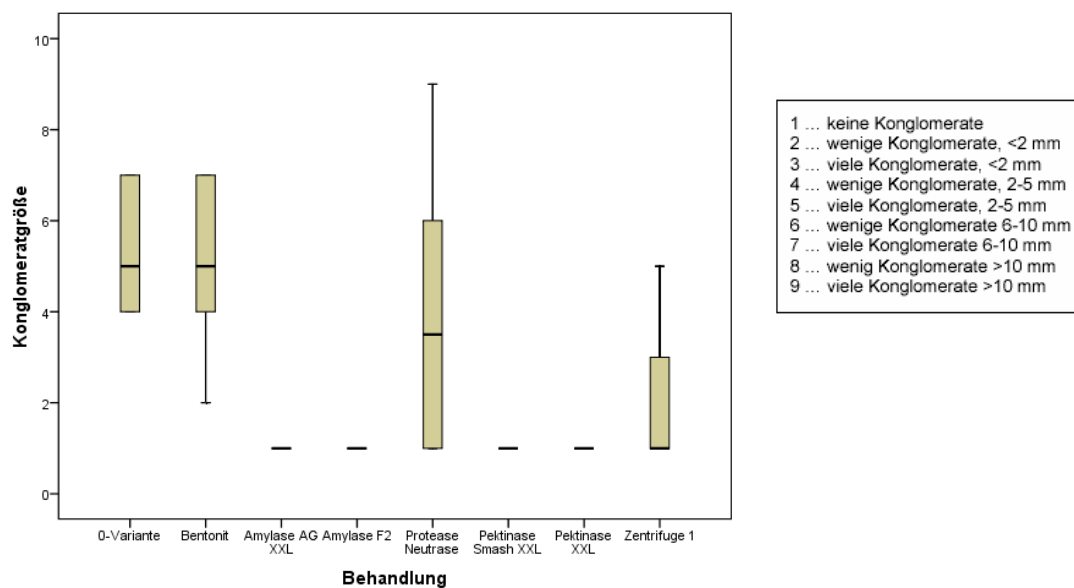


Abbildung 6.44 Konglomeratbildung bei Braeburn Reif

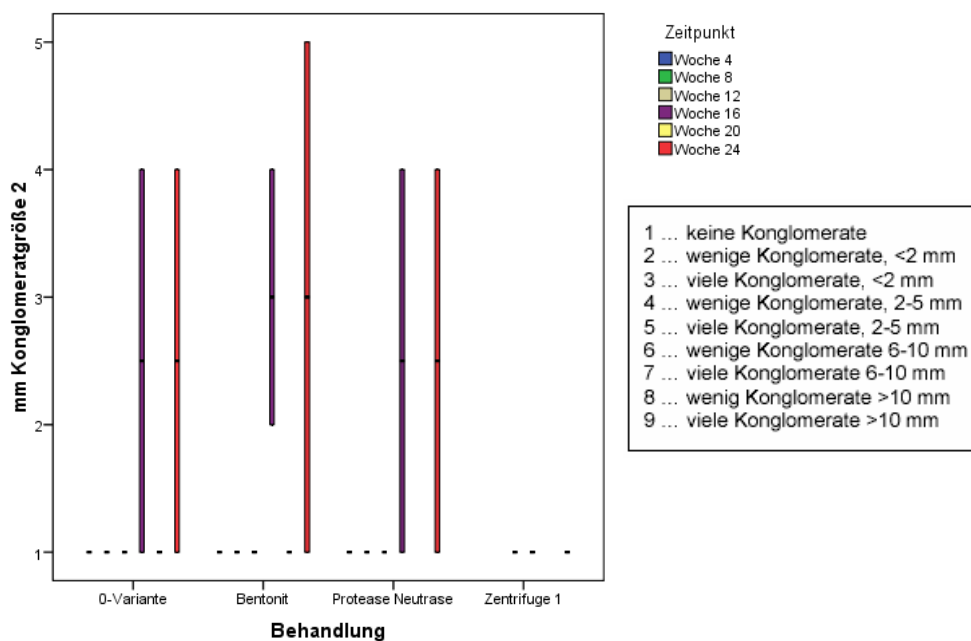


Abbildung 6.45 Konglomeratgröße nach Beständigkeitsprüfung durch 2. Schütteldurchgang bei Braeburn Reif

6.4.1.7 Braeburn überreif

6.4.1.7.1 Trübung & Trübungsverlauf

Der Saft von Braeburn Überreif zeigte nach der HTST-Behandlung eine Trübung von $1238,3 \pm 16,3$ TE/F.

Nach der Grobtrubabtrennung zeigten die 0-Variante ($1223,0 \pm 14,3$ TE/F), Amylase AG XXL ($1199,8 \pm 25,6$ TE/F), Amylase F2 ($1194,0 \pm 14,1$ TE/F) und Protease Neutrase ($1217,0 \pm 16,7$ TE/F) keine wesentlichen Unterschiede als zum Zeitpunkt vor der Grobtrubabtrennung. Etwas niedriger lag Bentonit mit $1105,3 \pm 10,6$ TE/F. Die drei Pektinasen verursachten die größte Trübungsabnahme: Pektinase Clear fiel auf $457,3 \pm 35,6$ TE/F; Pektinase Smash XXL fiel auf $597,5 \pm 5,4$ TE/F und den niedrigsten Wert zeigte Pektinase XXL mit $352,5 \pm 5,5$ TE/F. Die Trübungswerte für die zentrifugierten Varianten konnten relativ gut abgestuft werden. Zentrifuge 1 startete bei $813,3 \pm 27,4$ TE/F, Zentrifuge 2 wies einen Wert von $887,3 \pm 175,4$ TE/F auf, Zentrifuge 3 lag bei $1106,8 \pm 38,2$ TE/F und Zentrifuge 4 hatte eine Trübung von $1150,0 \pm 7,1$ TE/F.

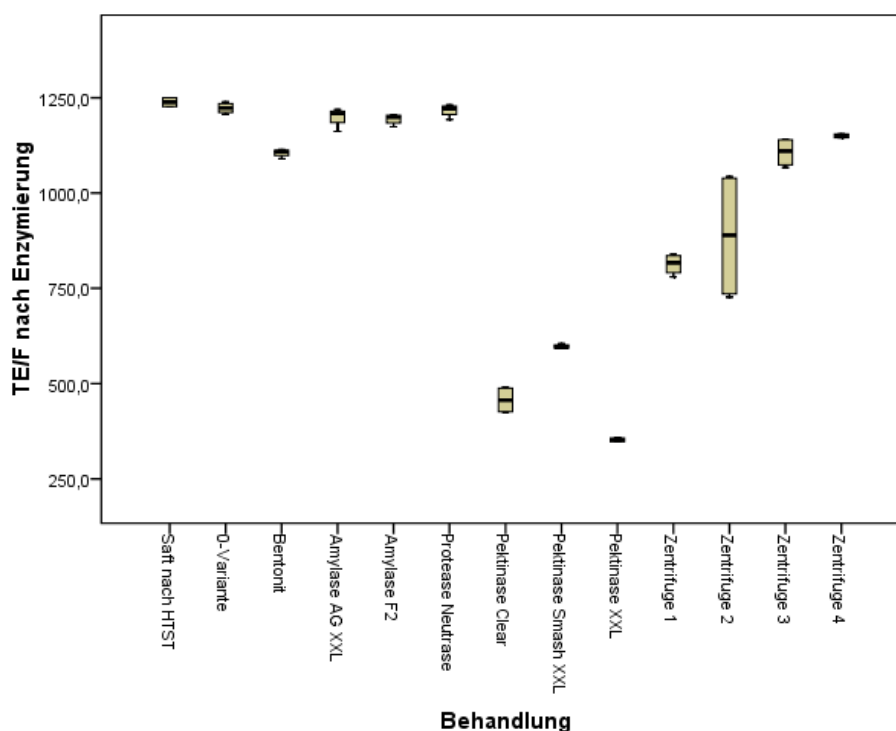


Abbildung 6.46 TE/F nach Enzymierung bei Braeburn Überreif

In den ersten 4 Wochen fiel die Trübung bei allen drei Pektinasen prozentuell mit über 60 % am stärksten ab. Die restlichen Varianten zeigten einen Trübungsabfall von unter 30 %. In absoluten Zahlen lag der Abfall aller Varianten im Bereich zwischen 180 und 390 TE/F.

Zwischen Woche 4 und Woche 24 lag bei allen Pektinasen der Abfall unter 20 % bzw. zwischen 50 und 120 TE/F. Der Abfall der anderen Varianten lag zwischen 24 und 31 % bzw. zwischen 200 und 380 TE/F.

Über den gesamten Zeitraum betrachtet zeigten die Pektinasen den größten prozentuellen Abfall von über 75 %. Alle anderen Varianten lagen zwischen 40 und 60 %.

Insgesamt wiesen die Saftvarianten von Braeburn Überreif die höchste Trubstabilität auf. Der durchschnittliche prozentuelle Abfall über den gesamten Zeitraum lag bei 53%. Alle anderen Saftvarianten lagen zumindest über 64 %, meist um 75 %, manchmal sogar über 80 %. Auf Grund dessen und auf Grund der sehr hohen Anfangstrübung lagen auch die Endwerte der Säfte sehr hoch. Durchschnittlich lagen die Endwerte der Säfte von Braeburn Überreif bei 400 TE/F, nur die Pektinasen waren sehr niedrig mit Werten knapp unter 100 TE/F. Alle anderen Säfte lagen über 450 TE/F, die 0-Variante zeigte nach 24 Wochen sogar noch immer einen Wert von $715,0 \pm 3,7$ TE/F.

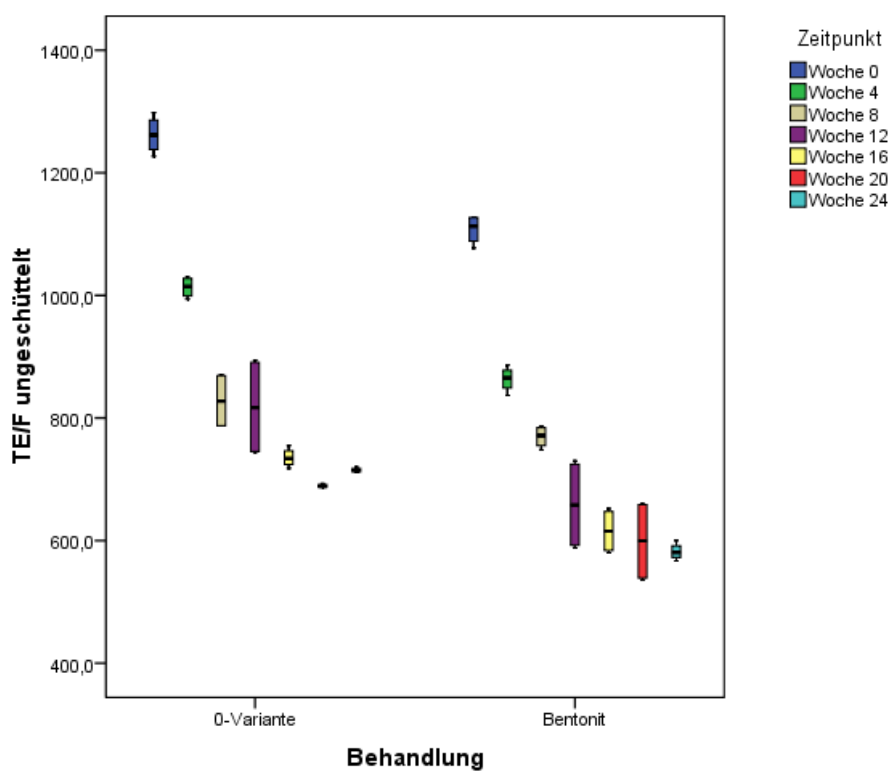


Abbildung 6.47 Trübungsverlauf bei Braeburn Überreif 0-Variante, Bentonit

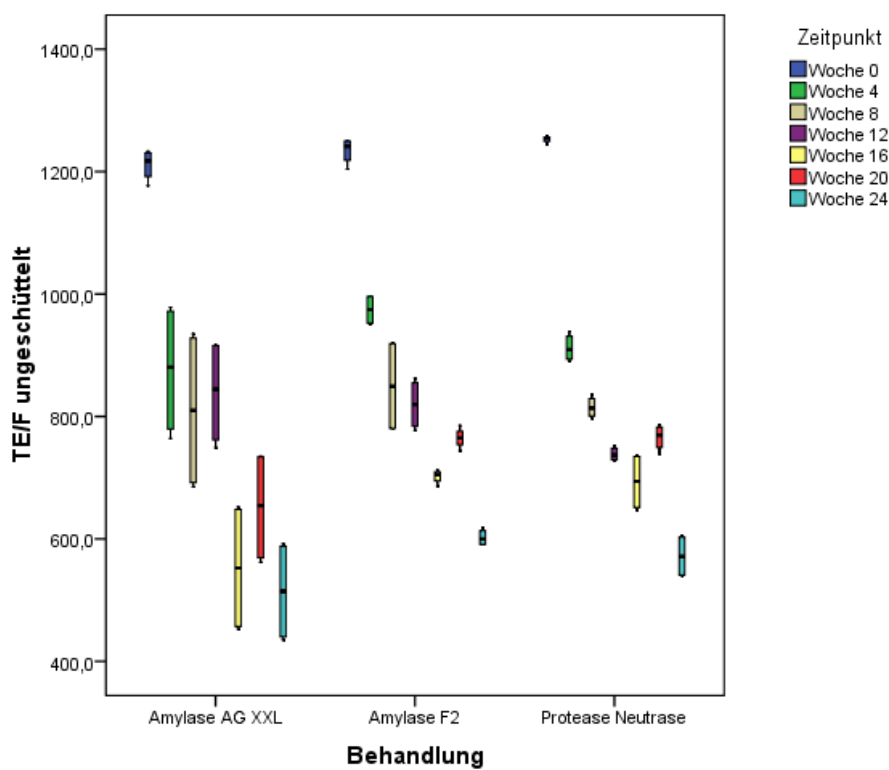


Abbildung 6.48 Trübungsverlauf bei Braeburn Überreif Amylasen, Protease

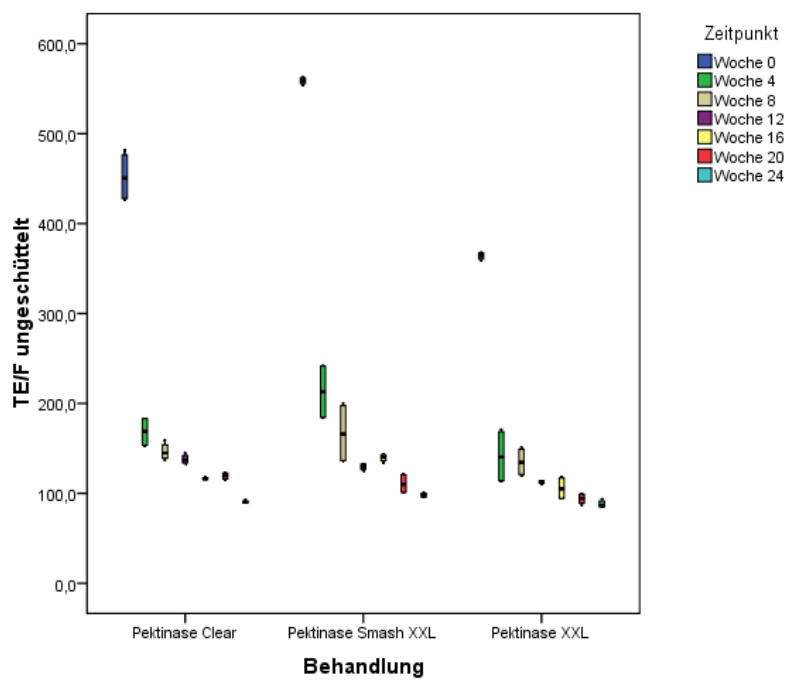


Abbildung 6.49 Trübungsverlauf bei Braeburn Überreif Pektinasen

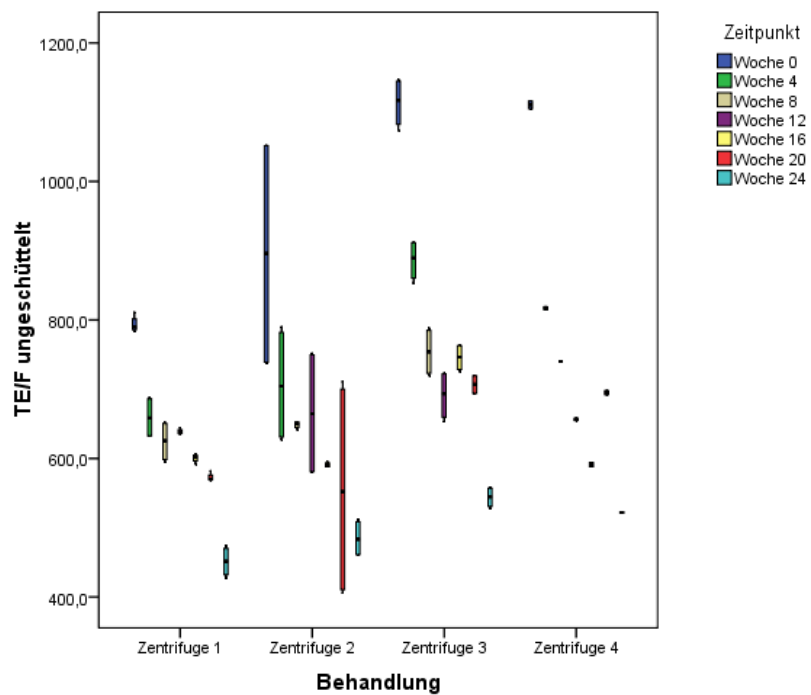


Abbildung 6.50 Trübungsverlauf Braeburn Überreif Zentrifuge

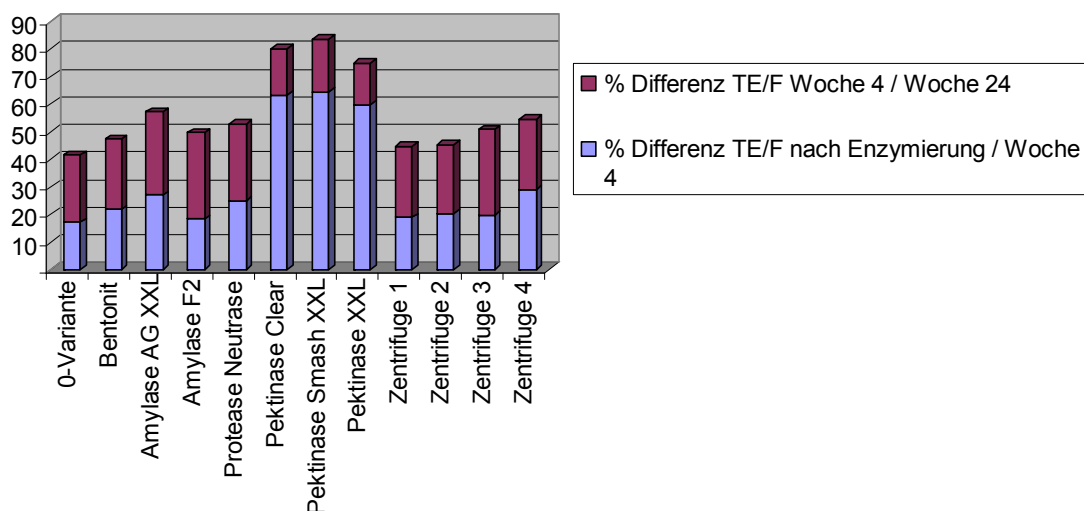


Abbildung 6.51 Darstellung des Trübungsabfalls in % bei Braeburn Überreif

6.4.1.7.2 Konglomeratbildung

Da die Variante Braeburn Überreif eine derart hohe Trubstabilität aufwies, bildete sich kaum ein Trubdepot (nicht über 3 mm) am Boden der Flasche. Es musste daher auch kaum ein Trubdepot aufgeschüttelt werden und es bildeten sich keine Konglomerate.

6.5 Inhaltsstoffe - Chemische Analysen

Es wurden von jedem Presstermin die 0-Varianten nach der Grobtrubabtrennung auf ihre Inhaltsstoffe analysiert.

Bei Elstar Überreif wurden zusätzlich zwei weitere Proben von dem Zeitpunkt „nach Enzymierung“ getestet. Weiters wurden zwei Säfte in Woche 12 überprüft, wovon einer der Säfte Konglomerate aufwies, der andere nicht.

Von Braeburn Reif wurden ebenfalls zusätzlich zur 0-Variante drei Säfte „nach Enzymierung“ gemessen. Auch hier wurden zwei Säfte mit unterschiedlichen Konglomerateigenschaften, allerdings in Woche 4, überprüft.

6.5.1 Pektin

Bei beiden Apfelsorten stieg der Pektingehalt mit zunehmendem Reifegrad an. Bei Braeburn war dieser Anstieg noch deutlicher erkennbar als bei Elstar (Abbildung 6.52). Die Werte bewegten sich zwischen 39 und 416 mg/L und lagen damit in einem eher niedrigen Bereich. MOLLOV et al. (2006) fanden im Vergleich bei seinen Versuchen zwischen 277 und 1422 mg/L Gesamtpektin.

Bei Elstar wurde bei der 0-Variante zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ ein negativer Zusammenhang des Pektingehalts mit der Festigkeit der Äpfel festgestellt ($r = -0,630$; $p = 0,000$). Weiters wurde ein signifikanter Zusammenhang mit dem a^* -Wert der Sonnenseite ($r = 0,566$; $p = 0,000$) und mit dem a^* -Wert der Schattenseite ($r = 0,701$; $p = 0,000$) ermittelt. Außerdem zeigte sich eine negative Korrelation des Pektingehalts mit dem h° -Wert sowohl auf der Lichtseite ($r = -0,534$; $p = 0,000$) als auch auf der Schattenseite ($r = -0,700$; $p = 0,000$).

Bei Braeburn konnte ebenfalls ein negativer Zusammenhang zwischen dem Pektingehalt der 0-Variante und der Festigkeit der Äpfel gezeigt werden ($r = -0,845$; $p = 0,000$). Bei dieser Sorte zeigte sich ein negativer Zusammenhang des Pektingehaltes mit dem NDVI ($r = -0,678$; $p = 0,000$). Mit den a^* -Werten wurde keine Korrelation festgestellt, ebenso nicht mit den h° -Werten. Stattdessen zeigte sich ein Zusammenhang mit dem b^* -Wert der Schattenseite ($r = 0,532$; $p = 0,002$) und mit dem C^* -Wert der Schattenseite ($r = 0,618$; $p = 0,000$).

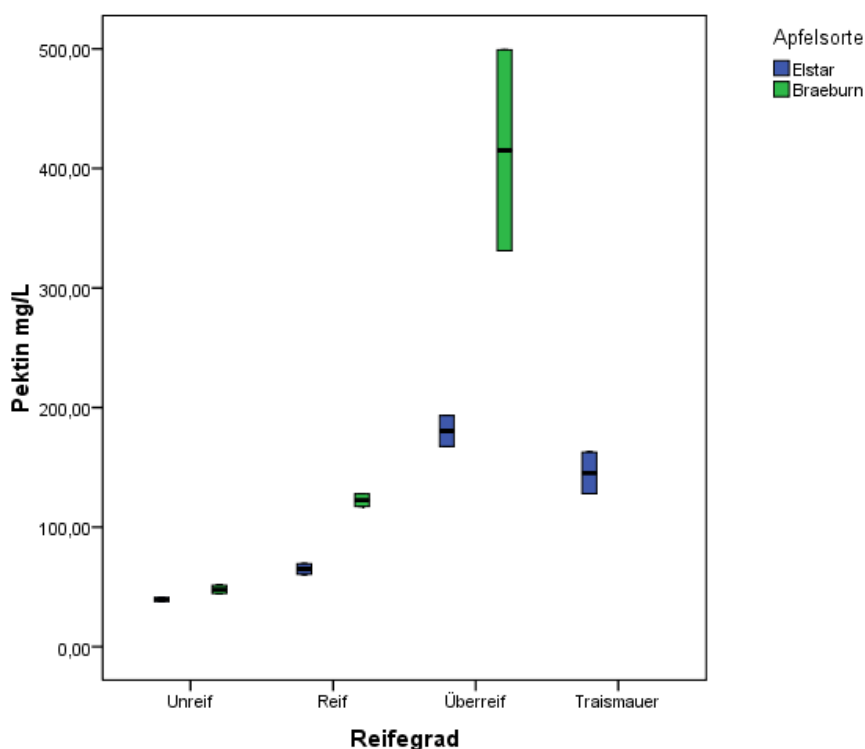


Abbildung 6.52 Pektingehalt in den 0-Varianten nach Enzymierung

Bei Elstar Überreif wichen die Messergebnisse für Pektin „nach Enzymierung“ bei den unterschiedlichen Behandlungsmethoden von einander ab. Die 0-Variante zeigte einen Wert von $180,4 \pm 18,3$ mg/L. Die Variante Bentonit lag mit $278,4 \pm 10,5$ mg/L höher, Protease Neutrase mit $233,1 \pm 52,5$ mg/L in der Mitte. Allerdings waren vor allem bei Protease Neutrase die Standardabweichungen relativ groß.

Zwischen dem Pektingehalt und dem Trübungswert „nach Enzymierung“ konnte bei Elstar eine Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,843 und $p = 0,001$ festgestellt werden.

In Woche 12 wurden die Säfte Bentonit und Amylase AG XXL bezüglich ihrer Inhaltsstoffe miteinander verglichen. Die Variante Bentonit zeigte zu diesem Zeitpunkt deutliche Konglomeratbildung, Amylase AG XXL nicht. Der Pektingehalt unterschied sich laut der durchgeführten Messung nicht signifikant. Bentonit zeigte Werte von $274,8 \pm 4,9$ mg/L, Amylase AG XXL hatte Werte von $277,1 \pm 5,1$ mg/L (Abbildung 6.53).

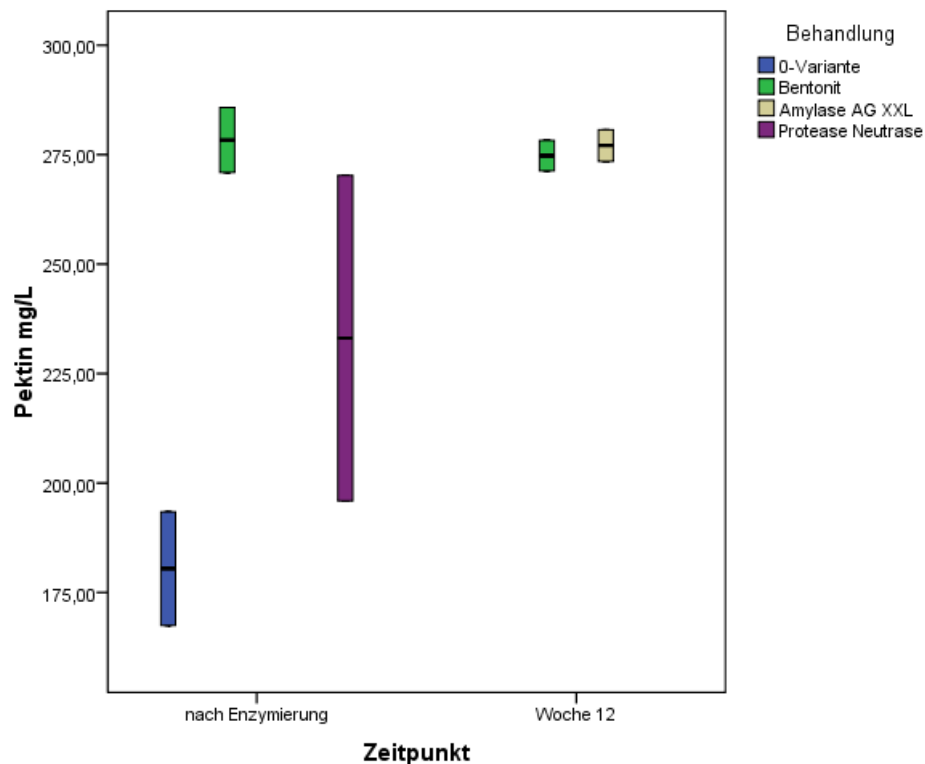


Abbildung 6.53 Pektingehalt bei Säften von Elstar Überreif

Bei Braeburn lagen alle Messungen „nach Enzymierung“ im gleichen Bereich: Die 0-Variante zeigte einen Wert von $122,7 \pm 7,4$ mg/L, Bentonit wies $121,1 \pm 14,1$ mg/L auf, Protease Neutrase enthielt $123,1 \pm 9,9$ mg/L und in Zentrifuge 1 wurden $125,7 \pm 3,3$ mg/L Pektin nachgewiesen.

Auch bei Braeburn konnte eine Korrelation zwischen dem Pektingehalt und dem Trübungsgrad nach der Enzymierung und Grobtrubabtrennung festgestellt werden. Die Korrelation lag hier bei 0,798 mit $p = 0,002$.

In Woche 4 wurden die Varianten Bentonit und Pektinase Smash XXL ebenfalls analysiert. Bentonit zeigte Konglomerate, Pektinase Smash XXL nicht. Bentonit wies einen Wert von $145,0 \pm 0,6$ mg/L auf und kann ungefähr auf das gleiche Niveau wie die Messung nach der Enzymierung und Grobtrubabtrennung eingeordnet werden. Es zeigte sich somit keine Verminderung des Pektingehaltes bei Bentonit in den ersten 4 Lagerwochen.

Pektinase Smash XXL wies einen deutlich verminderten Wert von $23,0 \pm 8,5$ mg/L Pektin auf. Diese Tatsache ist zurückzuführen auf die pektinspaltende Wirkung der Pektinase. Es hat somit die erwünschte Wirkung stattgefunden.

Allerdings kann aus diesen Ergebnissen nicht geschlossen werden, ob der Pektinabbau ausschließlich direkt nach der Enzymierung stattgefunden hat oder auch während der Lagerung der pasteurisierten Flasche, da keine Messung zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ stattgefunden hat. Nach KRAPPENBAUER et al. (2006) können nämlich pektinabbauende Enzyme auch bei hohen Temperaturen nicht vollständig inaktiviert werden, wodurch eine Restaktivität zurückbleibt und es während der Lagerung zu weiterem Pektinabbau kommen kann.

Bei Braeburn konnte im Gegensatz zu Elstar ein signifikanter Zusammenhang zwischen Pektingehalt und Trübungsgrad in der ungeschüttelten Flasche festgestellt werden ($r = 0,975$; $p = 0,025$). Allerdings kann das in diesem Fall durch die Probenauswahl erklärt werden: Bei Elstar und Braeburn wurden jeweils Proben mit unterschiedlichen Behandlungsmethoden verglichen, somit sind in diesem Fall Elstar und Braeburn nicht vergleichbar.

Es konnten insgesamt keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Pektingehalt und Konglomeratbildung oder Konglomeratgröße aufgezeigt werden. Es konnte allerdings ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Pektin- und dem Proteingehalt festgestellt werden ($r = 0,55$; $p = 0,001$), der jedoch nicht weiter untersucht wurde.

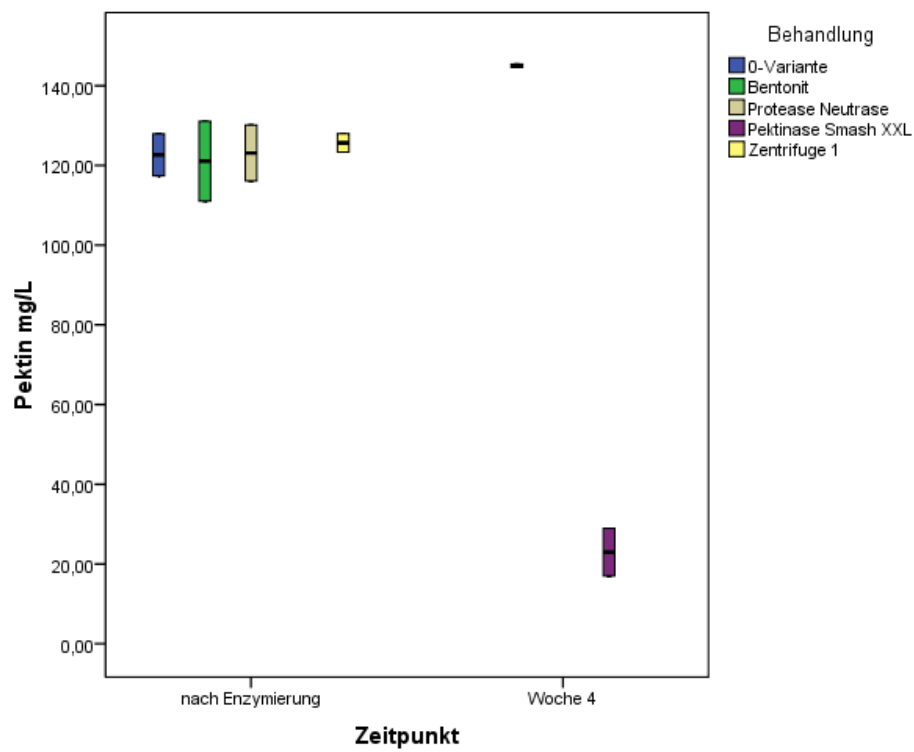


Abbildung 6.54 Pektingehalt bei Säften von Braeburn Reif

6.5.2 Stärke

Es wurde sowohl lösliche als auch unlösliche Stärke gemessen. Da die Probenaufbereitung für unlösliche Stärke allerdings nicht im geplanten Ausmaß gelang, sondern die Proben teilweise trotz Filtration trüb blieben, konnte nicht bei allen Proben die unlösliche Stärke ermittelt werden.

Die gemessenen Werte (Tabelle 6.9 und Tabelle 6.10) für unlösliche und lösliche Stärke lagen alle in einem sehr niedrigen Bereich, sodass sie zum Teil außerhalb der Standardgerade lagen und sehr fehleranfällig waren.

Möglicherweise war auch die angewendete Methode nicht ideal. Diese wurde von CARRIN et al. (2004) übernommen, welche Werte von „nicht detektierbar“ bis zu 7,68 g/L unlösliche Stärke und 0,51 g/L lösliche Stärke fanden. Allerdings wurde bei CARRIN et al. der nicht-pasteurisierte Saft zentrifugiert und die Sedimente zur Analyse herangezogen. In der beschriebenen Arbeit wurde hingegen versucht, die Stärke direkt aus dem pasteurisierten Saft zu bestimmen. Die möglicherweise vorhandene Stärke lag daher nicht mehr in Form von Stärkekörnern vor, sondern in kolloidaler Form oder retrogradiert. Die Methode sollte in weiteren Versuchen auf jeden Fall neu überarbeitet werden. Die Werte für unlösliche und lösliche Stärke können daher nicht eindeutig interpretiert werden.

Tabelle 6.9 Werte für unlösliche Stärke in mg/L

Sorte	Reifegrad	Behandlung	Zeitpunkt	Mittelwert unlösl. Stärke mg/L	SD
Elstar	Überreif	Bentonit	Woche 12	22,0	3,0
Elstar	Überreif	Amylase AG XXL	Woche 12	9,2	2,0
Braeburn	Überreif	0-Variante	Nach Enzymierung	1,6	0,6
Braeburn	Reif	Zentrifuge 1	Nach Enzymierung	1,7	0,6
Braeburn	Reif	Bentonit	Woche 4	3,3	1,1
Braeburn	Reif	Pektinase Smash XXL	Woche 4	6,2	0,2

Tabelle 6.10 Werte für lösliche Stärke in mg/L

Sorte	Reifegrad	Behandlung	Zeitpunkt	Mittelwert lösl. Stärke	SD
Elstar	Unreif	0-Variante	Nach Enzymierung	14,5	1,0
Elstar	Reif	0-Variante	Nach Enzymierung	6,7	0,5
Elstar	Überreif	0-Variante	Nach Enzymierung	6,2	0,7
Elstar	Traismauer	0-Variante	Nach Enzymierung	7,3	0,2
Elstar	Überreif	Bentonit	Nach Enzymierung	7,6	0,2
Elstar	Überreif	Protease Neutrase	Nach Enzymierung	9,6	0,8
Elstar	Überreif	Bentonit	Woche 12	15,8	0,0
Elstar	Überreif	Amylase AG XXL	Woche 12	1,7	0,0
Braeburn	Unreif	0-Variante	Nach Enzymierung	6,7	0,4
Braeburn	Reif	0-Variante	Nach Enzymierung	6,7	0,0
Braeburn	Überreif	0-Variante	Nach Enzymierung	28,3	0,3
Braeburn	Reif	Bentonit	Nach Enzymierung	6,1	0,1
Braeburn	Reif	Protease Neutrase	Nach Enzymierung	5,3	0,4
Braeburn	Reif	Zentrifuge 1	Nach Enzymierung	10,1	1,0
Braeburn	Reif	Bentonit	Woche 4	24,0	0,0
Braeburn	Reif	Pektinase Smash XXL	Woche 4	15,5	0,0

6.5.3 Protein

Es konnte bei beiden Apfelsorten mit zunehmendem Reifegrad ein höherer Proteingehalt festgestellt werden. Bei Braeburn lagen die Werte jeweils höher als bei Elstar. Elstar Traismauer zeigte einen ähnlichen Gehalt wie Elstar Reif (Abbildung 6.55).

Bei Elstar konnte ein negativer Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt in der 0-Variante und der Festigkeit festgestellt werden ($r = -0,583$; $p = 0,000$). Ebenso konnte eine negative Korrelation mit dem NDVI mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = -0,519$ und $p = 0,001$ ermittelt werden. Es zeigte sich auch eine Abhängigkeit von dem L^* -Wert ($r = -0,645$, $p = 0,000$), dem a^* -Wert ($r = 0,737$, $p = 0,000$), dem b^* -Wert ($r = -0,614$, $p = 0,000$) und dem h° -Wert ($r = -0,704$, $p = 0,000$) der Lichtseite. Auf der Schattenseite korrelierten der a^* -Wert ($r = 0,668$, $p = 0,000$) und der h° -Wert ($r = -0,665$, $p = 0,000$) mit dem Proteingehalt der 0-Variante.

Bei den 0-Varianten von Braeburn gab es ebenfalls einen negativen Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt und der Festigkeit der Äpfel ($r = -0,942$, $p = 0,000$), genauso wie mit dem NDVI ($r = -0,708$, $p = 0,000$). Bei Braeburn zeigte sich ein Zusammenhang mit dem C^* -Wert ($r = 0,662$, $p = 0,000$).

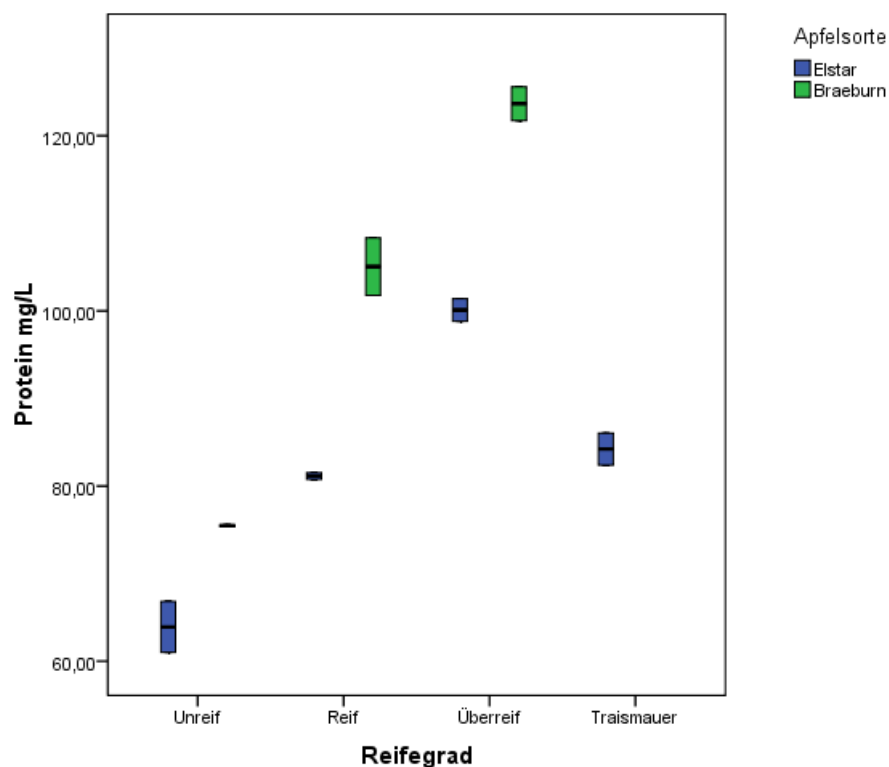


Abbildung 6.55 Proteingehalt in den 0-Varianten nach Enzymierung

Bei Elstar Überreif zeigte „nach Enzymierung“ die 0-Variante einen Proteingehalt von $100,1 \pm 1,8$ mg/L. Die Variante Bentonit wies einen verminderten Wert von $81,0 \pm 2,9$ mg/L auf. Protease Neutrase hatte hingegen einen Proteingehalt von $99,1 \pm 1,1$ mg/L. Bentonit hatte in diesem Fall eine proteinabbauende Wirkung, Protease Neutrase zeigte hingegen keine signifikante Wirkung auf den Proteingehalt.

In Woche 12 hatte die Variante Bentonit einen Wert von $79,3 \pm 4,1$ mg/L, Amylase XXL zeigte einen Proteingehalt von $93,9 \pm 0,6$ mg/L. (Abbildung 6.56) Außerdem konnte ein negativer Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt und dem Bodensatz in der Flasche festgestellt werden ($r = -0,961$, $p = 0,039$).

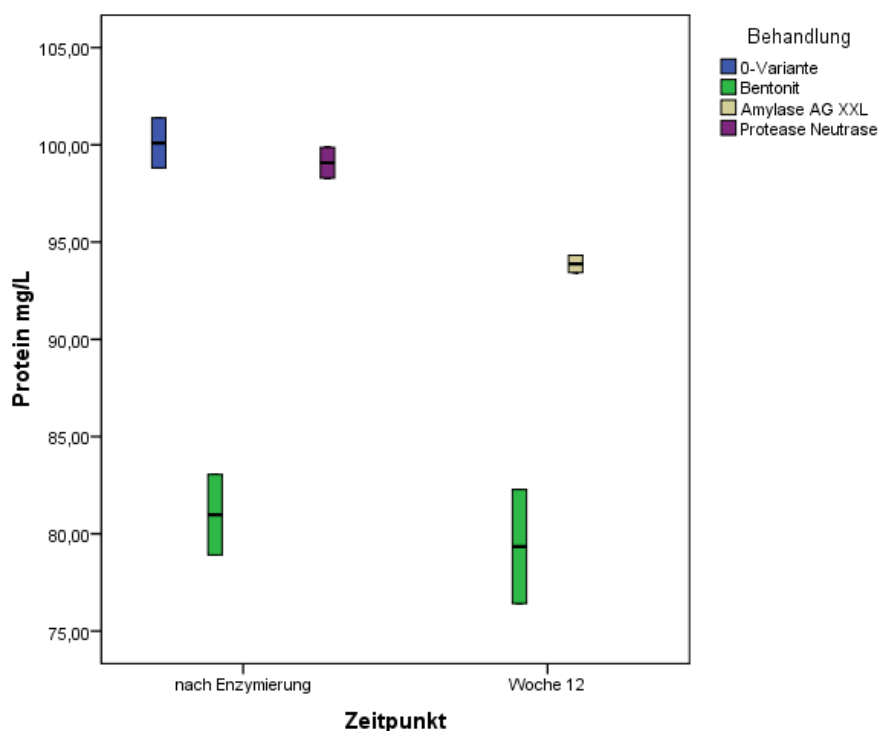


Abbildung 6.56 Proteingehalt bei Säften von Elstar Überreif

Bei Braeburn Reif wurde „nach Enzymierung“ bei der 0-Variante ein Proteingehalt von $105,1 \pm 4,6$ mg/L ermittelt. Die Variante Bentonit zeigte Werte von $73,8 \pm 4,8$ mg/L, Protease Neutrase $96,8 \pm 0,2$ mg/L, es hatte bei beiden Varianten eine Proteinverminderung stattgefunden. Dass diese Wirkung bei Braeburn Reif intensiver ausfiel als bei Elstar Überreif ist wohl auf den höheren Dosierungsgrad des Bentonits und des Enzyms zurückzuführen. Bei Zentrifuge 1 konnte ebenfalls ein verminderter Proteingehalt von $87,7 \pm 0,7$ mg/L gemessen werden.

In Woche 4 zeigte die mit Bentonit behandelte Variante einen Wert von $58,1 \pm 4,0$ mg/L. Amylase Smash XXL zeigte ebenfalls einen recht niedrigen Wert von 81,2 mg/L (Abbildung 6.57). Diese Wertverminderung ist möglicherweise auf Komplexbildung der Proteine mit Polyphenolen und anschließender Sedimentation während der Lagerung zurückzuführen. Da mit der angewendeten Methode nur lösliche Proteine bestimmt werden, konnten die komplexierten Proteine nicht mehr detektiert werden.

Ebenso zeigte sich ein negativer Zusammenhang des Proteingehalts mit dem Bodensatz in der Flasche ($r = -0,952$, $p = 0,048$).

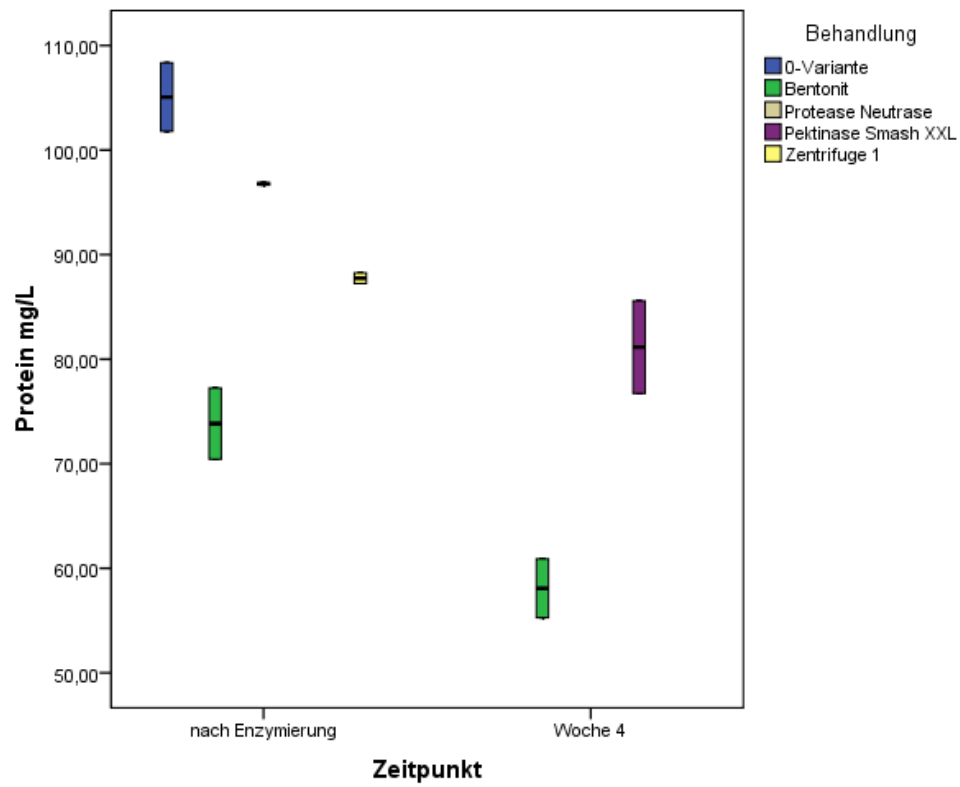


Abbildung 6.57 Proteingehalt bei Säften von Braeburn Reif

6.5.4 Gesamtphenole

Der Gesamtphenolgehalt lag bei beiden Apfelsorten bei den Säften aus reifen Äpfeln höher als bei den Säften aus unreifen Äpfeln. Die Gehalte bei den überreifen Varianten lagen wieder auf einem niedrigeren Niveau. Bei Elstar war dieses knapp unter den Werten von Reif, bei Braeburn lag das Niveau der überreifen Äpfel sogar unter dem der unreifen Äpfel. Aus den Äpfeln der Variante Traismauer entstand Saft mit einem weitaus geringeren Gesamtphenolgehalt ($150,7 \pm 0,3$ mg/L) (Abbildung 6.58).

Es lagen alle gefundenen Werte innerhalb dem Bereich der in der Literatur angegebenen Werte. In [MARKOWSKI und PLOCHARSKI, 2006] wurden mittels HPLC Polyphenolgehalte zwischen 85 und 520 mg/L gefunden.

Bei Elstar konnten keine Zusammenhänge der Gesamtphenolgehalte mit sämtlichen Reifeparametern festgestellt werden.

Bei Braeburn zeigte sich eine Korrelation mit der Festigkeit der Äpfel ($r = 0,721$; $p = 0,000$) und mit dem NDVI ($r = 0,692$, $p = 0,000$). Eine negative Korrelation zeigte sich mit der Respiration ($r = -0,832$; $p = 0,040$). Die L^* -, b^* - und C^* -Werte korrelierten sowohl auf der Licht als auch auf der Schattenseite der Äpfel negativ mit dem Phenolgehalt des Saftes (Lichtseite: L^* -Wert $r = -0,529$, $p = 0,003$; b^* -Wert $r = -0,515$, $p = 0,004$; C^* -Wert $r = -0,516$, $p = 0,004$ / Schattenseite: L^* -Wert $r = -0,487$, $p = 0,006$; b^* -Wert $r = -0,588$, $p = 0,001$; C^* -Wert $r = -0,639$, $p = 0,000$).

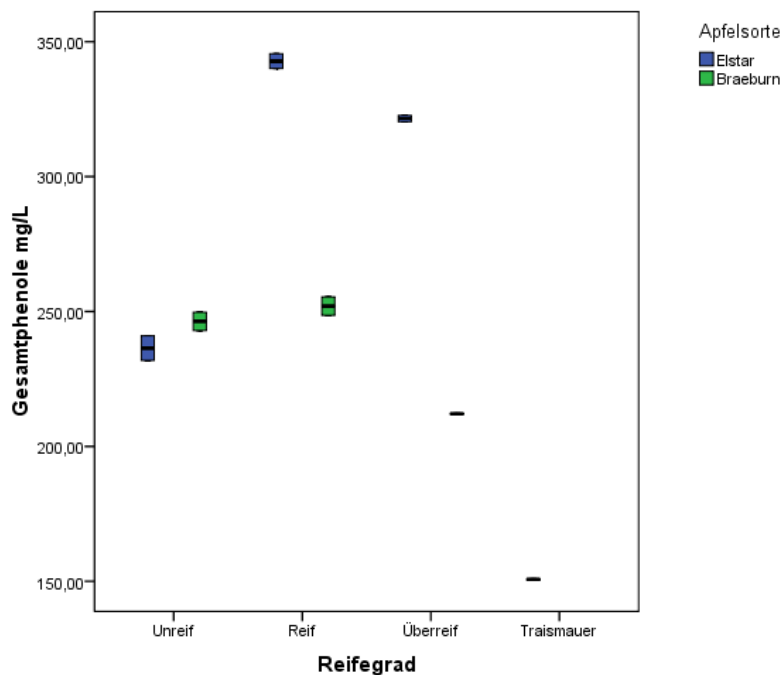


Abbildung 6.58 Gesamtphenolgehalt in den 0-Varianten nach Enzymierung

Bei Elstar Überreif zeigte die 0-Variante nach der Grobtrubabtrennung einen Wert von $321,5 \pm 1,6$ mg/L Gesamtphenole. Die Variante Bentonit lag mit $323,4 \pm 4,1$ mg/L auf gleichem Niveau. Protease Neutrase unterschied sich mit $319,6 \pm 4,2$ mg/L ebenfalls nicht wesentlich von der 0-Variante.

In Woche 12 konnte in den ungeschüttelten Flaschen von der Bentonit-Variante ein Wert von $291,5 \pm 6,8$ mg/L ermittelt werden. Amylase AG XXL zeigte einen ähnlichen Wert von $290,6 \pm 4,6$ mg/L.

Bentonit hat in diesem Fall – möglicherweise auf Grund der niedrigen Dosierung - keinen Abfall der Gesamtphenole gebracht. Erst in Woche 12 wurde ein niedrigerer Wert ermittelt, bei Amylase AG XXL war der Wert gleich niedrig. Auch ZHAO et al. (2008) zeigten einen Verlust des Polyphenolgehaltes vor allem in den ersten paar Lagerwochen. Begünstigt wurde dieser Umstand, wenn keine Ascorbinsäure als Antioxidationsmittel zugesetzt wurde wie es hier der Fall war. Je höher die Lagertemperaturen, desto höher der Verlust.

Ein Zusammenhang des Gesamtpolyphenolgehaltes mit der Konglomeratbildung konnte nicht ermittelt werden.

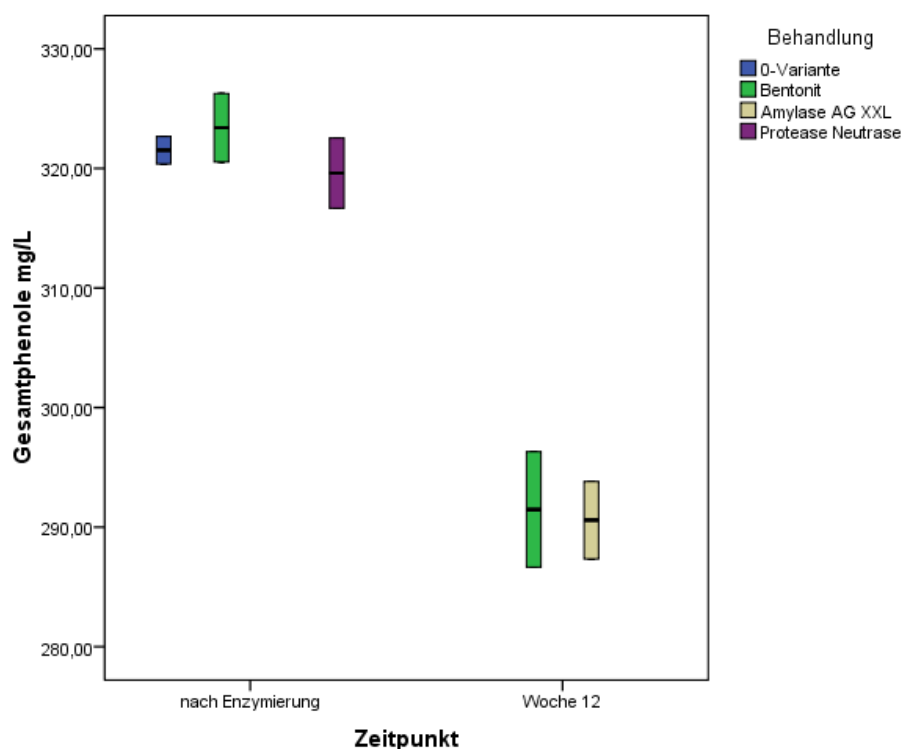


Abbildung 6.59 Gesamtphenolgehalt bei Elstar Überreif

Bei Braeburn Reif wurde in der 0-Variante nach der Grobtrubabtrennung ein Wert von $252,0 \pm 4,8$ mg/L Gesamtphenole gemessen. Bentonit zeigte einen leicht erniedrigten Wert von $243,4 \pm 2,6$ mg/L. Protease Neutrase war mit einem Wert von $257,4 \pm 4,7$ mg/L ebenso wie Zentrifuge 1 mit einem Wert von $257,2 \pm 4,4$ mg/L auf gleichem Niveau wie die 0-Variante einzuordnen. Der verminderte Wert der mit Bentonit behandelten Variante bei Braeburn Reif im Gegensatz zu Elstar Überreif ist möglicherweise auf die höhere Dosierung bei Braeburn zurückzuführen.

In Woche 4 zeigte die Variante Bentonit in der Flasche einen weiter erniedrigten Wert von $220,8 \pm 7,3$ mg/L. Pektinase Smash XXL zeigte mit $268,1 \pm 4,4$ mg/L sogar einen höheren Wert als die 0-Variante nach der Grobtrubabtrennung. (Abbildung 6.60)

Bei Braeburn wurde eine negative Korrelation des Gesamtphenolgehalts mit dem Trübungsgrad nach der Enzymierung von $r = -0,903$ und $p = 0,000$ ermittelt. Außerdem gab es eine negative Korrelation mit dem Trübungsgrad in den ungeschüttelten Flaschen ($r = -0,992$; $p = 0,008$). Ein negativer

Zusammenhang mit der Menge an Bodensatz bestand ebenfalls ($r = -0,984$; $p = 0,016$).

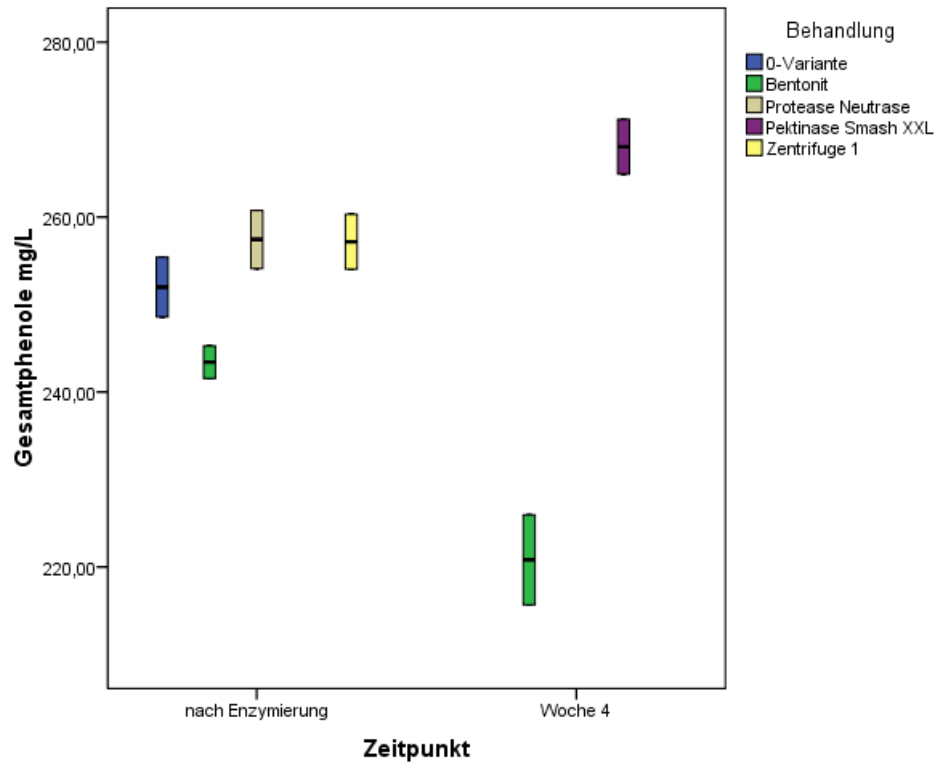


Abbildung 6.60 Gesamtphenolgehalt bei Braeburn Reif

6.6 Partikelgrößenmessung

Die Ergebnisse der Partikelgrößenmessung sind in Tabelle 6.11 dargestellt.

Die Messung für Elstar Reif lieferte keine verwertbaren Ergebnisse, da die Trübung zum gemessenen Zeitpunkt bereits unter 80 TE/F betrug und eine zu geringe Teilchenmenge enthielt, um vom Gerät erfasst zu werden.

Die Verteilungskurven von Elstar Unreif und Elstar Überreif zeigten ein sehr ähnliches Bild. Die Maximalwerte und das Häufigkeitsmaximum waren sowohl vor als auch nach der Ultraschallbehandlung fast identisch.

Bei Elstar Traismauer lagen die Maximalwerte weitaus höher, außerdem erwies sich die Verteilungskurve als bi- bzw. trimodal, also mit bis zu drei Häufigkeitsmaxima, wobei immer der erste Peak am größten war. Nach der Ultraschallbehandlung zeigten alle drei Varianten von Elstar Traismauer nur noch ein Häufigkeitsmaximum. Insgesamt zeigten alle Elstarvarianten ein ähnliches Bild nach der Ultraschallbehandlung.

Braeburn wies hingegen große Unterschiede zu allen Elstarvarianten auf. Es konnten zwei Häufigkeitsmaxima gemessen werden, wobei alle beide einen etwa gleich hohen Peak verursachten. Auch nach der Ultraschallbehandlung erwies sich die Verteilungskurve weiterhin als bimodal.

Die geringeren Maximalwerte der Partikelgröße und die Tatsache, dass bei Elstar Unreif und Elstar Überreif nur ein Häufigkeitsmaximum vorhanden war, ist vermutlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass diese Säfte bereits 14 bzw. 12 Wochen gelagert worden waren. So konnten die größeren Partikel bereits auf den Boden der Flasche absinken, wodurch diese bei der Messung nicht mehr inkludiert waren.

Das grob unterschiedliche Bild von Braeburn zu Elstar bekräftigt PECORONI (1998). Laut dessen Arbeit sind die Vorgänge der Trubentstehung sortenabhängig, was mit größter Wahrscheinlichkeit auf unterschiedliche Enzymaktivitäten und Substratkonzentrationen in den einzelnen Apfelsorten und Reifestadien zurückgeführt wird.

Dies erklärt vermutlich auch die Unterschiede zu früheren Arbeiten. STÄHLE-HAMATSCHEK und GIER SCHNER K (1989) fanden in naturtrüben Apfelsäften ein Teilchengrößenspektrum von 0,5 – 2 μm , wobei 95 % der Teilchen unter 2

µm lagen. In der vorliegenden Arbeit lagen bei Elstar Unreif und Elstar Überreif 95 % der Teilchen unter 3 µm. Bei Elstar Traismauer und Braeburn Reif lagen 95 % der Teilchen allerdings unter 80 bzw. 25 µm und zeigten so weitaus größere Partikelgrößen als bei STÄHLE-HAMATSCHEK und GIERSCNER K (1989).

Einflüsse bestimmter Partikelgrößenverteilungen auf die Konglomeratbildung konnten nicht festgestellt werden.

Tabelle 6.11 Ergebnisse der Partikelgrößenmessung

Softvariante	Maximalwert t [µm]	Häufigkeits- maximum [µm]	Maximalwert nach Ultraschall [µm]	Häufigkeits- maximum nach Ultraschall [µm]
Elstar Unreif 0-Variante	6,0	1,0	6,0	0,9
Elstar Reif 0-Variante	-	-	-	-
Elstar Überreif 0-Variante	6,0	0,9	6,0	0,8
Elstar Traismauer 0-Variante	56,0	1,0 / 11,0	5,0	0,9
Elstar Traismauer Bentonit	140,0	1,1 / 11,0 / 75,0	4,0	0,6
Elstar Traismauer Zentrifuge	140,0	1,8 / 8,5 / 75,0	6,0	1,0
Braeburn Reif 0-Variante	45,0	1,6 / 16,0	23,0	1,0 / 10,0

6.7 Externe Proben Osttirol

Die Ergebnisse der chemischen Analysen im Saft bei den „Externen Proben Osttirol“ lagen alle in ähnlichen Bereichen wie die eigens für die Arbeit hergestellten Saftvarianten. Es fällt auf, dass in Probe Extern Osttirol 1 deutlich weniger Pektin im Saft festgestellt werden konnte als in Probe Extern Osttirol 2. Hingegen lagen die Werte für Gesamtphenole und Protein bei Probe 1 etwas höher als bei Probe 2. Stärke Löslich und Unlöslich lagen in ähnlichem Bereich (Tabelle 6.12).

Tabelle 6.12 Ergebnisse chemische Analysen des Saftes von Externe Proben Osttirol

Saft	Extern Osttirol 1 (mit Fäden)	Extern Osttirol 2 (ohne Fäden)
Gesamtphenole	148,5 mg/L	144,5 mg/L
Pektin	6,4 mg/L	40,2 mg/L
Stärke löslich	8,7 mg/L	6,0 mg/L
Stärke unlöslich	4,08 mg/L	5,04 mg/L
Protein	61,0 mg/L	56,4 mg/L

Die prozentuellen Werte für die Gehalte im Trub der Proben Extern Osttirol 1 und 2 lagen in einem äußerst niedrigen Bereich (alle unter 2 %). Pektin zeigte bei beiden Proben mit 1,53 bzw. 1,38 % den höchsten Anteil am Trub (Tabelle 6.13). Diese Ergebnisse stimmen nicht mit den Erkenntnissen in der Literatur über die Trubzusammensetzung überein (Kapitel 2). Um genauere Ergebnisse zu erhalten, müsste vermutlich die Methode evaluiert werden.

Tabelle 6.13 Ergebnisse chemische Analysen des Trubes von Externe Proben Osttirol

Trub	Extern Osttirol 1 (mit Fäden)	Extern Osttirol 2 (ohne Fäden)
Phenole	0,26 %	0,20 %
Pektin	1,53 %	1,38 %
Stärke	0,32 %	0,20 %
Protein	0,84 %	0,31 %

Eine weitere Untersuchungsmöglichkeit wäre wie bei den Externen Proben Niederösterreich ein mikroskopischer Befund und eine Untersuchung auf Mikroorganismen gewesen. Möglicherweise könnte die Bildung der Fädchen in Probe 1 durch Bakterien ausgelöst worden sein.

6.8 Externe Proben Niederösterreich

6.8.1 Nachweis für Polysaccharide, Dextrine und Pektinstoffe mittels Jod-Kaliumjodidlösung

Polysaccharide und Pektinstoffe werden je nach Kondensationsgrad blau bis blauviolett angefärbt. Niederkondensierte Abbauprodukte werden braunorange oder orange gefärbt.

Insgesamt zeigte Probe 2 auf Grund der jeweils dunkleren und eher blauen Färbung einen höheren Gehalt an Polysacchariden bzw. Stärke. In Probe 1 waren hingegen eher niederkondensierte Abbauprodukte zu finden.

Es zeigte sich außerdem bei den Untersuchungen, dass in Probe 2 ein größeres Trubdepot vorhanden war und etwa viermal mehr Trub abzentrifugiert werden konnte als in Probe 1. Diese Erkenntnis passt gut mit den Färbeergebnissen zusammen, denn ein hoher Gehalt an Stärke erhöht im Wesentlichen die Grobtrubfraktion im Saft [STÄHLE-HAMATSCHEK und GIER SCHNER K, 1989].

Tabelle 6.14 Ergebnisse Nachweis Polysaccharide, Dextrine und Pektinstoffe

Probenaufbereitung	Färbung Probe 1 (ohne Konglomeratbildung)	Färbung Probe 2 (mit Konglomeratbildung)
Zentrifugat	Blauviolett	Blauviolett
Saft homogenisiert	Hellockergelb (1A)	Dunkelblau (2A)
Saft über Zentrifugat	Hellgelb (1B)	Dunkelblau (2B)
Zentrifugat + Wasser	Hellgraurosa (1C)	Violettblau (2C)
Waschlösung	Hellgelb (1D)	Rosa (2D)

6.8.2 Nachweis von phenolischen Verbindungen nach Folin-Ciocalteu

Bei beiden Proben war der Nachweis auf phenolische Verbindungen schwach positiv.

6.8.3 Mikroskopischer Befund des Trubes

Bei beiden Proben wurden beim mikroskopischen Befund Hefen und Bakterien gefunden. Durch Bebrütung konnten vitale Bakterien festgestellt werden, dabei wurden verschieden aussehende Bakterien mikroskopiert. Um welche Bakterien es sich handelte wurde nicht bestimmt.

6.8.4 Makroskopischer Befund nach Bebrütung des Trubes auf Nähragar

Bei beiden Proben bildeten sich durch Bebrütung auf Nähragar Kolonien von Bakterien.

6.8.5 Zusammenhänge Probenunterschiede/Konglomeratbildung

Es konnten weder bei dem Test auf phenolische Verbindungen noch beim mikroskopischen/makroskopischen Befund Unterschiede zwischen den beiden Proben festgestellt werden. Nur beim Test auf Polysaccharide, Dextrine und Pektinstoffe zeigten sich Unterschiede. Die Untersuchung bekräftigt die Vermutungen und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass die Ursachen für Konglomeratbildung möglicherweise im Bereich der Kohlenhydratfraktion zu finden sind und nicht im Bereich der phenolischen Komponenten. Weiters zeigt auch diese Untersuchung, dass eine große Menge an Trub, mit einer großen Grobtrubfraktion, eher zu Problemen führt.

7 Diskussion

7.1 Einfluss der Inhaltsstoffe und der entsprechenden Behandlungsformen auf Trübungsintensität und Trübungsstabilität sowie Einfluss des Reifegrades auf die Wirkungsweise der Behandlungsformen

7.1.1 Pektin und Pektinasen

Einerseits kann hier auf einen steigenden Pektingehalt mit steigendem Reifegrad geschlossen werden, andererseits lässt die Theorie von MOLLOV et al. (2006), kalte Lagerung der Äpfel erhöhe den Gesamtpektingehalt im Saft, die Vermutung offen, dass dieser Vorgang auch hier mitgespielt haben könnte. Die Variante Braeburn Überreif zeigte die weitaus höchsten Pektingehalte im Saft und erfuhr direkt vor dem Pressen die längste Kaltlagerung. Wie aber bereits in 6.5.1 erwähnt, ist fraglich, ob hier die Lagerung von 10 Tagen bereits einen wesentlichen Einfluss brachte. Die Variante Braeburn Reif wurde für 4 Wochen kalt gelagert, anschließend folgten aber 5 Tage Lagerung bei 20 °C und der Pektingehalt des Saftes war wesentlich geringer als bei Braeburn Überreif. Die Wirkung der Kaltlagerung könnte daher durch anschließende Warmlagerung aufgehoben werden. Möglicherweise spielt aber auch zusätzlich die Verarbeitungstemperatur der Äpfel eine Rolle. Es konnten aber keine eindeutigen Zusammenhänge zwischen Verarbeitungstemperatur und Pektingehalt oder Verarbeitungstemperatur und Trübungsintensität gefunden werden. Allerdings konnte die Temperatur nur anhand der vorherigen Lagerung geschätzt werden, bei der Arbeitsdurchführung wurde nicht auf die Kerntemperatur der Äpfel geachtet und daher auch nicht gemessen. In weiteren Arbeiten sollte hierauf jedenfalls geachtet werden, um genaue Schlüsse ziehen zu können.

Es zeigte sich, dass der Gesamtpektingehalt in den gemessenen Saftproben innerhalb der Lagerzeit keine Veränderungen aufwies. Das gemessene Pektin liegt wohl entweder in gelöster Form im Saftserum vor oder bleibt auf Grund

seiner trubstabilisierenden Wirkung in Schwebelösung, sinkt nicht ab und ist daher auch nach einigen Wochen noch in gleicher Menge nachweisbar. Insgesamt konnte eine Korrelation zwischen dem Pektingehalt und dem Trübungsgrad „nach Enzymierung“ mit $r = 0,735$ und $p = 0,000$ festgestellt werden. Auch zwischen dem Pektingehalt und dem Trübungsgrad in der Flasche wurde ein Zusammenhang von $r = 0,901$ und $p = 0,002$ beobachtet. Dies unterstützt die Annahme, Pektin führe durch Stabilisation des Trubes zu höheren Trübungswerten.

Bei geringen Schwankungen des Pektingehaltes konnten keine Unterschiede in der Trubstabilität der Säfte beobachtet werden. Allerdings zeigte die mit Pektinase Smash XXL behandelte Variante von Braeburn Reif, die wegen der Pektinase einen weitaus niedrigeren Pektingehalt aufwies, einen wesentlich früheren Abfall der Trübung als die anderen Varianten. Insgesamt war der prozentuelle Trübungsabfall aber ähnlich und erfolgte bei den anderen auf Pektin untersuchten Varianten eben erst später.

Außerdem zeigte sich bei der 0-Variante von Braeburn Überreif ein verhältnismäßig hoher Pektingehalt (über 400 mg/L) und der Trübungsabfall erreichte in den 24 Lagerwochen lediglich 40 %. Es konnte daher schon eine gewisse trubstabilisierende Wirkung des Pektins bestätigt werden.

Die Trübungswerte „nach Enzymierung“ der mit Pektinasen behandelten Varianten lagen, verglichen mit den anderen Varianten, immer im unteren Bereich. Niedrigere Werte zeigten die mit Amylasen behandelten Varianten bei den Säften aus unreifen Äpfeln und die Varianten, bei denen die hohe Dosierung von Bentonit angewendet wurde (Elstar Traismauer, Braeburn Unreif, Braeburn Reif und Braeburn Überreif). Weiters unterbot bei jedem Presstermin zumindest eine zentrifugierte Variante die „Pektinasevarianten“, mit Ausnahme von Braeburn Überreif. Das lässt auf einen hohen Feintrubanteil schließen, der beim Zentrifugieren nicht abgetrennt werden konnte und später die Trübung stabilisierte.

Es fiel auf, dass die überreifen Varianten, die die höchsten Pektingehalte aufwiesen (6.5.1), bei den mit Pektinasen behandelten Varianten im Verhältnis den stärksten Trübungsabfall während der Lagerung aufwiesen. Die Endwerte

nach 24 Wochen lagen bei Braeburn Überreif bei rund 100 TE/F, während die nicht mit Pektinasen behandelten Varianten noch Werte um 600 TE/F aufwiesen. Auch hiermit kann die trübungsstabilisierende Wirkung von Pektin bestätigt werden.

Weiters zeigte sich, dass bei den unreifen Varianten die Pektinase XXL eine relativ gute Stabilität des Trubes im Gegensatz zu Pektinase Clear und Pektinase Smash XXL hervorrief. Bei den anderen Reifegraden konnte diese Eigenschaft nicht festgestellt werden. Möglicherweise konnte durch den niedrigen Pektingehalt bei den unreifen Varianten, durch Pektinase XXL nur wenig Pektin abgebaut werden, wodurch es nicht zu einer Destabilisierung des Trubes kam.

7.1.2 Stärke und Amylasen

Ein hoher Stärkegehalt erhöht normalerweise die Trubausbeute und das Trubdepot, da sie hauptsächlich in der Grobtrubfraktion zu finden ist [STÄHLE-HAMATSCHEK und GIERSCHEK, 1989]. Da die Analysen allerdings nicht das gewünschte Ergebnis lieferten, konnten keine statistischen Zusammenhänge zwischen Stärkegehalt und Trübungsintensität oder –stabilität festgestellt werden.

Allerdings fiel auf, dass die beiden angewendeten Amylasenpräparate bei den Varianten Elstar Unreif und Braeburn Unreif, die theoretisch naturgemäß und auch praktisch laut der Stärkemessung für die Streif-Index Berechnung mehr Stärke enthielten, den Trübungsgrad zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ im Vergleich zur 0-Variante wesentlich senken konnten. Die Trübung lag auf einem ähnlichen Niveau wie die mit Pektinasen behandelten Varianten. Bei den anderen Reifegraden zeigten die Amylasen hingegen kaum Wirkung. Die Trübung lag meist, ähnlich dem Wert der 0-Variante, weit über den Werten verursacht durch Pektinasen. Daraus kann geschlossen werden, dass doch gewisse Anteile von Stärke im Saft der unreifen Äpfel enthalten gewesen sein müssen. Die durch die Stärke verursachte Trübung könnte auch eine Erklärung für die Tatsache sein, dass die Trübungsgrade zwischen Unreif und Reif sowohl

bei Elstar als auch bei Braeburn abfallen, obwohl laut ZIMMER (1996) die Trübung mit reiferen Äpfeln tendenziell eher ansteigt.

Bezüglich Trübungsstabilität konnte beobachtet werden, dass bei den Säften aus unreifen Äpfeln bei den mit Amylasen behandelten Säften innerhalb der 24 Wochen Lagerung der höchste prozentuelle Trübungsabfall stattfand. Dies ist zwar einerseits auf die niedrige Anfangstrübung zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ zurückzuführen, allerdings zeigten diese Säfte nach den 24 Wochen auch insgesamt die geringste Trübungsintensität. Bei den anderen Reifegraden erwiesen sich die mit Amylasen behandelten Säfte hingegen als äußerst trubstabil, sie gehörten fast immer zu den Säften mit den höchsten Endtrübungswerten.

7.1.3 Protein und Protease bzw. Bentonit

Protein stellt laut ZIMMER et al. (1996) den größten Anteil am Trub dar. Mit der in dieser Arbeit angewendeten Methode nach BRADFORD (1976), wurden allerdings nur die in gelöster Form vorliegenden Proteine untersucht.

Es konnte im Zuge der Messungen ein Anstieg des Proteingehalts im Saft mit steigendem Reifegrad beobachtet werden. Dies passt auch mit der Aussage von BELITZ et al. (2008) zusammen, dass der Proteingehalt in der Frucht mit steigender Reife zunimmt. Da auch Pektin mit steigendem Reifegrad in den Versuchen zunahm, zeigte sich eine Korrelation zwischen den beiden Größen. Auch mit der Festigkeit konnte sowohl für den Protein- als auch für den Pektingehalt eine negative Korrelation festgestellt werden.

Möglicherweise war der hohe Proteingehalt bei den überreifen Varianten durch Komplexbildung mit Polyphenolen ein zusätzlicher Faktor für die hohe Trübung des Saftes.

Die Saftvarianten, die mit der Protease Neutrase behandelt wurden, wiesen zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ immer einen der höchsten Trübungswerte beim jeweiligen Presstermin auf. Die mit Enzym behandelte Variante ähnelte im Trübungsgrad immer der 0-Variante unabhängig vom Reifegrad der Äpfel.

Auch nach 24 Wochen Lagerzeit zeigte die Variante „Neutrased“ immer im Vergleich mit den anderen Varianten einen der höchsten Werte oder lag zumindest im selben Bereich wie der Großteil der anderen Saftvarianten.

Die mit niedriger Bentonitdosierung behandelten Varianten (Elstar Unreif, Elstar Reif und Elstar Überreif) zeigten zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ keine wesentlichen Unterschiede im Trübungsgrad zu den 0-Varianten. Die mit hoher Bentonitdosierung behandelten Varianten (Elstar Traismauer, Braeburn Unreif, Braeburn Reif, Braeburn Überreif) wiesen hingegen einen der niedrigsten TE/F Werte auf, außer bei Braeburn Überreif, wo der Wert ebenfalls relativ nahe dem der 0-Variante war und damit im Vergleich eher im oberen Bereich lag. Nach den 24 Wochen Lagerung war jedoch kein Unterschied zwischen hoher und niedriger Dosierung zu bemerken, die Werte für die mit Bentonit behandelten Varianten lagen immer im ähnlichen Bereich wie die 0-Variante und damit im mittleren Bereich verglichen mit den anders behandelten Varianten.

7.1.4 Polyphenole und Bentonit

Es ist zu erwähnen, dass wie bei der Proteinbestimmung auch bei der Bestimmung des Gesamtphenolgehalts nur die im Serum gelösten Phenole in die Messung miteinbezogen wurden. Die in unlöslicher Form zum Beispiel in Komplexen mit Proteinen vorliegenden Phenole konnten nicht berücksichtigt werden.

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gesamtphenolgehalt und der Trübung in den ungeschüttelten Flaschen ermittelt werden mit $r = 0,736$ und $p = 0,037$. Dies entspricht auch den Untersuchungen von ARAYA-FARIAS et al. (2008), in denen festgestellt wurde, dass umso geringer die Trübung der Säfte ist, desto niedriger sind der Gehalt an Tannin und Protein. Laut SIEBERT et al. (1996 b) ist der TE/F-Wert eine Funktion aus der Protein- und Polyphenolkonzentration.

Die phenolreduzierende Wirkung des Bentonits konnte bei Elstar Überreif wegen der niedrigen Dosierung nicht erzielt werden im Gegensatz zu Braeburn

Reif mit hoher Dosierung (6.5.3). Allerdings war bei beiden Varianten im Laufe der Lagerung ein deutlicher Abfall des Gesamtphenolgehalts zu erkennen, vermutlich zurückzuführen auf Komplexbildung mit Protein.

Die Wirkung von Bentonit auf Trübungsintensität und Trübungsstabilität ist in 7.1.3 beschrieben. Allerdings ist hinzuzufügen, dass die Säfte, die mit hoher Bentonitdosierung behandelt wurden, eine blassere, fast graustichige Farbe aufwiesen als die anderen Saftvarianten. Auch sensorisch unterschieden sich diese Säfte von den anderen Varianten.

7.1.5 0-Variante und Zentrifuge

Die 0-Varianten gehörten zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ immer zu den trübsten Varianten. Nach 24 Wochen Lagerzeit lagen die Trübungswerte immer entweder im Durchschnitt oder im oberen Bereich.

Die zentrifugierten Varianten zeigten bereits zum Zeitpunkt „nach Enzymierung“ eher geringere Trübungswerte an, auch die Stabilität ließ nach 24 Wochen zu wünschen übrig.

7.2 Zusammenhänge zwischen Trübungswert nach HTST und Konglomeratbildung

Konglomeratbildung trat bei der Sorte Elstar bei unreifen und überreifen Äpfeln sowie bei den Äpfeln aus Traismauer auf. Bei der Sorte Braeburn zeigten die unreifen und reifen Äpfel Konglomerate.

Elstar Reif und Braeburn Überreif blieben jeweils komplett frei von Konglomeraten. Dies ist vermutlich auf den gemeinsamen Umstand zurückzuführen, dass die Säfte beide kein Trubdepot in den Flaschen aufwiesen. Allerdings ist diese Tatsache auf jeweils unterschiedliche Ursachen zurückzuführen:

Elstar Reif zeigte eine derart geringe Trübung, dass sich kein Trubdepot ausbilden konnte. Auch ZIMMER (1996) berichtete von der Tendenz weniger reifer Äpfel zu geringeren Trübungswerten.

Braeburn Überreif hingegen wies eine sehr hohe Trübung auf, allerdings mit enorm hoher Stabilität, weshalb sich im beobachteten Zeitraum kein Trubdepot ausbildete. Die hohe Trübung mit hoher Stabilität ist auf die erniedrigte Festigkeit der Äpfel durch die Lagerung zurückzuführen. Dadurch bricht beim Pressen das Gewebe entlang der Zellwände und nicht statisch quer durch die Zellen wie es bei Äpfeln mit hoher Festigkeit zu beobachten ist [LAPSLEY, 1992]. Dadurch sind die Teilchengrößen des Trubes geringer und der Gehalt an Trubstoffen und löslichem Pektin ist hoch, was zu einer besseren Trubstabilität führt [PECORONI et al., 1996; STÜSSI, 1998].

Laut MOLLOV et al. (2006) hat kalte Lagerung der Äpfel einen positiven Einfluss auf die Trubstabilität der Säfte durch Verringerung des Grobtrub/Feintrub – Verhältnisses und Erhöhung des Pektingehaltes. Möglicherweise wurde die Trubstabilität bei Braeburn Überreif zusätzlich durch die Lagerung bei 4°C vor der Verarbeitung positiv beeinflusst. Allerdings wurden bei MOLLOV et al. die Äpfel über 6 Monate gelagert. Es ist also fraglich, ob die kalte Lagerung über 10 Tage bereits einen wesentlichen Einfluss haben kann. Tatsache ist allerdings, dass Braeburn Überreif einen weitaus höheren Pektingehalt aufwies als die anderen Varianten.

Infolge dessen bildete sich im Laufe der Lagerung ein wesentlich geringeres Trubdepot (max. 3 mm) als bei den anderen Säften, wodurch die Konglomeratbildung unterbunden wurde. Ein ausgeprägtes Trubdepot ist die Voraussetzung für Konglomeratbildung. Denn wo kein Trubdepot besteht, muss auch kein Trubdepot aufgeschüttelt werden wobei Konglomerate zurückbleiben könnten.

7.3 Einfluss der analysierten Inhaltsstoffe auf die Konglomeratbildung

Es konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen den gemessenen Inhaltsstoffen Pektin, lösliche und unlösliche Stärke, Protein, Polyphenolen und Konglomeratbildung gefunden werden.

7.4 Zusammenhänge zwischen Behandlungsformen und Konglomeratbildung

Wie in 7.2 erklärt, wiesen Elstar Reif und Braeburn Überreif keine Konglomerate auf. Bei Elstar Unreif, Elstar Überreif, Elstar Traismauer, sowie Braeburn Unreif und Braeburn Reif hatten die Behandlungsformen folgende Einflüsse:

0-Variante:

Bei der 0-Variante traten meist sofort in Woche 4 Konglomerate auf in der Größenordnung bis „viele Konglomerate, >10 mm“.

Bentonit:

Bentonit brachte in Bezug auf Konglomerate nicht den gewünschten Erfolg, unabhängig von hoher oder niedriger Dosierung. Auch hier traten Konglomerate in der Größenordnung bis „viele Konglomerate, >10 mm“ auf.

Amylase AG XXL:

In den unreifen Varianten traten zeitweise Konglomerate auf, bis zu einer Größenordnung von „viele Konglomerate, <2 mm“. Einmal fielen bei Elstar Traismauer ebenfalls Konglomerate auf.

In allen anderen Fällen blieb Amylase AG XXL komplett konglomeratfrei.

Amylase F2:

Einzig bei Braeburn Unreif konnten Konglomerate bei Amylase F2 ab Woche 20 festgestellt werden.

Sonst blieb Amylase F2 immer konglomeratfrei.

Protease Neutrase:

Die Variante Protease Neutrase zeigte fast immer Konglomeratbildung in Größenordnungen bis „viele Konglomerate, >10 mm“.

Pektinase Clear:

Pektinase Clear erwies sich als gute Schutzmaßnahme gegen Konglomeratbildung. Kein einziges Mal konnten in dieser Variante Konglomerate festgestellt werden.

Pektinase Smash XXL:

Auch Pektinase Smash XXL zeigte guten Schutz gegen Konglomeratbildung. Nur einmal wurde bei Braeburn Unreif Konglomeratbildung von „wenige Konglomerate, 2-5 mm“ dokumentiert.

Pektinase XXL:

Wie die beiden anderen Pektinasen erwies sich auch Pektinase XXL als Schutz gegen Konglomeratbildung. Alle behandelten Varianten blieben konglomeratfrei.

Zentrifuge:

Bei den zentrifugierten Varianten konnten vereinzelt immer wieder Konglomerate beobachtet werden, wobei Elstar Unreif besonders stark betroffen war. Bei Elstar Traismauer blieben die zentrifugierten Varianten komplett frei von Konglomeraten.

8 Schlussbetrachtung

Es konnte festgestellt werden, dass eine möglichst geringe Ausbildung eines Trubdepots, sei es auf Grund von geringer Anfangstrübung oder hoher Trübungsstabilität, das Risiko zur Konglomeratbildung in naturtrüben Säften senken kann.

Die Behandlung mit Bentonit sowie die Behandlung mit Protease Neutrase stellen keinen Schutz gegen Konglomeratbildung dar. Da beide Behandlungsmethoden darauf abzielen, Protein im Saft zu minimieren, kann daraus geschlossen werden, dass Protein keinen wesentlichen Einfluss auf Konglomeratbildung im Saft darstellt.

Der Vergleich von externen Proben brachte bereits den Hinweis, dass die Kohlenhydratfraktion im Trub einen Einfluss auf die Konglomeratbildung haben könnte. In der Arbeit brachten bei den unreifen Varianten die Amylasen einen starken Trübungsabfall im Saft und konnten die Konglomeratbildung nicht komplett verhindern. Bei den Varianten mit höherem Reifegrad erwiesen sich die Amylasen sowohl als gute Schutzmaßnahme gegen Konglomerate sowie als eine Behandlungsform mit relativ hoher Trubstabilität.

Die Pektinasen zeigten im Bezug auf Konglomerate zwar bei allen Reifegraden eine effektive Schutzwirkung, allerdings wurde die Trubstabilität, vor allem in den ersten Lagerwochen, sehr negativ beeinflusst.

Die Möglichkeit, den Saft nach der HTST-Behandlung zu zentrifugieren, verringert zwar geringfügig das Risiko für Konglomeratbildung, allerdings stellt sie definitiv keinen absoluten Schutz dar und bringt auch keine optimale Lagerstabilität mit sich. Da möglicherweise auch Stärke an der Konglomeratbildung beteiligt ist, könnte ein Zentrifugieren vor der HTST-Behandlung, wo die Stärke noch in Form von Stärkekörnern vorliegt, größere Erfolge bringen.

Es wurde die Vermutung aufgestellt, dass es einen bestimmten Zeitpunkt im Verlauf der Reifung des Apfels geben muss, bei dem die Trübung des erzeugten Saftes in einem außergewöhnlich niedrigen Bereich liegt. Dieser

Zeitpunkt wird vermutlich charakterisiert durch einen bereits niedrigen Stärkegehalt, wodurch wenig Trübung durch Stärke resultiert, und durch einen noch eher niedrigen Gehalt an Protein, wodurch wenig Trübung durch Protein-Polyphenol-Komplexierung zu Stande kommt. Beeinflusst wird die geringe Trübung vermutlich auch durch geringe Lagerzeit der Äpfel. Einen möglichen Einfluss stellt auch die Verarbeitungstemperatur der Äpfel dar.

Die Theorie, dass ein hoher Pektingehalt die Lagerstabilität von naturtrübem Apfelsaft erhöht, konnte bestätigt werden.

9 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es herauszufinden, durch welche Parameter die Konglomeratbildung in naturtrübem Apfelsaft beeinflusst wird und wie diese verhindert werden kann.

Zu diesem Zweck wurden 77 Saftvarianten aus Äpfeln der Sorten Elstar und Braeburn hergestellt. Die Äpfel wurden in die Reifegrade Unreif, Reif und Überreif eingeteilt und die Säfte mit verschiedenen Schönungsmethoden behandelt (Bentonit, zwei Amylasen, drei Pektinasen, eine Protease und Zentrifugation). In Abständen von 4 Wochen wurden die Saftflaschen durch Schütteln auf Konglomeratbildung kontrolliert und die Trübung gemessen. Ebenso wurden die Gehalte an Pektin, Stärke, Protein und Polyphenolen bestimmt.

Es konnte festgestellt werden, dass die Behandlung mit Bentonit oder einer Protease keinen Schutz gegen Konglomeratbildung bieten konnte. Bei unreifen Äpfeln brachten auch die Amylasen keinen effektiven Schutz gegen Konglomerate und sorgten für niedrige Trübungsstabilität. Waren die Äpfel reif oder überreif, konnte mit Amylasen relativ trubstabiler, konglomeratfreier Saft erzeugt werden. Pektinasen schützten zwar vor Konglomeratbildung, allerdings kam es auch zu geringer Trübungsstabilität. Das Zentrifugieren von Apfelsaft nach der HTST-Behandlung ergab zwar ein minimiertes Risiko für Konglomerate, allerdings brachte es keinen effektiven Schutz vor Konglomeratbildung. Auch die Trübungsstabilität war nicht optimal.

Weiters konnte festgestellt werden, dass es im Reifeverlauf eines Apfels einen Zeitpunkt geben muss, an dem Saft mit sehr wenig Trübung erzeugt werden kann.

10 Abstract

The aim of this work was to find out, which parameters influence the building of conglomerates in cloudy apple juice and how it can be avoided.

For this purpose 77 variants of juice out of apples from cultivars Elstar and Braeburn were produced. The apples were divided into three degrees of ripeness (unripe, ripe and overripe). The juices were treated with different methods of fining (bentonit, two amylases, three pectinases, one protease and centrifugation). In intervals of 4 weeks the juice in the bottles were checked for conglomerate building by shaking them. The turbidity in the bottles and the amount of pectin, starch, proteins and polyphenols were measured as well.

It was established, that the treatment with bentonit or protease could not protect the juice against conglomerate building. In juices from unripe apples amylase could not effectively protect them from conglomerates and could not ensure cloud stability. In juices from ripe or overripe apples the treatments with amylases lead to cloud stability and absence from conglomerates. The treatment with pectinases protected against building of conglomerates, but it could not guarantee high cloud stability. The centrifugation of cloudy apple juice after HTST-treatment resulted in less risk for the building of conglomerates, but a complete protection was not achieved. Also the cloud stability was not in an optimal range.

Additionally it was established that there is a point in the progress of ripening, in which it is possible to produce juice with really low turbidity.

11 Literaturverzeichnis

ACKERMANN J, FISCHER M, AMADO R. Changes in Sugars, Acids, and Amino Acids during Ripening and Storage of Apples (Cv. Glockenapfel). *J Agric Food Chem*, 1992; 40: 1131-1134.

ARAYA-FARIAS M, MONDOR M, LAMARCHE F, TAJCHAKAVIT S, MAKHLOUF J. Clarification of apple juice by electroflotation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2008; 9: 320-327.

BARTH S W, FÄHNDRICH C, BUB A, DIETRICH H, WATZL B, WILL F, BRIVIBA K, RECHKEMMER G. Cloudy apple juice decreases DNY damage, hyperproliferation and aberrant crypt foci development in the distal colon of DMH-initiated rats. *Carcinogenesis*, 2005; 26 (8):1414-1421.

BAUCKHAGE K. Nutzung unterschiedlicher Streulichtanteile zur Partikelgrößenbestimmung in dispersen Systemen. *Chem Ing-Tech*, 1993; 65 (10): 1200-1205.

BELITZ H-D, GROSCH W, SCHIEBERLE P. *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*, 6. Auflage. Springerverlag, Berlin, Heidelberg, 2008; 340, 831-871.

BENITEZ E I, GENOVESE D B, LOZANO J E. Effect of typical sugars on the viscosity and colloidal stability of apple juice. *Food Hydrocolloids*, 2009; 23: 519-525.

BLANCO D, MORAN M J, GUTIERREZ M D, MORENO J, DAPENA E, MANGAS J. Biochemical study of the ripening of cider apple varieties. *Z Lebensm Unters Forsch*, 1992; 194: 33-37.

BORN M, WOLF E. *Principles of optics; Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light*. Oxford, Pergamon Press, 1975.

BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. *Anal Biochem*, 1976; 72: 248-254.

CARRIN M E, CECI L N, LOZANO J E. Characterization of starch in apple juice and its degradation by amylases. *Food Chemistry*, 2004; 87: 173-178.

CASTALDO D, QUAGLIUOLO L, SERVILLO L, BALESTRIERI C, GIOVANE A. Isolation and Characterization of Pectin Methylsterase from Apple Fruit. *Journal of Food Science*, 1989; 54: 653-655.

DIETRICH H, WILL F. Bedeutung der Stärke bei der Herstellung von Apfelsaft. *Flüssiges Obst*, 1996; 63 (10): 582-587.

DIETRICH H, WILL F, ZIMMER E, PECORONI S. Neue Ansätze zur Charakterisierung und Herstellung naturtrüber Fruchtsäfte. Flüssiges Obst, 2000; 67: 19-31.

ELMADFA I, LEITZMANN C. Ernährung des Menschen, 4. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2004.

ENDO A. Studies of pektinolytic enzymes of molds, Part XIII-XVI, Mechanism of the clarification of apple juice. J Agric Biol Chemistry, 1965; 29: 129-136, 137-143, 222-228, 229-238.

ENDRESS H U. Pektin und Pektinenzyme in der Technologie pflanzlicher Lebensmittel. Flüssiges Obst, 1996; 63 (10): 567-574.

FRENKEL C, KLEIN I, DILLEY D R. Protein Synthesis in Relation to Ripening of Pome Fruits. Plant Physiol, 1968; 43: 1146-1153.

GENOVESE D B, ELUSTUNDO M P, LOZANO J E. Color and Cloud Stabilization in Cloudy Apple Juice by Steam Heating During Crushing. Journal of Food Science, 1997; 62 (6): 1171-1175.

GENOVESE D B, LOZANO J E. Contribution of colloidal forces to the viscosity and stability of colloidal apple juice. Food Hydrocolloids, 2006; 20: 767-773.

GENOVESE D B, LOZANO J E. Effect of Cloud Particle Characteristics on the Viscosity of Cloudy Apple Juice. Journal of Food Science, 2000; 65 (4): 641-645.

GROSS J, ZACHARIE A, LENZ F, ECKHARDT G. Carotenoid changes in the peel of the "Golden Delicious" apple during ripening and storage. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, 1978; 89: 321-332.

HEROLD B, TRUPPEL I, ZUDE M, GEYER M. Spectral Measurements on 'Elstar' Apples during Fruit Development on the Tree. Biosystems Engineering, 2005; 91 (2): 173-182.

HÖHN E, DATWYLER D, GASSER F, JAMPEN M. Streifindex und optimaler Pflückzeitpunkt von Tafelkernobst. Schweiz. Z. Obst-Weinbau, 1999; 18: 443-446.

KNEE M. Methods of measuring green colour and chlorophyll content of apple fruit. Journal of Food Technology, 1980; 15: 493-500.

KOYUNCU H, KUL A R, CALIMLI A, YILDIZ N, CEYLAN H. Adsorption of dark compounds with bentonites in apple juice. LWT, 2007; 40: 489-497.

KRAPFENBAUER G. Naturtrübe Apfelsäfte: Theorie und Praxis eines beliebten Getränkes. Besseres Obst, 2004; 6: 20-23.

KRAPFENBAUER G, KINNER M, GÖSSINGER M, SCHÖNLECHNER R, BERGHOFER E. Effect of Thermal Treatment on the Quality of Cloudy Apple Juice. *J Agric Food Chem*, 2006; 54: 5453-5460.

KUCKENBERG J, TARTACHNYK I, NOGA G. Evaluation of fluorescence and remission techniques for monitoring changes in peel chlorophyll and internal fruit characteristics in sunlit and shaded sides of apple fruit during shelf-life. *Postharvest Biology and Technology*, 2008; 48: 231-241.

KUJAWSKA M, IGNATOWICZ E, EWERTOWSKA M, MARKOWSKI J, JODYNIS-LIEBERT J. Cloudy apple juice protects against chemical-induced oxidative stress in rat. *Eur J Nutr*, 2010 (not published yet). DOI 10.1007/s00394-010-0114-y

LAPSLEY K., 1989, „Texture of fresh apples - Evaluation and relationship to structure", Ph. D. Thesis, ETH Nr. 8802

LIST D, BUDDRUS S, BODTKE M. Pectinbestimmung mit meta-Phenylphenol. *Z Lebensm Unters Forsch*, 1985; 180: 48-52.

MARKOWSKI J, BARON A, MIESZCZAKOWSKA M, PLOCHARSKI W. Chemical composition of French and Polish cloudy apple juice. *J of Hort Sc & Biotechnology*, 2009; ISAFRUIT Special Issue 68-74.

MARKOWSKI J, PLOCHARSKI W. Determination of phenolic compounds in apples and processed apple products. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2006; 14 (2): 133-142.

MCCLEMENTS D J. *Food Emulsions: Principles, Practice, and Techniques*. CRC Press, London, England, 1999; 39–81.

MOLLOV P, MIHALEV K, BULEVA M, PETKANICHIN I. Cloud stability of apple juices in relation to their particle charge properties studied by electro-optics. *Food Research International*, 2006; 39: 519-524.

NOCI F, RIENER J, WALKING-RIBEIRO M, CRONIN D A, MORGAN D J, LYNNG J G. Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. *Journal of Food Engineering*, 2008; 85: 141-146.

OSZMIANSKI J, WOJDYLO A, KOLNIAK J. Effect of Enzymatic Mash Treatment and Storage on Phenolic Compositon, Antioxidant Activity and Turbidity of Cloudy Apple Juice. *J Agric Food Chem*, 2009; 57: 7078-7085.

OVERBEEK J Th G. Recent developments in the understanding of colloidal stability. *Journal of Colloidal and Interface Science*, 1977; 58: 408-422.

PECORONI S. Physikalische und chemische Grundlagen der Trubstabilität in "naturtrüben" Apfelsäften unter besonderer Berücksichtigung kontinuierlicher Herstellungsverfahren. Dissertation an der Universität Hohenheim, Stuttgart, 1998; 102.

PECORONI S, ZIMMER E, GIER SCHNER K, DIETRICH H. Trubstabile naturtrübe Apfelsäfte - Herstellungstechnologie und Rohwareneinfluss". *FI Obst*, 1996; 63 (1): 11-15.

PRATT C. Apple flower and fruit: Morphology and Anatomy. *Hort Rev*, 1988; 10: 273-308.

RUTKOWSKI K P, MICHALCZUK B, KONOPACKI P. Nondestructive determination of Golden Delicious Apple Quality and Harvest Maturity. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 2008; 16: 39-52.

SCHOBINGER U. Frucht- und Gemüsesäfte, 3. Auflage. Eugen-Ulmer Verlag, Stuttgart, 2001; 167, 170-171.

SIEBERT K J, CARRASCO A, LYNN P Y. Formation of Protein-Polyphenol Haze in Beverages. *J Agric Food Chem*, 1996(a); 44: 1997-2005.

SIEBERT K J, TROUKHANOVA N V, LYNN P Y. Nature of Polyphenol-Protein Interactions. *J Agric Food Chem*, 1996(b); 44: 80-85.

SORRIVAS V, GENOVESE D B, LOZANO J E. Effect of pectinolytic and amylolytic enzymes on apple juice turbidity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2006; 30: 118-133.

STÄHLE S. Quantitative Erfassung und Bewertung technologischer Einflüsse und Rohwarenparameter auf die Trubausbeute und Trübungsstabilität in trüben Apfelsäften. Dissertation Universität Hohenheim, Stuttgart 1989.

STÄHLE-HAMATSCHEK S, GIER SCHNER K. Trubzusammensetzung und ihr Einfluss auf die Trübungsstabilität in naturtrüben Apfelsäften. *Flüssiges Obst*, 1989; 56 (9): 543-558.

STOLL K. Der Apfel, Inhaltsstoffe-Fruchtaufbau-Qualitätserkennung, 1. Auflage. Verlag Enrico Negri AG, Zürich, 1997.

STREIF J. Erfahrungen mit Erntetermin-Untersuchungen bei Äpfeln. *Besseres Obst*, 1989; 34, 235-238.

STÜSSI J. Untersuchungen über die Herstellung von pulpehaltigen Apfelsäften. Dissertation der ETH Zürich, 1998: 26.

STURM K, STAMPAR F. Seasonal Variation of Sugars and Organic Acids in Apple (*Malus domestica* Borkh.) in Different Growing Systems. *Phyton* (Austria) Special Issue "Plant Physiology", 1999; 39: 91-96

TIJSKENS L M M, HEROLD B, ZUDE M, GEYER M. How to Chose Criteria to Harvest Apples. The Dynamics of Maturity. *Acta Horticulturae*, 2008; 796: 197-200.

WILLS R B H, MC GLASSON W B, GRAHAM D, JOYCE D C. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals, 5. Auflage. CABI, Oxfordshire, 2007.

YAMASAKI M, YASUI T, ARIMA K. Pectic enzymes in clarification of apple juice, Part I: Study on the clarification reaction in a simplified model. *Agr Biol Chem*, 1964; 28: 779-787.

ZHAO G-Y, ZONG W, AN G-J. Effect of Storage on Cloud Stability of Cloudy Apple Juice. *Food Sci Tech Int*, 2008; 14 (1): 105-113.

ZIMMER E, PECORONI S, DIETRICH H, GIER SCHNER K. Bewertung der Trübungsstabilität naturtrüber Säfte. *Flüssiges Obst*, 1996; 63(1): 16-20.

ZIMMER E. Zusammensetzung, physikalische Eigenschaften und Entstehung der Trubpartikel in naturtrüben Apfelsäften sowie Einfluss von Herstellungstechnologie und Rohware auf Trübung und Trübungsstabilität. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen, 1996; 182-186.

ZOECKLEIN B W, FUGELSANG K C, GUMP B H, NURY F S. Wine Analysis and Production. Chapman and Hall, New York, 1995.

Lebenslauf

Angaben zur Person

Name	Monika Schnürer
Geburtsdatum	27. März 1986
Geburtsort	Wien
Staatsbürgerschaft	Österreich

Ausbildung

09/2004 – 12/2010	Universität Wien Studienrichtung Ernährungswissenschaft Schwerpunkt Lebensmitteltechnologie
01/2009 – 05/2009	University of Kuopio, Finnland Studienrichtung Public Health
09/1996 – 06/2004	GRg Wien 19; Billrothstraße 26-30 Schulrichtung Neusprachliches Gymnasium mit Schwerpunkt Latein und Französisch

Berufliche Erfahrung und Praktika

09/2009 – 02/2010	Lehr- und Forschungszentrum für Wein- und Obstbau Klosterneuburg Diplomarbeit
12/2008	IMSB Austria – Olympiazentrum Südstadt Praktikum im Bereich Ernährungsberatung
10/2008	Lehr- und Forschungszentrum für Wein- und Obstbau Klosterneuburg Praktikum Abteilung Obstverarbeitung
09/2008	Frenzel Austria Frost GmbH QS-Labormitarbeiterin
09/2007 und 07/2006	Ströck-Brot Verkauf

Persönliche Fähigkeiten und Kompetenzen

Computerkenntnisse	MS-Office Anwendungen
Sprachen	Englisch, Französisch, Finnisch
Sonstiges	Schwimmsport (Leistungssport bis 2008; ab 2009 Instruktorin) Gruppenleiterin in der Kath. Jungschar (bis 2006)