



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Möglichkeiten zur Verbesserung der Farbstabilität von
Erdbeernektar, Erdbeersaft und Erdbeersaftkonzentrat

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag^a. rer.nat.)

Verfasserin:	Monika Hermes
Matrikel-Nummer:	0009360
Studienrichtung/Studienzweig (lt. Studienblatt):	A474 Ernährungswissenschaften
Betreuer:	Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Emmerich Berghofer

Wien, im Oktober 2009

Danksagung



WeinObstKlosterneuburg.at
Unser Wissen trägt Früchte.

Diese Diplomarbeit wurde an der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg in der Abteilung Obstverarbeitung durchgeführt. An dieser Stelle bedanke ich mich bei Direktor HR Dipl.-Ing. Karl Vogl für diese Möglichkeit sowie bei Dipl.-Ing. Dr. Manfred Gössinger für die Betreuung vor Ort.

Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der HBLA Klosterneuburg, allen voran Herrn Dr. Reinhard Eder, Frau Ing. Silvia Wendelin, Herrn Ing. Martin Eschberger sowie Franz, Theo, Erich, Thomas und Lolita.

Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna



Ich danke Herrn Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Emmerich Berghofer für die Kooperation und Betreuung meiner Diplomarbeit sowie die angenehme und kollegiale Atmosphäre im Diplomandenseminar.

Ich danke meinen Eltern Mathilde und Joachim Hermes für mein liebevolles Zuhause, in welches ich immer wieder gerne zurückkehre.

Besonderer Dank gebührt meiner Schwester Sandra für ihr stets offenes Ohr, wenn ich mich in Details verhedderte oder sich die Motivation verabschiedete, sowie die tatkräftige Unterstützung beim Formatieren und Korrekturlesen meiner Arbeit.

Nicht zuletzt vielen herzlichen Dank an Daniela, Christina, Caro, Stefan, Christoph, Christiane, Thomas und Elsa, welche unbeirrbar an das Gelingen dieser Diplomarbeit glaubten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Fragestellung	4
3	Grundlagen	5
3.1	Erdbeere	5
3.1.1	Erdbeere allgemein	5
3.1.2	Inhaltsstoffe der Erdbeeren	5
3.2	Anthocyane	8
3.2.1	Vorkommen von Anthocyanen in Obst	8
3.2.2	Struktur von Anthocyanen	9
3.2.3	Verhalten von Anthocyanen in wäßriger Lösung	10
3.3	Stabilität der Anthocyane	12
3.3.1	Struktureffekte	12
3.3.2	Konzentrationseffekte	12
3.3.3	Temperatur	12
3.3.4	Sauerstoff	13
3.3.5	Licht	14
3.3.6	Enzyme	14
3.3.7	L-Ascorbinsäure	15
3.3.8	Zucker	16
3.3.9	pH-Wert	16
3.3.10	Schwefeldioxid	17
3.3.11	Metalle	17
3.3.12	Kohlendioxid	17
3.3.13	Copigmentierung	18
3.3.14	Pyranoanthocyane	18
3.4	Verarbeitung von Erdbeeren	19
3.4.1	Erdbeersaft	19
3.4.2	Erdbeersaftkonzentrat	19
3.4.3	Erdbeernektar	20
4	Material und Methoden	21

4.1 Versuchsmaterial	21
4.2 Analytische Methoden	22
4.2.1 Farbmessung	22
4.2.2 Farbbeurteilung	23
4.2.3 Trübung	23
4.2.4 pH-Wert	23
4.2.5 Titrierbare Säure	24
4.2.6 Sauerstoffkonzentration	24
4.2.7 Redoxpotenzial	24
4.2.8 Festigkeit	25
4.2.9 °Brix und Öchsle	25
4.2.10 Monomere Anthocyane	25
4.2.11 Halbwertszeit der monomeren Anthocyane	28
4.2.12 L-Ascorbinsäure	28
4.2.13 Pasteurisationseinheiten	29
4.3 Sensorische Methoden – optische Beurteilung	30
4.4 Statistische Methoden	31
5 Versuchsdurchführung	32
5.1 Versuchsplan 1	32
5.2 Versuchsplan 2	36
5.3 Versuchsplan 3	40
6 Ergebnisse und Diskussion	45
6.1 Versuchsplan 1	45
6.1.1 Temperatur	45
6.1.2 Sauerstoffgehalt	46
6.1.3 pH-Wert	47
6.1.4 Redoxpotenzial	48
6.1.5 Farbakzeptanz	50
6.1.6 Anthocyane	52
6.1.7 L-Ascorbinsäure	55
6.2 Versuchsplan 2	57
6.2.1 Auswertung optische Beurteilung	57

6.2.2	Trübung	59
6.2.3	Temperatur	61
6.2.4	Sauerstoffgehalt	62
6.2.5	pH-Wert	62
6.2.6	Redoxpotenzial	63
6.2.7	Akzeptanzfaktor	63
6.2.8	Anthocyane	66
6.2.9	L-Ascorbinsäure	67
6.2.10	Versuch mit Gummi arabicum	69
6.2.11	Versuch: Tiefrieren von Saft vor der Pasteurisation	69
6.3	Versuchsplan 3	71
6.3.1	Temperatur	71
6.3.2	Sauerstoffgehalt	72
6.3.3	pH-Wert	73
6.3.4	Redoxpotenzial	74
6.3.5	Akzeptanzfaktor	75
6.3.6	Anthocyane	77
6.3.7	L-Ascorbinsäure	79
6.3.8	Versuch mit Papain	80
7	Schlussfolgerungen	83
7.1	Versuchsplan 1	83
7.1.1	Tiefrieren der Erdbeeren	83
7.1.2	Verarbeitungstemperatur	83
7.1.3	pH-Wert-Absenkung	84
7.1.4	Lagertemperatur	85
7.2	Versuchsplan 2	86
7.2.1	Konzentrierung	87
7.2.2	Kohleschönung	88
7.2.3	Oxidation	88
7.2.4	Gummi arabicum	89
7.2.5	Tiefrieren von Saft vor der Pasteurisation	89
7.3	Versuchsplan 3	89

7.3.1	HTST-Verfahren	91
7.3.2	Inline-Zahnkolloidmühle	92
7.3.3	Papain	93
7.4	Schlussfolgerungen im Überblick	94
8	Zusammenfassung	96
9	Summary	97
10	Literaturliste	98
11	Anhang	108
11.1	Verwendete Chemikalien	108
11.2	Geräteliste	109
11.3	Farbwerte	111
11.3.1	Farbwerte Versuchsplan 1	111
11.3.2	Farbwerte Versuchsplan 2	113
11.3.3	Farbwerte Versuchsplan 3	115

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Grundstruktur als Flavylum Kation und wichtigste Anthocyanidine [GOIFFON et al., 1999]	9
Abb. 2:	Strukturtransformationen der Anthocyane in wäßriger Lösung [HUBBERMANN et al., 2006]	11
Abb. 3:	Erdbeeren 19.06.2006	21
Abb. 4:	Erdbeeren entkelcht 05.07.2006	21
Abb. 5:	Farbmessung der Erdbeere mittels Spectrophotometer CM-3500d (Konika Minolta)	22
Abb. 6:	Messung Redoxpotenzial	24
Abb. 7:	HPLC-System zur Bestimmung der monomeren Anthocyane	26
Abb. 8:	Chromatogramm der Erdbeere Elsanta (Cy3glu = Cyanidin-3-glucosid, Pg3glu = Pelargonidin-3-glucosid, Pg3malglu = Pelargonidin-3-malonylglucosid)	27
Abb. 9:	Kostzettel	30
Abb. 10:	Baumdiagramm Versuchsplan 1	32
Abb. 11:	Fließdiagramm Versuchsplan 1: L*a*b* - Farbe, F – Festigkeit, T – Temperatur, O ₂ – gelöster Sauerstoff, Br - °Brix, Ö – Öchsle, TA – Titrierbare Säure, R – Redoxpotenzial, AC – monomere Anthocyane, Tr – Trübung, Vit C – L-Ascorbinsäure	34
Abb. 12:	Pasteurisationskurven VP 1	35
Abb. 13:	Baumdiagramm Versuchsplan 2	36
Abb. 14:	Pasteurisationskurven VP 2	37
Abb. 15:	Anlage zur Konzentratherstellung (Alfa-Laval)	38
Abb. 16:	Fließdiagramm Versuchsplan 2: L*a*b* - Farbe, F – Festigkeit, T – Temperatur, O ₂ – gelöster Sauerstoff, Br - °Brix, Ö – Öchsle, TA – Titrierbare Säure, R – Redoxpotenzial, AC – monomere Anthocyane, Tr – Trübung, Vit C – L-Ascorbinsäure	39
Abb. 17:	Fließdiagramm Versuchsplan 3: L*a*b* - Farbe, F – Festigkeit, T – Temperatur, O ₂ – gelöster Sauerstoff, Br - °Brix, Ö – Öchsle, TA – Titrierbare Säure, R – Redoxpotenzial, AC – monomere Anthocyane, Tr – Trübung, Vit C – L-Ascorbinsäure	41
Abb. 18:	Anlage zur Hochkurzzeiterhitzung (Maklad)	42
Abb. 19:	Zahnkolloidmühle Fryma MZ mit freiem Auswurf	43
Abb. 20:	Inline- Zahnkolloidmühle MZ 100	43
Abb. 21:	Baumdiagramm Versuchsplan 3	44
Abb. 22:	Pasteurisationskurven VP 3	44
Abb. 23:	Lagertemperaturen	46
Abb. 24:	Gehalt an gelöstem Sauerstoff während Verarbeitung und Lagerung	47
Abb. 25:	pH-Wert während der Verarbeitung und Lagerung	48
Abb. 26:	Redoxpotenzial in Bezug auf die Verarbeitungstemperatur und den Zeitpunkt	49
Abb. 27:	Redoxpotenzial in Bezug auf das Tiefrieren und den Zeitpunkt	49

Abb. 28: Akzeptanzfaktor während der Lagerung	50
Abb. 29: Gesamtanthocyane während der Verarbeitung	53
Abb. 30: Gesamtanthocyane während der Lagerung in Abhängigkeit von der Lager- temperatur	54
Abb. 31: L-Ascorbinsäure in Abhängigkeit von der Verarbeitungstemperatur	56
Abb. 32: L-Ascorbinsäure in Abhängigkeit vom Faktor pH-Wert-Absenkung	56
Abb. 33: Bewertung Farbakzeptanz und Farbintensität: > 66 Punkte = Sehr gut; 33 bis 66 Punkte = akzeptabel; < 33 Punkte = Nicht akzeptabel bzw. schlecht (Probe A: a^*/h° - Wert 1,11; C^* -Wert 101,50; Probe I: a^*/h° -Wert 1,01; C^* -Wert 96,75; Probe L: a^*/h° - Wert 0,94; C^* -Wert 100,63; Probe J: a^*/h° -Wert 0,87; C^* -Wert 91,72; Probe B: a^*/h° - Wert 0,77; C^* -Wert 103,66; Probe D: a^*/h° -Wert 0,65; C^* -Wert 98,39; Probe E: a^*/h° - Wert 0,61; C^* -Wert 94,81; Probe F: a^*/h° -Wert 0,54; C^* -Wert 95,42; Probe G: a^*/h° - Wert 0,17; C^* -Wert 26,64.	58
Abb. 34: Einfluss der gezielten Oxidation auf die Trübung während der Verarbeitung und Lagerung	60
Abb. 35: Einfluss der Kohleschönung auf die Trübung während der Verarbeitung und Lagerung	60
Abb. 36: Temperaturverlauf während der Verarbeitung und Lagerung	61
Abb. 37: Sauerstoffgehalt während der Verarbeitung und Lagerung	62
Abb. 38: Redoxpotenzial während der Verarbeitung und Lagerung	63
Abb. 39: Verlauf Akzeptanzfaktor während Verarbeitung und Lagerung (Ausreißer durch Fremdmessung)	64
Abb. 40: Anthocyane berechnet als Pelargonidin-3-glucosid in mg/l während der Verar- beitung und Lagerung von Saft und Konzentrat	66
Abb. 41: L- Ascorbinsäure während Verarbeitung und Lagerung	68
Abb. 42: Akzeptanzfaktor im Verlauf der Lagerung	69
Abb. 43: Akzeptanzfaktor von tiefgefrorenem und wieder aufgetautem Saft während der Lagerung	70
Abb. 44: Temperaturverlauf während der Verarbeitung und Lagerung	72
Abb. 45: Sauerstoffgehalt während Verarbeitung und Lagerung	73
Abb. 46: pH-Wert während der Verarbeitung und Lagerung	74
Abb. 47: Redoxpotenzial während der Verarbeitung und Lagerung	75
Abb. 48: Akzeptanzfaktor während Produktion und Lagerung	76
Abb. 49: Anthocyane in mg/l während der Verarbeitung und Lagerung	78
Abb. 50: L-Ascorbinsäure während der Verarbeitung und Lagerung	79
Abb. 51: Akzeptanzfaktor im zeitlichen Verlauf	81
Abb. 52: Anthocyane in mg/l nach sechs Wochen Lagerung	82
Abb. 53: Variante 1, 3, 5, 7 (von links) nach acht Wochen Lagerung bei 20°C	84

Abb. 54: Einfluss der Lagertemperatur nach vier Wochen Lagerung (links: Bei 20°C gelagert, rechts: Bei 4°C gelagert)	85
Abb. 55: Einfluss der Lagertemperatur nach acht Wochen Lagerung (links: Bei 20°C gelagert, rechts: Bei 4°C gelagert)	86
Abb. 56: Erdbeersäfte nach vier Wochen Lagerung (a^*/h° -Wert > 0,65)	87
Abb. 57: Erdbeernektar nach Pasteurisieren (Akzeptanzfaktor zwischen 0,8 und 1; Varianten von links nach rechts: ohne HTST, ohne HTST + mit Inline, mit HTST, mit HTST + mit Inline)	90
Abb. 58: Erdbeernektar nach zehn Wochen Lagerung bei 20°C (Akzeptanzfaktor < 0,4; Varianten von links nach rechts: mit HTST + mit Inline, mit HTST, ohne HTST + mit Inline, ohne HTST)	90
Abb. 59: Erdbeernektar nach zehn Wochen Lagerung: Links Variante 2 (mit HTST), rechts Variante 4 (ohne HTST)	92
Abb. 60: Nach zehn Wochen Lagerung: Linke Flasche Kontrollvariante, rechte Flasche mit 50 Units Papain versetzt	94

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Zusammensetzung von Erdbeeren in % des Frischgewebes, essbarer Anteil [BELITZ et al., 2001; HERRMANN, 2001; ELMADFA et al., 2007]	7
Tab. 2:	Polyphenole in Erdbeeren (außer Anthocyane) [HERNANZ et al., 2007; ZHENG et al., 2007; GIL et al., 1997; MATILLA und KUMPULAINEN, 2002]	7
Tab. 3:	Linearer Gradient:	27
Tab. 4:	Vergleich der L-Ascorbinsäuremessung mittels HPLC nach GARZÓN und WROLSTAD [2002] und der modifizierten iodometrischen Methode nach EDER und BRANDES [2003] (Einfachbestimmung in 5 verschiedenen Erdbeernektaren)	29
Tab. 5:	Farbwerte der zu beurteilenden Proben	31
Tab. 6:	Schema Versuchsplan 1	35
Tab. 7:	Pasteurisationseinheiten (PE) VP 1	35
Tab. 8:	Schema Versuchsplan 2	40
Tab. 9:	Trockensubstanzgehalt der Konzentrate in °Brix	40
Tab. 10:	Schema Versuchsplan 3	44
Tab. 11:	Analysen von Erdbeermark (n.b. = nicht bestimmt)	45
Tab. 12:	Effekte Akzeptanzfaktor; Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert, A = Tiefrieren, B = Verarbeitungstemperatur, C = pH-Wert-Absenkung, D = Lagertemperatur	52
Tab. 13:	Effekte Anthocyane; Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert, A = Tiefrieren, B = Verarbeitungstemperatur, C = pH-Wert-Absenkung, D = Lagertemperatur	54
Tab. 14:	Halbwertszeiten der monomeren Anthocyane in Stunden (Einfachbestimmung)	55
Tab. 15:	Punkte Farbakzeptanz Untergruppen nach Tukey-HSD ($\alpha=0,05$)	59
Tab. 16:	Korrelation Farbakzeptanz mit Farbwerten (** Korrelation ist auf einem Niveau von 0,01 signifikant)	59
Tab. 17:	Effekte Akzeptanzfaktor; Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert; A = Oxidation, B = Kohle, C = Saft/Konzentrat	65
Tab. 18:	Effekte Anthocyane; Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert; A = Oxidation; B = Kohleschönung, C = Saft/Konzentrat	67
Tab. 19:	Halbwertszeit der Anthocyane (Einfachmessung)	67
Tab. 20:	Effekte Ascorbinsäure; Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert; A = Oxidation; B = Kohleschönung, C = Saft/Konzentrat	68
Tab. 21:	Trübungswerte von tiefgefrorenem und wieder aufgetautem Saft	70
Tab. 22:	Effekte Akzeptanzfaktor: Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert, A = HTST, B = Inline-Mühle	77

Tab. 23: Effekte Anthocyane: Signifikanzlevel: * ($p = 0,05$); ** ($p = 0,01$); *** ($p = 0,001$); T = Mittelwert, A = HTST, B = Inline-Mühle	78
Tab. 24: Halbwertszeit Anthocyane in Stunden	78
Tab. 25: Effekte L- Ascorbinsäure; Signifikanzlevel: * ($p = 0,05$); ** ($p = 0,01$); *** ($p = 0,001$); T = Mittelwert; A = HTST; B = Inline-Mühle	80
Tab. 26: Akzeptanzfaktor: Signifikanz nach zwei Wochen Lagerung: Untergruppen nach Tukey-HSD ($\alpha = 0,05$)	82

Abkürzungen

a^*/h° -Wert – Akzeptanzfaktor

HTST – High Temperature Short Time-Verfahren

HPLC – High Pressure Liquid Chromatography

VP – Versuchsplan

1 Einleitung

Die Farbe von Lebensmittel war immer schon ein Qualitätsmerkmal und somit ein Kriterium für den Konsum. Der Anspruch an die Qualität und auch an die optische Attraktivität eines Lebensmittels nimmt ständig zu, einerseits durch die steigenden Verbrauchererwartungen und andererseits durch den internationalen Wettbewerb. Der Konsument erwartet sich auch eine gleichbleibende Qualität und Ausprägung der Produkteigenschaften. Der erste Eindruck ist meist der prägende. Deshalb kommt einer attraktiven Lebensmittelfarbe auch verkaufstechnische Bedeutung zu.

Laut einer Umfrage der AMA Marketing ist schönes appetitliches Aussehen von Lebensmittel für 82% der Befragten wichtig [AMA MARKETING, 2007a]. Die Erdbeere war 2006 bei einem Ranking der beliebtesten Obstarten beim Einkauf auf Platz 5 [AMA MARKETING, 2007b]. Im Frühjahr werden Erdbeeren ein- bis dreimal pro Woche gegessen [ELMADFA et al., 2009]. Erdbeeren gehören zu den Obstarten für welche die Konsumenten wertmäßig am meisten ausgeben [BLMFUW, 2008]. Die Anbaufläche für Erdbeeren in Österreich lag lange bei 1.100 ha. Das entspricht einer Ernte von 13.000 Tonnen Erdbeeren pro Jahr [GÖSSINGER, 2005]. Der Selbstversorgungsgrad lag im Jahr 2006 bei 46% [BLMFUW, 2008]. Die Anbaufläche wurde 2008 auf 1.300 ha ausgeweitet, wobei eine Ernte von 17.400 Tonnen erreicht wurde [STATISTIK AUSTRIA, 2009].

Der Pro-Kopf-Verbrauch an Obst lag im Jahr 2000/2001 bei 92,8 kg/Kopf und Jahr. Davon entfielen 4,2 kg/Kopf und Jahr auf Erdbeeren. Aus dem österreichischen Ernährungsbericht vom Jahr 2003 ist zu entnehmen, dass diese Daten auf einen steigenden Obstkonsum hinweisen [ELMADFA et al., 2003]. Dieser Trend wird 2008 im Lebensmittelbericht bestätigt. Dort findet sich ein Pro-Kopf-Verbrauch an Obst von 93,9 kg/Kopf/Jahr (Daten von 2005/2006). Diese Steigerung ist auf einen wachsenden Konsum von exotischen Früchten

zurückzuführen. Der Pro-Kopf-Verbrauch von Erdbeeren wird mit 3,8 kg/Kopf und Jahr angegeben und ist somit sinkend [BMLFUW, 2008].

Fruchtsäfte sind beim Getränkebeliebtheitsranking des österreichischen Ernährungsberichts 2008 an vierter Stelle genannt [ELMADFA et al., 2009]. Der Pro-Kopf-Verbrauch an Saft und Nektar ist in Österreich seit 2001 leicht sinkend. 2006 lag er bei 15,2 l Saft/Kopf und 10,0 l Nektar/Kopf. Der Verbrauch an Fruchtsaftgetränken zeigt eine leicht steigende Tendenz und betrug im Jahr 2006 5,5 l/Kopf. Der Verbrauch an gespritzten Fruchtsäften ist stagnierend bei 4,1 l/Kopf im Jahr 2006. Die Entwicklung des Inlandabsatzes der österreichischen Fruchtsaftindustrie zeigt die gleiche Tendenz wie der Pro-Kopf-Verbrauch. Im Jahr 2006 lag dieser bei 2,86 Mio hl. Der industrielle Inlandsabsatz von Erdbeergetränken lag 2006 bei 7.400 hl. Dies entspricht einem Pro-Kopf-Verbrauch von 0,09 l in Österreich [WERNER, 2007].

Die attraktive rote Farbe von Erdbeerprodukten ist entscheidend für den Konsumenten. Während der Verarbeitung und der Lagerung kommt es allerdings zu Farbveränderungen. Vor allem während der Lagerung werden sie braun und verlieren somit ihre Attraktivität. Um diese Verfärbung zu vermeiden werden Farbstoffe eingesetzt. Nun zeichnet sich ein Trend zu möglichst naturbelassenen Lebensmitteln ab. Anstelle von synthetischen Lebensmittelfarbstoffen werden vermehrt natürliche Farbstoffe und Produkte ohne den Zusatz von Farbstoffen gefordert.

Für die Färbung der Erdbeeren sind Anthocyane verantwortlich. Diese sind eine Untergruppe der Flavonoide und als rote, violette und blaue Farben in vielen Blumen sowie Gemüse- und Obstarten erkennbar. Anthocyane sind in der Natur weit verbreitet.

Neben dem Aspekt der Farbqualität spielen Anthocyane auch eine Rolle als Antioxidantien in Früchten sowie in daraus hergestellten Lebensmitteln. Antioxidantien können die Stabilität der Produkte verbessern. Der positive

Effekt des Obstverzehr auf die Gesundheit des Menschen ist auch auf die Anthocyane zurückzuführen. Anthocyane wirken antikanzerogen, antioxidativ und blutzuckersenkend [SCHEK A., 2003].

Anthocyane sind sehr instabil. Ihre Stabilität wird beeinflusst von Licht, Sauerstoff, Lagertemperatur, pH-Wert, Enzymen sowie Struktur und Konzentration der Anthocyane. Die Anwesenheit von anderen Komponenten, wie zum Beispiel Mineralstoffe, Proteine oder andere Flavonoide, kann die Stabilität senken oder durch Copigmentierung mit Anthocyanen erhöhen.

2 Fragestellung

Ziel dieser Arbeit war es, eine Produktions- bzw. auch Lagermethode zu finden, durch welche das Produkt möglichst lange farbstabil bleibt und die typische rote Erdbeerfarbe erhalten wird. Es wurde eine Methode für die bäuerliche Verarbeitung gesucht, welche ohne den Einsatz von Farbstoffen auskommt.

Es sollten blanker Erdbeersaft, naturtrüber Erdbeernektar und Erdbeersaftkonzentrat hergestellt werden. Die Versuchsparameter wurden in drei Versuchsplänen mit je zweifacher Wiederholung variiert.

Die Versuchsparameter waren:

- Verarbeitungstemperatur
- Tiefrieren der Erdbeeren vor der Verarbeitung
- pH-Wert-Absenkung
- dosierte Oxidation
- Kohleschönung
- Einsatz einer Inline-Mühle
- Anwendung des HTST-Verfahrens
- Variation der Lagertemperatur

Weiters wurden Versuche zum Einsatz von Gummi arabicum und zur Wirkung eines Papain-Zusatzes durchgeführt. Der Einfluss des Tiefrierens von Erdbeersaft wurde ebenfalls analysiert.

3 Grundlagen

3.1 Erdbeere

3.1.1 Erdbeere allgemein

Die Erdbeere (*Fragaria x ananassa*) gehört zur Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*). Es sind heute mehr als 1.000 verschiedene Sorten bekannt. Viele davon entstanden durch Kreuzung von europäischen und amerikanischen Arten. Auf Grund dieser Vielfalt hat die Erdbeere eine große Anbaubreite und eher spezifische Standortansprüche. Es werden einmaltragende, zwei- und dreimaltragende sowie immertragende Sorten unterschieden.

Die für die Versuche verwendete Erdbeersorte ist Elsanta. Sie wurde in den Niederlanden gezüchtet und ist seit 1981 als Lizenzsorte im Handel. Sie ist die am häufigsten angebaute Sorte in Österreich. Elsanta wird ein- und zweijährig angebaut und zeichnet sich durch einen hohen Anteil an großen Früchten aus. Die Reifezeit ist Mitte Juni. Die Früchte sind sehr saftig und gleichzeitig sehr fest [SILBEREISEN et al., 1996]. Elsanta ist durch ihre lange Haltbarkeit für den Frischmarkt geeignet. Vom Geschmack her wird die Sorte Elsanta als mittelgut beschrieben [LINK, 2002]. Im optischen Vergleich mit anderen Erdbeersorten schnitt Elsanta am schlechtesten ab [WEISSINGER, 2009].

3.1.2 Inhaltsstoffe der Erdbeeren

Erdbeeren bestehen zu etwa 90% aus Wasser. Die genaue Zusammensetzung kann Tab. 1 entnommen werden.

Der Zuckergehalt schwankt abhängig vom Reifezustand und den Anbaubedingungen etwas. Zucker liegt als Fructose, Glucose und Saccharose in Erdbeeren vor. Die wesentliche Fruchtsäure ist die Citronensäure, gefolgt von der Äpfelsäure. In geringen Mengen kommen auch Chinasäure, Bernsteinsäure, Isocitronensäure und Zimtsäure vor [HERRMANN, 2001].

Erdbeeren zeichnen sich durch einen hohen Gehalt an L-Ascorbinsäure aus. Es werden Werte von 60 bis 106 mg/100 g Frischgewicht gefunden [HERRMANN, 2001; KLOPOTEK et al., 2005; LINK, 2002].

Weitere in Erdbeeren vorkommende Vitamine sind Folsäure, Vitamin K, geringe Mengen Vitamin A und E, Thiamin, Riboflavin, Niacin, Pyridoxin, Pantothensäure und Biotin. An Mineralstoffen ist der Kaliumgehalt mengenmäßig am höchsten, gefolgt von Phosphor, Calcium, Magnesium, Eisen und Natrium. Bei den Spurenelementen überwiegt Mangan vor Zink, Kupfer, Fluor, Jod, Chrom und Selen [ELMADFA et al., 2007].

Es gibt mehr als 350 flüchtige Stoffe in Erdbeeren und starke Sortenunterschiede. HERRMANN [2001] hat die verschiedenen Angaben zusammengefasst und beschreibt Methoxyfuraneol, Methyl- und Ethylester der Butansäure und Hexansäure sowie (E)-2-Hexenal, Linalool und γ -Decalacton als wesentlich für das Aroma.

Zu Farbe und Geschmack der Erdbeeren tragen die phenolischen Verbindungen der Gruppen Hydroxyzimtsäurederivate, Hydroxybenzoesäurederivate, Catechine, Flavonolglykoside, Proanthocyanidine und Anthocyanidine bei. AABY et al. [2007] charakterisierten etwa 40 phenolische Komponenten in Erdbeeren unter Verwendung von verschiedenen Detektoren bei der Bestimmung mittels HPLC. Der Gesamtpolyphenolgehalt der Erdbeeren wurde von mehreren Autoren bestimmt und weist mit 18 bis 260 mg/100 g frische Frucht eine große Schwankungsbreite auf [HERNANZ et al., 2007; ZHENG et al., 2007; KLOPOTEK et al., 2005; ERKAN et al., 2007]. Die Schwankungsbreite ist abhängig von der Sorte, der Reife der Früchte und auch von der Analysenmethode. Der Gehalt an Polyphenolen steigt während der Reifung. Detaillierte Angaben zum Polyphenolgehalt finden sich in Tab. 2.

Der Anthocyangehalt in Erdbeeren liegt bei 8 bis 123 mg/100 g [HERNANZ et al., 2007; ZHENG et al., 2007; KLOPOTEK et al., 2005; ERKAN et al., 2007; REIN, 2005; NGO et al., 2007; HOLCROFT und KADER, 1999; GIL et al., 1997; AYALA-ZAVALA et al., 2004; MÖLLS, 1996]. Schwankungen sind abhängig von der Sorte sowie der Reife der Früchte.

Das mengenmäßig wichtigste Anthocyan in Erdbeeren ist mit etwa 90% Pelargonidin-3-glucosid. In absoluten Zahlen entspricht das 74 bis 166 µg/g [HERNANZ et al., 2007; ZHENG et al., 2007;]. Cyanidin-3-glucosid beschreiben beide Autoren mit einer Menge von 0 bis 17 µg/g Frucht. HERNANZ et al. [2007] gibt weiters 3 bis 24 µg/g Pelargonidin-3-rutinosid an, während ZHENG et al. [2007] 13 bis 15 µg/g Cyanidin-3-glucosid-succinat und 26 bis 29 µg/g Pelargonidin-3-glucosid-succinat anführen. Von folgenden Anthocyanen wurden geringe Mengen gefunden: Pelargonidinacetylglucosid, Cyanidin-3-glucosid-malonat und Pelargonidin-3-glucosid-malonat [HERNANZ et al., 2007; AABY et al., 2007].

Tab. 1: Zusammensetzung von Erdbeeren in % des Frischgewebes, essbarer Anteil [BELITZ et al., 2001; HERRMANN, 2001; ELMADFA et al., 2007]

Trockenmasse	10,2 bis 10,5
Roheiweiß	0,8
Fett gesamt	0,4
Gesamtzucker	5,5 bis 5,8
Ballaststoffe	1,2 bis 2,0
Titrierbare Säure	1,1
Pektin	0,5
Asche	0,4 bis 0,5

Tab. 2: Polyphenole in Erdbeeren (außer Anthocyane) [HERNANZ et al., 2007; ZHENG et al., 2007; GIL et al., 1997; MATILLA und KUMPULAINEN, 2002]

Komponente	Menge pro g Frucht
Ellagsäure	20 bis 310 µg
p-Cumarsäure	1 bis 26 µg
p-OH-Benzoesäure	0 bis 75 µg
Kaffesäure	0 bis 2 µg
Ferulasäure	0 bis 1 µg
Chlorogensäure	29 µg
Kämpferol	13 bis 41 µg
Quercetin	0 bis 40 µg
Protocatechinsäure	4 µg
Zimtsäure	9 µg
Vanillinsäure	1 µg

3.2 Anthocyane

Anthocyane kommen vor allem in den Pflanzenfamilien der *Rosaceae* (z.B. Erdbeeren) und *Vitaceae* (z.B. Weintrauben) in großen Mengen vor. Sie konnten jedoch in 33 Familien der *Angiospermae* (Bedecktsamer) nachgewiesen werden. Ihre biologische Funktion in der Pflanze liegt im Bereich der Befruchtung und der Wirkung als Wachstumsregulator sowie natürliches Antioxidans. Anthocyane sind gut wasser- und alkohollöslich. Sie kommen in allen Pflanzenorganen in unterschiedlichen Konzentrationen vor [EDER, 1996].

Anthocyane haben als sekundäre Pflanzenstoffe positive Wirkungen auf den Menschen [SCHEK, 2003; ELMADFA und LEITZMANN, 2004]. Zum Beispiel fördert die antioxidative Wirkung von Anthocyanen die Gesundheit des Menschen durch eine positive Wirkung gegen Herz-Kreislaufkrankungen [MATSUFUJI et al., 2003; ROSSETTO et al., 2004].

3.2.1 Vorkommen von Anthocyanen in Obst

Meist liegt eine komplexe Mischung mehrerer Anthocyane vor, welche für die Farbe von Früchten verantwortlich ist. Der effektive Gesamtanthocyangehalt ist abhängig von der Sorte sowie vom Reife- und Gesundheitszustand [EDER, 1996].

In Beeren korreliert der Gehalt an Anthocyanen mit der Intensität der Farbe. Hohe Gehalte weisen Schwarze Johannisbeeren, Heidelbeeren, Moosbeeren, Krähenbeeren, Preiselbeeren und Himbeeren auf [REIN, 2005]. Erdbeeren haben einen Anthocyangehalt von 8 bis 123 mg/100 g Frischgewicht (siehe Kapitel 3.1.2.).

Preiselbeeren, Himbeeren, Moosbeeren und Erdbeeren haben ein ähnliches Anthocyanprofil mit nur einem dominierenden Pigment während andere Beeren mehrere dominierende Anthocyane aufweisen [REIN und HEINONEN, 2004]. Die Anthocyane der Erdbeere sind teils acyliert mit Malonsäure, Bernsteinsäure und Essigsäure. Es gibt auch Erdbeersorten, welche keine acylierten Anthocyane enthalten [AABY et al., 2005].

Die Verhältnisse der Anthocyane zueinander sind unterschiedlich, wenn die Bildung während der Lagerung oder noch auf der Pflanze erfolgt [KALT et al., 1999].

Die Anthocyankonzentration ist im äußeren Gewebe höher als im Inneren der Frucht [HOLCROFT und KADER, 1999].

3.2.2 Struktur von Anthocyanen

Anthocyane gehören chemisch zur Gruppe der Flavonoide und damit zu den Polyphenolen. Sie weisen das für diese Verbindungsklasse typische $C_6C_3C_6$ -Grundgerüst auf. Anthocyane sind glykosilierte Anthocyanidine. Anthocyanidine sind hydroxylierte und methoxylierte Derivate des 2-Phenylbenzopyrans. Die grundlegende Strukturformel ist als Flavylum Kation in Abb. 1 dargestellt. Die konjugierten Doppelbindungen dieser Struktur sind verantwortlich für die Lichtabsorption bei etwa 500 nm und somit für die rote, violette und blaue Farbe der Pflanzen. Das Absorptionsmaximum ist abhängig von der Substituierung [EDER, 1996]. Eine Blauverschiebung wird durch die zunehmende Hydroxylierung bewirkt, eine Rotverschiebung dagegen durch Glycosilierung und Methylierung [THIELEN, 2006]. Auf Grund der unterschiedlichen Substituierung sind 22 verschiedene Anthocyanidine bekannt [REIN, 2005]. Die wichtigsten Substituenten können ebenfalls Abb. 1 entnommen werden. Es sind dies Pelargonidin, Cyanidin, Peonidin, Delphinidin, Malvidin und Petunidin [REIN, 2005; GOIFFON et al., 1999].

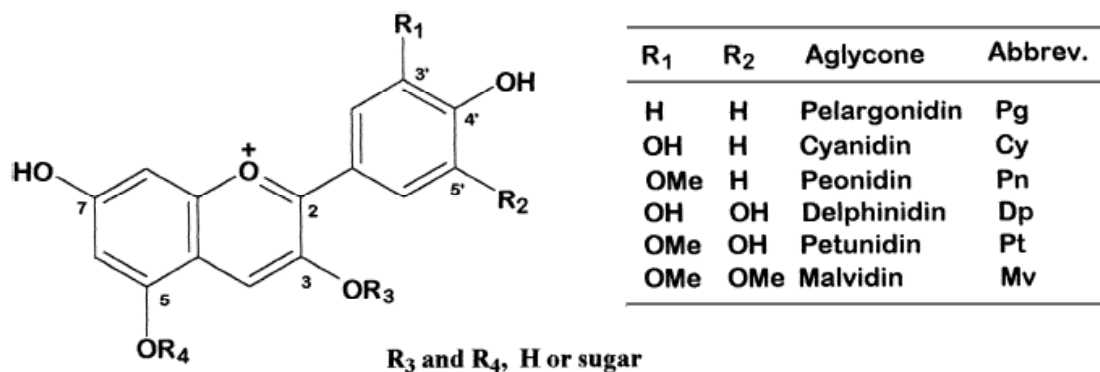


Abb. 1: Grundstruktur als Flavylum Kation und wichtigste Anthocyanidine [GOIFFON et al., 1999]

Anthocyanidine sind mit einer Vielzahl an verschiedenen Zuckern an einem oder mehreren C-Atomen glykosiliert. Die häufigsten sind Monosaccharide wie Glucose, Rhamnose, Galactose, Arabinose und Xylose (in der Reihenfolge der Häufigkeit). Die Glykosilierung kann auch mit Di- oder Trisacchariden erfolgen [REIN, 2005].

Die Zuckerreste in Anthocyanen können mit verschiedenen organischen Säuren acyliert sein. Meist handelt es sich um aromatische Phenolsäuren (p-Cumarsäure, Ferulasäure, Kaffesäure, Gallussäure), alipathische Dicarbonsäuren (Malonsäure, Essigsäure, Äpfelsäure, Oxalsäure) oder eine Kombination aus beiden [REIN, 2005].

Auf Grund dieser zahlreichen Kombinationsmöglichkeiten ist die Anzahl der natürlich vorkommenden Anthocyane hoch.

3.2.3 Verhalten von Anthocyanen in wäßriger Lösung

Anthocyane liegen auf Grund der ionischen Natur und damit einhergehenden Strukturveränderungen, welche vom pH-Wert abhängig sind, in verschiedenen Molekültypen vor. Die vier wichtigsten sind im Folgenden beschrieben und in Abb. 2 dargestellt.

Das rote Flavylumkation (AH^+) ist nur bei sehr niedrigen pH-Werten (<1) stabil. Dessen Konzentration nimmt mit ansteigendem pH-Wert ab. Es wird unter Wasseraufnahme zunehmend die farblose Carbinolbase (B) gebildet. Bei einem pH-Wert von 2,6 treten auch bereits geringe Mengen des gelben Chalkons (C) und der blauen Quinoidbase (A) auf. In pH-Bereichen oberhalb von 6 wird durch die steigende Alkalität aus der violetten Färbung eine tiefblaue. Steigt der pH-Wert weiter, überwiegt das gelbe Chalkon [BELITZ, 2001; RECHNER, 2000].

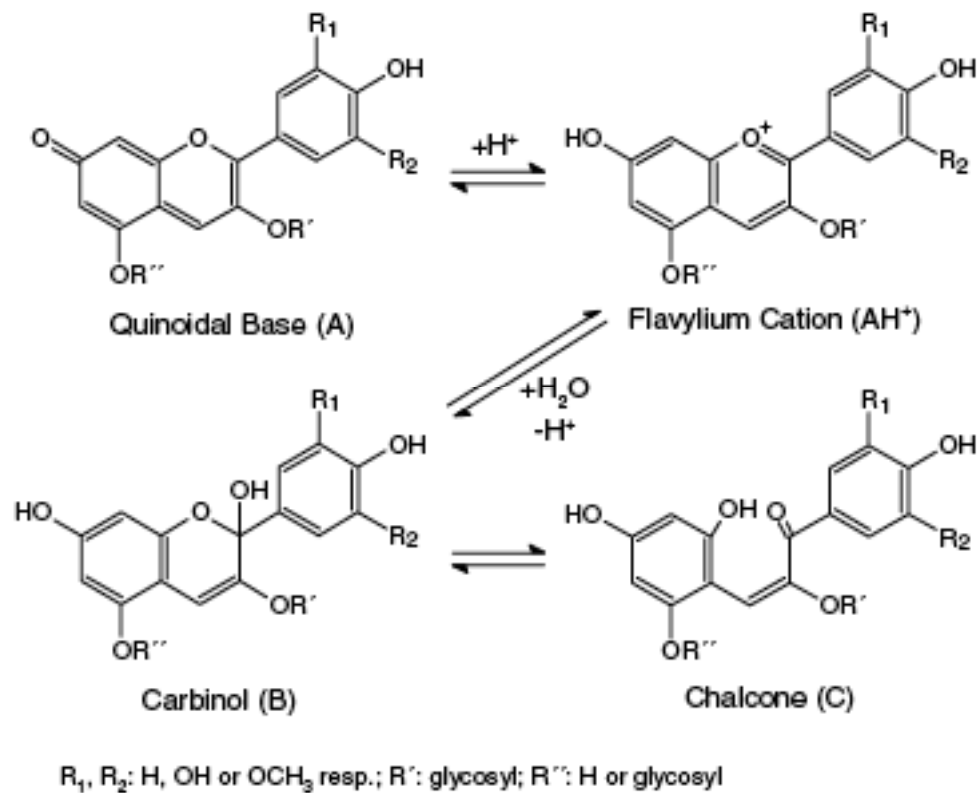


Abb. 2: Strukturtransformationen der Anthocyane in wässriger Lösung [HUBBERMANN et al., 2006]

Die relative Menge von jedem Molekültyp ist neben dem pH-Wert auch von der Struktur des Anthocyans sowie von der Temperatur abhängig. Mit dem Erhitzen von Anthocyanen kommt es zur Öffnung des Ringsystems und damit zur verstärkten Bildung des Chalkons [EDER, 1996]. Die bei alkalischen pH-Werten vorliegenden Molekülformen sind nicht so stabil wie das Flavylumkation [REIN, 2005]. Eine Stabilisierung bei höheren pH-Werten ist in Gegenwart von mehrwertigen Metallionen unter Bildung von tiefblau gefärbten Komplexen möglich [BELITZ, 2001]. Ein Zusatz von SO_2 führt zur Bleichung von Anthocyanen. Diese kann durch Ansäuern oder den Zusatz von Carbonylverbindungen rückgängig gemacht werden [BELITZ, 2001].

In Früchten besteht bei deren physiologischen pH-Werten ein Gleichgewicht zwischen dem farbigen Flavylumkation und der farblosen Carbinolbase [RECHNER, 2000].

3.3 Stabilität der Anthocyane

Veränderungen der Anthocyangehalte erfolgen durch den chemischen Abbau oder durch Polymerisation von Anthocyanen. Es gibt verschiedene Einflussfaktoren auf die qualitative und quantitative Anthocyanzusammensetzung. Einerseits ist die chemische Struktur ausschlaggebend, andererseits diverse physikalische und chemische Faktoren. Allerdings ist noch wenig über die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Variablen bekannt [EDER, 1996].

3.3.1 Struktureffekte

Die Zucker- und Acyl-Gruppen, welche am Anthocyanidin gebunden sind, haben ebenso wie die Hydroxyl- und Methoxylgruppen einen wesentlichen Einfluss auf die Stabilität und Reaktivität der Anthocyane. Eine höhere Hydroxylierung wirkt ebenso wie eine Acylierung stabilisierend [REIN, 2005]. Eine höhere Anzahl von Glukose führt zu mehr gelben Pigmenten [GIUSTI et al., 1999].

3.3.2 Konzentrationseffekte

Eine hohe Anthocyankonzentration bewirkt eine höhere Stabilität [GIUSTI und WROLSTAD, 2003]. Der Gesamtgehalt ist wichtiger für die Stabilität als die verschiedenen Typen der Anthocyane [SKREDE et al., 1992]. Ein Erhöhen des Anthocyangehaltes verbessert deren Stabilität durch Selbstassoziation [DAO et al., 1998] und intermolekulare Copigmentation [MÖLLS, 1996].

3.3.3 Temperatur

Der Abbau von Anthocyanen steigt mit dem Anstieg der Temperatur während der Verarbeitung und Lagerung. Während der Lagerung hat die Temperatur den größten Einfluss auf Anthocyanveränderungen [RECHNER, 2000]. Zwischen Anthocyanabbau und Zeit besteht ein logarithmischer Zusammenhang, welcher von der Temperatur abhängig ist [EDER, 1996]. Der

thermale Abbau folgt der Kinetik einer Reaktion erster Ordnung [WANG und XU, 2007; RECHNER, 2000]. Bei Reaktionen erster Ordnung kann die Stabilität einer Substanz sehr anschaulich mit der Halbwertszeit ($t_{1/2}$) beschrieben werden [EDER, 1996; ÖZKAN et al., 2005; WANG und XU, 2007]. MESCHTER [1953] stellte fest, dass durch eine Erhöhung der Temperatur von 0°C auf 28°C die Halbwertszeit von Erdbeeranthocyanen von 8.000 Stunden auf 240 Stunden verringert wurde.

Für die Abbaugeschwindigkeit ist auch die Anfangskonzentration des Pigments von Bedeutung [MÖLLS, 1996]. Der temperaturbedingte Anthocyanabbau kann durch einen niederen pH-Wert und das Entfernen von Sauerstoff verringert werden [REIN, 2005]. Auch RODRIGO, VAN LOEY und HENDRICKX [2007] beschreiben Erdbeersaft mit einem höheren pH als weniger hitzestabil. VAN BUREN et al. [1968] stellten fest, dass die Stabilität gegen Temperatureinflüsse mit zunehmender Glykosilierung sowie zunehmender Acylierung steigt.

Die Temperatur ist zudem auch wichtig für die Anthocyanbildung in frischen Beeren während der Lagerung. Bei einer Lagerung von Erdbeeren und Himbeeren bei Temperaturen über 0°C wird der Anthocyangehalt der frischen Früchte erhöht [KALT et al., 1999]. Dieses Ergebnis zeigen auch Untersuchungen von AYALA-ZAVALA et al. [2004].

3.3.4 Sauerstoff

Die Anwesenheit von Sauerstoff verstärkt die Auswirkungen von verschiedenen Anthocyanabbauprozessen. Wie schon an früherer Stelle angeführt, wirkt das Entfernen von Sauerstoff dem temperaturbedingten Abbau entgegen. Der sauerstoffbedingte Anthocyanverlust ist bei einem höheren pH-Wert stärker. Lichtinduzierter Abbau basiert auf dem Vorhandensein von molekularem Sauerstoff. L-Ascorbinsäure wirkt sich zusammen mit Sauerstoff negativ auf die Stabilität aus [REIN, 2005].

Die Anwesenheit von Sauerstoff bewirkt zum Einen eine direkte Oxidation der Anthocyane und zum Anderen auch eine indirekte Oxidation durch Reaktion mit anderen oxidierten Komponenten. Anthocyane wirken als

Antioxidantien in Kombination mit Sauerstoffradikalen. Auch bei diesem Prozess werden sie abgebaut [REIN, 2005].

Ein erhöhter Sauerstoffgehalt in der Lageratmosphäre kann die Stabilität der Anthocyane in Erdbeeren verbessern. Dieser Effekt existiert allerdings nur während der ersten sieben Tage der Lagerung bei 5°C. Anschließend sinken die Werte rasch unter den Wert der bei normaler Luft gelagerten Vergleichsprobe [ZHENG et al., 2007].

3.3.5 Licht

Licht ist einerseits wichtig für die Biosynthese der Anthocyane, andererseits fördert es jedoch auch deren Abbau [EDER, 1996]. Die Stabilität ist wesentlich besser bei einer Lagerung im Dunkeln. Es ist somit sinnvoll anthocyanhaltige Produkte in lichtundurchlässige Verpackungen abzufüllen. Eine höhere Temperatur fördert den lichtinduzierten Abbau [REIN, 2005]. Die Lichtempfindlichkeit wird auch durch den Sauerstoffgehalt [WAWRUSCHKA, 1985] und durch die chemische Struktur beeinflusst. So sind Anthocyanindiglykoside und acylierte Anthocyanidine stabiler [VAN BUREN et al., 1968].

3.3.6 Enzyme

Die häufigsten anthocyanabbauenden Enzyme sind Glycosidasen, welche den Zucker vom Anthocyanidin abtrennen [REIN, 2005]. Weiters kommen Peroxidasen und Phenolasen (Phenoloxidase, Polyphenoloxidase) in Früchten vor [KADER et al., 1997]. Enzyme aus verschiedenen Früchten haben meist unterschiedlich ausgeprägte Aktivitäten und Substratspezifitäten [RECHNER, 2000]. Nach RECHNER [2000] ist der limitierende Faktor der enzymatischen Oxidation die Sauerstoffkonzentration und die Diffusionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs in der Lösung. Dies setzt natürlich ausreichende Enzymaktivität und genügend Polyphenolgehalt voraus.

Phenolasen können direkt mit Anthocyanen reagieren oder in Anwesenheit von anderen phenolischen Komponenten zum Anthocyanabbau führen [REIN, 2005]. Dabei wird zuerst eine phenolische Komponente zu ihrem korrespondierenden Quinon oxidiert, welches dann in einer nicht

enzymatischen Reaktion mit Anthocyanen zu braunen Kondensationsprodukten reagiert. Die stärkste Wirkung auf den Anthocyanabbau haben Phenoloxidasen bei einem pH-Wert um 5,6 [EDER, 1996]. Dies weist darauf hin, dass die Carbinolbase empfindlicher gegen die Enzymwirkung ist als das Flavylumkation. Die Struktur der Anthocyane beeinflusst somit ihre Stabilität gegen den enzymatischen Abbau. Die Inaktivierung von Enzymen erhöht die Anthocyanstabilität [GARCIA-PALAZON et al., 2004]. Dies kann sehr effektiv mit der Hitzebehandlung von Früchten und Mark erreicht werden [EDER, 1996; SCHERBICHLER, 2008]. Eine weitere Methode zur Enzyminaktivierung ist die Behandlung der Früchte mit einem hohen hydrostatischen Druck [GARCIA-PALAZON et al., 2004]. Ebenfalls wirksam ist auch der Einsatz von SO₂ [SPANOS und WROLSTAD, 1990].

Ein weiterer Aspekt des enzymatischen Anthocyanabbaus ist der unerwünschte Eintrag farbstoffzerstörender Nebenaktivitäten beim Einsatz von Enzympräparaten. Kommerzielle Präparate sind vorwiegend pektolytisch wirkend und bei der Herstellung vieler Obstprodukte technologisch notwendig [EDER, 1996; MÖLLS, 1996].

3.3.7 L-Ascorbinsäure

L-Ascorbinsäure wird als Antioxidans diversen Lebensmittelprodukten beigelegt und auch um den Nährwert zu verbessern. So werden zum Beispiel Anthocyane gegen den enzymatischen Abbau geschützt [TALCOTT et al., 2003] und die Stabilität von acylierten Anthocyanen verbessert [REIN, 2005].

Von größerer Bedeutung ist jedoch, dass Ascorbinsäure über verschiedene Mechanismen den Anthocyanabbau fördert [MARTI et al., 2002]. Dieser Effekt wurde von KAINZ [2004] in einem Stabilitätsversuch mit Erdbeermark bestätigt. Es gibt eine Vielzahl von Bräunungsreaktionen pflanzlicher Inhaltsstoffe mit L-Ascorbinsäure und deren Abbauprodukten [WAWRUSCHKA, 1985]. Eine Möglichkeit ist die direkte Kondensation zwischen Anthocyanen und Ascorbinsäure. Weiters kann Wasserstoffperoxid als Produkt der Ascorbinsäureoxidation die Stabilität beeinflussen [TALCOTT et

al., 2003]. Diese Reaktionen können durch Eisen und Kupfer katalysiert werden [MESCHTER, 1953]. Dehydroascorbinsäure hat einen schwächeren negativen Effekt auf die Anthocyanstabilität als L-Ascorbinsäure [MÖLLS, 1996].

Flavonole zeigen eine ascorbinsäureschützende Wirkung, so dass gerbstoffreiche Säfte stabilere Ascorbinsäuregehalte aufweisen [EDER, 1996].

3.3.8 Zucker

Verschiedene Zucker sind ebenso wie Ascorbinsäure natürlicher Bestandteil von Früchten und werden auch vielen Produkten zugesetzt. Zucker und ihre Abbauprodukte wirken sich negativ auf die Stabilität der Anthocyane aus. Ein typisches Zuckerabbauprodukt mit negativer Wirkung ist zum Beispiel Furfural [MESCHTER, 1953]. Ein weiteres Beispiel ist Hydroxymethylfurfural [WAWRUSCHKA, 1985]. Bei der Reaktion von Zucker mit Anthocyanen entstehen braune Polymere. Höhere Temperaturen und die Anwesenheit von Sauerstoff beschleunigen diese Reaktion [EDER, 1996].

Es sind jedoch auch positive Wirkungen von Zucker auf Anthocyane bekannt: Einerseits eine schützende Wirkung während der Gefrierlagerung [WROLSTAD et al., 1990], andererseits wirkt eine durch Zucker erniedrigte Wasseraktivität vorteilhaft [DE ANCOS et al., 1999].

3.3.9 pH-Wert

Die Wirkung des pH-Wertes auf die Struktur der Anthocyane wurde bereits an einer anderen Stelle beschrieben, ebenso die vom pH-Wert abhängige Stabilität (siehe Kapitel 3.2.3.). Die mit Erdbeeranthocyanen maximal erreichte Stabilität wurde bei einem Versuch von MESCHTER [1953] bei einem pH-Wert von 1,8 festgestellt. WROLSTAD, PUTNAM und VARSEVELD [1970] empfehlen einen pH-Wert kleiner 3,5 in Erdbeeren um auch nach dem Tieffrieren noch eine akzeptable Farbe zu erreichen. Aus der Arbeit von KAINZ [2004] geht hervor, dass der pH-Wert für die maximale Farbtintensität unter 3,0 liegen sollte. Bei längerer Lagerung ist dies oft nicht mehr der Fall und es kommt somit zu einer Entfärbung. Der pH-Wert beeinflusst

den thermalen, den oxidativen und den enzymatischen Abbau der Anthocyane. Details wurden in diesem Kapitel bereits bei vorhergehenden Punkten beschrieben.

3.3.10 Schwefeldioxid

Schwefeldioxid reagiert mit Anthocyanen unter Bildung einer farblosen Anthocyansulfonsäure. Von besonderer Bedeutung ist diese Wirkung bei Lebensmitteln, welche mit Schwefeldioxid konserviert werden, da sie schon bei geringen Konzentrationen auftritt. Durch die Entfernung von Schwefeldioxid oder durch die Senkung des pH-Wertes ist diese Reaktion reversibel [EDER, 1996; WAWRUSCHKA, 1985].

Auf der anderen Seite kann Schwefeldioxid durch Inaktivierung von Phenoxidasen den enzymatischen Anthocyanabbau hemmen [EDER, 1996].

3.3.11 Metalle

Metallionen können Anthocyane auf verschiedene Weise beeinflussen. Sie können Violettfärbungen oder bräunlichen Niederschlag verursachen. Andererseits wird durch Komplexbildung von Metallionen mit Anthocyanen die Farbe verbessert. Die stabilisierende Wirkung tritt besonders bei pH-Werten von 4,0 bis 6,0 auf [EDER, 1996].

Auf die Metallkomplexierung wird im Kapitel Copigmentierung genauer eingegangen. Eine Metallanreicherung von Produkten durch Kontamination sollte vermieden werden, da der negative Effekt auf die Farbe überwiegt [EDER, 1996].

3.3.12 Kohlendioxid

Kohlendioxid hat während der Lagerung von Erdbeeren einen geringen Effekt auf den Anthocyangehalt im äußeren Gewebe. Im Fruchtfleisch führt eine erhöhte CO₂-Konzentration zu einem Verlust an Anthocyanen [GIL et al., 1997].

3.3.13 Copigmentierung

Durch Copigmentierung kann die Farbe von Anthocyanen stabilisiert und verbessert werden. Auf natürlichem Weg wird dieser Effekt durch den Zusatz von verschiedenen Pflanzenextrakten, welche reich an Copigmenten sind, erreicht. Copigmentierung erfolgt durch verschiedene Mechanismen. Die wichtigsten sind intermolekulare und intramolekulare Komplexbildungen. Eine Rolle spielen daneben auch der Mechanismus der Selbstassoziation und die Bildung von Metallkomplexen [RECHNER, 2000; REIN, 2005].

Copigmentierung hat einen hyperchromen Effekt durch die Verstärkung der Intensität der Anthocyanfarbe und führt zu einer bathochromen Verschiebung. Zweiteres wird als „the bluing effect“ beschrieben, das heißt es kommt zu einer Verschiebung des Absorptionsmaximums in einen höherwelligen Bereich. Die Farbe der Anthocyane ändert sich von rot zu blau [RECHNER, 2000; REIN, 2005].

3.3.14 Pyranoanthocyane

Pyranoanthocyane entstehen in einer Reaktion zwischen Anthocyanen und kleinen Molekülen wie Pyruvat, Acetaldehyd, Flavanole oder Phenolsäuren unter Bildung einer neuen Ringformation. Das häufigste Anthocyanaglykon in Pyranoanthocyanen ist Malvidin [REIN, 2005].

Pyranoanthocyane sind sehr stabil und farbintensiver als Anthocyane (auch bei höheren pH-Werten) [FULCRAND et al., 1998] und resistenter gegen den Einfluss von SO₂ [BAKKER und TIMBERLAKE, 1997]. Gleichzeitig kommt es zu einer intensiveren Orangefärbung.

Die meisten der bekannten Pyranoanthocyane sind in Weinen nachgewiesen worden. ANDERSEN et al. [2004] fanden in Erdbeeren das Pyranoanthocyan 5-Carboxypyranopelargonidin-3-glucosid in kleinen Mengen. REIN [2005] konnte in ihrer Arbeit durch den Zusatz von Ferulasäure und Sinapinsäure die Farbstabilität von Erdbeersaft verbessern. Dabei entstanden die Pyranoanthocyane Pelargonidin-3-glucosid-Vinylguaiacol und Pelargonidin-3-glucosid-Vinylsyringol.

3.4 Verarbeitung von Erdbeeren

Erdbeeren gehören zu den beliebtesten Obstarten der ÖsterreicherInnen und werden daher auch zu den vielfältigsten Produkten verarbeitet. Jedes zur Verarbeitung verwendete Verfahren beeinflusst die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe des fertigen Produkts. Somit führt jeder Verarbeitungsschritt zu einer Veränderung der charakteristischen roten Farbe.

Details über Technologien zur Verarbeitung von Erdbeeren zu verschiedenen Produkten sind in der Literatur zu finden [SCHOBINGER, 2001; HEISS, 2004; INNERHOFER, 2005].

Der Einfluss verschiedener Technologien, wie Lagerung, Zusatz von SO₂ und EDTA, Verdampfung, Temperaturbehandlung und Enzymzusatz auf den Abbau monomerer Anthocyane ist oftmals beschrieben [MÖLLS, 1996].

3.4.1 Erdbeersaft

Durch Wärmebehandlung, Enzymbehandlung und Lagerung treten Veränderungen im Endprodukt auf. Bei der Safterstellung gehen wasserlösliche Inhaltsstoffe überproportional in den Saft über, während die schwer löslichen Bestandteile im Pressrückstand verbleiben. Bis zu 40% des Anthocyangehaltes verbleiben im Pressrückstand [MÖLLS, 1996].

Die Produktion von Erdbeersaft zum Verkauf ist für die Industrie nicht von Bedeutung und es finden sich auch keine solchen Produkte am Markt. Eine Rolle spielt die Produktion von Erdbeersaft zur Herstellung von Erdbeersaftkonzentrat.

3.4.2 Erdbeersaftkonzentrat

Die Herstellung von Erdbeersaftkonzentrat hat für die Industrie eine große Bedeutung. Konzentrate haben ein um ca. 15% reduziertes Lagervolumen und sind selbstkonservierend ab einer Trockensubstanz von 65%. Mit der Produktion von Konzentraten kann ein saisonaler und regionaler Ausgleich von Produktionsschwankungen erfolgen. Weiters von Bedeutung ist auch die Möglichkeit der Standardisierung durch Verschnitt von verschiedenen

Konzentraten. Erdbeersaftkonzentrat ist eine Zutat in verschiedenen Mehrfruchtsäften. Nachteile der Konzentrierung sind ein Verlust an Frische, Aroma und Vitaminen. Es kann außerdem zur Bildung von Fehlparomen und Maillardreaktionen kommen [VOGL, 2005].

Die Hitzeeinwirkung hat nach THIELEN [2006] einen entscheidenden Einfluss auf die Stabilität der Anthocyane. Die Lagertemperatur von Konzentraten spielt auch eine entscheidende Rolle. So konnte die Farbstabilität in Versuchen von EDER [1996] und KAINZ [2004] durch eine Lagertemperatur von 4°C bzw. 5°C verbessert werden.

3.4.3 Erdbeernektar

Erdbeernektar wird aus Mark oder Konzentrat hergestellt und muss mindestens 40% Fruchtsaft oder Fruchtmark enthalten. Es dürfen nur Wasser, Zucker, Zitronensäure und Ascorbinsäure zugesetzt werden [BMGF, 2004].

Solche Produkte sind auf Grund ihrer geringen Farbstabilität kaum im Handel zu finden. Häufig zu finden sind lediglich Erdbeergetränke. Diese weisen einen geringeren Fruchtanteil auf und sind mit natürlichen oder synthetischen Farbstoffen gefärbt. Oft werden Erdbeergetränke mit färbenden Säften oder Konzentraten, wie Schwarze Johannisbeere, Aronia oder Rote Beete, versetzt um eine stabile rote Farbe zu erreichen.

4 Material und Methoden

4.1 Versuchsmaterial

Für die Versuche wurden Erdbeeren der Sorte Elsanta verwendet. Diese wurden bezogen bei Josef Zachhalmel; Baumgarten 1, 3454 Sitzenberg-Reidling in Niederösterreich. Die Erdbeeren wurden in den Morgenstunden geerntet und am selben Tag verarbeitet. Die Liefertage sowie Liefermengen waren wie folgt:

- 12.06.06 120 kg für Versuchsplan 1, Wiederholung 1
- 14.06.06 120 kg für Versuchsplan 1, Wiederholung 2
- 19.06.06 280 kg für Versuchsplan 2, Wiederholung 1 (Abb. 3)
- 21.06.06 220 kg für Versuchsplan 2, Wiederholung 2
- 03.07.06 60 kg entkelcht für Versuchsplan 3, Wiederholung 1
- 05.07.06 60 kg entkelcht für Versuchsplan 3, Wiederholung 2 (Abb. 4)



Abb. 3: Erdbeeren 19.06.2006



Abb. 4: Erdbeeren entkelcht 05.07.2006

4.2 Analytische Methoden

4.2.1 Farbmessung

Die Farbmessung im $L^*a^*b^*$ -Farbraum wurde mittels Spectrophotometer CM-3500d der Firma Konica Minolta sowie der Color Data Software CM-S100w SpectraMagic Ver. 1.4 durchgeführt (Abb. 5).

Der Wert L^* bezeichnet die Helligkeit, wobei +100 weiß entspricht. Der a^* -Wert reicht von grün (negativer Bereich) bis rot (positiver Bereich), der b^* -Wert von blau (negativ) bis gelb (positiv). Der Hue angle (h°) beschreibt den Farbton und das Chroma (C^*) ist ein Maß für die Buntheit.

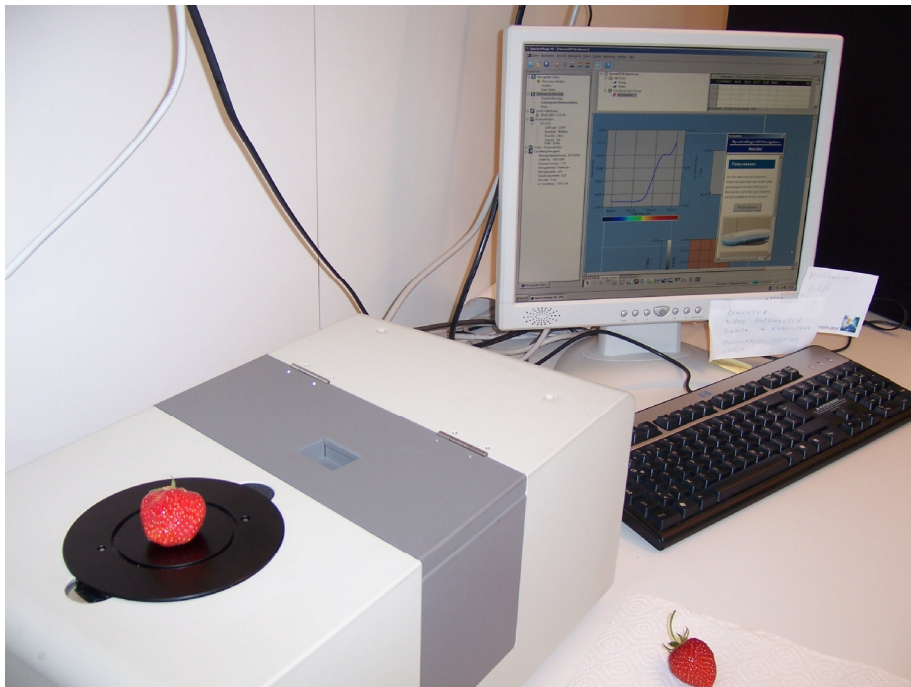


Abb. 5: Farbmessung der Erdbeere mittels Spectrophotometer CM-3500d (Konica Minolta)

Das Messprinzip bei Erdbeeren und Nektar ist eine Reflektionsmessung, bei klaren Säften und auf originäre °Brix verdünnten Konzentraten eine Transmissionsmessung. Die Werte sind nicht miteinander vergleichbar [THIELEN C., 2006].

Einstellungen: Farbmessung ohne Glanz (SCE); Beobachter 10°; Lichtart D 65

Die Kalibrierung wurde vor jeder Messserie mit der weißen Reflektionsplatte Nr. 16471004 durchgeführt.

Die Erdbeeren wurden an der dicksten Stelle auf die Messblende mit dem Durchmesser von 8 mm gelegt (Abb. 5). Es wurde an drei Stellen der Erdbeere gemessen. Die Messung von Nektar und Saft erfolgte in Doppelbestimmung. Zuerst wurde die Probe geschüttelt und dann in entsprechenden Küvetten (für Nektar 30 mm Durchmesser, für Saft 20 mm Dicke) gemessen.

4.2.2 Farbbeurteilung

Die Beurteilung der Farbe erfolgte anhand der Kundenakzeptanz. Diese ist am höchsten bei einem Verhältniswert von a^* zu h° zwischen 0,7 und 1,0. Dies geht aus einer Untersuchung an der HBLA & BA für Wein- und Obstbau hervor [MAYER, 2006]. Von MAYER werden weiters ein a^* -Wert von 22 bis 35 und ein h° -Wert von 21 bis 42 als erstrebenswert beschrieben. Der a^*/h° -Wert wird von GÖSSINGER et al. [2007] als Akzeptanzfaktor in weiteren Untersuchungen bestätigt und beschrieben. Er wurde im Folgenden zur Charakterisierung der Farbe herangezogen. Die Begriffe a^*/h° -Wert und Akzeptanzfaktor werden im Text synonym verwendet. Ein Akzeptanzfaktor größer 0,7 wird als sehr gut beurteilt, Werte zwischen 0,7 und 0,4 werden akzeptiert [GÖSSINGER et al., 2007].

4.2.3 Trübung

Der Trübungswert wurde mit einem Compact Laboratory Turbidity Photometer LTP 5 vom Hersteller Dr. Bruno Lange GmbH ermittelt. Die Probe wird in einer dazugehörigen Küvette mit dem Durchmesser von 5 cm gemessen (mit Farbkompensation) und der Wert als TE/F angegeben.

4.2.4 pH-Wert

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgt mit dem Taschenmessgerät MultiLine P3 pH/OXI und der pH-Einstabmesskette mit integriertem Temperaturmessfühler SenTix 41 der Firma WTW Wissenschaftlich-Technische

Werkstätten GmbH, Deutschland. Die Messgenauigkeit beträgt $\pm 0,01$ pH-Einheiten.

4.2.5 Titrierbare Säure

Es werden 10 g der Probe eingewogen und mit 0,1 N Natronlauge auf einen pH-Wert von 8,1 titriert. Der Verbrauch in ml wird mit 0,75 multipliziert und die Titrierbare Säure in g/kg berechnet als Weinsäure angegeben. [ALVA, 1979]

4.2.6 Sauerstoffkonzentration

Die Messung des Gehalts an gelöstem Sauerstoff erfolgte mit dem Taschenmessgerät MultiLine P3 pH/OXI und dem Sauerstoffsensor CelloX 325 der Firma WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH. Da es sich bei der Bestimmung des gelösten Sauerstoffs um eine Durchflussmessung handelt, musste die Elektrode in der Probe bewegt werden. Die Messgenauigkeit beträgt $\pm 0,5\%$ vom Messwert.

4.2.7 Redoxpotenzial

Die Sensolyt Platin-Elektrode wird direkt in das Produkt gegeben und der Wert nach einer Stunde mit Hilfe des Taschenmessgerätes MultiLine P3 pH/OXI der Firma WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH abgelesen (Abb. 6). Die Messgenauigkeit beträgt $\pm 0,3$ mV bei einer Temperatur von 15 bis 35 °C.

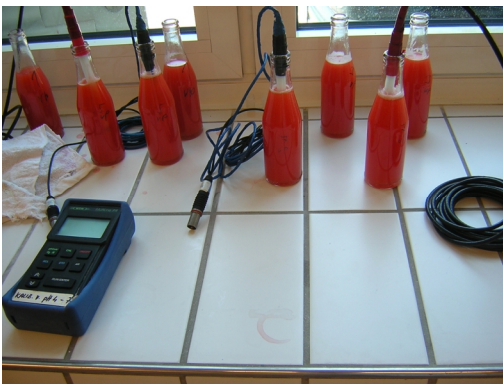


Abb. 6: Messung Redoxpotenzial

4.2.8 Festigkeit

Zur Messung der Festigkeit der frischen Erdbeeren wird das Durofel Messgerät von Setop Giraud-Technologie (Stempel 0,5 cm²) verwendet. Die Angabe der Werte erfolgt in Durofel-Einheiten (D50%).

4.2.9 °Brix und Öchsle

Die Bestimmung erfolgt mit einem Hand-Refraktometer der Firma Seitz Enzinger Noll.

4.2.10 Monomere Anthocyane

Die Bestimmung mittels HPLC wird nach der Methode von EDER et al. [1990] durchgeführt. Sie wurde in einigen Punkten adaptiert.

HPLC-System (Abb. 7):

- Waters HPLC-Pumpe 501
- Waters HPLC-Pumpe 510
- Waters 717 Autosampler
- Waters System Interface Module
- Waters 490E Programmable Multiwavelength Detector
- Waters HPLC Lichrospher RP 18 240x4 und 4x4 5 µm
- Waters Säulenofen
- Auswerteeinheit

Probenvorbereitung:

Die tiefgefrorenen Proben wurden im Wasserbad bei 30°C 1 h lang aufgetaut. Der Nektar sowie die zerkleinerten Erdbeeren wurden 2 h mit Panzym BE XXL (B 1.6.4.5) enzymiert (2 µl Enzym auf 40 g Probe) und anschließend 15 min bei 20°C und 10.000 min⁻¹ zentrifugiert. Der Überstand wurde filtriert (Faltenfilter 595½). Eine Enzymierung ist bei klarem Erdbeersaft nicht notwendig. Das Konzentrat wurde auf die originären °Brix verdünnt. 2 ml der Probe wurden auf die Festphasenextraktionssäulchen aufgetragen, welche zuvor mit 5 ml Methanol und 5 ml deionisiertem Wasser konditioniert wurden.

Anschließend wurde mit 4 ml Deionat gewaschen und die Röhrchen trocken gesaugt. Die Anthocyane wurden mit 1 ml angesäuertem Methanol (0,004% HCl) eluiert und in den Autosampler gegeben.

Die Überprüfung der HPLC erfolgte mit Standards von Cyanidin-3-glucosid und Pelargonidin-3-glucosid.

Parameter der HPLC:

Laufmittel A: 5 mM Phosphatpuffer, pH-Wert 1,8

Laufmittel B: Methanol

(nach dem linearen Gradient in Tab. 3)

Flussrate: 1 ml/ min

Säulentemperatur: 40°C

Einspritzvolumen: 10 µl

Detektionswellenlänge: 500 nm



Abb. 7: HPLC-System zur Bestimmung der monomeren Anthocyane

Die Zuordnung der Peaks im Chromatogramm in Abb. 8 erfolgte nach den Ergebnissen des Standards und der Literatur [AABY et al., 2005; AABY et al., 2007; THIELEN, 2006].

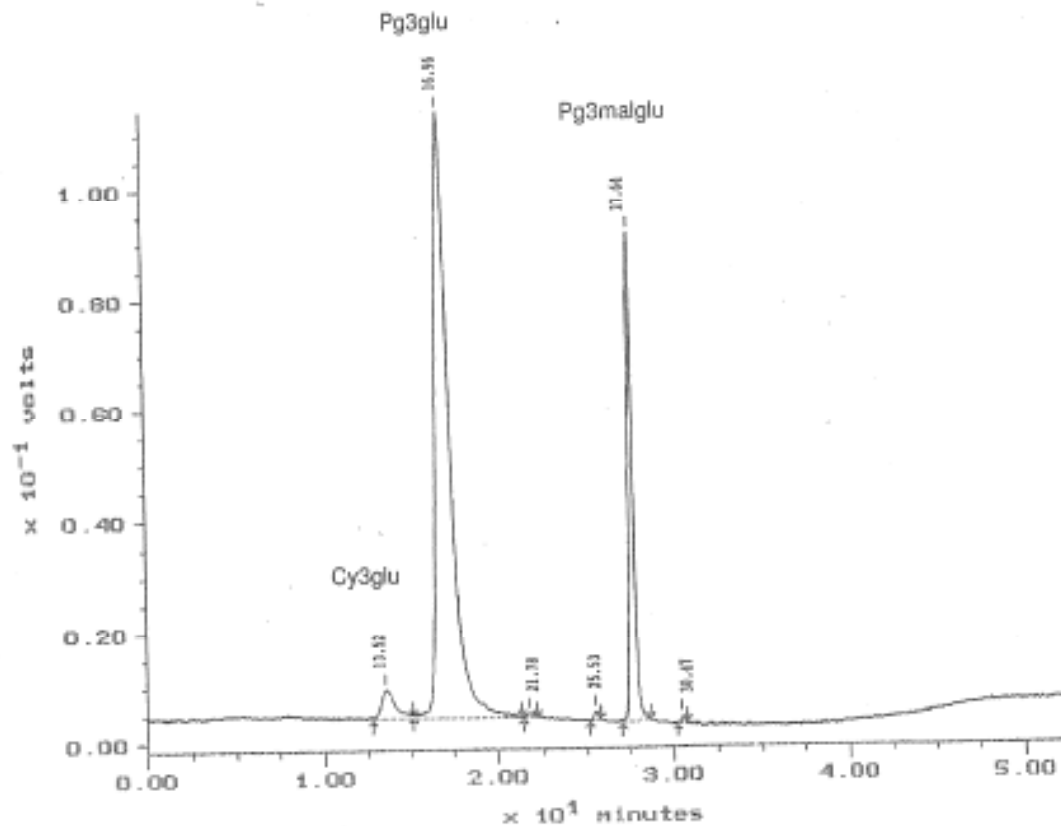


Abb. 8: Chromatogramm der Erdbeere Elsanta (Cy3glu = Cyanidin-3-glucosid, Pg3glu = Pelargonidin-3-glucosid, Pg3malglu = Pelargonidin-3-malonylglucosid)

Tab. 3: Linearer Gradient:

Zeit [Minuten]	Laufmittel A [%]	Laufmittel B [%]
0	25	75
15	30	70
25	46	54
30	50	50
41 bis 55	80	20
57 bis 77	0	100

4.2.11 Halbwertszeit der monomeren Anthocyane

Die Halbwertszeit ($t_{1/2}$) der monomeren Anthocyane wurde mit der Formel Gl. 1 berechnet [EDER, 1996; ÖZKAN et al., 2005; WANG und XU, 2007]. Sie definiert den Zeitraum, nach welchem nur mehr die Hälfte der untersuchten Substanz detektierbar ist.

$$t_{1/2} = - (\ln 0,5) / k$$

(Gl. 1)

k = Reaktionskonstante (Steigung der Geraden)

4.2.12 L-Ascorbinsäure

Die Abschätzung der L-Ascorbinsäure erfolgt nach dem Prinzip der iodometrischen Bestimmung der freien und gesamten schwefeligen Säure. Nach der Methode von EDER und BRANDES [2003] werden die Reduktone gemessen. Es wird angenommen, dass in Erdbeernektar und Erdbeersaft keine schwefelige Säure enthalten ist und die Reduktone annähernd dem Gehalt an L-Ascorbinsäure entsprechen. Der ermittelte Wert wird mit dem Faktor 27,5 multipliziert.

Reagenzien:

- Farbindikator: 2,5 g Stärke und 10 g Kaliumiodid auf 1 Liter deionisiertes Wasser
- Iodsäure: 0,5203 mmolare schwefelsaure Iodsäurelösung

Durchführung:

Die tiefgekühlten Proben wurden im Wasserbad bei 20°C aufgetaut. 10 ml wurden mit deionisiertem Wasser auf 100 ml verdünnt. Der Zusatz von 10 ml Farbindikator erfolgte zu 10 ml der verdünnten Probe. Mit Iodsäure (1:5 mit deionisiertem Wasser verdünnt) wurde gegen den Farbumschlag von rot nach blau titriert. Der Verbrauch in ml wurde mit 55 multipliziert (Multiplikation mit 2 um die Verdünnungsschritte zu berücksichtigen und Multiplikation mit dem Faktor 27,5 aus der Literatur) und die L-Ascorbinsäure in mg/l angegeben.

Als Referenzmethode diente die HPLC-Bestimmung der L-Ascorbinsäure nach GARZÓN und WROLSTAD [2002]. Tab. 4 zeigt, dass die ermittelten Werte bei Berücksichtigung der Messgenauigkeit von $\pm 10\%$ bei der HPLC übereinstimmen.

Tab. 4: Vergleich der L-Ascorbinsäuremessung mittels HPLC nach GARZÓN und WROLSTAD [2002] und der modifizierten iodometrischen Methode nach EDER und BRANDES [2003] (Einfachbestimmung in 5 verschiedenen Erdbeernektaren)

Probe	Iodometrische Bestimmung [mg/l]	HPLC [mg/l]
1	168	166
2	245	240
3	139	144
4	223	229
5	197	193

4.2.13 Pasteurisationseinheiten

Die Pasteurisationseinheiten (PE) wurden nach folgender Formel (Gl. 2) berechnet [BUCHWALD, 1988].

$$PE = x [\text{min}] * 10^{(T-80)/z}$$

(Gl. 2)

T = Temperatur

z-Wert = 10

Die Temperatur wurde während der Pasteurisation in einigen Flaschen mittels Temperaturfühler gemessen und jede Minute vom Temperaturschreiber ctf 84 (ELLAB A/S) aufgezeichnet. Die Pasteurisationseinheiten wurden über den gesamten Zeitraum der Pasteurisation berechnet.

4.3 Sensorische Methoden – optische Beurteilung

Es wurden 29 Personen zu ihrer Meinung bezüglich der Erdbeersaftfarbe befragt. 14 Beurteiler waren MitarbeiterInnen und 15 Personen waren Schüler des dritten Jahrgangs der Höheren Bundeslehranstalt Klosterneuburg. Ausgewählt wurden klare Säfte mit je 8 °Brix, jedoch mit unterschiedlichen Farb- und Sättigungswerten. Die Proben stammten von eigenen Versuchen (Versuchsplan 2) im Juni 2006. Die Farbwerte sind in Tab. 5 aufgelistet. Bei der Probe 9 handelte es sich um einen Nektar eines früheren Versuches [TAUFRAZTHOFER, 2005], der filtriert wurde.

Bewertet wurden die Farbakzeptanz sowie die Farbintensität mittels einer strukturierten Skala (Abb. 9). Die Proben standen nebeneinander auf einem weißen Tisch in einem hellen Raum. So konnten die Beurteiler die Farbe der Säfte miteinander vergleichen und bewerten.

Serie: _____	Datum: _____	KosterIn: _____
Farbe:		
-	+	
Nicht ok	ok	Sehr gut
Intensität der Farbe:		
-	+	
Nicht intensiv	ok	Intensiv

Abb. 9: Kostzettel

Tab. 5: Farbwerte der zu beurteilenden Proben

	Probe	a*/h°-Wert	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h°(D65)
1	A	1,11	59,26	59,95	81,92	101,50	53,82
2	I	1,01	61,93	55,33	79,23	96,75	55,07
3	L	0,94	60,72	53,94	84,95	100,63	57,89
4	J	0,87	65,33	49,67	77,10	91,72	57,21
5	B	0,77	59,87	47,96	91,89	103,66	62,44
6	D	0,65	57,59	42,25	88,86	98,39	64,57
7	E	0,61	51,86	39,77	86,06	94,81	65,20
8	F	0,54	54,56	36,26	88,26	95,42	67,67
9	G	0,17	86,82	11,21	24,17	26,64	65,12

4.4 Statistische Methoden

Als Grundlage diente Literatur von BÜHL und ZÖFEL [2003] sowie von SCHEFFLER [1997]. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS 16.0 für Mac OS X (Statistical Package for the Social Sciences; SPSS Inc., Chigago, USA). Die Effektberechnung sowie die Signifikanzberechnung der Effekte wurden nach der Methode von KLEPPMANN [2003] durchgeführt.

5 Versuchsdurchführung

Es wurden drei Versuchspläne in zweifacher Wiederholung ausgeführt. Weiters wurden die Analysen zweimal durchgeführt.

5.1 Versuchsplan 1

Die Versuchsparameter waren Tiefrieren der Erdbeeren vor der Verarbeitung, Verarbeitungstemperatur, eine sofortige pH-Wert-Absenkung nach dem Zerkleinern der Erdbeeren und die Lagertemperatur. Hergestellt wurde fruchtfleischhaltiger Erdbeernektar mit 40% Fruchtanteil. Die Parameter und Bezeichnungen der 16 verschiedenen Varianten können dem Baumdiagramm (Abb. 10) entnommen werden. Das Schema für den Versuchsplan 1 kann Tab. 6 entnommen werden.

Jeweils 70 kg der angelieferten Erdbeeren wurden in 3l-Tiefkühlbeutel verpackt und bei -19°C eingefroren. 25 kg wurden im Kühlhaus bei 4°C gelagert und am selben Nachmittag verarbeitet. Die Temperatur der Früchte betrug zu diesem Zeitpunkt 6 bis 10°C. 25 kg wurden bei einer Temperatur von 20°C frisch verarbeitet.

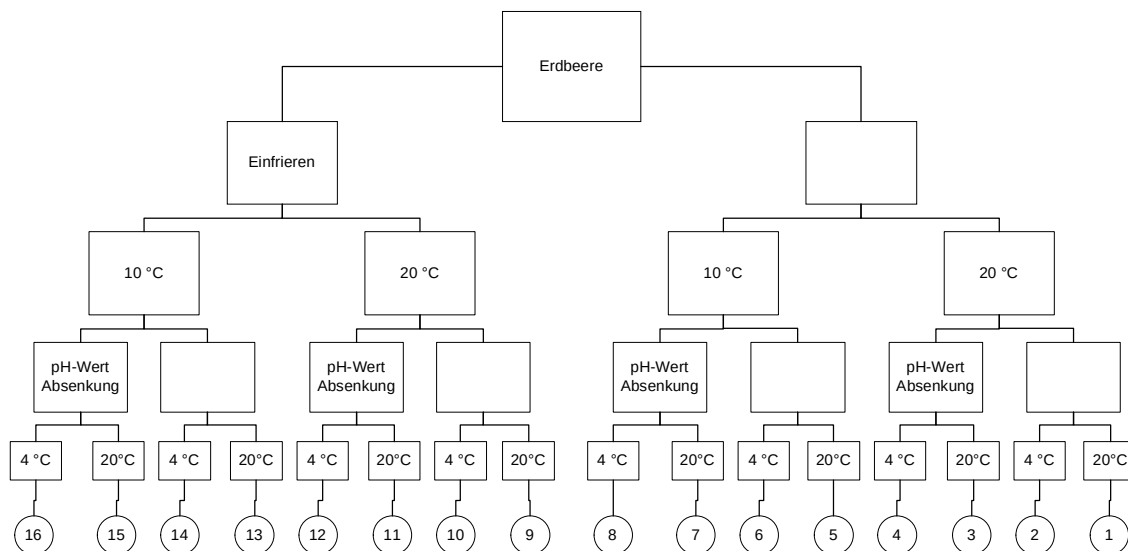


Abb. 10: Baumdiagramm Versuchsplan 1

Die Verarbeitung der Erdbeeren erfolgte nach dem Fließdiagramm der Abb. 11. Zuerst wurden die Früchte auf zwei Behälter aufgeteilt und mit der Walzenmühle zerkleinert. Bei den Varianten 3, 4, 11, und 12 wurde sofort Phosphorsäure 84% (5 ml/kg) zugegeben und der pH-Wert von 3,5 auf 2,3 gesenkt. Dann wurde mit der Passiermaschine passiert, um die Kelchblätter und Samen der Erdbeeren zu entfernen. Eine exakte Zerkleinerung erfolgte durch die Zahnkolloidmühle. Es wurde ein Rezept für Nektar mit 40% Fruchtanteil und 14 °Brix mit den Zutaten Wasser, Zucker und Zitronensäure erstellt. Der ausgemischte Nektar wurde bei 90% Vakuum mit einer Monopumpe im Kreis gepumpt und so 20 min entgast. Anschließend wurde der pH-Wert der angesäuerten Varianten durch Zugabe von 0,1 N Natronlauge auf 3,1 angehoben. Der Nektar wurde mit dem Vakuumfüller in 0,2 l Flaschen abgefüllt, mit dem halbautomatischen Kronenkorker verschlossen und dann im Berieselungspasteur bei 85°C 10 min pasteurisiert. Die Pasteurisationskurven sind in Abb. 12 dargestellt. Die erreichten Pasteurisationseinheiten sind Tab. 7 zu entnehmen. Die acht unterschiedlichen Produkte wurden aufgeteilt auf 16 Varianten und im Dunkeln bei 4°C oder bei 20°C gelagert.

Die bei 4°C gekühlt gelagerten Erdbeeren wurden am Nachmittag desselben Tages auf die gleiche Art und Weise verarbeitet.

Die tiefgefrorenen Früchte wurden nach fünf Wochen wieder aufgetaut und am 19.07.2006 sowie am 20.07.2006 ebenfalls nach dem Fließdiagramm der Abb. 11 verarbeitet. Vor dem Auftauen wurden die gefrorenen Erdbeeren auf sechs Varianten aufgeteilt, in Behälter geleert und über Nacht im Kühlhaus bei 10°C gelagert. Am nächsten Tag erfolgte die Verarbeitung bei unterschiedlichen Temperaturen. Jeweils vier Varianten wurden bei 1 bis 6°C und bei 20°C verarbeitet. Die Varianten 9, 10, 11 und 12 machten eine Erwärmung der Behälter im Wasserbad bei 60°C notwendig, um die Erdbeeren unter ständigem Rühren auf die gewünschte Temperatur von 20°C zu bringen. Bei der zweiten Wiederholung am 20.07.2009 wurden die Erdbeeren beim Erwärmen zu warm und die Ergebnisse im Folgenden nicht zur Auswertung herangezogen.

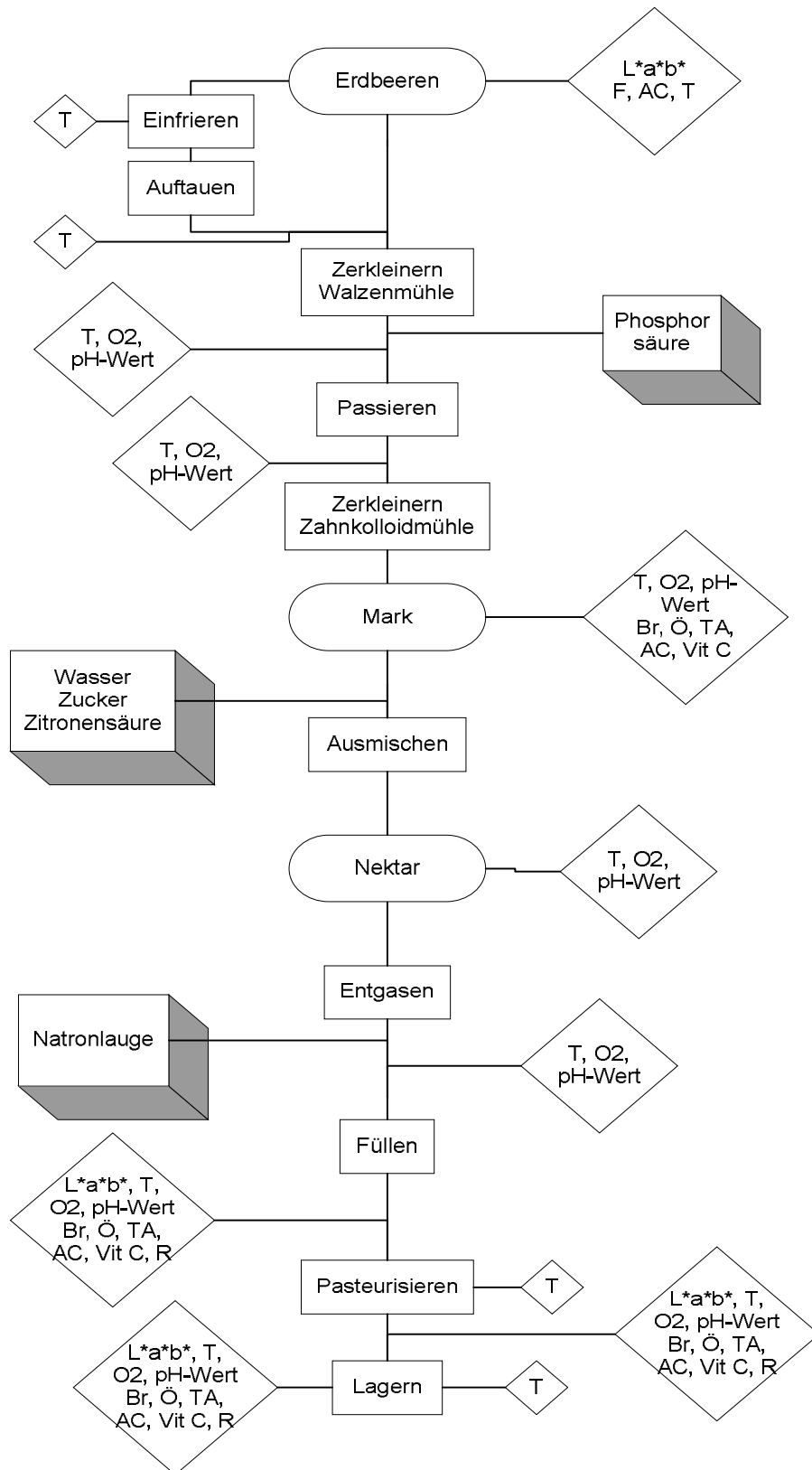


Abb. 11: Fließdiagramm Versuchsplan 1: L*a*b* - Farbe, F - Festigkeit, T - Temperatur, O2 - gelöster Sauerstoff, Br - °Brix, Ö - Öchsle, TA - Titrierbare Säure, R - Redoxpotenzial, AC - monomere Anthocyane, Tr - Trübung, Vit C - L-Ascorbinsäure

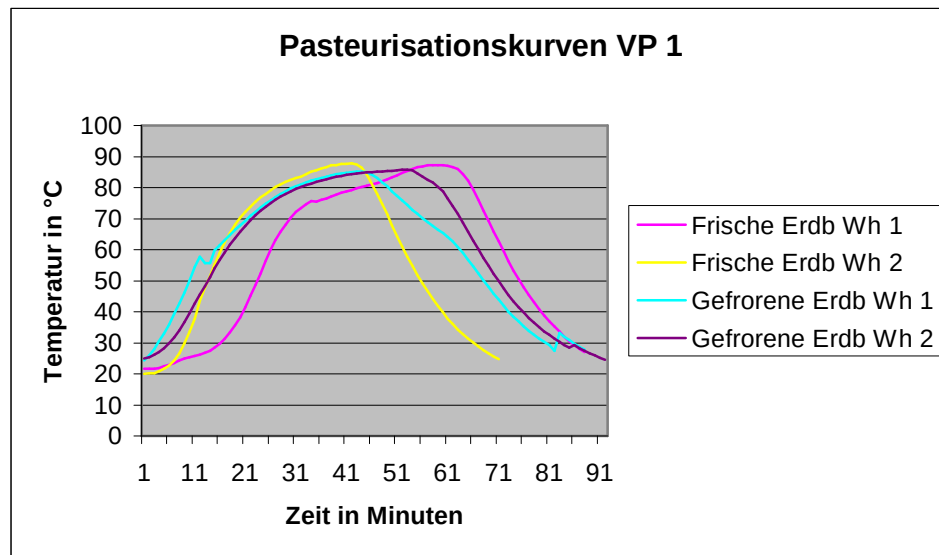


Abb. 12: Pasteurisationskurven VP 1

Tab. 6: Schema Versuchsplan 1

Faktor	Parameter	-	+
A	Tiefrieren	Nein	Ja
B	Verarbeitungstemperatur	10°C	20°C
C	pH-Wert-Absenkung	Nein	Ja
D	Lagertemperatur	20°C	4°C

Tab. 7: Pasteurisationseinheiten (PE) VP 1

Frache Erdbeeren Wiederholung 1	81 PE
Frache Erdbeeren Wiederholung 2	81 PE
Gefrorene Erdbeeren Wiederholung 1	85 PE
Gefrorene Erdbeeren Wiederholung 2	92 PE

5.2 Versuchsplan 2

Mit diesem Versuchsplan sollte der Einfluss von Kohleschönung, Oxidation und Gummi arabicum auf die Farbstabilität von Erdbeerprodukten untersucht werden. Es wurde Erdbeersaft sowie Erdbeersaftkonzentrat hergestellt. Das Schema für den Versuchsplan kann Tab. 8 entnommen werden. Die Nummerierung der Varianten ist aus Abb. 13 ersichtlich.

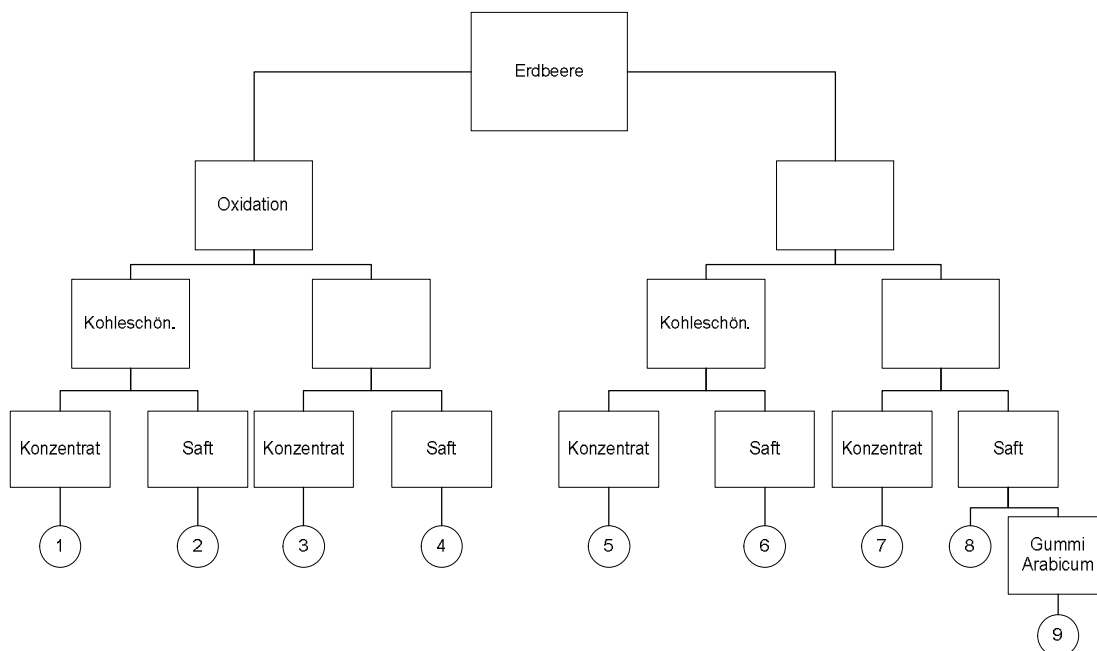


Abb. 13: Baumdiagramm Versuchsplan 2

Die Erdbeeren wurden zuerst mit der Walzenmühle zerkleinert und dann mit der Pektinase Panzym BE (B 1.6.4.5) 2 $\frac{3}{4}$ Stunden bei 20°C enzymiert. Die Dosierung betrug 50 ml/t. Anschließend wurde mit der Hydropresse 1 $\frac{1}{2}$ Stunden gepresst. Der Saft wurde auf je 99 kg (Wiederholung 1) bzw. je 79 kg (Wiederholung 2) aufgeteilt. Jeweils eine Hälfte davon wurde 2 h oxidiert. Dabei wurden 5 l/min Sauerstoff bei einem Druck von 3 kp/cm² eingebracht. Die erreichte Sauerstoffsättigung betrug 7,7 mg/l bei 22°C Safttemperatur. Nach dem Oxidieren erfolgte bei allen Varianten eine Schönung mit 150 g Bentonit, 100 ml Kieselöl und 50 ml Gelatine. Die Säfte wurden über Nacht im Kühlhaus bei 10°C gelagert, um die Schönung absetzen zu lassen.

Am folgenden Tag wurden die Säfte abgezogen und je 6 kg Trub entfernt. Beide Varianten wurden wieder halbiert und bei einer Hälfte wurde 20 g/hl Aktivkohle zugefügt. Die Säfte wurden über Nacht im Kühlhaus gelagert und am nächsten Tag vom Trub abgezogen (je 4 kg Trub). Dann erfolgte eine Grobfiltration mit Seitz K800 Filterschichten und anschließend eine Feinfiltration mit Seitz K100 Schichten. Von jeder Variante wurden 10 l händisch abgefüllt in 0,2 l Flaschen, mit Kronenkorken verschlossen und im Berieselungspasteur bei 85°C zehn Minuten pasteurisiert (Pasteurisationskurven Abb. 14). Die erreichten Pasteurisationseinheiten beim Saft betrugen bei der ersten Wiederholung 38 PE und bei der zweiten Wiederholung 43 PE.

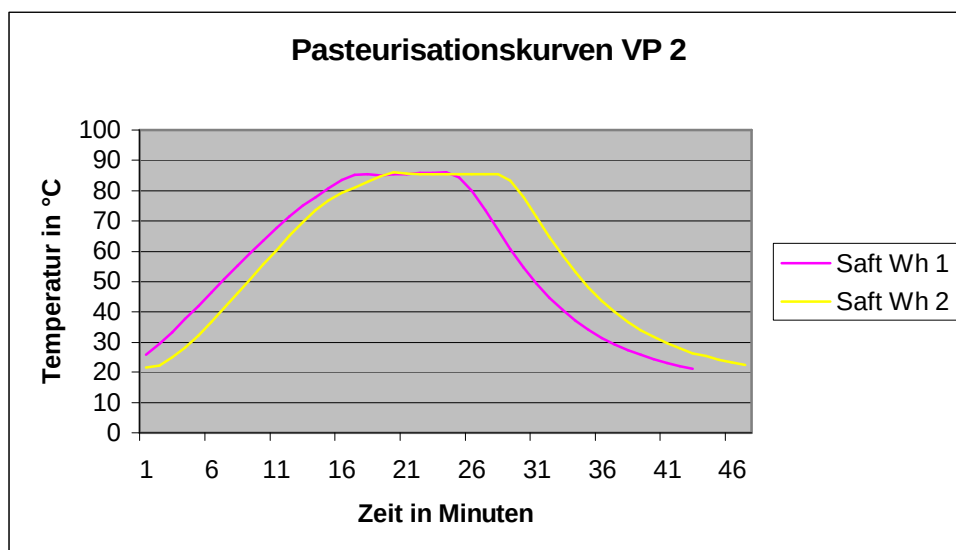


Abb. 14: Pasteurisationskurven VP 2

Von der Variante 8, welche keiner Oxidation oder Kohleschönung unterzogen worden ist, wurden 3 l mit dem Stabilisator Gummi arabicum (Litto Gomme 100 ml/hl) versetzt und ebenfalls pasteurisiert (Variante 9).

Der restliche Saft jeder Variante wurde im Kühlhaus bei 4°C gelagert und innerhalb einer Woche zu Konzentrat verarbeitet.

- Am 21.06.2006 Variante 7, Wiederholung 1
- Am 26.06.2006 Varianten 3 und 5, Wiederholung 1
- Am 27.06.2006 Variante 1, Wiederholung 1 und alle Varianten von Wiederholung 2

Die Konzentratherstellung wurde mit der Anlage von Alfa Laval (Abb. 15) unter 82 bis 90% Vakuum bei 100°C und einer Geschwindigkeit von 28,6 l Saft/h durchgeführt. Die Konzentrate erreichten Werte zwischen 63 und 73 °Brix und wurden in 50 ml Flaschen gefüllt. Die Refraktionsindices in °Brix sind in Tab. 9 aufgelistet. Die Haltbarmachung erfolgte in der Mikrowelle sechs Minuten bei 800 Watt. Nach 3 min wurden die Flaschen zweimal umgedreht. Die Konzentrate erreichten dabei Temperaturen von 82 bis 84°C. Abgekühlt wurden die Konzentrate 30 min im Wasserbad bei 30°C. Auf Grund eines Defektes an der Anlage zur Konzentratherstellung konnten die Säfte der Wiederholung 1 nicht umgehend zu Konzentrat verarbeitet werden und lagerten fünf Tage im Kühlhaus bei 4°C. Zum Zeitpunkt der Konzentratherstellung lagen bereits Qualitätseinbußen vor. Diese Varianten werden im Folgenden nicht zur Auswertung herangezogen.

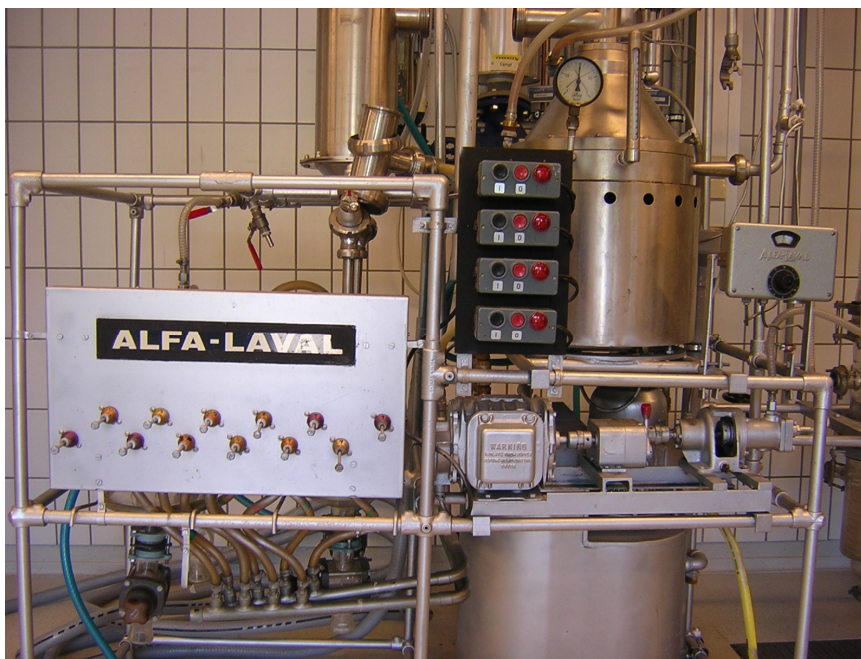


Abb. 15: Anlage zur Konzentratherstellung (Alfa-Laval)

Die Säfte und Konzentrate wurden in einem dunklen Raum bei 20°C gelagert.

Das Fließdiagramm von Versuchsplan 2 ist Abb. 16 zu entnehmen.

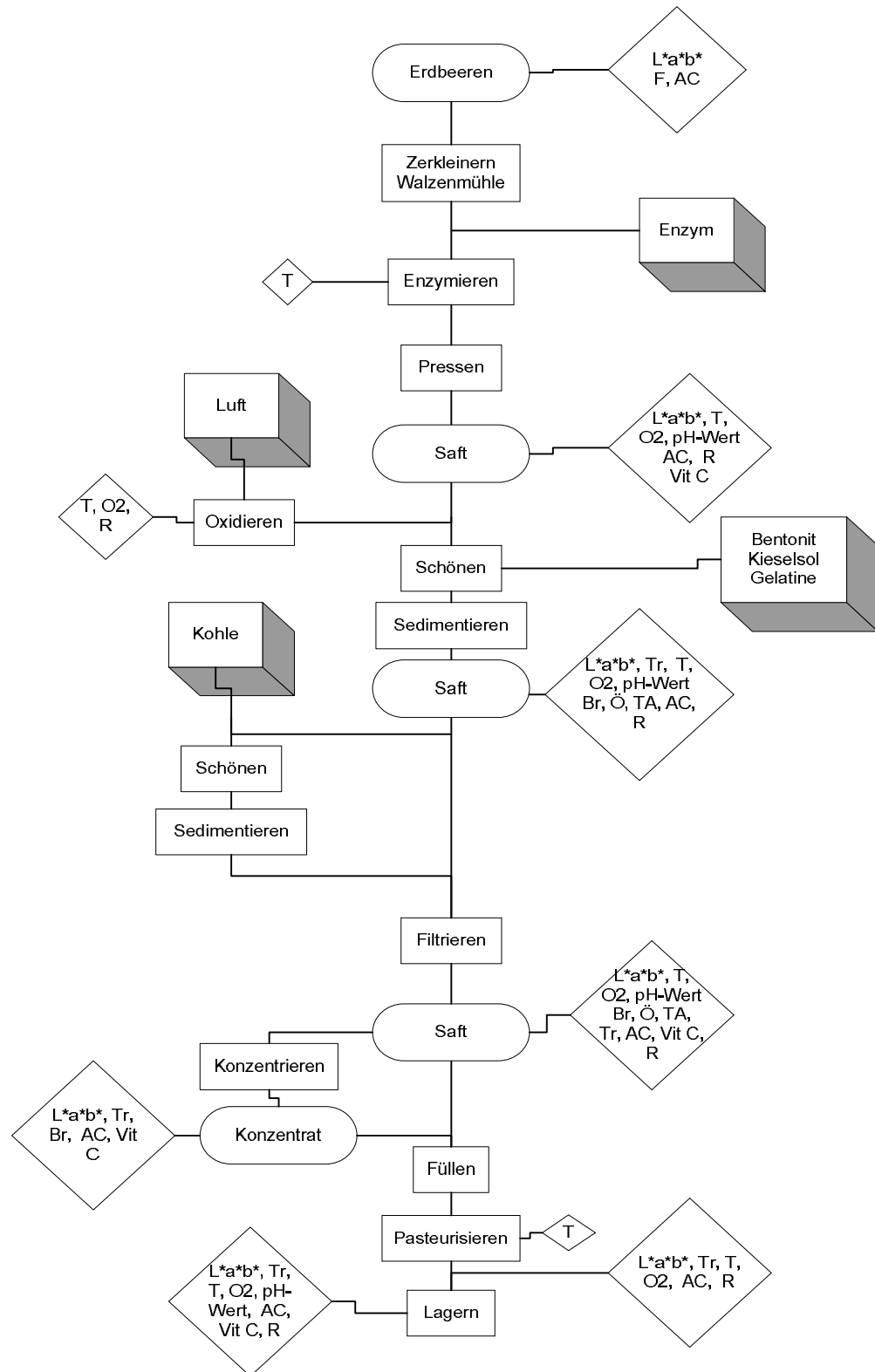


Abb. 16: Fließdiagramm Versuchsplan 2: L*a*b* - Farbe, F - Festigkeit, T - Temperatur, O2 - gelöster Sauerstoff, Br - °Brix, Ö - Öchsle, TA - Titrierbare Säure, R - Redoxpotenzial, AC - monomere Anthocyane, Tr - Trübung, Vit C - L-Ascorbinsäure

Vor dem Konzentrieren wurden am 26.06.2006 von der Variante 5, Wiederholung 1, 6 l Saft entnommen, davon wurden 3 l händisch in 0,2 l Flaschen abgefüllt und 10 min bei 85° pasteurisiert. 3 l wurden eingefroren und am 29.06.2006 bei Raumtemperatur 4 h aufgetaut, auf die gleiche Weise abgefüllt und pasteurisiert.

Tab. 8: Schema Versuchsplan 2

Faktor	Parameter	-	+
A	Oxidation	Nein	Ja
B	Kohle	Nein	Ja
C	Saft/Konzentrat	Saft	Konzentrat

Tab. 9: Trockensubstanzgehalt der Konzentrate in °Brix

Datum	Variante	Wiederholung	°Brix
27.06.2006	1	1	64
27.06.2006	1	2	71
26.06.2006	2	1	68
27.06.2006	2	2	73
26.06.2006	3	1	68
27.06.2006	3	2	63
21.06.2006	4	1	65
27.06.2006	4	2	71

5.3 Versuchsplan 3

Bei der Produktion von fruchtfleischhaltigem Erdbeernektar mit 40% Fruchtanteil wurde ein HTST-Verfahren angewandt und mit einer Inline-Zahnkolloidmühle gearbeitet, welche den Sauerstoffeintrag in das Mark reduzieren soll (Tab. 10). Der Herstellungsablauf kann dem Fließdiagramm (Abb. 17) entnommen werden.

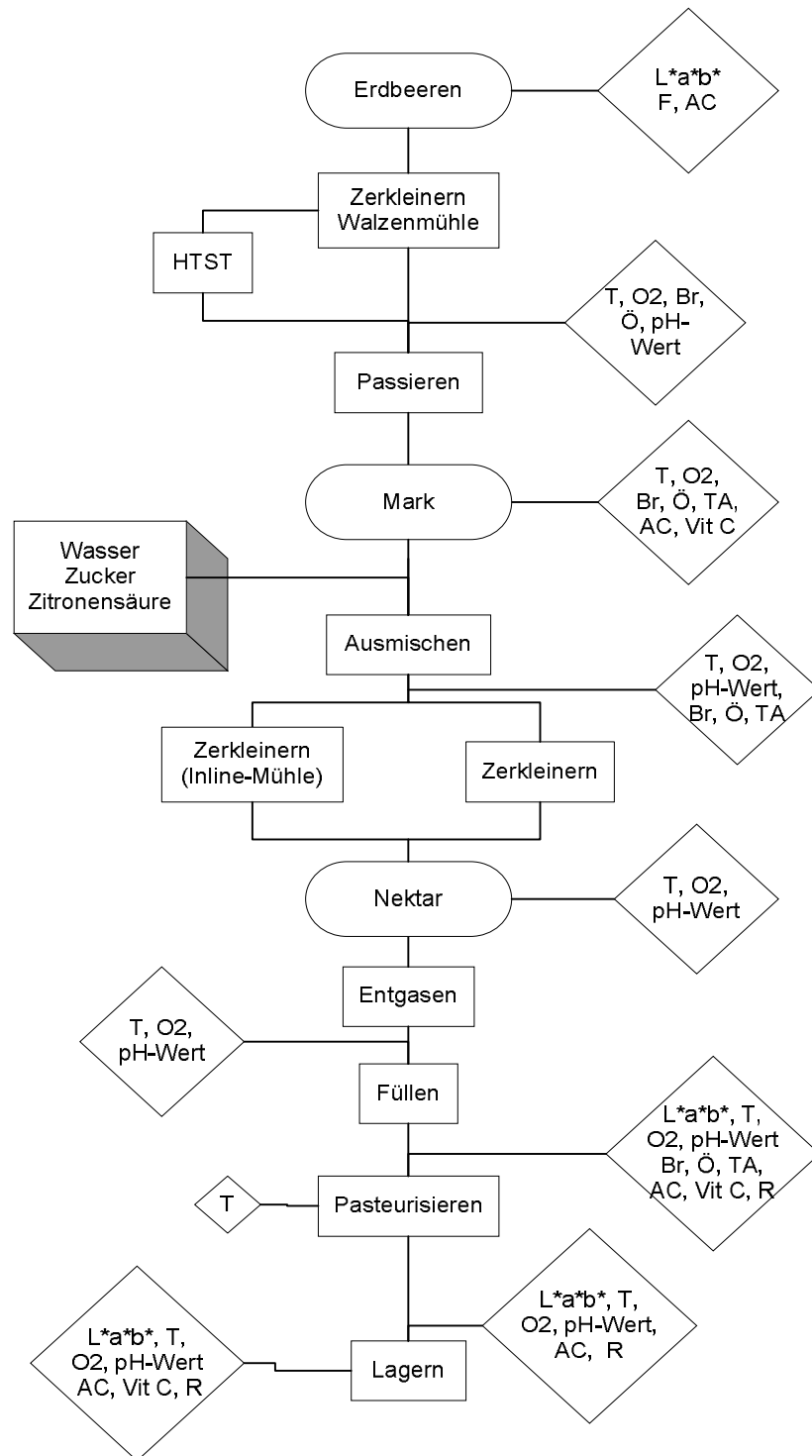


Abb. 17: Fließdiagramm Versuchsplan 3: L*a*b* - Farbe, F - Festigkeit, T - Temperatur, O₂ - gelöster Sauerstoff, Br - °Brix, Ö - Öchsle, TA - Titrierbare Säure, R - Redoxpotenzial, AC - monomere Anthocyane, Tr - Trübung, Vit C - L-Ascorbinsäure

Die Erdbeeren wurden mit der Walzenmühle zerkleinert. 30 kg wurden passiert, 30 kg wurden hochkurzzeiterhitzt und dann passiert. Die Hochkurzzeiterhitzung erfolgte durch Direktdampf-injektion mit der Anlage der Firma MAKLAD (Abb. 18). Als Wärmequelle wurde Dampf (2 bar) verwendet. Zur Abkühlung diente der Röhrenpasteur Type EUROCAL 5. Der Wassereintrag über Dampf betrug 40%, die Haltezeit bei 120°C 3 sec. Die Durchflussleistung lag bei 200 l/h.

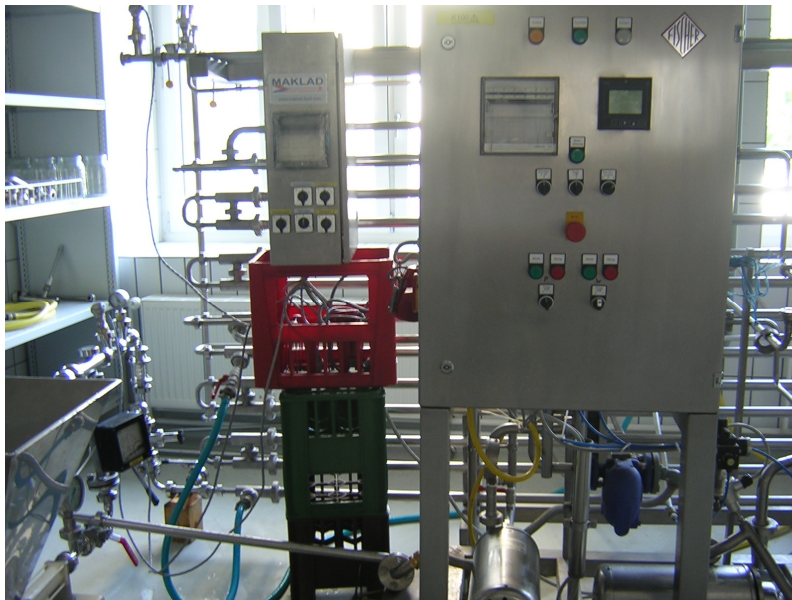


Abb. 18: Anlage zur Hochkurzzeiterhitzung (Maklad)

Nach Erstellung einer Rezeptur für einen Nektar mit 14 °Brix wurden die Zutaten Wasser, Zucker und Zitronensäure mit dem Mark vermischt. Die zwei Varianten wurden wieder geteilt und der Nektar mit der Zahnkolloidmühle Fryma mit freiem Auswurf (Abb. 19) oder der Inline-Zahnkolloidmühle MZ 100 (Abb. 20) fein zerkleinert. Die vier Varianten (Abb. 21) wurden 10 min entgast und wie bei Versuchsplan 1 abgefüllt und pasteurisiert (Pasteurisationskurve Abb. 22). Die erreichten Pasteurisationseinheiten betrugen bei der ersten Wiederholung 62 PE und bei der zweiten Wiederholung 70 PE. Die Lagerung der Erdbeernektare erfolgte in einem dunklen Raum bei 20°C.



Abb. 19: Zahnkolloidmühle Fryma MZ mit freiem Auswurf

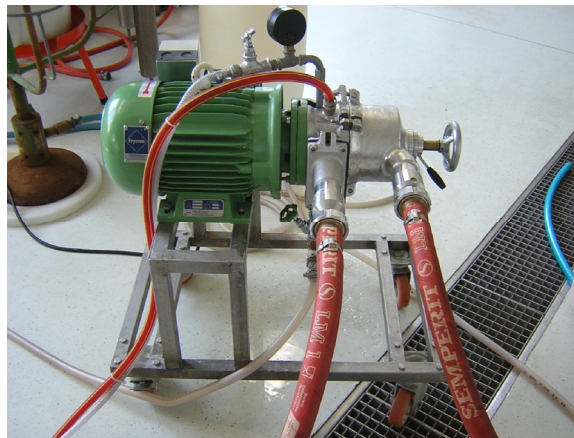


Abb. 20: Inline- Zahnkolloidmühle MZ 100

Am 07.07.2006 wurde 18 Flaschen der Variante 3, Wiederholung 1 Papain (EC 3.4.22.2) zugesetzt. Der Zusatz erfolgte in drei unterschiedlichen Konzentrationen in je sechs Flaschen. Die Konzentrationen betrugen 5 U, 25 U und 50 U. Die Flaschen wurden geöffnet, mit einer sterilen Pipette das Enzym zugegeben und sofort mit sterilen Kronenkorken verschlossen. Die Lagerung erfolgte im Dunkeln bei 20°C.

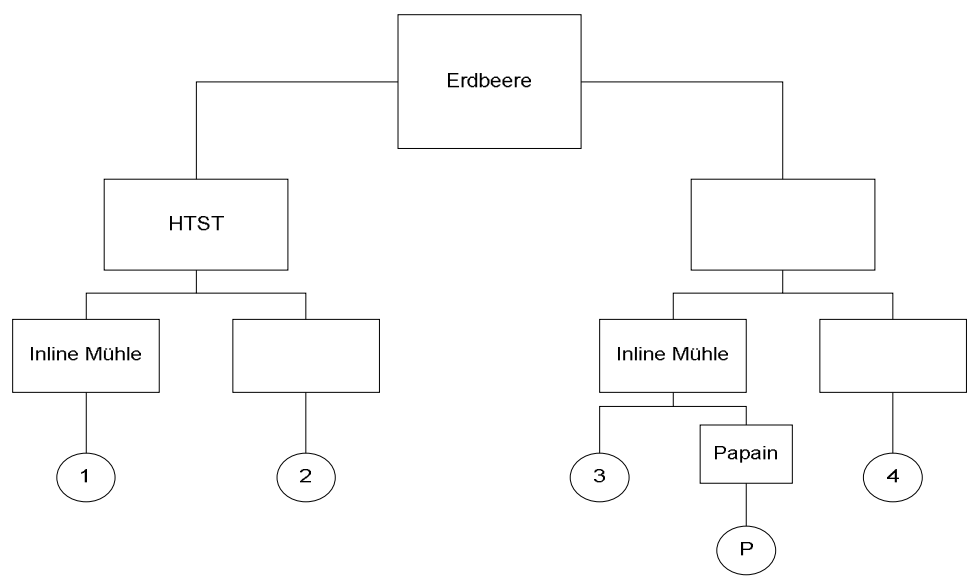


Abb. 21: Baumdiagramm Versuchsplan 3

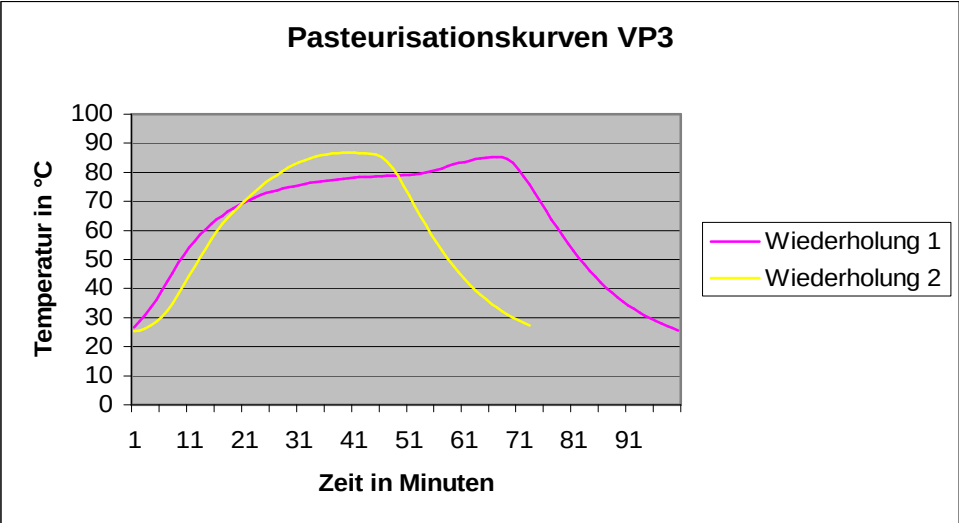


Abb. 22: Pasteurisationskurven VP 3

Tab. 10: Schema Versuchsplan 3

Faktor	Parameter	-	+
A	HTST	Nein	Ja
B	Inline-Mühle	Nein	Ja

6 Ergebnisse und Diskussion

6.1 Versuchsplan 1

Die Festigkeit der Erdbeeren betrug 64 (± 17) Durofel-%. Die Farbakzeptanz betrug 1,22 ($\pm 0,14$). Der Gehalt an monomeren Anthocyanen lag bei 190 (± 2) mg/l.

Die Werte der acht hergestellten Erdbeermarken sind in Tab. 11 aufgelistet.

Tab. 11: Analysen von Erdbeermarken (n.b. = nicht bestimmt)

Verarbeitungstemperatur	pH-Wert	Temperatur °C	Sauerstoff mg/l	pH-Wert	°Brix	Titrierbare Säure g/kg	Anthocyane mg/l	Ascorbinsäure mg/l
Frische Erdbeeren								
20°C	Normal	n.b.	8,65 (± 0)	3,51 (± 0)	8,5 ($\pm 0,1$)	9,3 ($\pm 0,1$)	173 (± 7)	590 (± 0)
20°C	Abgesenkt	n.b.	9,50 (± 0)	2,13 (± 0)	8,6 ($\pm 0,1$)	n.b.	152 (± 16)	666 (± 0)
10°C	Normal	14 (± 0)	13,13 (± 0)	3,53 (± 0)	9,0 ($\pm 0,1$)	8,9 ($\pm 0,8$)	186 (± 16)	685 (± 0)
10°C	Abgesenkt	19 (± 0)	12,68 (± 0)	2,40 (± 0)	8,7 ($\pm 0,3$)	n.b.	178 (± 6)	678 (± 0)
Gefrorene Erdbeeren								
20°C	Normal	23 (± 0)	8,46 (± 0)	3,38 (± 0)	8,5 (± 0)	9,1 ($\pm 0,1$)	194 (± 10)	n.b.
20°C	Abgesenkt	23 (± 0)	8,60 (± 0)	2,48 (± 0)	n.b.	n.b.	134 (± 1)	n.b.
10°C	Normal	-1 (± 0)	14,50 (± 0)	3,19 (± 0)	9,0 (± 0)	8,6 ($\pm 0,1$)	202 (± 30)	n.b.
10°C	Abgesenkt	0 (± 0)	13,00 (± 0)	2,84 (± 0)	n.b.	n.b.	135 (± 3)	n.b.

6.1.1 Temperatur

In Abb. 23 sind die Temperaturen der Lagerräume über den Zeitraum grafisch dargestellt. Die Temperatur im Lagerraum konnte auf Grund der hohen Außentemperaturen nicht konstant bei 20°C gehalten werden. Im Kühlhaus wurde die Lagertemperatur bei 4°C gehalten.

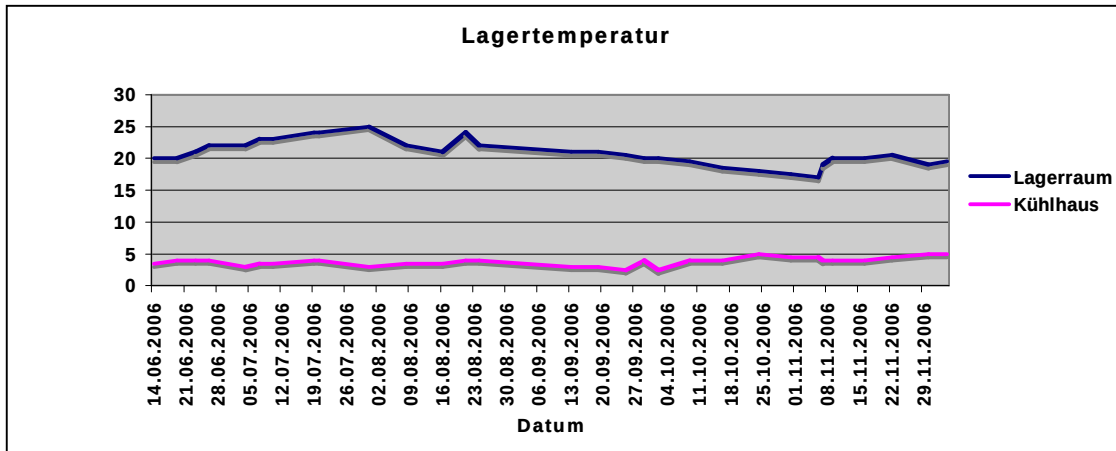


Abb. 23: Lagertemperaturen

6.1.2 Sauerstoffgehalt

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff ist von der Temperatur im Erdbeernektar abhängig. Der Sauerstoffgehalt war bei der Verarbeitungstemperatur von 10°C höher als bei 20°C. Die Sauerstoffsättigung liegt bei 20°C bei 8 mg/l, bei niederen Temperaturen entsprechend höher. Die Werte können Abb. 24 entnommen werden.

Während der Lagerung lag der Gehalt an gelöstem Sauerstoff bei allen Varianten unter 1 mg/l und es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

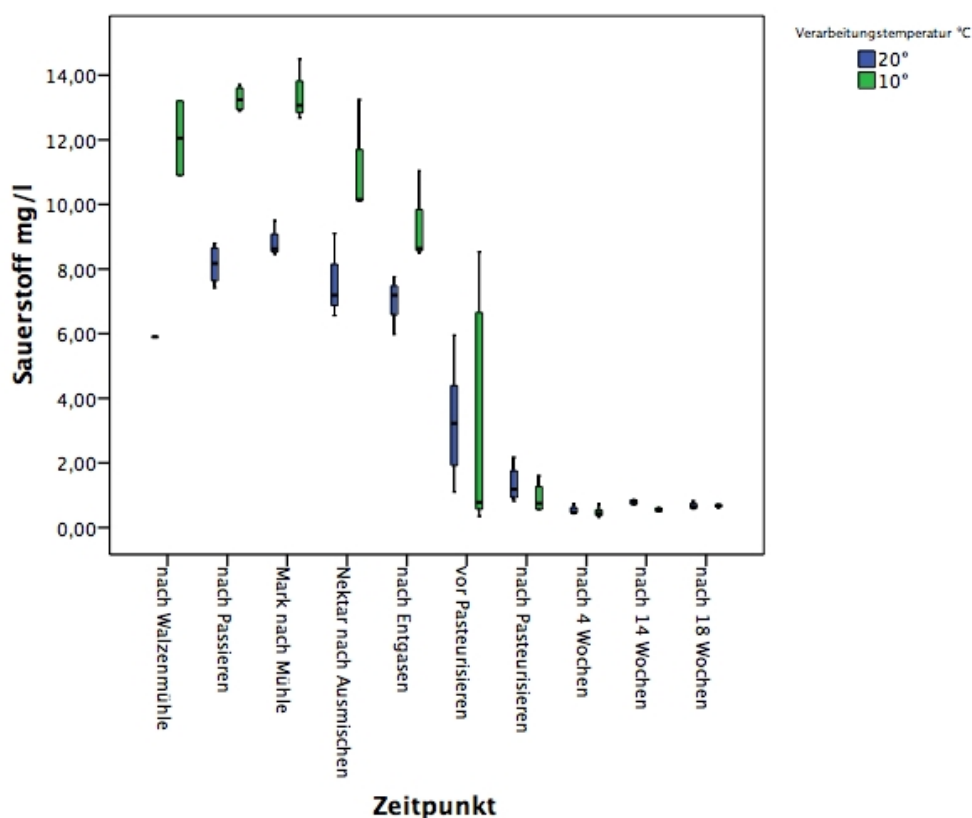


Abb. 24: Gehalt an gelöstem Sauerstoff während Verarbeitung und Lagerung

6.1.3 pH-Wert

In Abb. 25 ist der pH-Wert während der Verarbeitung und Lagerung dargestellt. Die Varianten, bei welchen vor Beginn der Verarbeitung der pH-Wert abgesenkt wurde, zeigten signifikant niedrigere Werte als die anderen. Nach dem Entgasen wurde der pH-Wert wieder angehoben. Der pH-Wert aller Varianten lag nach dem Pasteurisieren bei 3,05 bis 3,10. Dieser Wert stieg während der Lagerung geringfügig auf 3,17 bis 3,52. Ein Anstieg des pH-Wertes während der Lagerung von Erdbeerprodukten beschreibt auch KAINZ [2004] in ihrer Arbeit.

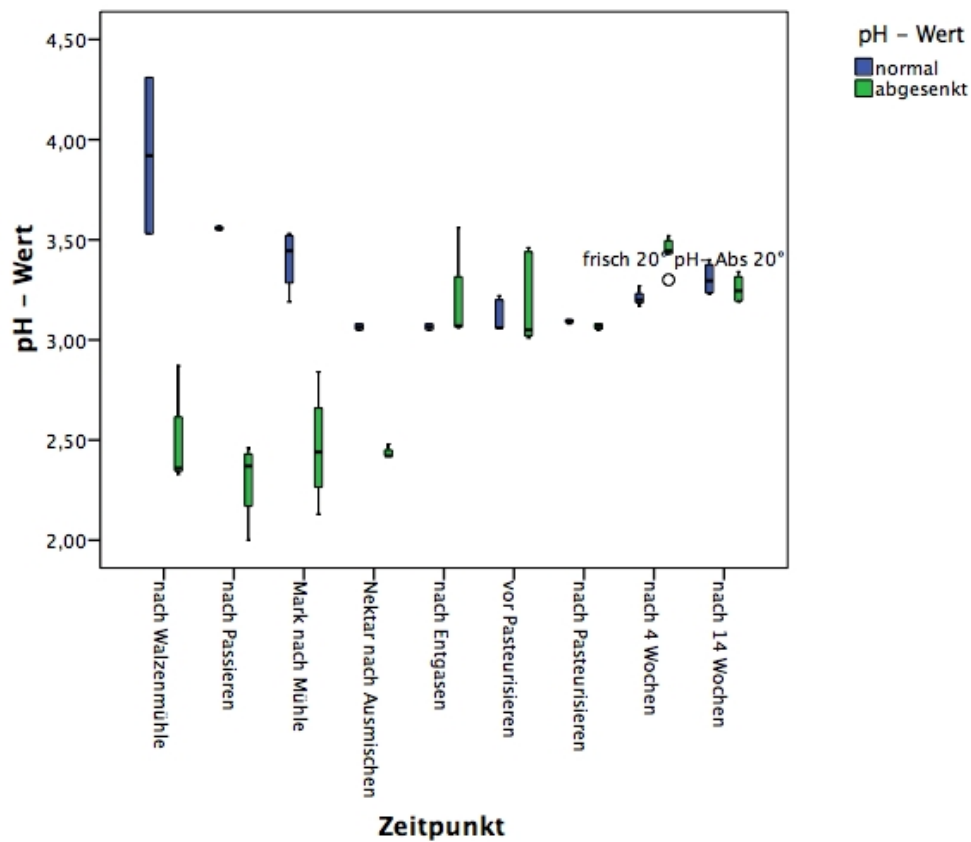


Abb. 25: pH-Wert während der Verarbeitung und Lagerung

6.1.4 Redoxpotenzial

Das Redoxpotenzial im Erdbeernektar sank während der Verarbeitung und stieg dann im Laufe der Lagerung wieder an. Alle Versuchsparameter zeigten in unterschiedlichem Ausmaß einen Einfluss auf das Redoxpotenzial.

Die Verarbeitungstemperatur von 10°C führte zu einem signifikant geringeren Redoxpotenzial (Abb. 26). Dies ist erklärbar durch den signifikant höheren Gehalt an L-Ascorbinsäure in diesen Varianten. Das Milieu ist dadurch reduktiver und führt zu einem geringeren Redoxpotenzial.

In Abb. 27 ist der Einfluss des Tiefrierens auf das Redoxpotenzial dargestellt. Der Nektar aus frisch verarbeiteten Erdbeeren wies während der Verarbeitung und Lagerung ein geringeres Redoxpotenzial auf.

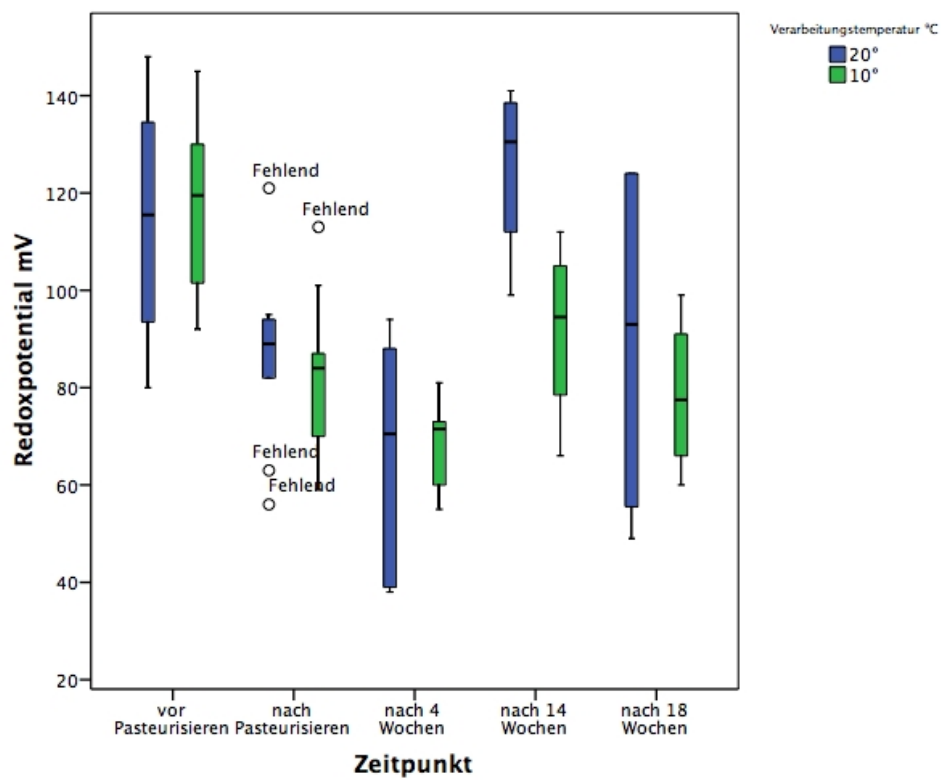


Abb. 26: Redoxpotenzial in Bezug auf die Verarbeitungstemperatur und den Zeitpunkt

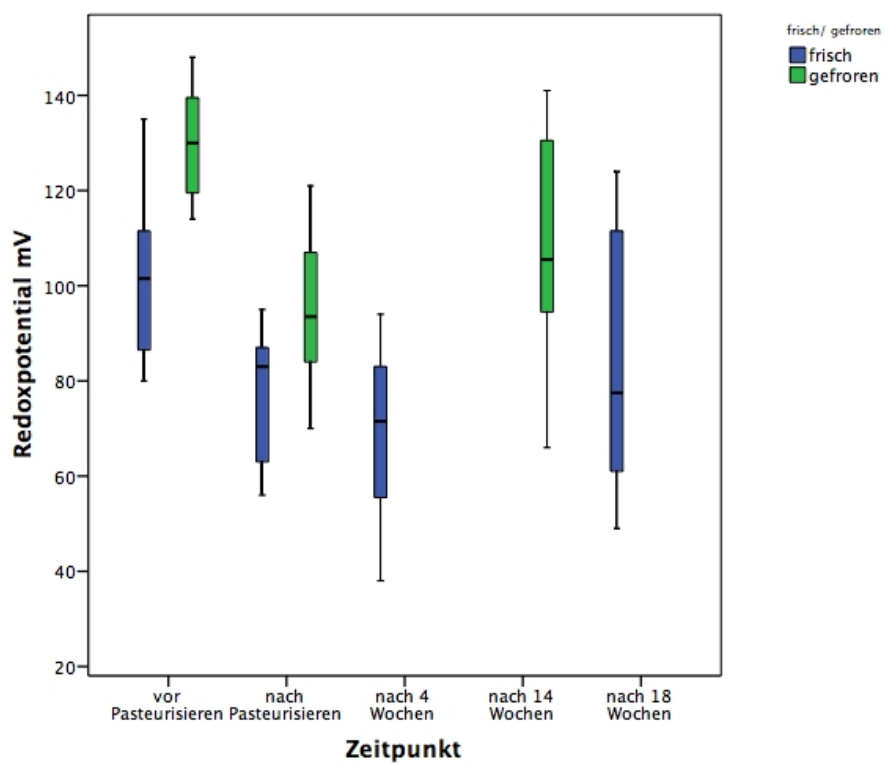


Abb. 27: Redoxpotenzial in Bezug auf das Tieffrieren und den Zeitpunkt

6.1.5 Farbakzeptanz

Der Akzeptanzfaktor der Erdbeeren betrug $1,22 \pm 0,14$, im Nektar vor der Pasteurisation $0,81 \pm 0,02$ und nach der Pasteurisation $0,78 \pm 0,02$.

Die Lagertemperatur hatte einen sehr signifikanten Einfluss auf die Farbstabilität von Erdbeernektar. Die Akzeptanzfaktoren über den Untersuchungszeitraum sind Abb. 28 zu entnehmen.

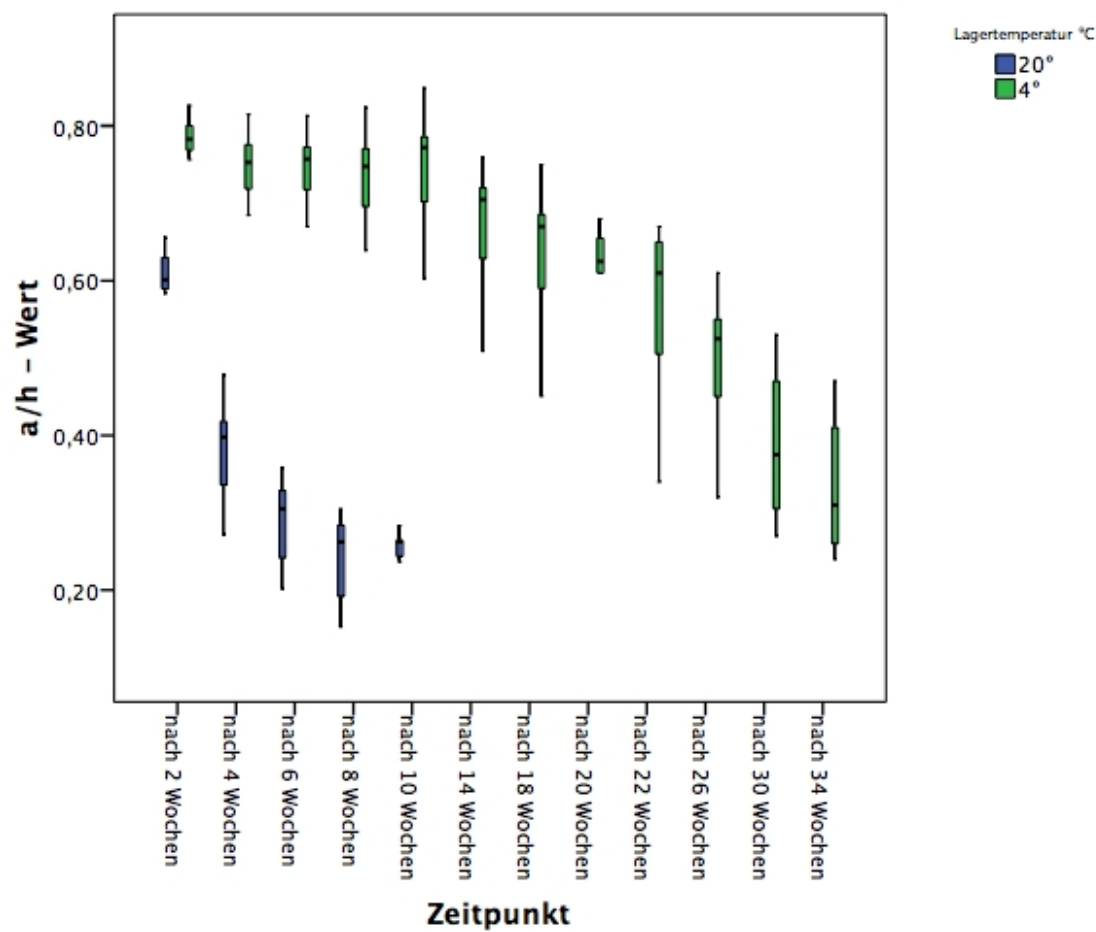


Abb. 28: Akzeptanzfaktor während der Lagerung

Bei einer Lagertemperatur von 20°C behielt der Nektar zwei Wochen seine rote Farbe. Danach nahm die Farbindensität rasant ab und das Produkt wird nicht mehr vom Konsumenten angenommen. Bereits nach vier Wochen lag die Farbakzeptanz beim Wert von 0,4, welcher die Grenze zum nicht akzeptierten Bereich markiert.

Wurden die Nektare hingegen bei 4°C gelagert, erreichten sie nach durchschnittlich 14 Wochen einen Wert von 0,7. Die Varianten 6 (frische Erdbeeren bei 10°C verarbeitet) und 14 (gefrorene Erdbeeren bei 10°C verarbeitet) erreichten nach 18 Wochen einen Wert von 0,7. Erst nach einer Lagerzeit von 30 Wochen erreichten die meisten Varianten Akzeptanzfaktoren < 0,4 und somit den nicht akzeptierten Bereich.

Die Effekte der Faktoren Tieffrieren der Erdbeeren vor der Verarbeitung (A), Verarbeitungstemperatur (B), pH-Wert-Absenkung (C) und Lagertemperatur (D) sind in Tab. 12 angeführt.

Die Varianten unterschieden sich vor der Pasteurisation nicht signifikant hinsichtlich des Akzeptanzfaktors. Nach der Pasteurisation zeigte das Tieffrieren einen signifikant positiven Einfluss (A: 0,04; $p = 0,05$). Nach vier Wochen Lagerung hatten das Tieffrieren (A: 0,05; $p = 0,05$) sowie die Lagertemperatur von 4°C (D: 0,37; $p = 0,001$) signifikant positive Effekte auf die Farbstabilität. Die pH-Wert-Absenkung wirkte sich negativ aus (C: -0,06; $p = 0,01$).

Die Effekte zu späteren Zeitpunkten der Lagerung wurden nur mehr mit den bei 4°C gelagerten Varianten berechnet. Der positive Effekt des Tieffrierens der Erdbeeren vor der Verarbeitung blieb bestehen. Ebenso war der negative Effekt der pH-Wert-Absenkung konstant. Im Laufe der Lagerung konnte noch eine positive Wechselwirkung der Faktoren pH-Wert-Absenkung und Tieffrieren festgestellt werden (Tab. 12).

Tab. 12: Effekte Akzeptanzfaktor; Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert, A = Tiefrieren, B = Verarbeitungstemperatur, C = pH-Wert-Absenkung, D = Lagertemperatur

	Vor Pasteurisieren	Nach Pasteurisieren	Nach 4 Wochen	Nach 8 Wochen	Nach 14 Wochen	Nach 22 Wochen	Nach 30 Wochen
T	0,82	0,78	0,57	0,50	0,67	0,57	0,46
A	-0,01	0,04*	0,05*	0,11**	0,10**	0,11**	0,09*
B	0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,04	-0,08*	-0,03
AB	-0,03	-0,01	0,01	-0,02	0,00	0,04	0,04
C	0,01	-0,01	-0,06**	0,03	-0,07*	-0,09*	-0,08*
AC	-0,02	0,01	0,03	0,02	0,07*	0,08*	0,09*
BC	0,02	0,02	0,02	-0,01	0,03	0,01	0,00
ABC	0,01	0,01	0,00	-0,03	0,01	0,00	-0,02
D	-	-	0,37***	0,41***	-	-	-
AD	-	-	0,01	-0,09**	-	-	-
BD	-	-	0,01	0,10**	-	-	-
ABD	-	-	-0,02	0,09*	-	-	-
CD	-	-	0,03	-0,05	-	-	-
ACD	-	-	-0,01	-0,12**	-	-	-
BCD	-	-	-0,00	0,10**	-	-	-
ABCD	-	-	0,01	0,09**	-	-	-

6.1.6 Anthocyane

Abb. 29 vermittelt einen Überblick über den Gehalt an Gesamtanthocyanen in mg/l berechnet als Pelargonidin-3-glucosid während der Verarbeitung zu Nektar. In Abb. 30 sind die Gesamtanthocyane während der Lagerung in Abhängigkeit der Lagertemperatur dargestellt. Die Effekte der Versuchsparameter sind in Tab. 13 aufgelistet.

Vor dem Pasteurisieren konnten keine signifikanten Effekte der Versuchsparameter auf den Anthocyangehalt berechnet werden. Signifikant negative Effekte ergaben die Faktoren Tiefrieren (A: -12; p = 0,01) und pH-Wert-Absenkung (C: -8; p = 0,05) nach dem Pasteurisieren. Die Verarbeitungstemperatur wirkte sich zu diesem Zeitpunkt positiv aus (B: -8; p = 0,01). Der höhere Verlust von Anthocyanen während der Pasteurisation in Nektaren von gefrorenen Erdbeeren wurde durch eine bessere Stabilität während der

Lagerung kompensiert. Die Lagertemperatur hatte den größten Effekt auf den Gehalt an monomeren Anthocyanen (D: 25; $p = 0,001$) und auch auf die Halbwertszeit. Nach vier Wochen Lagerung gab es auch eine signifikant positive Wechselwirkung der Faktoren Tieffrieren und Lagertemperatur (AD: 8; $p = 0,01$).

Die Anthocyane der bei 20°C gelagerten Varianten hatten eine Halbwertszeit von 378 (± 35) Stunden. Bei einer Lagerung bei 4°C betrug die Halbwertszeit 795 (± 164) Stunden bei Nektar aus frischen Erdbeeren beziehungsweise 4.043 (± 2.001) Stunden bei Nektar aus gefrorenen Erdbeeren. In Tab. 14 sind die Halbwertszeiten der Anthocyane in den einzelnen Varianten aufgelistet. Das Tieffrieren der Erdbeeren vor der Verarbeitung führte in Wechselwirkung mit einer kühlen Lagerung zu signifikant höheren Halbwertszeiten.

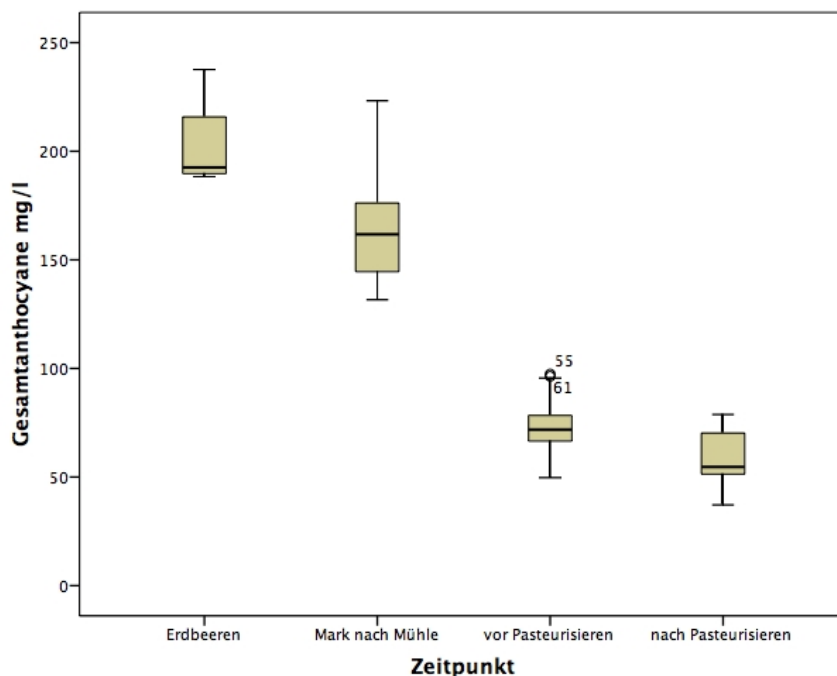


Abb. 29: Gesamtanthocyane während der Verarbeitung

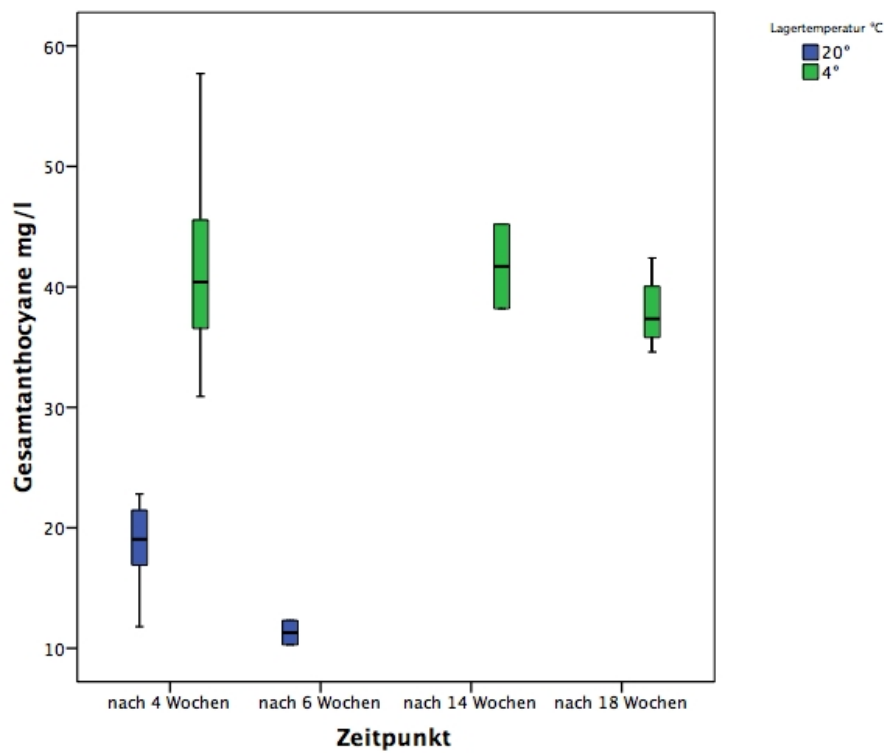


Abb. 30: Gesamtanthocyane während der Lagerung in Abhängigkeit von der Lagertemperatur

Tab. 13: Effekte Anthocyane; Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert, A = Tiefrieren, B = Verarbeitungstemperatur, C = pH-Wert-Absenkung, D = Lagertemperatur

	Vor Pasteurisieren	Nach Pasteurisieren	Nach 4 Wochen
T	79	62	31
A	-1	-12**	3
B	8	-8**	-1
AB	-1	0	-3
C	-5	-8*	-4
AC	-2	1	0
BC	-11	1	3
ABC	12	5	3
D	-	-	25***
AD	-	-	8**
BD	-	-	-1
ABD	-	-	-1
CD	-	-	-1
ACD	-	-	1
BCD	-	-	1
ABCD	-	-	1

Tab. 14: Halbwertszeiten der monomeren Anthocyane in Stunden (Einfachbestimmung)

Variante	Lagertemperatur 20°C	Lagertemperatur 4 °C
1 + 2 (frisch, 20°C)	408	866
3 + 4 (frisch, 20°C, pH-gesenkt)	433	990
5 + 6 (frisch, 10°C)	385	693
7 + 8 (frisch, 10°C, pH-gesenkt)	365	630
9 + 10 (gefroren, 20°C)	365	2310
11 + 12 (gefroren, 20°C, pH-gesenkt)	385	6931
13 + 14 (gefroren, 10°C)	365	3466
15 + 16 (gefroren, 10°C, pH-gesenkt)	315	3466

6.1.7 L-Ascorbinsäure

Der Gehalt an L-Ascorbinsäure nahm während der Verarbeitung stark ab (Abb. 30, Abb. 31). Die Lagertemperatur hatte einen signifikant positiven Einfluss auf den Ascorbinsäuregehalt. In den Varianten, welche vier Wochen bei 20°C gelagert wurden, betrug der Gehalt 94 ± 20 mg/l, in den bei 4°C gelagerten Varianten hingegen 182 ± 44 mg/l.

Die niedere Verarbeitungstemperatur von 10°C hatte einen signifikant positiven Einfluss auf die L- Ascorbinsäure (Abb. 31; einfaktorielle ANOVA $p = 0,5$: 0,008 nach Mühle; 0,290 vor Pasteurisieren; 0,235 nach 4 Wochen). Die pH-Wert-Absenkung hatte keinen Einfluss (Abb. 32).

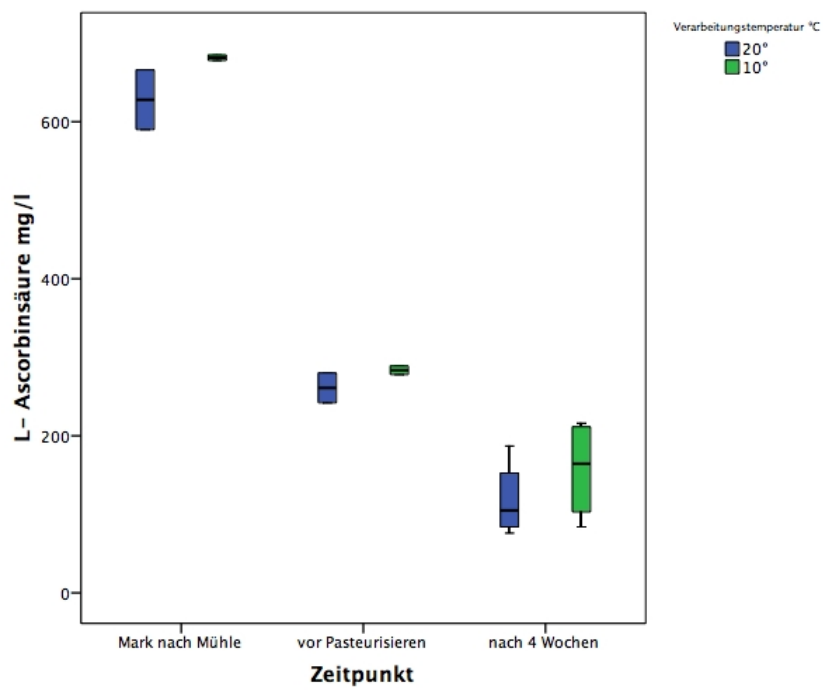


Abb. 31: L-Ascorbinsäure in Abhängigkeit von der Verarbeitungstemperatur

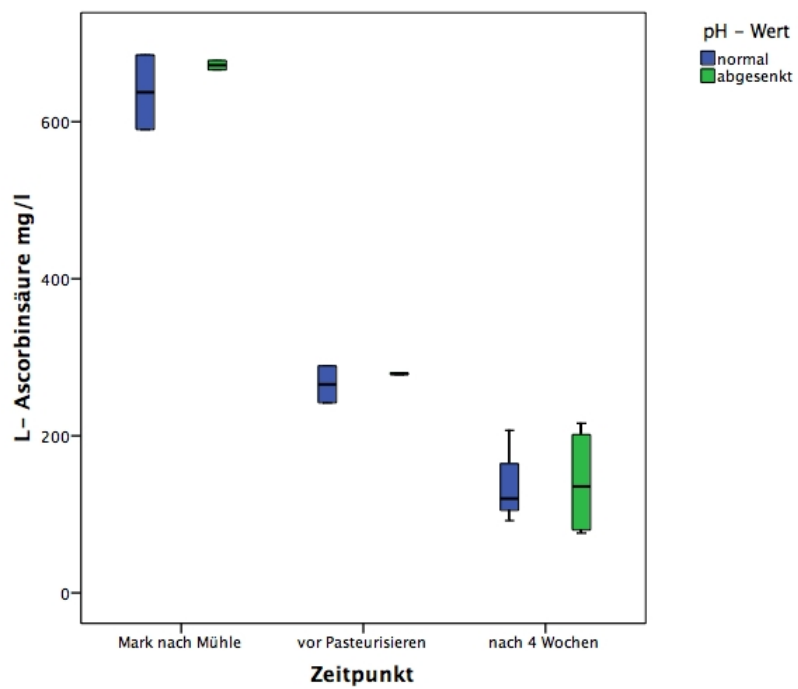


Abb. 32: L-Ascorbinsäure in Abhängigkeit vom Faktor pH-Wert-Absenkung

6.2 Versuchsplan 2

Die Erdbeeren wiesen eine Festigkeit von 71 (± 8) Durofel-% auf. Der Akzeptanzfaktor war 0,94 ($\pm 0,19$). Der Gehalt an monomeren Anthocyanen betrug 600 (± 64) mg/l.

Nach dem Pressen lag der Akzeptanzfaktor bei 1,40 ($\pm 0,00$). Der Anthocyangehalt im Saft betrug 429 (± 0) mg/l. An L-Ascorbinsäure wurden 568 (± 0) mg/l gefunden.

Der Akzeptanzfaktor betrug nach der Schönung bei den oxidierten Varianten 1,24 ($\pm 0,01$). Der Gehalt an Anthocyanen lag bei 250 (± 24) mg/l. Die nicht oxidierten Varianten unterschieden sich mit einem Akzeptanzfaktor von 1,26 ($\pm 0,01$) nicht wesentlich von den oxidierten. Der Anthocyangehalt lag ebenfalls bei 250 (± 5) mg/l.

Der Erdbeersaft hatte 8 (± 0) °Brix und einen Gehalt an Titrierbarer Säure von 8,5 ($\pm 0,1$) mg/l, das Erdbeersaftkonzentrat 70 (± 4) °Brix.

6.2.1 Auswertung optische Beurteilung

Ob der bereits beschriebene Akzeptanzfaktor für Nektare nach MAYER [2006] und GÖSSINGER et al. [2007] in dieser Form für Saft und Konzentrat übernommen werden kann, wurde mit einer optischen Beurteilung durch Konsumenten ermittelt. Die Frage nach der Farbakzeptanz und der Farbintensität zeigten ähnliche Ergebnisse (Abb. 33). Die Standardabweichung bei der Bewertung der Farbintensität war jedoch sehr hoch. Durch Gespräche mit den Kostern ergab sich, dass die Frage unterschiedlich verstanden wurde. Einige beurteilten die Intensität der roten Farbe und andere die Intensität der braunen Farbe. Es wurde daher nur die Farbakzeptanz ausgewertet (ebenfalls Abb. 33).

Am besten bewertet wurde die Probe A. Als „Sehr gut“ beurteilt wurden auch die Proben I und L (> 66 Punkte). Die Proben J, B und D fielen in den Bereich „akzeptabel“ jedoch nicht in „Sehr gut“ (33 bis 66 Punkte) und die

Proben E, F sowie G wurden mit „schlecht“ bewertet (< 33 Punkte). In Abb. 33 ist der Zusammenhang zwischen dem Akzeptanzfaktor und der Kundenakzeptanz zu erkennen. Es ist aber noch ein zweiter Faktor sehr entscheidend. Je höher der C- Wert (Intensität) desto besser die Bewertung.

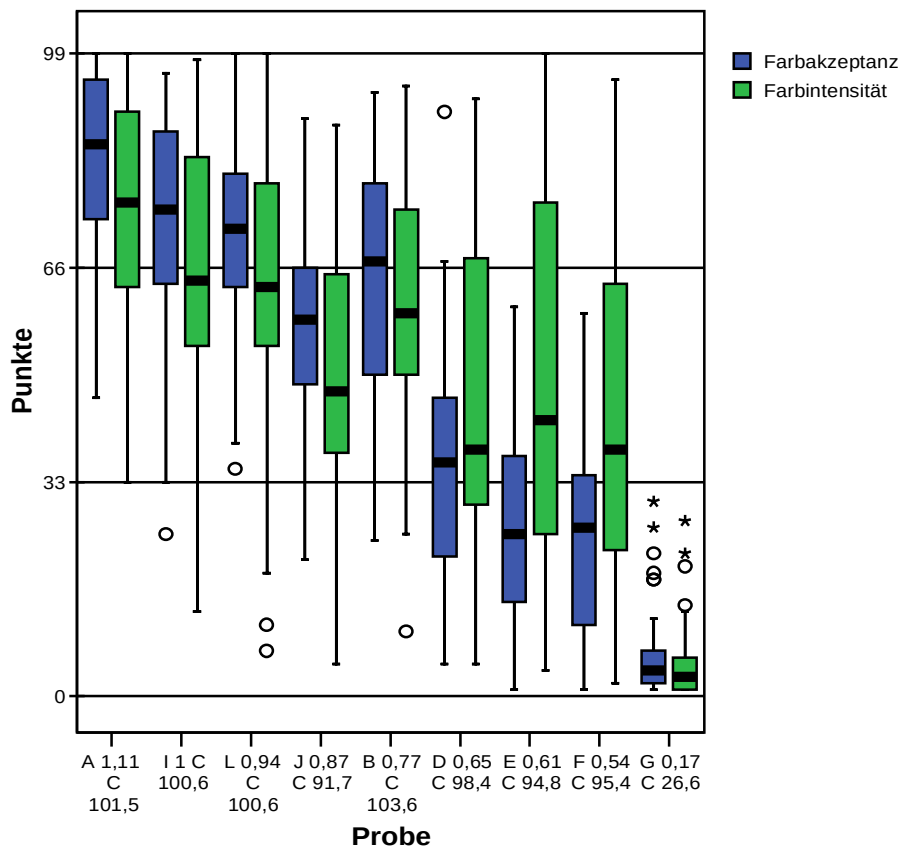


Abb. 33: Bewertung Farbakzeptanz und Farbintensität: > 66 Punkte = Sehr gut; 33 bis 66 Punkte = akzeptabel; < 33 Punkte = Nicht akzeptabel bzw. schlecht (Probe A: a*/h°-Wert 1,11; C*-Wert 101,50; Probe I: a*/h°-Wert 1,01; C*-Wert 96,75; Probe L: a*/h°-Wert 0,94; C*-Wert 100,63; Probe J: a*/h°-Wert 0,87; C*-Wert 91,72; Probe B: a*/h°-Wert 0,77; C*-Wert 103,66; Probe D: a*/h°-Wert 0,65; C*-Wert 98,39; Probe E: a*/h°-Wert 0,61; C*-Wert 94,81; Probe F: a*/h°-Wert 0,54; C*-Wert 95,42; Probe G: a*/h°-Wert 0,17; C*-Wert 26,64.

Für den Parameter Farbakzeptanz können nach Tukey-HSD Untergruppen gebildet werden. Diese sind mit den Mittelwerten in Tab. 15 angegeben.

Die Korrelation zwischen der Farbakzeptanz und dem a*/h°-Wert ist höher als bei den anderen Werten (Tab. 16). Somit kann auch bei Säften der Akzeptanzfaktor zur Beurteilung herangezogen werden.

Ein a^*/h° -Wert bis 0,65 wird akzeptiert. Erdbeersäfte mit einem Wert von mehr als 0,90 werden mit „Sehr gut“ beurteilt. Ein hoher C^* -Wert wirkt sich positiv auf die Beurteilung aus. Der C^* -Wert alleine eignet sich jedoch nicht als Maß für die Farbakzeptanz beim Konsumenten (Abb. 33).

Tab. 15: Punkte Farbakzeptanz Untergruppen nach Tukey-HSD ($\alpha=0,05$)

	1	2	3	4	5	6
G	5,46					
F		24,82				
E		27,13				
D			35,37			
J				56,64		
B				63,43		
L					71,29	
I					73,21	
A						83,21
Signifikanz	1,000	0,982	1,000	0,059	0,995	1,000

Tab. 16: Korrelation Farbakzeptanz mit Farbwerten (Korrelation ist auf einem Niveau von 0,01 signifikant)**

	a^*/h°	$L^*(D65)$	$a^*(D65)$	$b^*(D65)$	$C^*(D65)$	$h^\circ(D65)$
Farbakzeptanz	0,833**	-0,300**	0,804**	0,446**	0,577**	-0,763**

6.2.2 Trübung

Die natürliche Trübung im Erdbeersaft wird durch Schönung verbessert. Die Trübung könnte die Farbmessung beeinflussen, da es sich um eine Transmissionsmessung handelt. Dann wäre es nötig die Säfte zu filtrieren. Bei den Varianten, welche zur Auswertung herangezogen wurden, war eine Filtration nicht notwendig. Es kann zu leichten Farbunterschieden auf Grund der Trübung kommen, da die Proben nicht filtriert wurden.

Eine gezielte Oxidation des Saftes vor der Schönung und der weiteren Verarbeitung hatte einen signifikant positiven Einfluss auf die Trübung. Dieser Trend kehrte sich jedoch um und führte zu einer signifikant höheren Trübung bereits vor dem Pasteurisieren und während der Lagerung (Abb. 34).

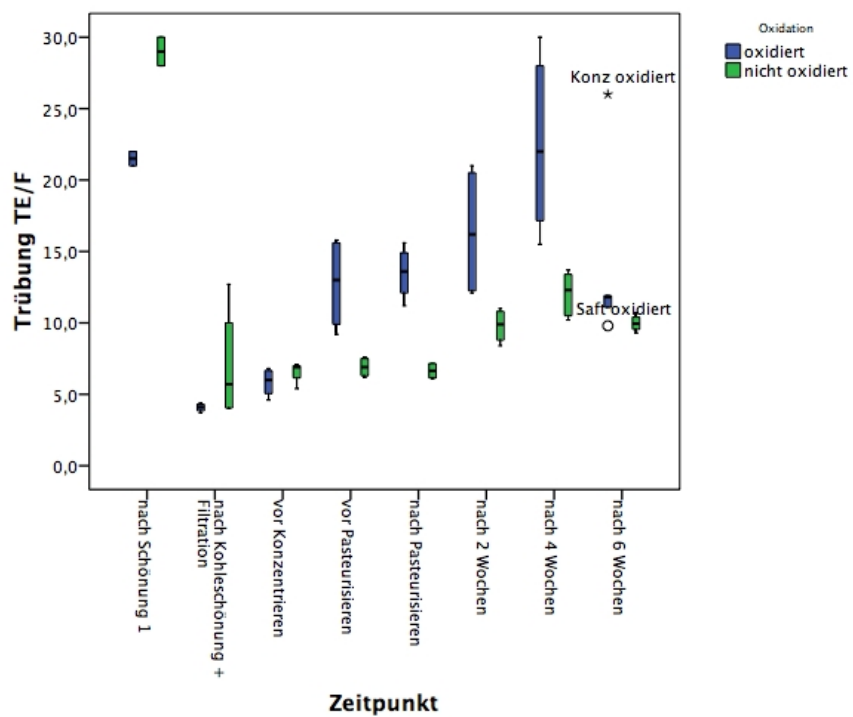


Abb. 34: Einfluss der gezielten Oxidation auf die Trübung während der Verarbeitung und Lagerung

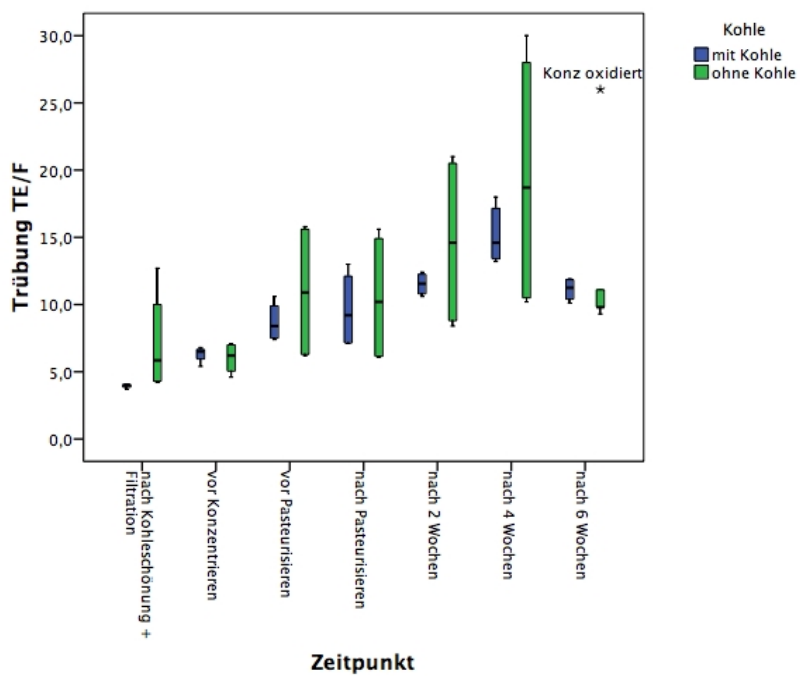


Abb. 35: Einfluss der Kohleschönung auf die Trübung während der Verarbeitung und Lagerung

Die Kohleschönung wirkte sich wie erwartet positiv auf die Trübung aus. Die Trübungswerte waren bei den kohlegeschönten Varianten signifikant geringer als bei den unbehandelten Varianten (Abb. 35).

Insgesamt stiegen die Trübungswerte bei allen Varianten während der ersten vier Wochen Lagerung an und sanken dann wieder. Der Anstieg der Trübung wird auch in der Literatur bei GARZÓN und WROLSTAD [2002] beschrieben.

6.2.3 Temperatur

Die Temperatur von Erdbeersaft während der Verarbeitung und Lagerung ist in Abb. 36 dargestellt. Nach sechs Wochen Lagerung in einem dunklen Raum lag die Temperatur bei 25 bis 27°C. Durch die enorm hohen Außentemperaturen von bis zu 34°C konnte die Lagertemperatur nicht konstant bei 20°C gehalten werden. Nach 18 Wochen betrug die Temperatur im Saft 22°C.

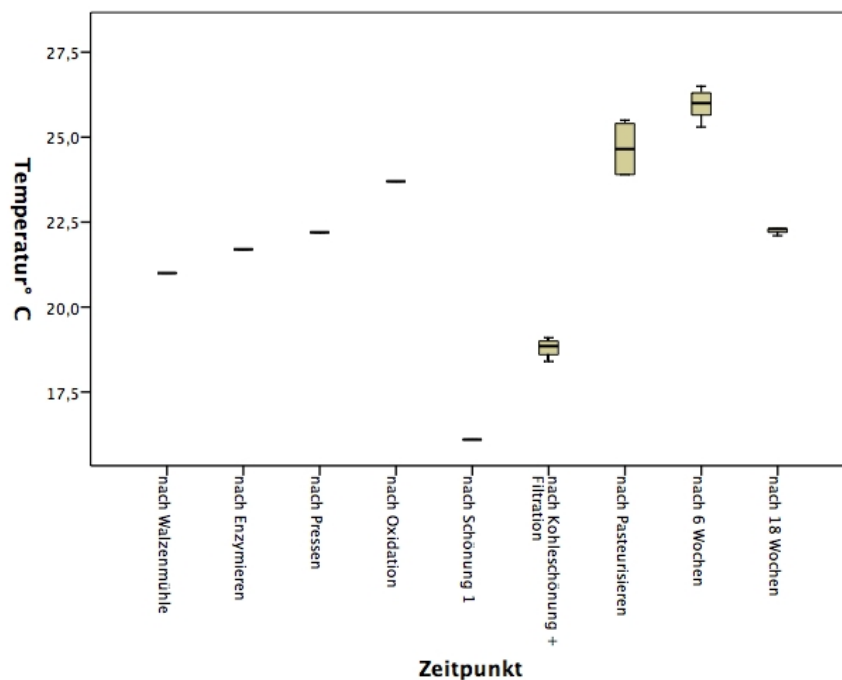


Abb. 36: Temperaturverlauf während der Verarbeitung und Lagerung

6.2.4 Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt erreichte durch die gezielte Oxidation einen Wert von 7,97 mg/l. Durch die Pasteurisation wurde der Gehalt an gelöstem Sauerstoff gesenkt, in den oxidierten Varianten jedoch signifikant weniger. Während der Lagerung kam es in allen Varianten zu einem Absinken des Sauerstoffgehaltes. Zu diesem Zeitpunkt unterschieden sich die oxidierten und nicht oxidierten Varianten nicht signifikant voneinander (Abb. 37).

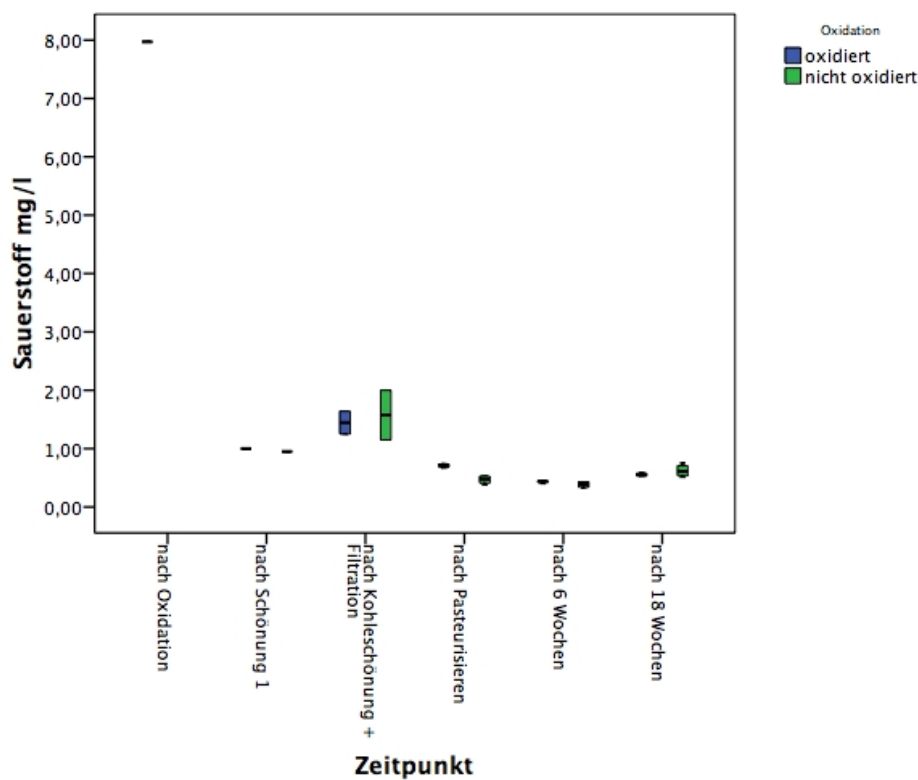


Abb. 37: Sauerstoffgehalt während der Verarbeitung und Lagerung

6.2.5 pH-Wert

Der pH-Wert veränderte sich nicht während der Verarbeitung und Lagerung. Er lag stets im Bereich von 3,52 bis 3,67.

6.2.6 Redoxpotenzial

Das Redoxpotenzial sank durch die Pasteurisation und während der ersten sechs Wochen der Lagerung. Anschließend stiegen die Werte wieder geringfügig an (Abb. 38).

Die Varianten unterschieden sich in Bezug auf das Redoxpotenzial nicht signifikant untereinander.

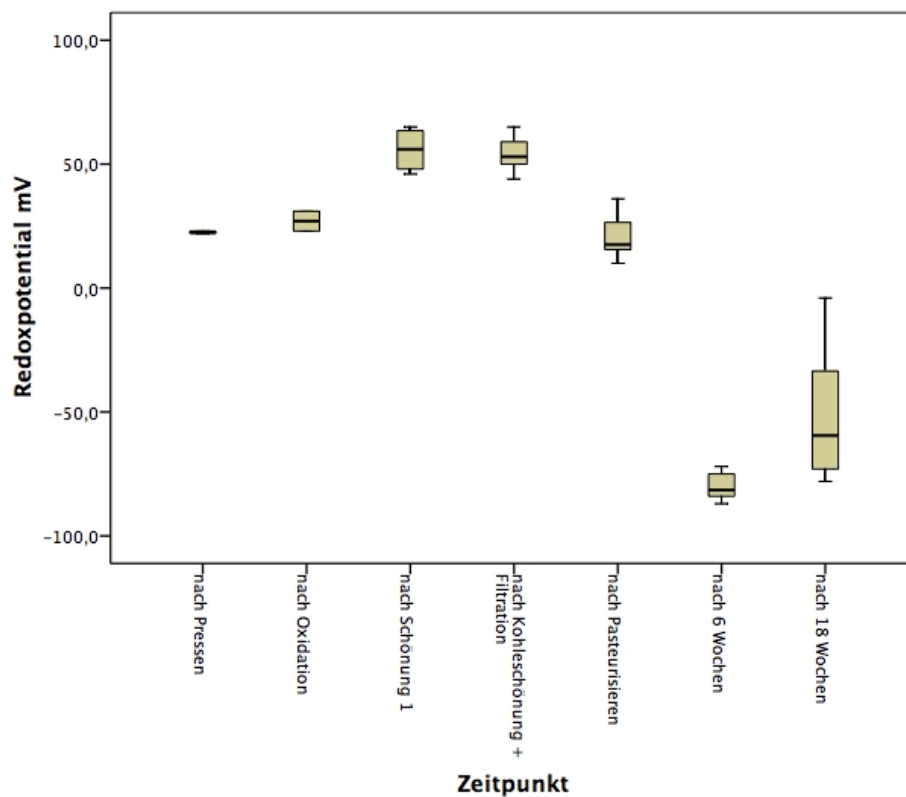


Abb. 38: Redoxpotenzial während der Verarbeitung und Lagerung

6.2.7 Akzeptanzfaktor

Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen Erdbeersaft und Erdbeersaftkonzentrat in Bezug auf den analysierten Parameter Akzeptanzfaktor. Dieser Unterschied ist in Abb. 39 gut zu erkennen. Der Saft erreichte nach acht Wochen Lagerung bei 20°C einen a^*/h° -Wert von weniger

als 0,65 und lag somit im nicht mehr akzeptierten Bereich (siehe Abb. 33). Der Akzeptanzfaktor blieb über den Untersuchungszeitraum von 22 Wochen in dem Bereich um 0,60. Das Konzentrat erreichte nach sechs Wochen Lagerung bei 20°C einen Wert von annähernd 0,65. Im weiteren Verlauf der Lagerung stieg der Akzeptanzfaktor bei Konzentrat wieder an. Dieses Ergebnis ist auf die Copigmentierung und Bildung von Polymeren zurückzuführen. Diese wirken sich positiv auf den Akzeptanzfaktor aus, obwohl die Farbe nicht mehr den Erwartungen entspricht. In Konzentraten erfolgt diese Reaktion auf Grund der höheren Konzentration der Inhaltsstoffe entsprechend schneller.

Die berechneten Effekte der Versuchsparameter Oxidation (A), Kohleschönung (B) und Konzentrieren (C) sind in Tab. 17 aufgelistet.

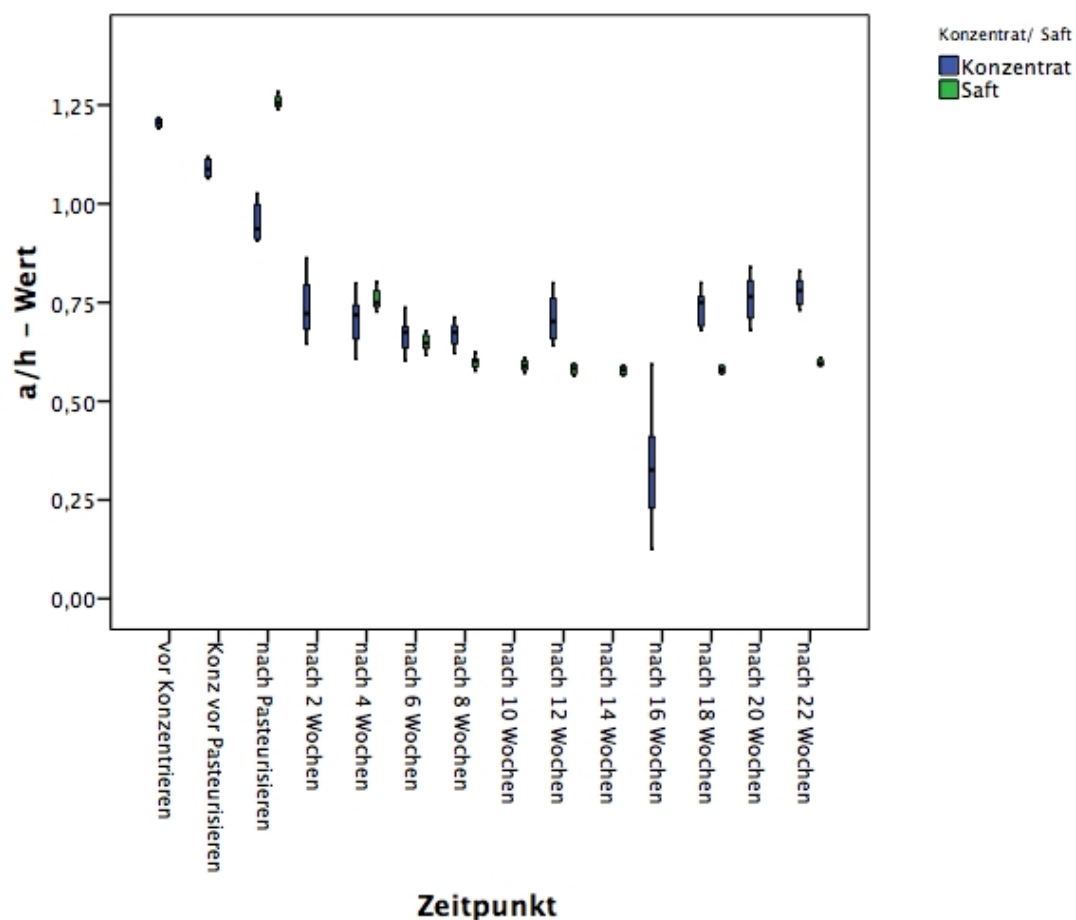


Abb. 39: Verlauf Akzeptanzfaktor während Verarbeitung und Lagerung (Ausreißer durch Fremdmessung)

Die Oxidation von Saft hatte einen signifikant positiven Effekt (A: -0,03; $p = 0,01$) auf den Akzeptanzfaktor zum Zeitpunkt vor der Pasteurisation.

Für den Parameter Kohleschönung konnten keine signifikanten Effekte berechnet werden.

Konzentrieren zeigte signifikant negative Effekte auf den Akzeptanzfaktor zu den Zeitpunkten vor der Pasteurisation (C: -0,13; $p = 0,001$) sowie nach der Pasteurisation (C: -0,30; $p = 0,001$). Der Farbverlust zwischen den Verarbeitungsschritten Pressen und Pasteurisieren war beim Konzentrat signifikant höher als beim Saft (C: 0,13; $p = 0,001$). Während der ersten vier Wochen Lagerung war der Verlust jedoch beim Saft signifikant höher (C: -0,24; $p = 0,01$).

Obwohl die Kohleschönung und Konzentrierung nach vier Wochen Lagerung einen signifikanten Unterschied zwischen den Varianten bewirkten (Berechnung erfolgte mit einer Univariaten Varianzanalyse), konnten nach vier Wochen keine signifikanten Effekte berechnet werden.

Die Trübung könnte den Akzeptanzfaktor beeinflussen (Korrelation -0,647; $p = 0,01$). Dieser Faktor wurde jedoch nicht weiter untersucht. Der Akzeptanzfaktor korrelierte mit dem Anthocyangehalt (0,735; $p = 0,01$). Die signifikante Korrelation mit dem Anthocyangehalt war auch nach vier Wochen Lagerung gegeben (0,534; $p=0,05$).

Tab. 17: Effekte Akzeptanzfaktor; Signifikanzlevel: * ($p = 0,05$); ** ($p = 0,01$); * ($p = 0,001$); T = Mittelwert; A = Oxidation, B = Kohle, C = Saft/Konzentrat**

	Vor Pasteurisieren	Nach Pasteurisieren	Nach 4 Wochen	Differenz nach Pressen/vor Past.	Differenz nach Past./nach 4 Wochen
T	1,15	1,11	0,73	0,25	0,37
A	-0,03**	-0,05	0,01	0,04**	-0,063
B	0,01	0,00	-0,04	-0,01	0,04
AB	-0,00	-0,01	0,05	0,00	-0,05
C	-0,13***	-0,30***	0,05	0,13***	-0,24**
AC	-0,01	-0,03	-0,05	0,02	-0,08
BC	0,00	0,03	0,01	0,00	0,03
ABC	-0,00	-0,02	-0,04	0,00	-0,06

6.2.8 Anthocyane

Die Werte der gefundenen Gesamtanthocyane in Erdbeeren sowie nach den verschiedenen Verarbeitungsschritten sind in Abb. 40 dargestellt. Nach zwölf Wochen Lagerung waren bereits kaum mehr monomere Anthocyane vorhanden.

Die Effekte der Versuchsparameter Oxidation (A), Kohleschönung (B) und Konzentrieren (C) können Tab. 18 entnommen werden.

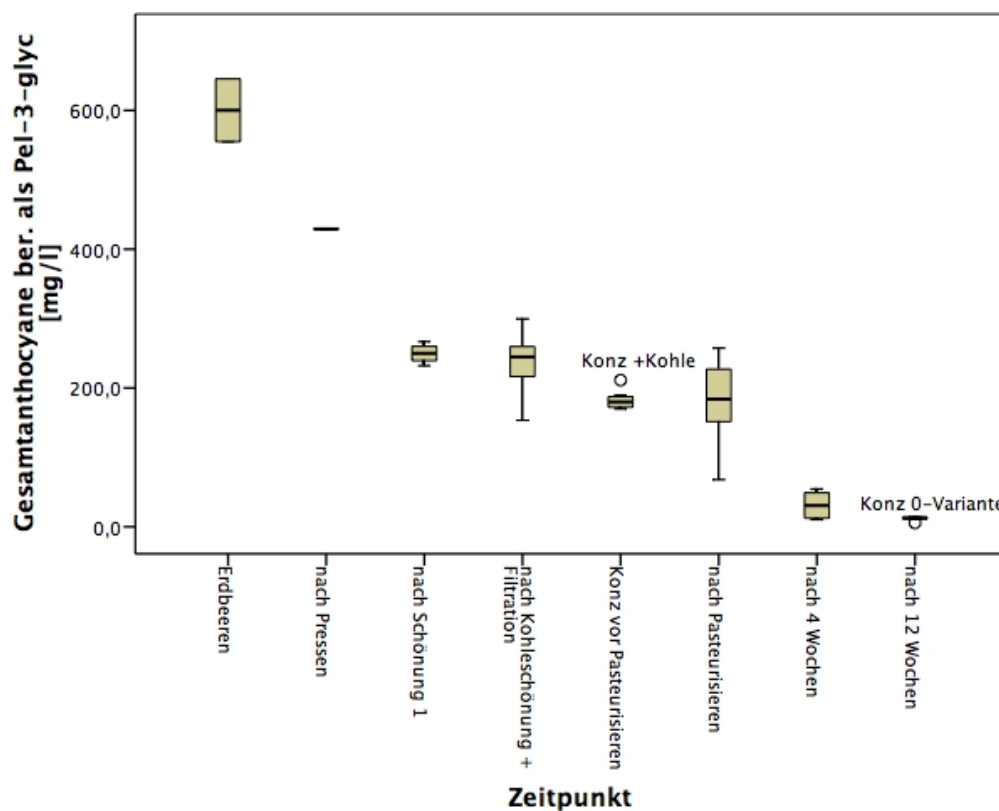


Abb. 40: Anthocyane berechnet als Pelargonidin-3-glucosid in mg/l während der Verarbeitung und Lagerung von Saft und Konzentrat

Signifikante Effekte auf den Gesamtanthocyangehalt zeigte lediglich das Konzentrieren. Die konzentrierten Varianten zeigten zu jedem gemessenen Zeitpunkt einen signifikant größeren Verlust von monomeren Anthocyanen (Tab. 18). Auch während der Verarbeitung war der Verlust in den Konzentraten signifikant höher als in den Säften (C: 59; $p = 0,01$). Während der ersten vier

Wochen Lagerung war es jedoch umgekehrt und der Verlust war in den Säften signifikant größer (C: -55; $p = 0,05$).

Die Halbwertszeit der Anthocyane im Saft beträgt 305 (± 17) h, im Konzentrat 208 (± 48) h. Die genauen Zahlen der verschiedenen Varianten können Tab. 19 entnommen werden.

Tab. 18: Effekte Anthocyane; Signifikanzlevel: * ($p = 0,05$); ** ($p = 0,01$); * ($p = 0,001$); T = Mittelwert; A = Oxidation; B = Kohleschönung, C = Saft/Konzentrat**

	Vor Pasteurisieren	Nach Pasteurisieren	Nach 4 Wochen	Differenz nach Pressen/vor Past.	Differenz nach Past./nach 4 Wochen
T	207	180	31	222	149
A	-36	-35	-2	37	-33
B	-22	-15	-3	22	-12
AB	-3	-14	1	3	-15
C	-59**	-92**	-37***	59**	-55*
AC	25	-14	1	-25	-15
BC	18	-20	1	-18	-21
ABC	6	-33	2	-6	-35

Tab. 19: Halbwertszeit der Anthocyane (Einfachmessung)

Variante	Saft	Konzentrat
1 + 2 (oxidiert + Kohle)	289	277
3 + 4 (oxidiert)	330	182
5 + 6 (nicht oxidiert + Kohle)	301	169
7 + 8 (nicht oxidiert)	301	204

6.2.9 L-Ascorbinsäure

Die L-Ascorbinsäure wurde zu drei verschiedenen Zeitpunkten gemessen. Die Werte sind in Abb. 41 grafisch veranschaulicht.

Die Effekte der Faktoren Oxidation (A), Kohleschönung (B) und Konzentrierung (C) sind in Tab. 20 dargestellt.

Jeder einzelne Faktor zeigte vor dem Pasteurisieren einen signifikanten Effekt auf den Gehalt an L-Ascorbinsäure. Oxidation und Kohleschönung hatten

einen signifikant stabilisierenden Effekt auf L Ascorbinsäure (A: -23; $p = 0,01$. B: -20; $p = 0,05$). Das Konzentrieren führte zu einem signifikant geringeren Gehalt an L-Ascorbinsäure (C: -77; $p = 0,001$). Der Verlust von L-Ascorbinsäure zwischen der Pasteurisation und vier Wochen Lagerung war in den konzentrierten Varianten geringer (C: -116; $p = 0,01$).

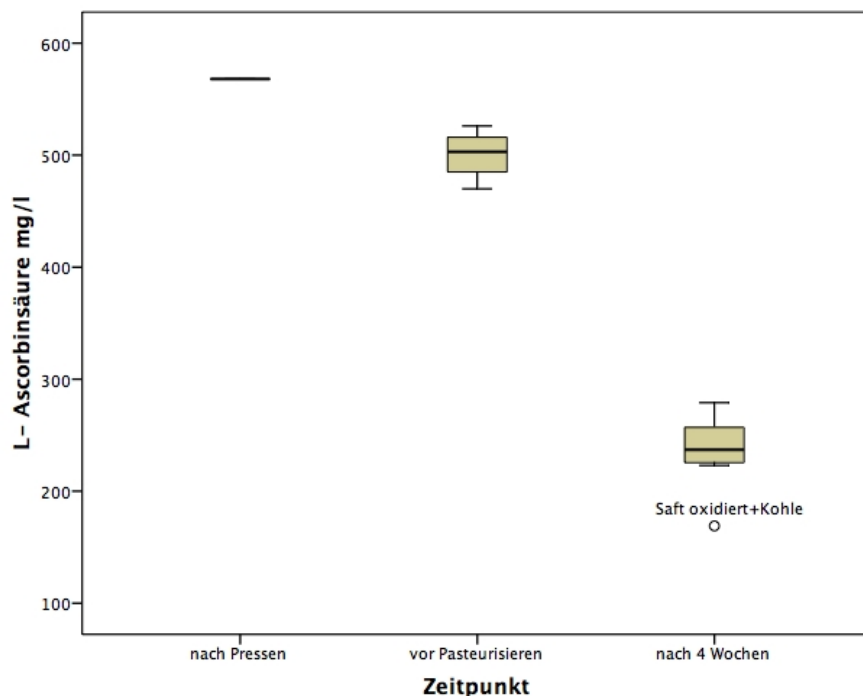


Abb. 41: L- Ascorbinsäure während Verarbeitung und Lagerung

Tab. 20: Effekte Ascorbinsäure; Signifikanzlevel: * ($p = 0,05$); ** ($p = 0,01$); *** ($p = 0,001$); T = Mittelwert; A = Oxidation; B = Kohleschönung, C = Saft/Konzentrat

	Vor Pasteurisieren	Nach 4 Wochen	Differenz vor Past/ nach 4 Wochen
T	539	236	303
A	-23**	-17	-6
B	-20*	-11	-8
AB	-1	5	-5
C	-77***	39	-116**
AC	-2	14	-16
BC	-12	30	-41
ABC	-5	28	-32

6.2.10 Versuch mit Gummi arabicum

Gummi arabicum hatte keinen Einfluss auf die Farbstabilität, weder auf den Akzeptanzfaktor noch auf den Gehalt an monomeren Anthocyanen (Abb. 42). Es zeigte sich lediglich - wie erwartet - ein Einfluss auf die Trübung. Nach einer Lagerperiode von sechs Wochen war die Trübung signifikant höher in der Variante, welche mit Gummi arabicum stabilisiert wurde, als in der nicht stabilisierten (TE/F $12,2 \pm 0,1$ bzw. $9,6 \pm 0,4$).

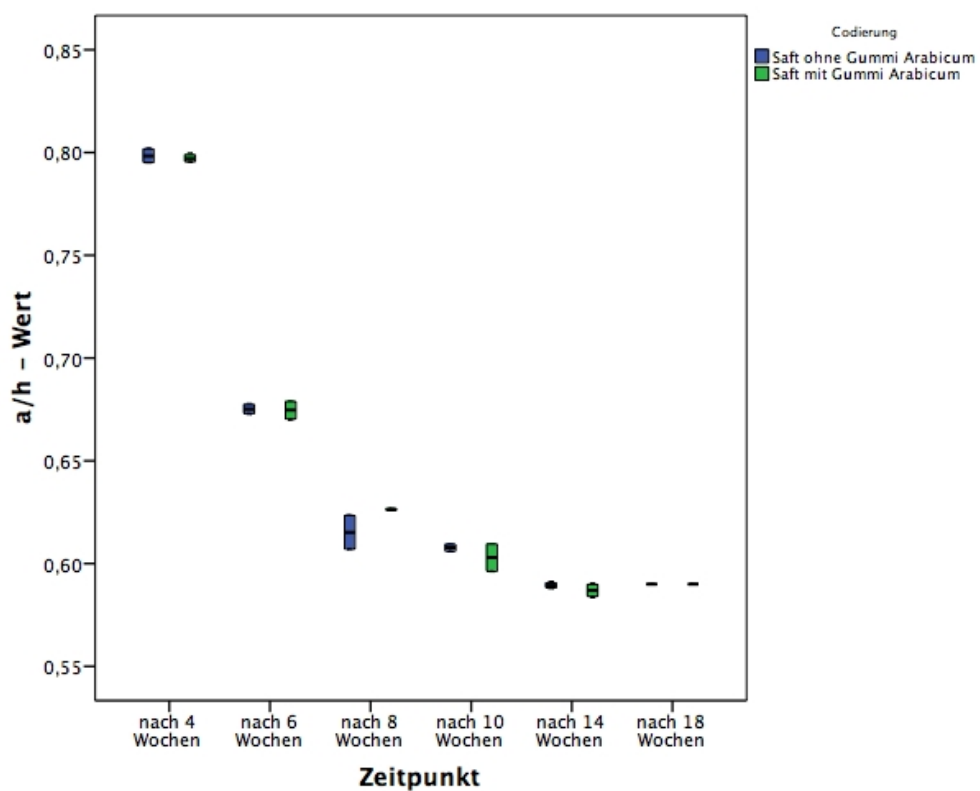


Abb. 42: Akzeptanzfaktor im Verlauf der Lagerung

6.2.11 Versuch: Tiefrieren von Saft vor der Pasteurisation

Das Tiefrieren und dann wieder Auftauen von Erdbeersaft zeigte eine signifikant stabilisierende Wirkung auf den Akzeptanzfaktor während der Lagerung (Abb. 43).

Die Trübung nahm durch Gefrieren zu. Durch das Pasteurisieren nahm die Trübung ebenfalls zu. Bei der nicht tiefgefrorenen Variante stieg die Trübung während der Pasteurisation mehr an, so dass nach der Pasteurisation signifikant geringere Trübungswerte bei der tiefgefrorenen Variante gemessen wurden (Tab. 21).

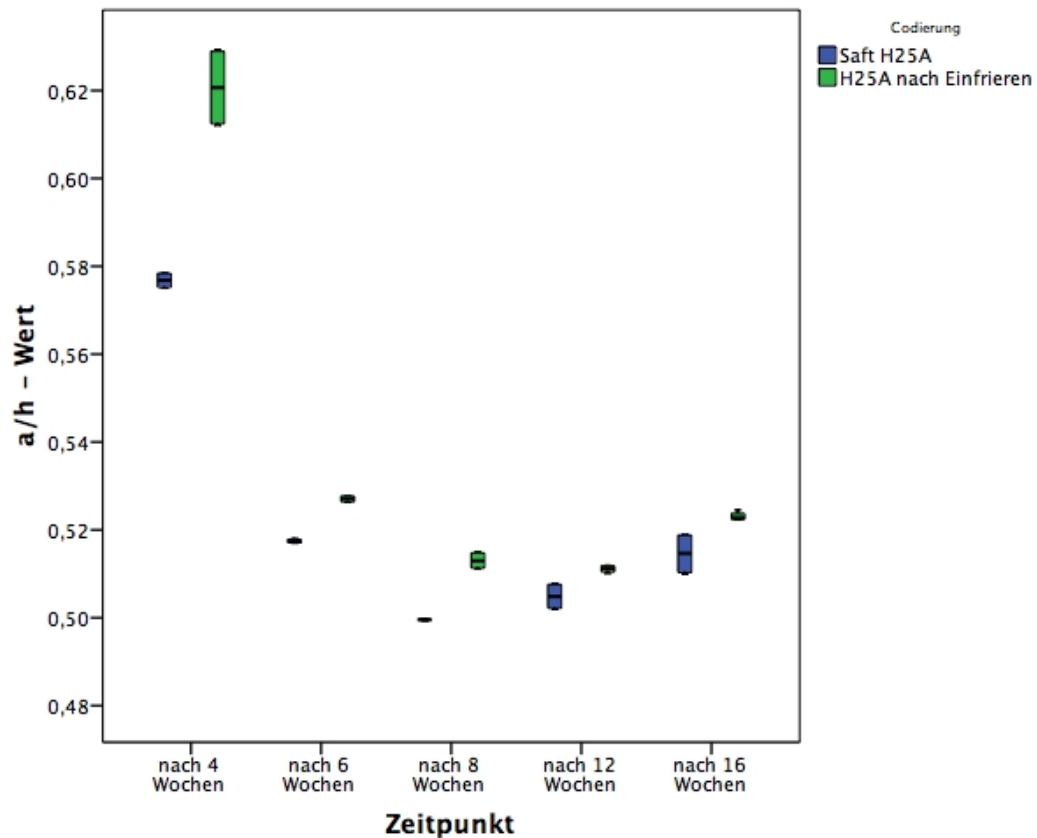


Abb. 43: Akzeptanzfaktor von tiefgefrorenem und wieder aufgetautem Saft während der Lagerung

Tab. 21: Trübungswerte von tiefgefrorenem und wieder aufgetautem Saft

Zeitpunkt	Variante	Trübung TE/F
Vor Tiefrieren	Ohne + mit Tiefrieren	20,5 ($\pm 0,7$)
Nach Tiefrieren	Ohne + mit Tiefrieren	39,5 ($\pm 3,5$)
Nach Pasteurisieren	Ohne Tiefrieren	62,5 ($\pm 13,4$)
Nach Pasteurisieren	Mit Tiefrieren	47,0 ($\pm 2,8$)

6.3 Versuchsplan 3

Die zu verarbeitenden Erdbeeren wiesen eine Festigkeit von 47 (± 3) Durofel-% auf. Der Akzeptanzfaktor lag bei 1,10 ($\pm 0,23$) und der Gehalt an monomeren Anthocyanen betrug 313 (± 71) mg/l. Die große Standardabweichung ist bedingt durch natürliche Schwankungen des Farbstoffgehalts in Erdbeeren.

Das Erdbeermark, welches aus HTST-behandelten Erdbeeren hergestellt wurde, wies einen Anthocyangehalt von 291 (± 76) mg/l auf. Der Gehalt an Ascorbinsäure betrug 586 (± 18) mg/l. Höhere Gehalte wies das Mark aus nicht erhitzten Erdbeeren auf. Hier wurden 360 (± 7) mg/l monomere Anthocyane und 627 (± 23) mg/l L-Ascorbinsäure ermittelt.

Der hergestellte Nektar hatte einen Zuckergehalt von 13,7 ($\pm 0,5$) °Brix und 6,6 (± 0) g/kg Titrierbare Säure.

6.3.1 Temperatur

Die Temperatur von Nektar war während der Verarbeitung bei den HTST-behandelten Varianten höher. Die zerkleinerten Erdbeeren hatten eine Temperatur von 30°C nach HTST-Behandlung und 20°C ohne HTST-Behandlung. Bis zum Zeitpunkt des Pasteurisierens erreichten alle Varianten Temperaturen von 26,0°C. Die Varianten der nicht HTST-behandelten Nektare wurden erst am Nachmittag pasteurisiert und wurden auf Grund der Umgebungstemperatur von 28°C ebenfalls knapp 26°C warm. Der Temperaturverlauf ist in Abb. 44 dargestellt. Die Temperatur hatte einen Einfluss auf die Werte von gelöstem Sauerstoff und Redoxpotenzial. Die Sauerstoffsättigung in Erdbeernektar liegt eigentlich bei 8 mg/l. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt werden jedoch höhere Werte gemessen.

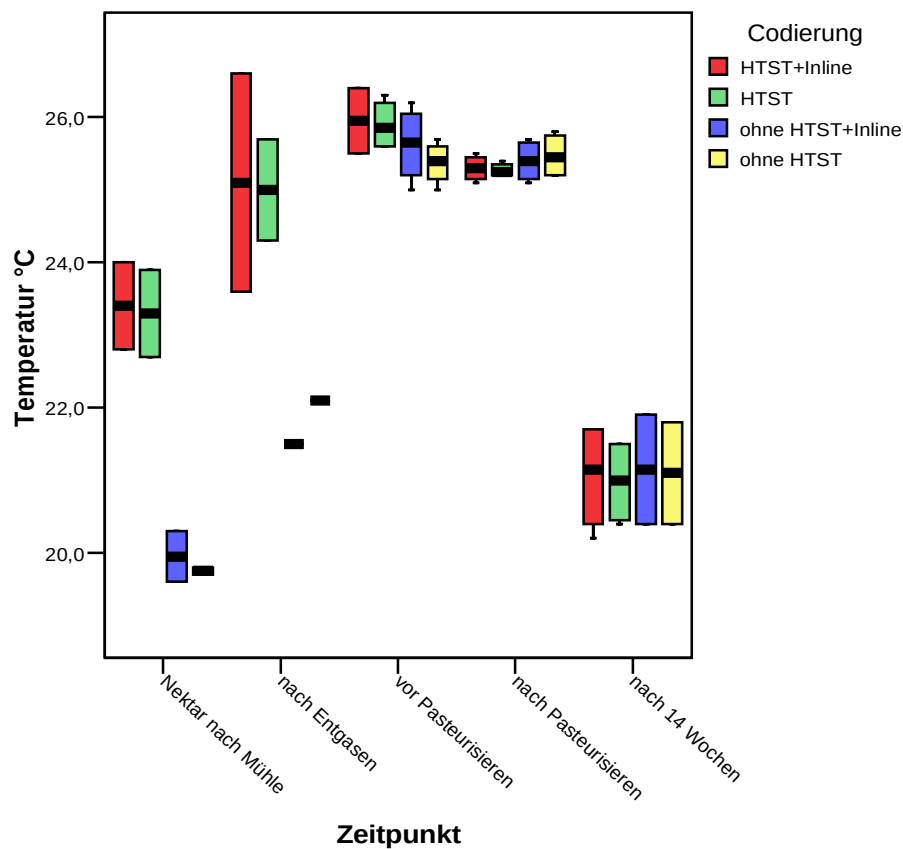


Abb. 44: Temperaturverlauf während der Verarbeitung und Lagerung

6.3.2 Sauerstoffgehalt

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff in mg/l wurde in den HTST-behandelten Nektaren durch das Entgasen nicht erheblich gesenkt. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die Phenoloxidasen durch die Erhitzung inaktiviert wurden und somit der gelöste Sauerstoff nicht so schnell verarbeitet werden konnte. Der Einsatz der Inline-Mühle hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Sauerstoffgehalt. Nach der Pasteurisation lagen die Gehalte aller Varianten zwischen 0,5 und 1,4 mg/l (Abb. 45).

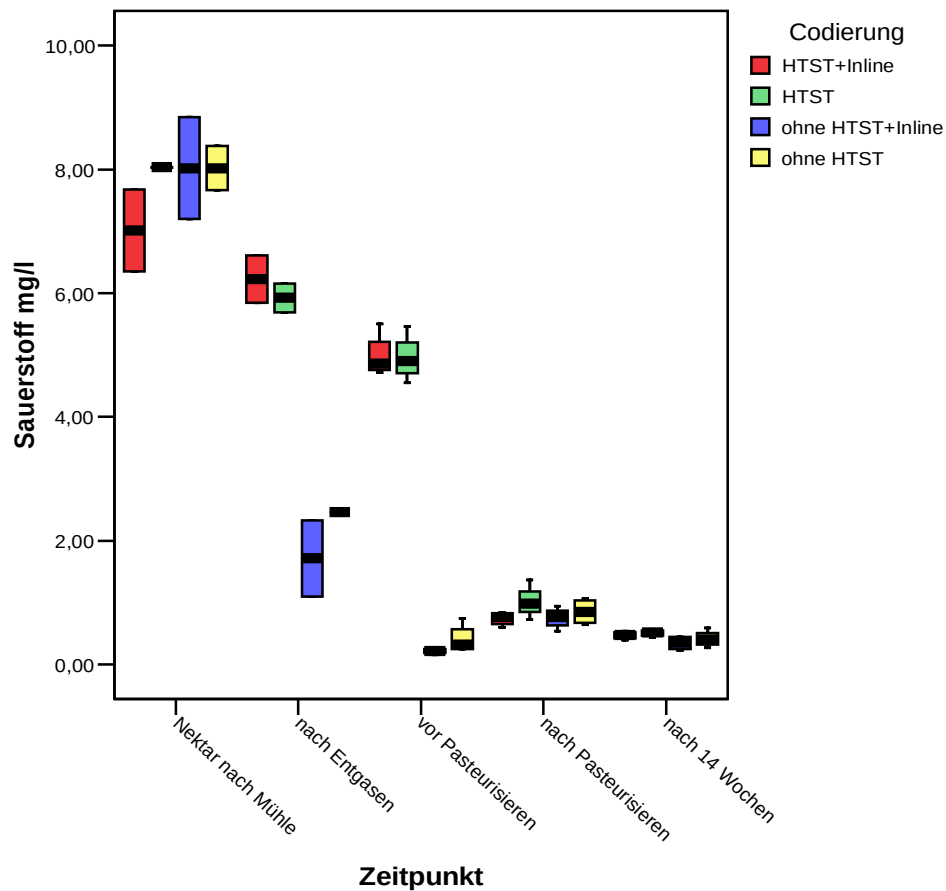


Abb. 45: Sauerstoffgehalt während Verarbeitung und Lagerung

6.3.3 pH-Wert

Die vier verschiedenen Nektarvarianten unterschieden sich nicht signifikant hinsichtlich ihres pH-Wertes (Abb. 46). Der pH-Wert lag zwischen 3,20 und 3,30. Während der Lagerung stieg dieser Wert auf 3,35 bis 3,45. KAINZ [2004] beschreibt in ihrer Arbeit ebenfalls einen Anstieg des pH-Wertes während der Lagerung von Erdbeerprodukten.

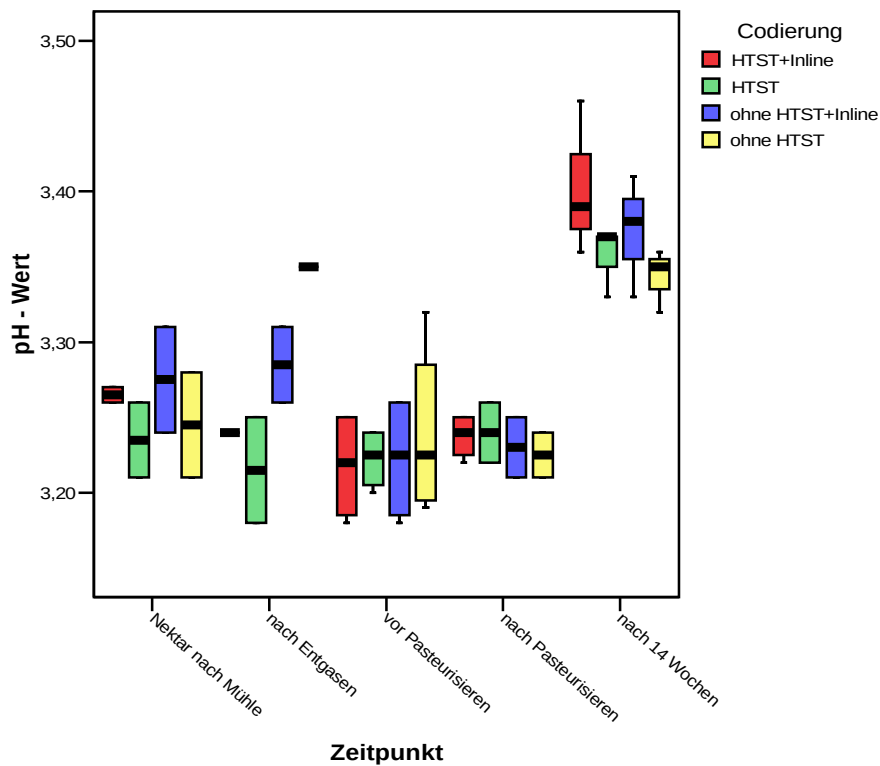


Abb. 46: pH-Wert während der Verarbeitung und Lagerung

6.3.4 Redoxpotenzial

Das Redoxpotenzial wurde von der HTST-Behandlung signifikant beeinflusst. Die Verwendung der Inline-Mühle hatte keinen Einfluss. Das Redoxpotenzial erreichte mit HTST-Behandlung Werte von 110 mV. Abb. 47 veranschaulicht die Werte graphisch. In den HTST-behandelten Varianten lag weniger Ascorbinsäure vor als in den anderen. Auf Grund dessen wurde ein höheres Redoxpotenzial erwartet. Diese Annahme konnte bestätigt werden. Während der Lagerung sanken jedoch die Ascorbinsäuregehalte sowie das Redoxpotenzial. Dem Grund dafür wurde nicht näher nachgegangen.

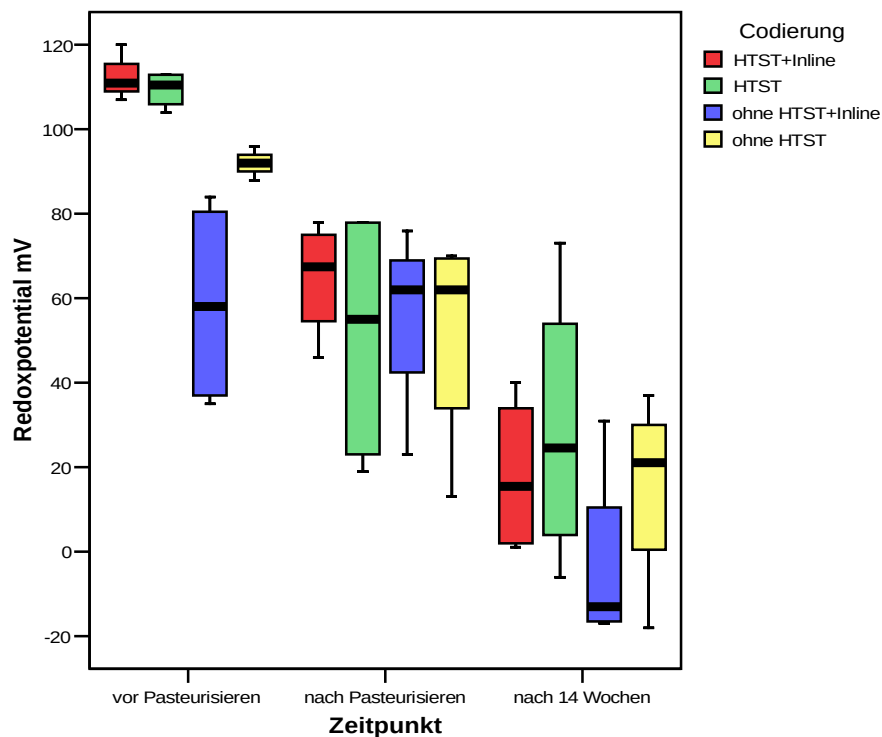


Abb. 47: Redoxpotenzial während der Verarbeitung und Lagerung

6.3.5 Akzeptanzfaktor

Der Akzeptanzfaktor der Varianten von Versuchsplan 3 lag nach vier Wochen Lagerung bei 20°C unter dem Wert von 0,7. Nach zehn Wochen Lagerung bei 20°C lag der Wert unter 0,4 und damit im nicht mehr akzeptierten Bereich. In Abb. 48 sind die verschiedenen Varianten während der Produktion und Lagerung dargestellt.

Die Effekte der Versuchsparameter HTST (A) und Inline-Mühle (B) auf den Akzeptanzfaktor sind in Tab. 22 angegeben.

Das HTST-Verfahren hatte einen signifikanten Einfluss auf den Akzeptanzfaktor. Vor und nach dem Pasteurisieren sowie nach zwei Wochen zeigten die HTST-Varianten höhere Werte. Nach vier Wochen Lagerung gab es keinen Unterschied zwischen den Varianten. Die Nektare, welche nicht HTST-behandelt waren, zeigten nach sechs Wochen sowie in der darauffolgenden

Lagerperiode höhere Akzeptanzfaktoren. Die HTST-Behandlung wirkte sich während der Produktion von Nektar positiv auf die Farbe aus. Dieser Effekt wurde durch die Pasteurisation verstärkt. Während der Lagerung zeigte die HTST-Behandlung jedoch einen negativen Effekt. Die Farbdifferenz nach Pasteurisieren/nach vier Wochen Lagerung zeigte einen signifikanten Effekt (A: 0,08; $p = 0,05$).

Es konnten keine signifikanten Effekte auf den Akzeptanzfaktor durch den Einsatz der Inline-Mühle nachgewiesen werden.

Die Parameter HTST-Verfahren und Inline-Mühle zeigten keine signifikante Wechselwirkung auf den Akzeptanzfaktor.

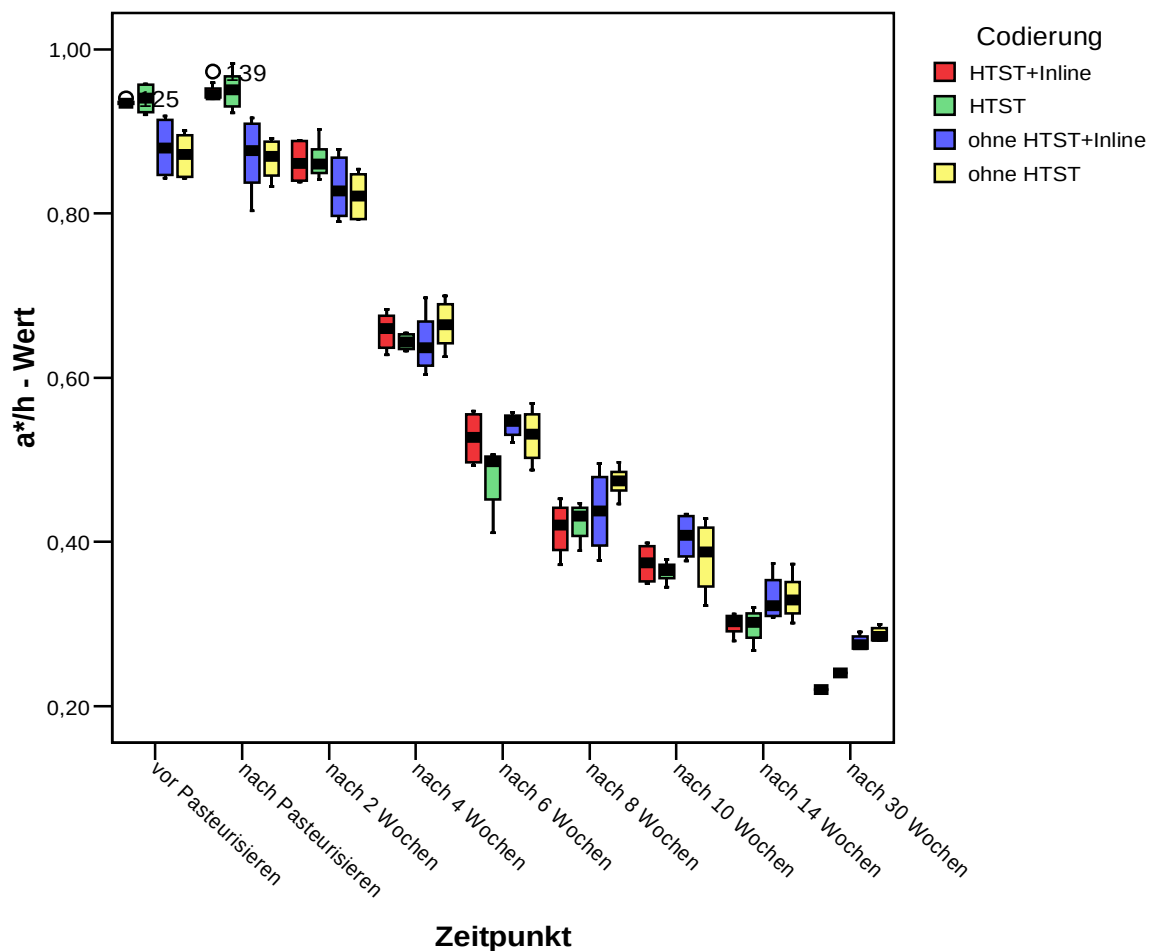


Abb. 48: Akzeptanzfaktor während Produktion und Lagerung

Tab. 22: Effekte Akzeptanzfaktor: Signifikanzlevel: * ($p = 0,05$); ** ($p = 0,01$); * ($p = 0,001$); T = Mittelwert, A = HTST, B = Inline-Mühle**

	Vor Pasteurisieren	Nach Pasteurisieren	Nach 4 Wochen	Nach 8 Wochen	Differenz nach Past/4 Wochen
T	0,91	0,91	0,65	0,44	0,26
A	0,06 *	0,08 *	-0,00	-0,04	0,08 *
B	0,00	-0,00	-0,00	-0,03	0,00
AB	-0,01	-0,00	0,02	0,01	-0,02

6.3.6 Anthocyane

Weder das HTST-Verfahren noch der Einsatz der Inline-Mühle zeigten einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtanthocyane zu den verschiedenen Messzeitpunkten. Lediglich nach der Pasteurisation ergab sich eine Wechselwirkung. Die Verwendung der Inline-Mühle führte bei der HTST-Variante zu einem Verlust an Anthocyanen im Gegensatz zur Variante ohne HTST-Behandlung. Hier führte die Inline-Mühle zu signifikant höheren Werten (Abb. 49).

Die Effekte der Versuchsparameter HTST (A) und Inline-Mühle (B) auf den Gehalt an monomeren Anthocyanen sind Tab. 23 zu entnehmen.

Zur Effektberechnung wurden auch die Differenzen der Anthocyane während der Nektarproduktion und der ersten vier Wochen Lagerung herangezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass die HTST-Behandlung zu einem langsameren Abbau während der Verarbeitung vom Mark führte (A: -31; $p = 0,05$) und dass es eine Wechselwirkung während der Lagerung gab (AB: -17; $p = 0,05$).

Die Halbwertszeit der Anthocyane betrug 439 (± 59) h. Das entspricht 18 d. Als am stabilsten erwies sich die Variante 4. Die genauen Zahlen sind Tab. 24 zu entnehmen.

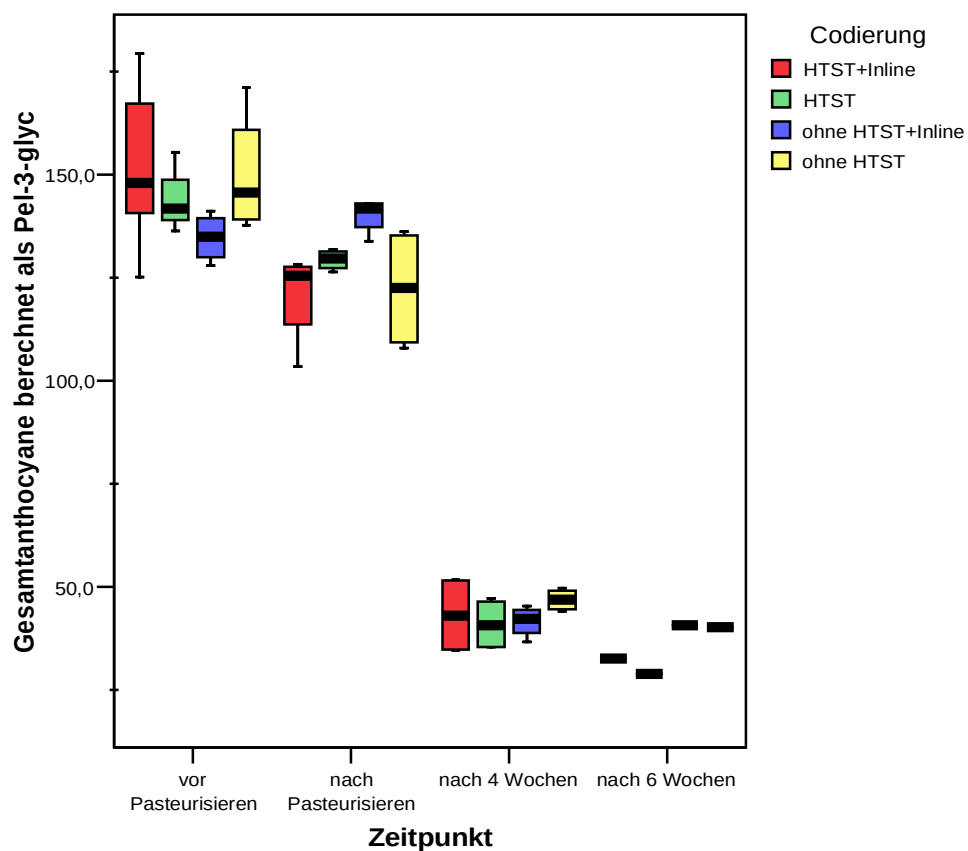


Abb. 49: Anthocyane in mg/l während der Verarbeitung und Lagerung

Tab. 23: Effekte Anthocyane: Signifikanzlevel: * (p = 0,05); ** (p = 0,01); *** (p = 0,001); T = Mittelwert, A = HTST, B = Inline-Mühle

	Vor Pasteurisieren	Nach Pasteurisieren	Nach 4 Wochen	Differenz Mark/vor Past.	Differenz nach Past/4 Wochen
T	144	128	43	-14	85
A	3	-6	-2	-31 *	-4
B	-6	4	-2	6	6
AB	10	-14	4	-10	-17 *

Tab. 24: Halbwertszeit Anthocyane in Stunden

Variante	Mittelwert
1 (HTST + Inline)	459 (± 105)
2 (HTST)	413 (± 69)
3 (ohne HTST + Inline)	386 (± 30)
4 (ohne HTST)	497 (± 50)

6.3.7 L-Ascorbinsäure

Die absoluten Werte der Gehalte an L-Ascorbinsäure sind in Abb. 50 grafisch veranschaulicht. Die Effekte können Tab. 25 entnommen werden.

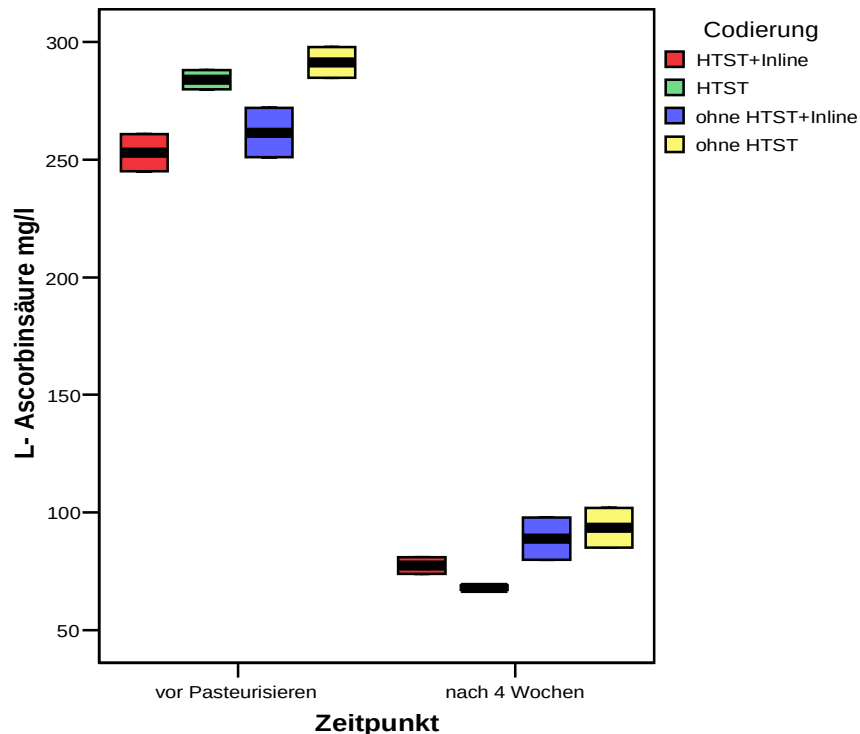


Abb. 50: L-Ascorbinsäure während der Verarbeitung und Lagerung

Die L-Ascorbinsäure wurde im Mark, vor der Pasteurisation und nach vier Wochen Lagerung bestimmt. Der Gehalt im Mark war bei den HTST- Varianten geringer (A: -42; $p = 0,05$). Vor dem Pasteurisieren war bei den Varianten mit Einsatz der Inline-Mühle signifikant weniger L-Ascorbinsäure vorhanden (B: -31; $p = 0,05$). Nach vier Wochen war in den HTST-Varianten signifikant weniger L-Ascorbinsäure bestimmbar als in der Variante ohne HTST (A: -19; $p = 0,05$). Beide Versuchsparameter zeigten zu einzelnen Zeitpunkten negative signifikante Effekte, jedoch keine signifikante Wechselwirkung.

Beim Erhitzen ging mehr L-Ascorbinsäure verloren (A: -27; $p = 0,05$). Auf die Stabilität wirkte sich das Erhitzen jedoch positiv aus, da der Verlust während der Lagerung geringer war (A: 11; $p = 0,05$).

Der Einsatz der Inline-Mühle verstärkte den Abbau von L-Ascorbinsäure (B: 33; $p = 0,05$). Der Verlust während der Lagerung war dafür erheblich geringer (B: -33; $p = 0,05$).

Tab. 25: Effekte L- Ascorbinsäure; Signifikanzlevel: * ($p = 0,05$); ** ($p = 0,01$); * ($p = 0,001$); T = Mittelwert; A = HTST; B = Inline-Mühle**

	Mark	Vor Pasteuri- sieren	Nach 4 Wochen	Differenz Mark 40%/ vor Pasteu- risieren	Differenz vor Pasteurisie- ren/nach 4 Wochen
T	606	273	82	52	191
A	-42 *	-8	-19 *	-27**	11*
B	--	-31 *	3	33**	-33***
AB	--	-1	7	8	-8

6.3.8 Versuch mit Papain

Die Zugabe von Papain nach der Pasteurisation zeigte einen stabilisierenden Effekt auf den a^*/h° -Wert des Erdbeernektars (Abb. 51). Dieser Effekt scheint abhängig von der zugegebenen Dosis zu sein. Am stabilsten war die Variante mit der zudosierten Menge von 25 Units Papain.

Mit einer Oneway-ANOVA konnte gezeigt werden, dass sich die Varianten nach zwei Wochen signifikant unterscheiden ($\alpha=0,05$). Dies wurde mit den anschließenden Post-Hoc-Tests ebenfalls deutlich gezeigt. Es wurden zwei homogene Untergruppen gebildet, welche die Variante ohne Papainzusatz bzw. die Varianten mit Papain enthält (Tab. 26).

Eine ANOVA zum Zeitpunkt nach sechs Wochen zeigte ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf den Akzeptanzfaktor ($\alpha = 0,05$). Im Post-Hoc-Test nach Tukey-HSD bestätigte sich, dass die Variante mit 25 Units Papain den größten Effekt hatte.

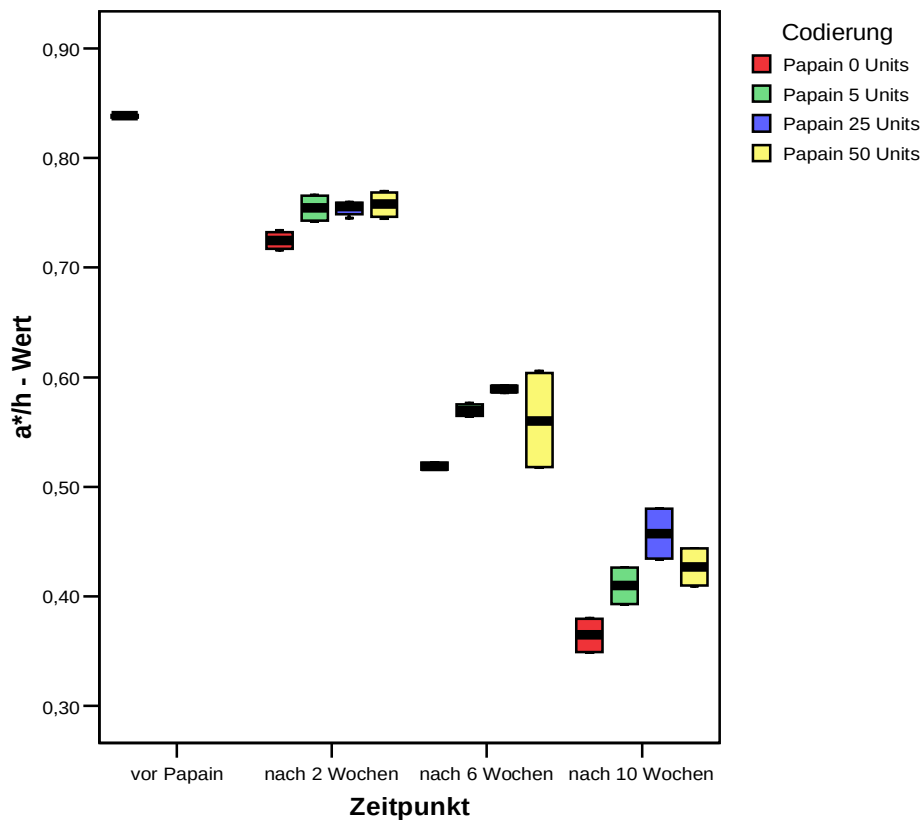


Abb. 51: Akzeptanzfaktor im zeitlichen Verlauf

Vor der Zugabe von Papain zum pasteurisierten Erdbeernektar waren 138 ($\pm 6,4$) mg Gesamtanthocyane pro Liter berechnet als Pelargonidin-3-glycosid vorhanden. Der Einfluss von Papain auf die Anthocyane erwies sich als hoch signifikant ($\alpha = 0,01$) nach einer Lagerzeit von sechs Wochen (Abb. 52). Die höchste Stabilität zeigte die Variante mit der zudosierten Menge von 25 Units. Diese Stabilität unterschied sich signifikant zur Variante ohne Papain und zur Variante mit 50 Units. Nicht signifikant unterschiedlich waren die Varianten mit 5 und 25 Units.

Der Versuch mit Papain ergab, dass sich der Zusatz nach der Pasteurisation stabilisierend auf die Nektarfarbe auswirkt. Bezüglich Dosierung sind weitere Versuche notwendig.

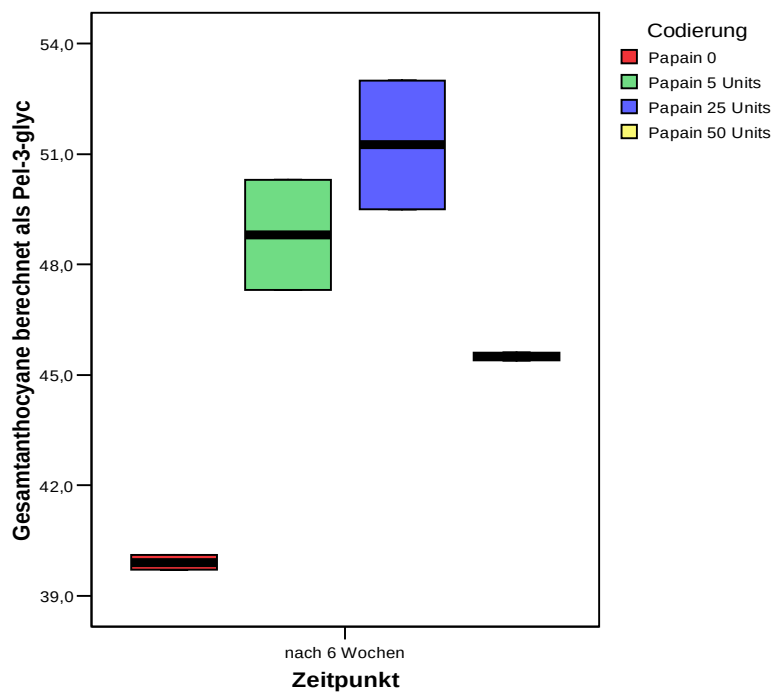


Abb. 52: Anthocyane in mg/l nach sechs Wochen Lagerung

Tab. 26: Akzeptanzfaktor: Signifikanz nach zwei Wochen Lagerung: Untergruppen nach Tukey-HSD ($\alpha = 0,05$)

	Untergruppe 1	Untergruppe 2
Papain 0 Units	0,72	
Papain 25 Units		0,75
Papain 5 Units		0,75
Papain 50 Units		0,76
Signifikanz	1,00	0,97

7 Schlussfolgerungen

7.1 Versuchsplan 1

Die analysierten Werte von den Erdbeeren und dem Nektar decken sich mit den Werten in der Literatur [KALT et al., 1999; ZABETAKIS et al., 2000; KAINZ, 2004].

7.1.1 Tieffrieren der Erdbeeren

Das Tieffrieren der Erdbeeren vor der Verarbeitung hatte einen signifikant positiven Effekt auf den Akzeptanzfaktor während der gesamten Lagerperiode. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen ähnlicher Versuche [GÖSSINGER et al., 2009]. Der Effekt kann durch Copigmentierung entstehen oder auf eine geringere Enzymaktivität zurückzuführen sein. Während der Lagerung konnte auch eine positive Wechselwirkung der Faktoren pH-Wert-Absenkung und Tieffrieren auf die Farbakzeptanz festgestellt werden.

Nach der Pasteurisation ergab sich ein signifikant negativer Effekt (A: -12; $p = 0,01$) auf die monomeren Anthocyane, welcher nach vier Wochen Lagerung nicht mehr gegeben war. In Wechselwirkung mit einer kühlen Lagerung konnte die Halbwertszeit von 795 (± 164) h auf 4.043 (± 2.001) h erhöht werden.

7.1.2 Verarbeitungstemperatur

Die niedere Verarbeitungstemperatur von 10°C führte zu einem höheren Gehalt an gelöstem Sauerstoff während der Verarbeitung sowie zu einem geringeren Redoxpotenzial auf Grund von einem höheren L-Ascorbinsäuregehalt. Auf den Akzeptanzfaktor hatte die Verarbeitungstemperatur keinen signifikanten Effekt. Es konnte jedoch ein positiver Effekt einer geringeren Verarbeitungstemperatur auf den Gehalt an monomeren Anthocyanen ge-

funden werden (B: -8; $p = 0,01$). Dieser Effekt war während der Lagerung jedoch nicht mehr gegeben.

7.1.3 pH-Wert-Absenkung

Die pH-Wert-Absenkung während der Verarbeitung zu Erdbeernektar wirkte sich negativ auf die Farbakzeptanz sowie auf die monomeren Anthocyane aus. Im Laufe der Lagerung konnte eine positive Wechselwirkung auf die Farbakzeptanz mit dem Faktor Tiefrieren festgestellt werden. Auf den L-Ascorbinsäuregehalt konnte lediglich ein Effekt in Wechselwirkung mit der Lagertemperatur festgestellt werden.

In Abb. 53 sind vier Varianten nach acht Wochen Lagerung abgebildet. Die zweite und die vierte Flasche von links sind die Varianten mit dem abgesenkten pH-Wert während der Verarbeitung. Diese Erdbeernektare zeigten nach acht Wochen Lagerung bereits einen Braunstich.



Abb. 53: Variante 1, 3, 5, 7 (von links) nach acht Wochen Lagerung bei 20°C

In vorhergehenden Untersuchungen an der HBLA in Klosterneuburg konnte ein positiver Einfluss einer pH-Wert-Absenkung auf die Farbe festgestellt werden [TAUFRATZHOFFER, 2005; BARTMANN, 2003]. Dieser Effekt wurde in dieser Arbeit nicht bestätigt.

Der negative Einfluss der pH-Wert-Absenkung könnte auf einen höheren Gehalt an Polyphenoloxidase nach der Pasteurisation und somit einer höheren Stabilität dieses Enzyms zurückzuführen sein [GÖSSINGER et al., 2009].

7.1.4 Lagertemperatur

Der Einfluss der Lagertemperatur auf die Farbe ist sehr anschaulich in Abb. 54 und Abb. 55 dargestellt. Der positive Einfluss einer Lagerung bei 4°C konnte mit freiem Auge erkannt werden. Dieser Effekt stieg während der Lagerung an (nach vier Wochen D: 0,37; $p = 0,001$; nach acht Wochen D: 0,41; $p = 0,001$).



Abb. 54: Einfluss der Lagertemperatur nach vier Wochen Lagerung (links: Bei 20°C gelagert, rechts: Bei 4°C gelagert)



Abb. 55: Einfluss der Lagertemperatur nach acht Wochen Lagerung (links: Bei 20°C gelagert, rechts: Bei 4°C gelagert)

Die höhere Stabilität von monomeren Anthocyanen bei einer kalten Lagerung ist auch in der Literatur zu finden [KAINZ, 2004; WICKLUND et al., 2005]. Die Halbwertszeit kann von 378 (± 35) auf 795 (± 164) h und in Kombination mit dem Tiefrieren von Erdbeeren vor der Verarbeitung auf 4.043 (± 2.001) h erhöht werden.

Die Lagerung bei 4°C hatte auch einen signifikant positiven Effekt auf die L-Ascorbinsäure (D: 89; $p = 0,001$).

7.2 Versuchsplan 2

Der Akzeptanzfaktor für Nektare nach MAYER [2006] und GÖSSINGER et al. [2007] kann in dieser Form auch für klare Erdbeersäfte übernommen werden. Säfte mit einem a^*/h° -Wert größer 0,65 (Abb. 56) werden vom Konsumenten akzeptiert und mit Werten größer 0,90 als „Sehr gut“ beurteilt.

Die analysierten Parameter der Erdbeersäfte decken sich durchaus mit den Werten, welche in der Literatur zu finden sind [GARZÓN und WROLSTAD, 2002; THIELEN, 2006; KALISZ und KUROWSKA, 2005].



Abb. 56: Erdbeersäfte nach vier Wochen Lagerung (a^*/h° -Wert $> 0,65$)

7.2.1 Konzentrierung

Die Konzentrierung von Erdbeersaft hatte einen signifikanten Einfluss auf den Akzeptanzfaktor. Dieser sank im Konzentrat schneller als im Saft. Im Verlauf der Lagerung stieg der Wert auf Grund von Copigmentierungen und Bildung von Polymeren wieder an. Diese Reaktion erfolgt im Konzentrat, welches eine höhere Konzentration an Inhaltsstoffen aufweist, schneller [WANG und XU, 2007].

Das Konzentrieren führte zu signifikanten Verlusten an monomeren Anthocyanen. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in den Halbwertszeit der Anthocyane wieder. Diese betrug im Saft $12,7 (\pm 0,7)$ Tage und im Konzentrat $8,7 (\pm 2,0)$ Tage. Zum Einfluss der Copigmentierungseffekte sind weitere Untersuchungen notwendig.

Der Gehalt an L-Ascorbinsäure wurde durch das Konzentrieren stark gesenkt. GARZÓN und WROLSTAD [2002] beschreiben einen Verlust von 25%. Auch der geringere Verlust an L-Ascorbinsäure in den Konzentraten während der Lagerung deckt sich mit den Ergebnissen von GARZÓN und WROLSTAD [2002] sowie KALISZ und KUROWSKA [2005]. Dies könnte auf die Zerstörung von Enzymen durch die Erhitzung beim Konzentrieren zurückzuführen sein.

7.2.2 Kohleschönung

Aktivkohle ist ein Adsorptionsmittel und lagert sich über Van-der-Waals-Kräfte an Saftinhaltsstoffe an. Mit einer zusätzlichen Schönung mit Kohle sollten braune Pigmente und phenolische Inhaltsstoffe aus dem Erdbeersaft entfernt werden, um eine bessere Farbstabilität zu erreichen und weitere Reaktionen zu verhindern.

Die Kohleschönung wirkte sich positiv auf die Trübung und auf den L-Ascorbinsäuregehalt aus. Es konnten jedoch keine signifikanten Effekte auf den Akzeptanzfaktor und den Gehalt an monomeren Anthocyanen festgestellt werden.

7.2.3 Oxidation

Im Erdbeersaft kommt es zu enzymatischen Bräunungen durch Polyphenoloxidasen und Peroxidasen sowie zu nicht enzymatischen Bräunungen, bei welchen Maillard-Produkte und Polyfurfurale entstehen. Durch die gezielte Oxidation nach dem Pressen sollten die Oxidationsreaktionen beschleunigt und anschließend die entstandenen Bräunungsprodukte bei der Schönung abgetrennt werden.

Ein anfangs positiver Effekt auf die Trübung konnte zu späteren Zeitpunkten nicht bestätigt werden, sondern wandelte sich in einen negativen Effekt um. Der durch die Oxidation erhöhte Gehalt an gelöstem Sauerstoff blieb

bis zu einer Lagerung von 18 Wochen höher als in den nicht oxidierten Varianten. Auf die L-Ascorbinsäure hatte die Oxidation einen signifikant stabilisierenden Effekt, welcher nicht erwartet wurde. Der Grund dafür konnte nicht gefunden werden. Der Akzeptanzfaktor und der Anthocyangehalt wurden nicht beeinflusst.

7.2.4 Gummi arabicum

Eine Stabilisierung mit Gummi arabicum (Litto Gomme 100 ml/hl) zeigte keinen Einfluss auf die Farbstabilität, weder im Hinblick auf den Akzeptanzfaktor noch auf den Gehalt an monomeren Anthocyanen.

7.2.5 Tiefrieren von Saft vor der Pasteurisation

Das Tiefrieren und dann wieder Auftauen und Weiterverarbeiten von Erdbeersaft wirkte sich signifikant positiv auf den Akzeptanzfaktor aus. Eine längere Haltbarkeit in Bezug auf die Farbe konnte damit jedoch nicht erreicht werden.

7.3 Versuchsplan 3

In Abb. 57 und Abb. 58 sind die Nektare von Versuchsplan 3 abgebildet. Bei einer Lagerung bei 20°C wurde in Bezug auf den Akzeptanzfaktor nur eine Haltbarkeit von zehn Wochen erreicht.

Die analysierten Werte der Erdbeeren und vom Nektar decken sich mit den Werten, welche in der Literatur zu finden sind [KALT et al., 1999; ZABETAKIS et al., 2000; KAINZ, 2004].



Abb. 57: Erdbeernektar nach Pasteurisieren (Akzeptanzfaktor zwischen 0,8 und 1; Varianten von links nach rechts: ohne HTST, ohne HTST + mit Inline, mit HTST, mit HTST + mit Inline)



Abb. 58: Erdbeernektar nach zehn Wochen Lagerung bei 20°C (Akzeptanzfaktor < 0,4; Varianten von links nach rechts: mit HTST + mit Inline, mit HTST, ohne HTST + mit Inline, ohne HTST)

7.3.1 HTST-Verfahren

Durch die Hitzeeinwirkung zu Beginn der Verarbeitung von Erdbeeren zu Erdbeernektar sollten fruchteigene Enzyme inaktiviert werden, um eine enzymatische Bräunung hintan zu halten.

Der Sauerstoffgehalt war bei den HTST-Varianten während der Verarbeitung höher, vermutlich auf Grund der inaktivierten Phenoloxidasen, welche den gelösten Sauerstoff im Nektar binden. Dieser Effekt war nach der Pasteurisation nicht mehr gegeben. Das Redoxpotenzial war in den HTST-behandelten Varianten signifikant höher. Auch dieser Effekt war nach der Pasteurisation nicht mehr vorhanden. Der Vergleich der Halbwertszeiten der monomeren Anthocyane aller vier Varianten lässt keinen Schluss zu in Bezug auf einen Einfluss des HTST-Verfahrens.

Das HTST-Verfahren hatte während der Verarbeitung einen positiven Einfluss auf den Akzeptanzfaktor. Durch die Enzyminaktivierung zu Beginn der Nektarherstellung konnte die Farbe erhalten werden (a^*/h° -Wert nach Pasteurisieren: HTST: $0,95 \pm 0,02$; ohne HTST: $0,87 \pm 0,04$). Bei diesen Varianten sank jedoch der Akzeptanzfaktor während der Lagerung schneller (a^*/h° -Wert nach acht Wochen Lagerung: HTST: $0,38 \pm 0,09$; ohne HTST: $0,46 \pm 0,04$). Durch die Erhitzung zu Beginn der Verarbeitung kam es zu einem Verlust an monomeren Anthocyanen sowie an L-Ascorbinsäure. Diese Verluste können die Ursache für eine schlechtere Lagerstabilität sein. Dieses Ergebnis deckt sich nicht mit den Erkenntnissen von SPANOS, WROLSTAD und HEATHERBELL [1990]. Diese Autoren konnten den Abbau von Phenolen in Apfelsaft durch den Einsatz von HTST zu Beginn der Verarbeitung verringern.

In Abb. 59 sind eine HTST-Variante und eine Kontrollprobe nach einer zehnwöchigen Lagerung im Dunkeln bei 20°C abgebildet. Die HTST-Variante hatte zu diesem Zeitpunkt einen Akzeptanzfaktor von $< 0,4$ erreicht, während die Kontrollprobe noch im akzeptierten Bereich $> 0,4$ liegt. Die gewählten

HTST-Parameter (3 sec bei 120°C) führen nicht zu einer Verbesserung der Farbstabilität.



Abb. 59: Erdbeernektar nach zehn Wochen Lagerung: Links Variante 2 (mit HTST), rechts Variante 4 (ohne HTST)

7.3.2 Inline-Zahnkolloidmühle

Die herkömmliche Zahnkolloidmühle (Abb. 19), welche in der HBLA & BA für Wein- und Obstbau in Klosterneuburg zur Nektarherstellung verwendet wird, bringt viel Sauerstoff in das Produkt ein. Um den Sauerstoffeintrag zu verringern und damit eine oxidativ bedingte Bräunung von Erdbeernektar zu verhindern, wurde im Vergleich zur herkömmlichen Methode eine Inline-Zahnkolloidmühle verwendet (Abb. 20).

Die Verwendung der Inline-Mühle hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Sauerstoffgehalt im Erdbeernektar. Dies ist vermutlich auf den ohnehin hohen Gehalt an gelöstem Sauerstoff von $7,3 \pm 0,3$ mg/l vor der Zerkleinerung in der Mühle sowie $7,8 \pm 0,8$ mg/l nach der Zerkleinerung zurückzuführen.

Ebenso konnte kein signifikanter Effekt auf den Akzeptanzfaktor nachgewiesen werden. Bezüglich der monomeren Anthocyane zeigte sich ein

Einfluss in Form einer Wechselwirkung zwischen der Verwendung der Inline-Mühle und dem HTST-Verfahren (siehe Kapitel 6.3.7). Da dieser Effekt während der Lagerung nicht mehr nachweisbar war, wird nicht weiter darauf eingegangen. Der Einsatz der Inline-Mühle verringerte den Gehalt an L-Ascorbinsäure im Erdbeernektar. Dieser negative Effekt relativierte sich während der Lagerung, da der Abbau dann in diesen Varianten langsamer erfolgt. Die Farbstabilität wurde durch den unterschiedlichen L-Ascorbinsäuregehalt jedoch nicht signifikant beeinflusst.

7.3.3 Papain

Die Zugabe von der Protease Papain zum fertigen Erdbeernektar sollte nach dem Herstellungsprozess eventuell noch vorhandene Enzymaktivitäten, welche eine Beschleunigung der Bräunung verursachen könnten, inaktivieren. Diese Theorie konnte in der Arbeit bestätigt werden. Die mit Papain versetzten Varianten zeigten im Vergleich zur Kontrollvariante eine bessere Farbstabilität sowie einen höheren Gehalt an monomeren Anthocyanen nach sechs Wochen Lagerung. Nach einer zehnwöchigen Lagerung in einem dunklen Raum bei 20°C lag die Kontrollvariante in Bezug auf die Farbe in einem nicht mehr vom Konsumenten akzeptierten Bereich [MAYER, 2006; GÖSSINGER et al., 2007], während die mit Papain versetzten Varianten Akzeptanzfaktoren $> 0,4$ aufwiesen (Abb. 60).

Aus diesem Versuch geht auch hervor, dass die Dosierung von Papain eine wesentliche Rolle spielt. Eine höhere Dosis von 50 Units zeigte kein besseres Ergebnis als die Dosis von 5 bzw. 25 Units. Um diese These zu untermauern, sind aber weitere Versuche in diese Richtung notwendig.



Abb. 60: Nach zehn Wochen Lagerung: Linke Flasche Kontrollvariante, rechte Flasche mit 50 Units Papain versetzt

7.4 Schlussfolgerungen im Überblick

Das Tiefrieren von Erdbeeren bei -19°C (5 Wochen) vor der Verarbeitung hatte einen signifikant positiven Effekt auf die Farbstabilität von Erdbeernektar. Die geringe Verarbeitungstemperatur von 10°C (im Vergleich zu 20°C) wirkte sich nicht auf die Farbstabilität aus. Die pH-Wert-Absenkung wirkte sich negativ auf die Farbakzeptanz und die monomeren Anthocyane aus. Einen besonders großen Einfluss auf die Farbe von Erdbeernektar hatte die Lagertemperatur. So konnte durch Absenken der Lagertemperatur von 20°C auf 4°C das Shelf-Life des Nektars von 18 Wochen auf 30 Wochen verlängert werden. Durch die Wechselwirkung des Tiefrierens der Erdbeeren vor der Verarbeitung und der Lagerung bei 4°C konnte die Halbwertszeit der monomeren Anthocyane signifikant verlängert werden. Sie erhöhte sich von $33 (\pm 7)$ Tagen auf $168 (\pm 83)$ Tage.

Die Verwendung der Inline-Zahnkolloidmühle hatte keinen Einfluss auf den Akzeptanzfaktor von Erdbeernektar. Ebenso führten die gewählten HTST-

Parameter (drei Sekunden bei 120°C) nicht zu einer Verbesserung der Farbstabilität. Durch den Zusatz der Protease Papain zum fertigen Erdbeernektar konnten die Farbstabilität, sowie der Gehalt an monomeren Anthocyanen signifikant verbessert werden. Zur Untermauerung dieses Ergebnisses sind noch weitere Versuche, vor allem in Bezug auf die Dosierung von Papain, notwendig.

Der Akzeptanzfaktor zur Beurteilung des Erdbeernektars kann auch für Erdbeersaft angewendet werden. Säfte mit einem Akzeptanzfaktor $> 0,65$ wurden vom Konsumenten akzeptiert und mit Werten $> 0,90$ als sehr gut beurteilt.

Die zusätzliche Kohleschönung wirkte sich nicht auf den Akzeptanzfaktor und den Gehalt an monomeren Anthocyanen im Erdbeersaft aus. Durch die gezielte Oxidation konnte ebenfalls keine Stabilisierung erreicht werden. Der Einsatz von Gummi arabicum zur Stabilisierung des Erdbeersaftes hatte keinen Einfluss auf den Akzeptanzfaktor oder den Gehalt an monomeren Anthocyanen. Das kurzzeitige Tiefrieren von Erdbeersaft vor der Pasteurisation wirkte sich signifikant positiv auf den Akzeptanzfaktor aus. Eine längere Haltbarkeit in Bezug auf die Farbe konnte damit jedoch nicht erreicht werden.

Die Konzentrierung von Erdbeersaft hatte einen signifikanten Einfluss auf den Akzeptanzfaktor. Dieser sank im Konzentrat schneller als im Saft. Im Verlauf der Lagerung stieg der Wert auf Grund von Copigmentierungen und Bildung von Polymeren wieder an. Die Halbwertszeit der monomeren Anthocyane betrug im Saft 13 (± 1) Tage und im Konzentrat 9 (± 2) Tage. Zum Einfluss der Copigmentierungseffekte sind weitere Untersuchungen notwendig.

Obwohl von den vielen verschiedenen Versuchsparametern einige keinen Einfluss auf die Stabilität der Produktfarbe zeigen, ist es gelungen die Haltbarkeit in Bezug auf die Farbstabilität zu verlängern. Es ist auf jeden Fall zu empfehlen Erdbeernektare und Erdbeersäfte bei 4°C zu lagern. Auch das Tiefrieren der Erdbeeren vor der Verarbeitung eignet sich zur Verbesserung der Farbstabilität.

8 Zusammenfassung

Es wurden blanker Erdbeersaft, naturtrüber Erdbeernektar und Erdbeersaftkonzentrat hergestellt. Ziel dieser Arbeit war es durch das Variieren von verschiedenen Verarbeitungs- und Lagerparametern ein Produkt zu erhalten, welches möglichst lange farbstabil bleibt und die typische rote Erdbeerfarbe erhält. Eine attraktive Lebensmittelfarbe ist von großer Bedeutung für die Vermarktung. Es sollte eine Methode gefunden werden, welche ohne den Einsatz von Farbstoffen auskommt.

Die Farbmessung erfolgte mittels Spectrophotometer im $L^*a^*b^*$ -Farbraum. Die Farbbeurteilung richtete sich nach dem Akzeptanzfaktor. Die monomeren Anthocyane wurden mit der HPLC bestimmt und als Pelargonidin-3-glucosid angegeben.

Eine geringe Verarbeitungstemperatur von 10°C (versus 20°C), die Verwendung einer Inline-Zahnkolloidmühle im Vergleich zu einer Zahnkolloidmühle mit freiem Auswurf sowie die gewählten HTST-Parameter (drei Sekunden bei 120°C) zeigten keinen signifikanten Einfluss auf die Farbstabilität. Die pH-Wert-Absenkung wirkte sich negativ auf die Farbwerte und die monomeren Anthocyane aus. Das Tiefrieren von Erdbeeren (bei -19°C über 5 Wochen) vor der Verarbeitung hatte einen signifikant positiven Effekt auf den Akzeptanzfaktor und die Halbwertszeit der monomeren Anthocyane. Durch den Zusatz von Papain (nach der Pasteurisation) konnte eine bessere Farbstabilität erreicht werden. Eine Lagerung von Erdbeernektar bei 4°C ist zu empfehlen, da in dieser Arbeit die farbstabilisierende Wirkung einer kühlen Lagerung bestätigt wurde.

Eine gezielte Oxidation, eine zusätzliche Kohleschönung und der Einsatz von Gummi arabicum zeigten keinen Einfluss auf die Farbstabilität. Die Konzentrierung von Erdbeersaft wirkte sich negativ auf den Akzeptanzfaktor und die Halbwertszeit der monomeren Anthocyane aus. In dieser Arbeit konnte weiters bestätigt werden, dass der Akzeptanzfaktor zur Beurteilung des Erdbeernektars auch für blanken Erdbeersaft angewendet werden kann.

9 Summary

Cloudy strawberry nectar made from purée, blank strawberry juice and concentrate from strawberry juice were produced. The aim of this study was to produce a colour stable product which should stay attractive redcoloured as long as possible. Different production- and storage-parameters were varied. The typical red colour of strawberry products is important for the consumers. There should be found a method without the need of addition of food colourants.

The colour measurement was carried out with a spectrophotometer using the CIELAB-system. To quantify the colour changes the acceptance factor was used. Analyses of anthocyanin monomers were done with HPLC and stated as pelargonidin-3-glucosid equivalents.

The lower processing temperature of 10°C (versus 20°C), the use of an inline-colloid mill in comparison to a colloid mill with a free ejector of delivery and the used HTST-parameters (3 seconds, 120°C) showed no significant effects on colour stability. pH-reduction during processing had negative effects on anthocyanin monomers.

Using frozen strawberries (-19°C, 5 weeks) had significant positive effects on acceptance factor and half-life of anthocyanin monomers. Adding papain after pasteurisation improved the colour stability. It can be recommended to store strawberry nectar at 4°C because in this study is proofed that lower storage temperatures stabilize the colour.

A determined oxidation, an extra fining with activated carbon and the addition of gummi arabicum showed no effects on colour stability. The concentration of strawberry juice had negative effects on acceptance factor and half-life of anthocyanin monomers.

With this study it can be proofed that the acceptance factor to rate the colour of strawberry nectar can also be used to rate blank strawberry juice.

10 Literaturliste

AABY K., EKEBERG D. and SKREDE G.: Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity. J. Agric. Food Chem. 2007; 55: 4395-4406.

AABY K., SKREDE G. and WROLSTAD R. E.: Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). J. Agric. Food Chem. 2005; 53: 4032-4040.

ALVA (Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen): Methodenbuch für die Weinanalyse in Österreich, Eigenverlag ALVA, Wien, 1979.

ANDERSEN O. M., FOSSEN T., TORSKANGER POLL K., FOSSEN A. and HAUGE U.: Anthocyanin from strawberry (*Fragaria ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypyranopelargonidin. Phytochemistry 2004; 65: 405-410.

AYALA-ZAVALA J. F., WANG S. Y., WANG C. Y. and GONZÁLEZ-AGUILAR G. A.: Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 2004; 37: 687-695.

BAKKER J. and TIMBERLAKE C. F.: Isolation, identification and characterization of new colorstable anthocyanins occurring in some red wines. J. Agric Food Chem 1997; 45: 35-43.

BARTMANN D.: Möglichkeiten zur Verbesserung der Farbstabilität bei Erdbeernektar. Diplomarbeit an der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, 2003.

BELITZ H.-D., GROSCH W. und SCHIEBERLE P.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer, Berlin, 2001.

BÜHL A. und ZÖFEL P.: SPSS 12 Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. Pearson Studium, München, 2005.

BMGF (Bundesministerium für Gesundheit und Frauen): Fruchtsaftverordnung. In: Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich. 83. Verordnung, Wien, 2004.

BMLFUW (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft): Lebensmittelbericht Österreich 2008, Wien, 2008.

BUCHWALD B.: Die Auswirkungen von Temperatureinwirkungen auf die Qualität von Lebensmitteln und apparative Wege zur Steuerung der Einwirkdauer. VDI Berichte Nr. 675, 1988.

DAO L. T., TAKEOKA G. R., EDWARDS R. H. and BERRIOS J. DE J.: Improved method for the stabilization of anthocyanidins. J. Agric. Food Chem. 1998; 46: 3564-3569.

DE ANCOS B., CANO M. P., HERNANDEZ A. and MONREAL M.: Effects of microwave heating on pigment composition and colour of fruit purees. J Sci Food Agric 1999; 79: 663-670.

EDER R.: Erfassung und Optimierung technologisch bedingter Anthocyan- und Farbveränderungen bei der Verarbeitung von schwarzem Holunder (*Sambucus nigra*) bzw. schwarzer Johannisbeere (*Ribes nigrum*) zu Halbkonzentrat und Nektar. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien, 1996.

EDER R. et al: Auftrennung der monomeren Rotweinanthocyane mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC)-Methodenvergleich und Vorstellung einer neuen Methode. Mitteilungen Klosterneuburg 1990; 40: 68-75.

EDER R. und BRANDES W.: Weinanalyse im eigenen Betrieb: Grundparameter. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Agrarverlag, Leopoldsdorf, 2003.

ELMADFA I., et al.: Österreichischer Ernährungsbericht 2003, Wien, 2003.

ELMADFA I., et al.: Österreichischer Ernährungsbericht 2008, Wien, 2009.

ELMADFA I. et al.: Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle. GRÄFE UND UNZER VERLAG GmbH, München, 2007.

ELMADFA I. und LEITZMANN C.: Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2004.

ERKAN M., WANG S. Y. and WANG C. Y.: Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 2008; 48: 163-171.

FULCRAND H., BENABDELJALIL C., RIGAUD J., CHEYNIER V., and MOUTOUNET M.: A new class of wine pigments generated by reaction between pyruvic acid and grape anthocyanins. Phytochemistry 1998; 47:1401-1407.

GARCIA-PALAZON A., SUTHANTHANGJAI W., KAJDA P. and ZABETAKIS I.: The effects of high hydrostatic pressure on β -glucosidase, peroxidase and polyphenoloxidase in red raspberry (*Rubus idaeus*) and strawberry (*Fragaria x ananassa*). Food Chemistry 2004; 88: 7-10.

GARZÓN G. A. and WROLSTAD R. E.: Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. J Food Science 2002; 67: 1288-1299.

GIL M. I., HOLCROFT D. M. and KADER A. A.: Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *J. Agric. Food Chem.* 1997; 45: 1662-1667.

GIUSTI M. M., RODRIGUEZ-SAONA L. E. and WROLSTAD R. E.: Molar absorptivity and color characteristics of acylated and non-acylated Pelargonidin-based anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 1999; 47: 4631-4637.

GIUSTI M. M. and WROLSTAD R. E.: Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal* 2003; 14: 217-225.

GOIFFON J.-P., MOULY P. P. and GAYDOU E. M.: Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta* 1999; 382: 39-50.

GÖSSINGER M.: Erdbeeren als Basis für viele gute Produkte. *Besseres Obst* 2005; 5: 16-18.

GÖSSINGER M., MORITZ S., HERMES M., ULLRAM T., MAYER F., WENDELIN S. und BERGHOFER E.: Farbstabilisierung bei Erdbeerprodukten. In: „Gute Herstellungspraxis in pflanzlichen Produkten“. ALVA Tagungsband, Stadtschlaining, 2007; 138-140.

GÖSSINGER M., MORITZ S., HERMES M., WENDELIN S., SCHERBICHLER H., HALBWIRTH H., STICH K. und BERGHOFER E.: Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. *Journal of Food Engineering* 2009; 90: 171-178.

HEISS R.: *Lebensmitteltechnologie*. Springer Verlag, Berlin, 2004.

HERNANZ D., RECAMALES Á. F., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ A. J., GONZÁLEZ-MIRET M. L. and HEREDIA F. J.: Assessment of the differences in the phenolic composition of five strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in two different soilless systems. J. Agric. Food Chem. 2007; 55: 1846-1852.

HERRMANN K.: Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Ulmer, Stuttgart, 2001, 27ff.

HOLCROFT D. M. and KADER A. A.: Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology 1999; 17: 19-32.

INNERHOFER G.: Das große Buch der Obstverarbeitung. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf, 2005.

KADER F., ROVEL B., GIRARDIN M. and METCHE M.: Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L). Role of blueberry polyphenol oxidase, chlorogenic acid and anthocyanins. J Sci Food Agric 1997; 74: 31-34.

KAINZ B.: Untersuchungen zur Stabilität der Anthocyane in *Fragaria ananassa*. Diplomarbeit an der Technischen Universität, Graz, 2004.

KALISZ S. and KUROWSKA M.: Changes in the content of polyphenols and ascorbic acid in strawberry juices and semiconcentrates during their storage. ZYWNOSC. Nauka. Technologia. Jakosc 2005; 2 (43) Supl.: 62-71.

KALT W., FORNEY C. F., MARTIN A. and PRIOR R. L.: Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. J. Agric. Food Chem. 1999; 47: 4638-4644.

KLEPPMANN W.: Taschenbuch Versuchsplanung. Verlag Carl Hanser, München, 2003.

KLOPOTEK Y., OTTO K. and BÖHM V.: Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity. J. Agric. Food Chem. 2005; 53 (14): 5640-5646.

LINK H. (Hrsg.): Lucas' Anleitung zum Obstbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2002.

MARTI N., PEREZ-VICENTE A. and GARCIA-VIGUERA C.: Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. J Sci Food Agric 2002; 82: 217-221.

MATSUFUJI H., OTSUKI T., TAKEDA T., CHINO M. and TAKEDA M.: Identification of reaction products of acylated anthocyanins from red radish with peroxy radicals. J. Agric. Food Chem. 2003; 51: 3157-3161.

MATTILA P. and KUMPULAINEN J.: Determination of free and total phenolic acids in plant-derived foods by HPLC with diode-array detection. J. Agric. Food Chem. 2002; 50: 3660-3667.

MAYER F.: Kundenakzeptanz von Erdbeernektar in Abhängigkeit von der Produktfarbe. Diplomarbeit an der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, 2006.

MESCHTER E. E.: Fruit Color Loss: Effects of Carbohydrates and Other Factors On Strawberry Products. Agricultural and Food Chemistry 1953; 1 (8): 574-579.

MÖLLS H. S.: Ergebnisse von Untersuchungen über die Einflüsse verschiedener Verarbeitungsschritte auf die quantitativen und qualitativen Gehalte an Anthocyanen in Erdbeeren. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien, 1996.

NGO T., WROLSTAD R. E. and ZHAO Y.: Color quality of oregon strawberries – impact of genotype, composition and processing. *Journal of Food Science* 2007; 72 (1): 25-32.

ÖZKAN M., YEMENICIOGLU A. and CEMEROGLU B.: Degradation of various fruit juice anthocyanins by hydrogen peroxide. *Food Research International* 2005; 38: 1015-1021.

RECHNER A.: Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die Polyphenole und antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerenobstsäften. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität, Giessen, 2000.

REIN M. J.: Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Dissertation an der Universität von Helsinki, Helsinki, 2005.

REIN M. J. and HEINONEN M.: Stability and enhancement of berry juice color. *J. Agric. Food Chem.* 2004; 52: 3106-3114.

RODRIGO D., VAN LOEY A. and HENDRICKX M.: Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. *Journal of Food Engineering*, 2007: 79: 553-560.

ROSSETTO M., VANZANI P., ZENNARO L., MATTIVI F., VRHOVSEK U., SCARPA M. and RIGO A.: Stable free radicals and peroxy radical trapping capacity in red wines. *J. Agric. Food Chem.* 2004; 52: 6151-6155.

SCHEFFLER E.: Statistische Versuchsplanung und -auswertung: Eine Einführung für Praktiker. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart, 1997.

SCHEK A.: Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Ernährung 2003; 27: 304-316.

SCHERBICHLER H.: Einfluss verschiedener Faktoren auf die Farbstabilität von Erdbeernektaren. Diplomarbeit an der Universität Wien, 2008.

SCHOBINGER U.: Frucht- und Gemüsesäfte. Ulmer Verlag, Stuttgart, 2001.

SILBEREISEN R., GÖTZ G. und HARTMANN W.: Obstsorten-Atlas Kernobst, Steinobst, Beerenobst, Schalenobst. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1996.

SKREDE G., WROLSTAD R. E., LEA P. and ENERSON G.: Color stability of strawberry and blackcurrant syrups. J. Food Sci. 1992; 57: 172-177.

SPANOS G. A. and WROLSTAD R. E.: Influence of variety, maturity, processing and storage on the phenolic composition of pear juice. J. Agric. Food Chem. 1990; 38: 817-824.

SPANOS G. A., WROLSTAD R. E. and HEATHERBELL D. A.: Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice. J. Agric. Food Chem. 1990; 38: 1572-1579.

TALCOTT S. T., BRENES C. H., PIRES D. M. and DEL POZO-INSFRAN D.: Phytochemical stability and color retention of copigmented and processed muscadine grape juice. J. Agric. Food Chem. 2003; 51: 957-963.

TAUFRATZHOFFER R.: Farbstabilisierung von Erdbeernektar mittels pH-Wert-Änderung und Süßung. Diplomarbeit an der Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau, Klosterneuburg, 2005.

THIELEN C.: Auswahl und Verarbeitung von Früchten zur Steigerung der Gehalte an phenolischen Antioxidantien in Fruchtsäften. Dissertation an der Technischen Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern, 2006.

VAN BUREN J.-P., BERTINO J.-J. and ROBINSON W.-B.: The stability of wine anthocyanins on exposure to heat and light. *American Journal of Enology and Viticulture* 1968; 19 (3): 147-154.

VOGL K.: Technologie der Obst- und Gemüseverarbeitung, Vorlesungsunterlagen, Universität für Bodenkultur, Wien, 2005.

WANG W.-D. and XU S.-Y.: Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering* 2007; 82: 271-275.

WAWRUSCHKA A.: Farbmétrische Studien an anthocyanhaltigen Getränken. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien, 1985.

WEISSINGER H.: Erdbeeren auf dem Laufsteg: gesund, attraktiv und bio-tauglich?. *Besseres Obst* 2/2009; 54: 10-13.

WERNER H.: Verband der Fruchtsaftindustrie, 2007; persönliche Mitteilung.

WICKLUND T., ROSENFELD H.J., MARTINSEN B.K., SUNDFOR M.W., LEA P., BRUUN T., BLOMHOFF R. and HAFFNER K.: Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT* 2005; 38: 387-391.

WROLSTAD R. E., PUTNAM T. P. and VARSEVELD G. W.: Color quality of frozen strawberries: effect of anthocyanin, pH, total acidity and ascorbic acid variability. *J Food Science* 1970; 35: 448-452.

WROLSTAD R. E., SKREDE G., LEA P. and ENERSON G.: Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. J Food Science 1990; 55: 1064-1065.

ZABETAKIS I., LECLERC D. and KAJDA P.: The effect of high hydrostatic pressure on the strawberry anthocyanins. J. Agric. Food Chem. 2000; 48: 2749-2754.

ZHENG Y., WANG S. Y., WANG C. Y. and ZHENG W.: Changes in strawberry phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. LWT 2007; 40: 49-57.

Internetquellen:

AMA MARKETING, 2007a:

http://www.ama-marketing.at/home/groups/7/Konsumverhalten_OGK.pdf
27.08.2007

AMA MARKETING, 2007b:

http://www.ama-marketing.at/home/groups/7/Marktentwicklung_OGK.pdf
27.08.2007

STATISTIK AUSTRIA, 2009:

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/obst/index.html
28.03.2009

11 Anhang

11.1 Verwendete Chemikalien

- Ortho-Phosphorsäure 84% RECTAPUR, 20621.364, VWR International GmbH, Österreich
- 0,1 N Natronlauge, 1.09959.0001, Merck, Deutschland
- Panzym BE XXL, EC B 1.6.4.5, E. Begerow GmbH & Co, Deutschland
- NaCalit Pore-Tec, Bentonit, Chargen-Nr. 06247, Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland
- Blankasit, Saures Spezialkieselöl 15%, 11033, Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland
- Gelita klar, Flüssige Speisegelatine, 15053, Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland
- Granucol rouge, Leicht-Aktivkohle, 12012, Erbslöh Geisenheim AG, Deutschland
- Litto Gomme K, Gummi arabicum, 76111, La Littorale-Groupe Erbslöh, Deutschland
- Papain Carica Papaya, EC 3.4.22.2, Product no. 76218, Sigma-Aldrich Production GmbH, Schweiz
- Normalkristallzucker, Agrana Zucker GmbH, Österreich
- Zitronensäure, Jungbunzlauer Austria AG, Österreich
- Salzsäure rauchend 37%, 1.00.317.2501, Merck, Deutschland
- Kaliumdihydrogenphosphat, 1.04873.1000, Merck, Deutschland
- Ortho-Phosphorsäure 85%, Merck, Deutschland
- Stärke löslich, 1.01252.0100, Merck, Deutschland
- Kaliumiodid, 1.05043.0250, Merck, Deutschland
- Kaliumiodat, 1.05051.0100, Merck, Deutschland
- Schwefelsäure 95 bis 98% reinst, 1.00713.2500, Merck, Deutschland
- Methanol, ROTISOLV HPLC Gradient Grade, 7342.1, Carl Roth GmbH & Co KG, Deutschland

11.2 Geräteliste

- Spectrophotometer CM-3500d, Konica Minolta, Japan
- Color Data Software CM-S100w SpectraMagic Ver. 1.4, Konica Minolta, Japan
- Compact Laboratory Turbidity Photometer LTP, Dr. Bruno Lange GmbH, Deutschland
- Taschenmessgerät MultiLine P3 pH/OXI, WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Deutschland
- pH-Einstabmesskette mit integriertem Temperaturmessfühler SenTix 41, WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Deutschland
- Sauerstoffsensor CellOx 325, WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Deutschland
- Sensolyt Pt Elektrode, WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH, Deutschland
- Durofel Messgerät, Setop Giraud-Technologie, Frankreich
- Hand-Refraktometer, Seitz Enzinger Noll Austria GesmbH, Österreich
- Beckmann J2-HC Kühlzentrifuge, Beckmann. Deutschland
- Faltenfilter 595 $\frac{1}{2}$ von Schleicher & Schuell Micro Science, Dassel, Deutschland
- Absaugvorrichtung Baker spe - 12G, Mallinckrodt Baker, Inc., Niederlande
- HPLC-System, Waters Corporation, USA
- Festphasenextraktionssäulchen, Bond Elut C18, Varian, USA
- Wägeterminal BT und Lastaufnehmer SP 8, Bizerba Waagen GesmbH & Co KG, Österreich
- Walzenmühle, Anton Wottle Maschinen und Weinpressenbau GmbH, Österreich
- Passiermaschine (Sieb 1mm), Josef Wiehsböck Maschinen und Werkzeuge, Österreich
- Zahnkolloidmühle Fryma MZ, FrymaKoruma AG, Schweiz
- Inline-Zahnkolloidmühle MZ 100, FrymaKoruma AG, Schweiz

- Mohnpumpe, Netzsch-Mohnpumpen GmbH, Deutschland
- Vakuumfüller „Rapidex“, Costruzioni Macchine per L'imbottigliamento, Italien
- Kronenkorker, Costruzioni Macchine per L'imbottigliamento, Italien
- Berieselungspasteur, Balik Anlagentechnik GmbH, Österreich
- Temperaturschreiber ctf 84, Ellab A/S, Dänemark
- 180 l Hydropresse, Speidel Tank- und Behälterbau GmbH, Deutschland
- Schichtenfilter Pilot Seitz und K800 und K100 Schichten, Pall Seitz Schenk Filtersysteme GmbH, Deutschland
- Eindampfer Centri-Therm Typ CT-1B, The Alfa-Laval/De Laval Group, Schweden
- Mikrowelle M 611 S, Miele GmbH, Deutschland
- Dampf injektor, MAKLAD innovative Fluid- & Systemtechnik GmbH, Österreich
- Röhrenpasteur Type EUROCAL 5, Fischer Maschinen und Apparatebau AG, Österreich

11.3 Farbwerte

11.3.1 Farbwerte Versuchsplan 1

Zeitpunkt	Variante	L*-Wert	a*-Wert	b*-Wert	C*-Wert	h°-Wert
Erdbeeren		37,32 (±3,11)	37,73 (±1,79)	23,12 (±4,16)	44,36 (±3,21)	31,27 (±4,11)
Vor Pasteurisieren	1, 2	27,81 (±0,18)	27,46 (±0,19)	18,05 (±0,20)	32,86 (±0,26)	33,32 (±0,11)
	3, 4	26,13 (±0,07)	26,34 (±0,02)	15,59 (±0,07)	30,61 (±0,06)	30,63 (±0,09)
	5, 6	27,24 (±0,08)	27,54 (±0,06)	19,09 (±0,12)	33,50 (±0,13)	34,73 (±0,11)
	7, 8	25,30 (±0,10)	25,09 (±0,08)	15,23 (±0,09)	29,35 (±0,11)	31,25 (±0,07)
	9, 10	26,88 (±0,50)	28,95 (±0,32)	21,30 (±0,33)	35,94 (±0,45)	36,35 (±0,16)
	11, 12	27,06 (±0,79)	30,73 (±0,61)	23,91 (±0,73)	38,94 (±0,93)	37,88 (±0,32)
	13, 14	28,26 (±0,20)	30,70 (±0,12)	22,86 (±0,14)	38,28 (±0,17)	36,68 (±0,10)
	15, 16	27,11 (±0,27)	29,88 (±0,28)	22,96 (±0,28)	37,68 (±0,39)	37,53 (±0,08)
Nach Pasteurisieren	1, 2	29,07 (±0,32)	25,42 (±0,19)	16,62 (±0,15)	30,38 (±0,24)	33,17 (±0,07)
	3, 4	31,07 (±1,33)	24,74 (±0,42)	15,76 (±0,64)	29,33 (±0,70)	32,48 (±0,61)
	5, 6	29,94 (±0,26)	25,70 (±0,16)	17,02 (±0,10)	30,83 (±0,18)	33,52 (±0,08)
	7, 8	30,36 (±0,63)	23,56 (±0,50)	14,24 (±0,57)	27,62 (±0,72)	31,46 (±0,48)
	9, 10	25,04 (±0,85)	27,80 (±1,08)	19,84 (±1,23)	34,16 (±1,59)	35,50 (±0,62)
	11, 12	26,31 (±0,84)	28,59 (±1,33)	20,61 (±1,25)	35,24 (±1,97)	35,75 (±0,75)
	13, 14	27,33 (±0,29)	28,92 (±0,70)	20,56 (±0,77)	35,48 (±1,02)	35,40 (±0,36)
	15, 16	26,73 (±0,28)	28,65 (±0,12)	21,01 (±0,14)	35,53 (±0,18)	36,26 (±0,09)
Nach 2 Wochen	9	26,97 (±0,12)	20,80 (±0,08)	14,78 (±0,03)	25,52 (±0,07)	35,40 (±0,11)
	10	25,38 (±0,28)	26,16 (±0,18)	17,89 (±0,16)	31,69 (±0,23)	34,36 (±0,08)
	11	28,03 (±0,11)	22,02 (±0,11)	16,64 (±0,09)	27,60 (±0,09)	37,09 (±0,22)
	12	26,10 (±0,43)	27,95 (±0,59)	19,88 (±0,71)	34,30 (±0,89)	35,42 (±0,41)
	13	29,42 (±0,06)	23,28 (±0,14)	16,74 (±0,08)	26,68 (±0,14)	35,72 (±0,10)
	14	27,71 (±0,59)	28,45 (±0,74)	19,88 (±0,86)	34,70 (±1,09)	34,93 (±0,47)
	15	28,56 (±0,09)	21,90 (±0,09)	15,90 (±0,09)	27,07 (±0,09)	35,99 (±0,18)
	16	26,91 (±0,68)	27,56 (±0,36)	19,56 (±0,36)	33,80 (±0,50)	35,36 (±0,15)
Nach 4 Wochen	1	32,65 (±0,17)	16,30 (±0,20)	14,79 (±0,15)	22,01 (±0,23)	42,23 (±0,23)
	2	30,04 (±0,12)	24,59 (±0,15)	15,95 (±0,07)	29,30 (±0,16)	32,96 (±0,08)
	3	34,23 (±0,55)	14,28 (±0,40)	17,12 (±0,34)	22,29 (±0,52)	50,17 (±0,30)
	4	31,98 (±0,10)	23,12 (±0,02)	15,04 (±0,10)	27,58 (±0,07)	33,05 (±0,16)
	5	32,72 (±0,07)	19,00 (±0,02)	15,90 (±0,14)	24,77 (±0,10)	39,92 (±0,22)
	6	29,93 (±0,75)	26,16 (±0,28)	18,46 (±0,31)	32,02 (±0,40)	35,21 (±0,24)
	7	33,10 (±0,53)	14,47 (±0,40)	14,78 (±0,35)	20,68 (±0,45)	45,60 (±0,75)
	8	30,15 (±0,62)	23,12 (±0,10)	15,21 (±0,10)	27,68 (±0,05)	33,34 (±0,28)
	9	28,88 (±0,19)	17,56 (±0,13)	15,84 (±0,06)	23,65 (±0,13)	42,04 (±0,10)
	10	25,55 (±0,20)	25,50 (±0,24)	17,01 (±0,29)	30,65 (±0,36)	33,70 (±0,20)
	11	30,28 (±0,39)	17,25 (±0,57)	17,25 (±0,13)	24,40 (±0,46)	45,00 (±0,82)
	12	26,32 (±0,16)	27,04 (±0,06)	18,75 (±0,10)	32,90 (±0,10)	34,74 (±0,09)
	13	31,61 (±0,38)	18,38 (±0,63)	17,19 (±0,22)	25,16 (±0,58)	43,09 (±0,74)
	14	28,01 (±0,41)	27,73 (±0,20)	18,87 (±0,20)	33,54 (±0,28)	34,23 (±0,15)
	15	31,06 (±0,26)	16,54 (±1,02)	16,17 (±0,20)	23,14 (±0,87)	44,39 (±1,42)
	16	26,98 (±0,22)	26,78 (±0,05)	18,49 (±0,08)	32,55 (±0,09)	34,62 (±0,07)
Nach 6 Wochen	1	36,22 (±0,21)	13,86 (±0,03)	17,43 (±0,17)	22,27 (±0,14)	51,50 (±0,25)
	2	31,60 (±0,26)	24,41 (±0,23)	15,89 (±0,17)	29,13 (±0,29)	33,06 (±0,05)
	3	36,13 (±0,37)	12,04 (±0,21)	19,45 (±0,08)	22,87 (±0,14)	58,25 (±0,45)
	4	33,43 (±0,03)	23,13 (±0,24)	15,62 (±0,12)	27,91 (±0,25)	34,03 (±0,16)
	5	35,49 (±0,23)	15,50 (±0,83)	16,43 (±0,10)	22,60 (±0,52)	46,71 (±1,68)
	6	30,78 (±0,10)	26,46 (±0,51)	17,98 (±0,68)	31,99 (±0,80)	34,18 (±0,51)
	7	34,97 (±0,07)	11,74 (±0,04)	16,85 (±0,21)	20,54 (±0,16)	55,14 (±0,40)
	8	31,62 (±0,14)	22,64 (±0,13)	14,36 (±0,18)	26,81 (±0,19)	32,37 (±0,26)
	9	29,34 (±0,34)	14,96 (±0,69)	16,29 (±0,22)	22,12 (±0,63)	47,46 (±0,94)
	10	25,36 (±0,12)	24,86 (±0,31)	16,31 (±0,28)	29,74 (±0,41)	33,27 (±0,15)
	11	30,20 (±0,12)	15,55 (±0,15)	17,85 (±0,09)	23,67 (±0,15)	48,94 (±0,21)
	12	26,69 (±0,96)	26,36 (±0,59)	17,94 (±1,00)	31,89 (±1,04)	34,23 (±0,92)
	13	31,67 (±0,18)	16,29 (±0,05)	18,04 (±0,07)	24,30 (±0,08)	47,91 (±0,08)
	14	27,45 (±0,09)	27,23 (±0,05)	18,10 (±0,05)	32,69 (±0,06)	33,61 (±0,07)
	15	31,17 (±0,23)	15,17 (±0,39)	17,06 (±0,18)	22,83 (±0,39)	48,39 (±0,43)
	16	26,70 (±0,32)	25,98 (±0,22)	17,49 (±0,20)	31,32 (±0,30)	33,94 (±0,09)
Nach 8 Wochen	1	35,20 (±0,05)	12,27 (±0,29)	19,12 (±0,16)	22,72 (±0,28)	57,33 (±0,44)
	2	30,45 (±0,11)	24,13 (±0,16)	15,68 (±0,08)	28,77 (±0,17)	33,02 (±0,09)

	3	34,38 ($\pm 0,21$)	10,43 ($\pm 0,02$)	20,78 ($\pm 0,11$)	23,26 ($\pm 0,09$)	63,34 ($\pm 0,16$)
	4	32,17 ($\pm 0,13$)	22,40 ($\pm 0,18$)	15,29 ($\pm 0,06$)	27,12 ($\pm 0,14$)	34,33 ($\pm 0,26$)
	5	34,18 ($\pm 0,18$)	13,04 ($\pm 0,55$)	17,95 ($\pm 0,12$)	22,19 ($\pm 0,23$)	54,01 ($\pm 1,35$)
	6	29,67 ($\pm 0,28$)	25,77 ($\pm 0,29$)	17,33 ($\pm 0,26$)	31,06 ($\pm 0,39$)	33,92 ($\pm 0,11$)
	7	33,08 ($\pm 0,16$)	10,09 ($\pm 0,56$)	18,67 ($\pm 0,11$)	21,23 ($\pm 0,17$)	61,62 ($\pm 1,47$)
	8	31,38 ($\pm 1,64$)	22,23 ($\pm 0,22$)	14,74 ($\pm 0,42$)	26,68 ($\pm 0,15$)	33,54 ($\pm 0,98$)
	9	29,82 ($\pm 0,06$)	14,66 ($\pm 0,47$)	17,62 ($\pm 0,05$)	22,93 ($\pm 0,34$)	50,24 ($\pm 0,84$)
	10	25,26 ($\pm 0,51$)	23,24 ($\pm 1,02$)	14,54 ($\pm 0,90$)	27,41 ($\pm 1,34$)	32,03 ($\pm 0,47$)
	11	30,75 ($\pm 0,03$)	14,83 ($\pm 0,35$)	18,92 ($\pm 0,02$)	24,04 ($\pm 0,20$)	51,92 ($\pm 0,68$)
	12	26,39 ($\pm 0,25$)	25,72 ($\pm 0,09$)	16,95 ($\pm 0,10$)	30,80 ($\pm 0,13$)	33,39 ($\pm 0,08$)
	13	32,23 ($\pm 0,05$)	15,00 ($\pm 0,09$)	19,06 ($\pm 0,09$)	24,25 ($\pm 0,12$)	51,81 ($\pm 0,07$)
	14	27,77 ($\pm 0,06$)	26,77 ($\pm 0,34$)	17,28 ($\pm 0,24$)	31,87 ($\pm 0,41$)	32,85 ($\pm 0,08$)
	15	31,65 ($\pm 0,18$)	14,20 ($\pm 0,21$)	18,17 ($\pm 0,21$)	23,06 ($\pm 0,29$)	51,99 ($\pm 0,09$)
	16	27,32 ($\pm 0,21$)	25,54 ($\pm 0,17$)	16,67 ($\pm 0,05$)	30,49 ($\pm 0,16$)	33,14 ($\pm 0,16$)
	17	34,28 ($\pm 1,17$)	22,65 ($\pm 0,74$)	13,65 ($\pm 0,80$)	26,45 ($\pm 1,05$)	31,07 ($\pm 0,67$)
Nach 10 Wochen	2	37,36 ($\pm 0,13$)	20,05 ($\pm 0,44$)	12,57 ($\pm 0,19$)	23,66 ($\pm 0,47$)	32,10 ($\pm 0,18$)
	4	33,60 ($\pm 0,34$)	24,40 ($\pm 0,29$)	14,91 ($\pm 0,37$)	28,60 ($\pm 0,44$)	31,43 ($\pm 0,36$)
	6	33,66 ($\pm 1,18$)	20,45 ($\pm 0,51$)	12,17 ($\pm 0,51$)	23,80 ($\pm 0,68$)	30,75 ($\pm 0,55$)
	8	31,68 ($\pm 0,35$)	13,87 ($\pm 0,07$)	18,20 ($\pm 0,16$)	22,88 ($\pm 0,16$)	52,68 ($\pm 0,13$)
	10	28,82 ($\pm 0,20$)	23,05 ($\pm 0,08$)	13,08 ($\pm 0,06$)	26,50 ($\pm 0,08$)	29,59 ($\pm 0,14$)
	11	34,01 ($\pm 0,18$)	13,42 ($\pm 0,54$)	18,10 ($\pm 0,30$)	22,54 ($\pm 0,55$)	53,45 ($\pm 0,67$)
	12	29,63 ($\pm 0,27$)	24,54 ($\pm 0,63$)	15,43 ($\pm 0,38$)	28,99 ($\pm 0,74$)	32,16 ($\pm 0,08$)
	13	36,06 ($\pm 0,06$)	14,22 ($\pm 0,35$)	18,17 ($\pm 0,08$)	23,07 ($\pm 0,17$)	51,96 ($\pm 0,77$)
	14	30,86 ($\pm 0,06$)	26,09 ($\pm 0,33$)	15,79 ($\pm 0,23$)	30,47 ($\pm 0,40$)	31,19 ($\pm 0,16$)
	15	35,35 ($\pm 0,12$)	12,90 ($\pm 0,20$)	17,26 ($\pm 0,05$)	21,55 ($\pm 0,10$)	53,24 ($\pm 0,47$)
Nach 14 Wochen	2	30,26 ($\pm 0,08$)	25,10 ($\pm 0,10$)	15,56 ($\pm 0,15$)	29,54 ($\pm 0,16$)	31,79 ($\pm 0,15$)
	2	32,20 ($\pm 0,07$)	22,34 ($\pm 0,23$)	14,99 ($\pm 0,21$)	26,90 ($\pm 0,31$)	33,86 ($\pm 0,11$)
	4	33,86 ($\pm 0,43$)	20,44 ($\pm 0,59$)	15,55 ($\pm 0,42$)	25,68 ($\pm 0,72$)	37,27 ($\pm 0,12$)
	6	31,43 ($\pm 0,54$)	24,46 ($\pm 0,19$)	16,63 ($\pm 0,23$)	29,58 ($\pm 0,28$)	34,21 ($\pm 0,21$)
	8	32,16 ($\pm 0,37$)	19,55 ($\pm 1,27$)	13,82 ($\pm 0,36$)	23,94 ($\pm 1,24$)	35,29 ($\pm 1,06$)
	10	27,87 ($\pm 0,24$)	22,34 ($\pm 0,36$)	14,24 ($\pm 0,17$)	26,49 ($\pm 0,38$)	32,51 ($\pm 0,19$)
	12	28,38 ($\pm 0,32$)	24,11 ($\pm 0,25$)	16,09 ($\pm 0,26$)	28,98 ($\pm 0,36$)	33,72 ($\pm 0,15$)
	14	30,24 ($\pm 0,30$)	24,94 ($\pm 0,39$)	16,23 ($\pm 0,34$)	29,75 ($\pm 0,51$)	33,05 ($\pm 0,17$)
Nach 18 Wochen	16	28,81 ($\pm 0,04$)	23,80 ($\pm 0,13$)	15,41 ($\pm 0,29$)	28,35 ($\pm 0,26$)	32,91 ($\pm 0,36$)
	2	34,25 ($\pm 0,75$)	20,21 ($\pm 1,28$)	14,87 ($\pm 0,50$)	25,11 ($\pm 0,74$)	36,42 ($\pm 2,65$)
	4	34,07 ($\pm 0,92$)	20,26 ($\pm 1,19$)	15,00 ($\pm 0,45$)	25,22 ($\pm 0,71$)	36,58 ($\pm 2,39$)
	6	32,81 ($\pm 0,04$)	23,44 ($\pm 0,15$)	15,79 ($\pm 0,09$)	28,26 ($\pm 0,18$)	33,97 ($\pm 0,07$)
	8	33,30 ($\pm 0,92$)	18,58 ($\pm 1,52$)	13,83 ($\pm 0,28$)	23,17 ($\pm 1,39$)	36,74 ($\pm 1,69$)
	10	28,19 ($\pm 0,22$)	22,35 ($\pm 0,08$)	14,81 ($\pm 0,03$)	26,81 ($\pm 0,08$)	33,53 ($\pm 0,08$)
	12	29,47 ($\pm 0,04$)	23,59 ($\pm 0,14$)	16,49 ($\pm 0,19$)	28,78 ($\pm 0,22$)	34,96 ($\pm 0,17$)
	14	30,93 ($\pm 0,12$)	24,51 ($\pm 1,02$)	16,46 ($\pm 0,74$)	29,52 ($\pm 1,26$)	33,87 ($\pm 0,09$)
Nach 21 Wochen	16	30,11 ($\pm 0,38$)	23,46 ($\pm 0,10$)	16,08 ($\pm 0,09$)	28,44 ($\pm 0,12$)	34,44 ($\pm 0,12$)
	10	28,15 ($\pm 0,36$)	20,98 ($\pm 0,06$)	14,27 ($\pm 0,11$)	25,37 ($\pm 0,10$)	34,23 ($\pm 0,18$)
	12	28,70 ($\pm 0,16$)	21,85 ($\pm 0,05$)	15,77 ($\pm 0,12$)	26,94 ($\pm 0,09$)	35,81 ($\pm 0,21$)
	14	30,20 ($\pm 0,25$)	23,02 ($\pm 0,10$)	15,62 ($\pm 0,15$)	27,82 ($\pm 0,14$)	34,16 ($\pm 0,23$)
Nach 22 Wochen	16	29,62 ($\pm 0,42$)	21,92 ($\pm 0,27$)	15,02 ($\pm 0,20$)	26,56 ($\pm 0,33$)	34,41 ($\pm 0,07$)
	2	34,40 ($\pm 0,18$)	19,67 ($\pm 0,47$)	14,60 ($\pm 0,05$)	24,50 ($\pm 0,40$)	36,60 ($\pm 0,59$)
	4	37,14 ($\pm 0,81$)	16,76 ($\pm 1,02$)	16,37 ($\pm 0,19$)	23,43 ($\pm 0,68$)	44,36 ($\pm 1,91$)
	6	34,52 ($\pm 0,13$)	23,28 ($\pm 0,25$)	16,56 ($\pm 0,21$)	28,57 ($\pm 0,33$)	35,43 ($\pm 0,10$)
	8	34,70 ($\pm 0,23$)	18,94 ($\pm 0,17$)	15,26 ($\pm 0,20$)	24,32 ($\pm 0,26$)	38,86 ($\pm 0,15$)
	10	28,03 ($\pm 0,28$)	20,19 ($\pm 0,22$)	13,29 ($\pm 0,18$)	24,17 ($\pm 0,26$)	33,36 ($\pm 0,30$)
	12	29,49 ($\pm 0,59$)	21,39 ($\pm 0,23$)	15,05 ($\pm 0,30$)	26,16 ($\pm 0,36$)	35,13 ($\pm 0,25$)
	14	29,95 ($\pm 0,16$)	22,30 ($\pm 0,24$)	14,95 ($\pm 0,12$)	26,85 ($\pm 0,27$)	33,85 ($\pm 0,13$)
Nach 26 Wochen	16	29,15 ($\pm 0,22$)	21,77 ($\pm 0,56$)	14,77 ($\pm 0,45$)	26,31 ($\pm 0,71$)	34,16 ($\pm 0,17$)
	2	34,27 ($\pm 0,13$)	18,23 ($\pm 0,17$)	14,67 ($\pm 0,13$)	23,41 ($\pm 0,21$)	38,83 ($\pm 0,14$)
	4	35,70 ($\pm 0,32$)	15,32 ($\pm 0,42$)	16,20 ($\pm 0,52$)	22,29 ($\pm 0,66$)	46,60 ($\pm 0,26$)
	6	34,03 ($\pm 0,16$)	20,90 ($\pm 0,32$)	15,20 ($\pm 0,53$)	28,85 ($\pm 0,55$)	36,03 ($\pm 0,10$)
	8	33,98 ($\pm 0,31$)	16,85 ($\pm 0,67$)	14,47 ($\pm 0,46$)	22,21 ($\pm 0,75$)	40,67 ($\pm 0,81$)
	10	26,29 ($\pm 0,37$)	18,91 ($\pm 0,79$)	14,09 ($\pm 0,57$)	23,58 ($\pm 0,98$)	36,70 ($\pm 0,11$)
	12	27,81 ($\pm 0,33$)	20,28 ($\pm 0,16$)	16,20 ($\pm 0,09$)	25,96 ($\pm 0,12$)	38,63 ($\pm 0,32$)
	14	29,24 ($\pm 0,29$)	21,64 ($\pm 0,69$)	16,19 ($\pm 0,31$)	27,02 ($\pm 0,74$)	36,81 ($\pm 0,37$)
Nach 30 Wochen	16	28,07 ($\pm 0,41$)	19,84 ($\pm 0,24$)	15,13 ($\pm 0,20$)	24,95 ($\pm 0,31$)	37,32 ($\pm 0,07$)
	2	34,88 ($\pm 0,11$)	16,97 ($\pm 0,21$)	14,80 ($\pm 0,17$)	22,52 ($\pm 0,26$)	41,09 ($\pm 0,12$)
	4	36,47 ($\pm 0,26$)	14,19 ($\pm 0,41$)	16,87 ($\pm 0,24$)	22,05 ($\pm 0,44$)	49,93 ($\pm 0,43$)
	6	34,06 ($\pm 0,18$)	19,81 ($\pm 0,12$)	15,42 ($\pm 0,14$)	25,10 ($\pm 0,18$)	37,88 ($\pm 0,09$)
	8	34,35 ($\pm 0,12$)	14,85 ($\pm 0,26$)	14,96 ($\pm 0,05$)	21,08 ($\pm 0,16$)	45,23 ($\pm 0,57$)
	10	27,23 ($\pm 0,32$)	18,63 ($\pm 0,51$)	14,61 ($\pm 0,48$)	23,67 ($\pm 0,70$)	38,11 ($\pm 0,17$)
	12	28,51 ($\pm 0,16$)	19,15 ($\pm 0,17$)	16,27 ($\pm 0,05$)	25,13 ($\pm 0,12$)	40,34 ($\pm 0,31$)
	14	29,80 ($\pm 0,29$)	18,27 ($\pm 0,18$)	15,01 ($\pm 0,11$)	23,65 ($\pm 0,20$)	39,41 ($\pm 0,12$)

	16	28,32 ($\pm 0,05$)	19,97 ($\pm 0,65$)	15,22 ($\pm 0,46$)	24,62 ($\pm 0,79$)	38,75 ($\pm 0,11$)
Nach 34 Wochen	2	34,23 ($\pm 0,06$)	16,00 ($\pm 0,19$)	16,10 ($\pm 0,12$)	22,70 ($\pm 0,22$)	45,18 ($\pm 0,14$)
	4	35,10 ($\pm 0,38$)	13,46 ($\pm 0,25$)	18,54 ($\pm 0,37$)	22,91 ($\pm 0,45$)	54,02 ($\pm 0,09$)
	6	32,79 ($\pm 0,10$)	18,93 ($\pm 0,21$)	16,36 ($\pm 0,10$)	25,02 ($\pm 0,22$)	40,84 ($\pm 0,20$)
	8	33,26 ($\pm 0,20$)	13,52 ($\pm 0,12$)	16,18 ($\pm 0,02$)	21,08 ($\pm 0,09$)	50,13 ($\pm 0,23$)

11.3.2 Farbwerte Versuchsplan 2

Zeitpunkt	Variante	L*-Wert	a*-Wert	b*-Wert	C*-Wert	h°-Wert
Erdbeeren		32,46 ($\pm 3,38$)	26,70 ($\pm 4,02$)	15,34 ($\pm 4,92$)	30,96 ($\pm 5,45$)	29,30 ($\pm 5,98$)
Nach Pressen		38,96 ($\pm 0,01$)	64,40 ($\pm 0,01$)	67,00 ($\pm 0,00$)	92,93 ($\pm 0,01$)	46,13 ($\pm 0,00$)
Nach Oxidation	1, 2, 3, 4	54,00 ($\pm 0,36$)	66,18 ($\pm 0,25$)	89,28 ($\pm 0,07$)	111,14 ($\pm 0,09$)	53,45 ($\pm 0,13$)
	5, 6, 7, 8	52,93 ($\pm 0,17$)	66,60 ($\pm 0,11$)	88,70 ($\pm 0,09$)	110,92 ($\pm 0,01$)	53,10 ($\pm 0,07$)
Vor Tiefrieren	Saft vor Tiefrieren	58,82 ($\pm 0,13$)	61,97 ($\pm 0,13$)	86,98 ($\pm 0,35$)	106,80 ($\pm 0,36$)	54,53 ($\pm 0,06$)
Vor Konzentrieren	1	56,55 ($\pm 0,04$)	64,40 ($\pm 0,01$)	88,83 ($\pm 0,01$)	109,70 ($\pm 0,01$)	54,07 ($\pm 0,00$)
	3	55,23 ($\pm 0,00$)	65,42 ($\pm 0,04$)	89,93 ($\pm 0,04$)	111,20 ($\pm 0,06$)	53,97 ($\pm 0,00$)
	5	56,12 ($\pm 0,01$)	64,87 ($\pm 0,01$)	89,70 ($\pm 0,02$)	110,69 ($\pm 0,01$)	54,13 ($\pm 0,01$)
	7	55,02 ($\pm 0,02$)	65,66 ($\pm 0,03$)	90,03 ($\pm 0,01$)	111,43 ($\pm 0,01$)	53,90 ($\pm 0,01$)
Vor Pasteurisieren	1	58,89 ($\pm 0,04$)	59,36 ($\pm 0,02$)	86,01 ($\pm 0,06$)	104,51 ($\pm 0,06$)	55,40 ($\pm 0,01$)
	2	55,29 ($\pm 0,02$)	65,28 ($\pm 0,14$)	89,95 ($\pm 0,09$)	111,14 ($\pm 0,16$)	54,03 ($\pm 0,03$)
	3	57,47 ($\pm 0,01$)	59,55 ($\pm 0,04$)	88,19 ($\pm 0,06$)	106,41 ($\pm 0,08$)	55,97 ($\pm 0,00$)
	4	55,69 ($\pm 0,14$)	64,84 ($\pm 0,13$)	89,45 ($\pm 0,13$)	110,48 ($\pm 0,18$)	54,07 ($\pm 0,02$)
	5	56,96 ($\pm 0,01$)	61,81 ($\pm 0,01$)	89,13 ($\pm 0,04$)	108,46 ($\pm 0,04$)	55,26 ($\pm 0,00$)
	6	53,73 ($\pm 0,05$)	65,93 ($\pm 0,07$)	89,36 ($\pm 0,03$)	111,05 ($\pm 0,01$)	53,58 ($\pm 0,01$)
	7	57,65 ($\pm 0,02$)	61,49 ($\pm 0,06$)	89,93 ($\pm 0,13$)	108,94 ($\pm 0,08$)	55,64 ($\pm 0,06$)
	8	54,43 ($\pm 0,04$)	65,55 ($\pm 0,03$)	89,49 ($\pm 0,09$)	110,93 ($\pm 0,09$)	53,78 ($\pm 0,02$)
	Saft nach Tiefrieren	58,22 ($\pm 0,21$)	60,69 ($\pm 0,12$)	84,25 ($\pm 0,39$)	103,83 ($\pm 0,39$)	54,23 ($\pm 0,07$)
Nach Pasteurisieren	1	53,22 ($\pm 3,03$)	53,53 ($\pm 0,71$)	89,05 ($\pm 3,64$)	103,90 ($\pm 3,48$)	58,97 ($\pm 0,70$)
	2	52,62 ($\pm 0,01$)	65,80 ($\pm 0,03$)	87,66 ($\pm 0,04$)	109,61 ($\pm 0,03$)	53,11 ($\pm 0,02$)
	3	58,73 ($\pm 0,33$)	54,25 ($\pm 0,13$)	91,27 ($\pm 0,06$)	106,18 ($\pm 0,10$)	59,28 ($\pm 0,06$)
	4	51,69 ($\pm 0,01$)	66,36 ($\pm 0,03$)	87,04 ($\pm 0,05$)	109,45 ($\pm 0,03$)	52,68 ($\pm 0,03$)
	5	59,13 ($\pm 0,07$)	58,24 ($\pm 0,20$)	89,96 ($\pm 0,24$)	107,16 ($\pm 0,10$)	57,08 ($\pm 0,16$)
	6	52,07 ($\pm 0,02$)	66,25 ($\pm 0,02$)	87,58 ($\pm 0,08$)	109,81 ($\pm 0,08$)	52,89 ($\pm 0,02$)
	7	56,26 ($\pm 0,01$)	56,84 ($\pm 0,69$)	93,62 ($\pm 0,27$)	109,52 ($\pm 0,58$)	58,74 ($\pm 0,24$)
	8	50,86 ($\pm 0,14$)	66,93 ($\pm 0,04$)	86,42 ($\pm 0,07$)	109,31 ($\pm 0,03$)	52,25 ($\pm 0,04$)
	Saft vor Tiefrieren	55,81 ($\pm 0,30$)	62,02 ($\pm 0,16$)	86,38 ($\pm 0,33$)	106,33 ($\pm 0,36$)	54,32 ($\pm 0,04$)
	Saft nach Tiefrieren	52,85 ($\pm 0,03$)	62,97 ($\pm 0,03$)	86,03 ($\pm 0,06$)	106,61 ($\pm 0,06$)	53,80 ($\pm 0,01$)
Nach 2 Wochen	1	54,53 ($\pm 0,11$)	45,96 ($\pm 0,00$)	91,43 ($\pm 0,22$)	102,33 ($\pm 0,20$)	63,31 ($\pm 0,06$)
	3	51,90 ($\pm 0,11$)	45,10 ($\pm 0,04$)	87,79 ($\pm 0,17$)	98,70 ($\pm 0,17$)	62,81 ($\pm 0,03$)
	5	58,08 ($\pm 0,06$)	42,67 ($\pm 0,03$)	96,42 ($\pm 0,21$)	105,44 ($\pm 0,18$)	66,13 ($\pm 0,06$)
	7	50,76 ($\pm 0,05$)	51,17 ($\pm 0,01$)	86,28 ($\pm 0,01$)	100,32 ($\pm 0,01$)	59,33 ($\pm 0,01$)
Nach 4 Wochen	1	49,01 ($\pm 2,29$)	45,92 ($\pm 1,75$)	83,26 ($\pm 3,68$)	95,13 ($\pm 2,37$)	61,09 ($\pm 1,99$)
	2	59,20 ($\pm 0,11$)	46,13 ($\pm 0,08$)	91,99 ($\pm 0,04$)	102,90 ($\pm 0,08$)	63,37 ($\pm 0,03$)
	3	46,71 ($\pm 0,29$)	43,90 ($\pm 0,21$)	79,59 ($\pm 0,45$)	90,89 ($\pm 0,30$)	61,12 ($\pm 0,25$)
	4	57,96 ($\pm 0,06$)	47,10 ($\pm 0,05$)	91,90 ($\pm 0,07$)	103,27 ($\pm 0,05$)	62,86 ($\pm 0,04$)
	5	55,29 ($\pm 0,09$)	40,36 ($\pm 0,04$)	92,82 ($\pm 0,15$)	101,22 ($\pm 0,15$)	66,50 ($\pm 0,03$)
	6	58,87 ($\pm 0,02$)	47,43 ($\pm 0,40$)	92,00 ($\pm 0,10$)	103,51 ($\pm 0,27$)	62,73 ($\pm 0,17$)
	7	51,20 ($\pm 1,31$)	46,11 ($\pm 0,63$)	86,98 ($\pm 2,00$)	98,45 ($\pm 1,47$)	62,06 ($\pm 0,87$)
	8	57,58 ($\pm 0,02$)	49,35 ($\pm 0,18$)	92,09 ($\pm 0,05$)	104,48 ($\pm 0,13$)	61,81 ($\pm 0,07$)
	Gummi arabicum	57,38 ($\pm 0,06$)	49,26 ($\pm 0,10$)	91,85 ($\pm 0,07$)	104,23 ($\pm 0,11$)	61,79 ($\pm 0,03$)
	Saft vor Tiefrieren	61,11 ($\pm 0,69$)	38,41 ($\pm 0,16$)	88,76 ($\pm 0,65$)	96,71 ($\pm 0,66$)	66,60 ($\pm 0,07$)
	Saft nach Tiefrieren	60,74 ($\pm 0,32$)	40,44 ($\pm 0,50$)	87,31 ($\pm 0,31$)	96,22 ($\pm 0,49$)	65,15 ($\pm 0,19$)
Nach 6 Wochen	1	50,87 ($\pm 0,95$)	42,76 ($\pm 0,29$)	86,28 ($\pm 1,46$)	96,30 ($\pm 1,37$)	63,63 ($\pm 0,35$)
	2	57,47 ($\pm 0,16$)	41,13 ($\pm 0,42$)	92,11 ($\pm 0,10$)	100,88 ($\pm 0,26$)	65,94 ($\pm 0,20$)
	3	46,92 ($\pm 0,64$)	42,60 ($\pm 0,09$)	79,95 ($\pm 1,11$)	90,59 ($\pm 0,98$)	61,95 ($\pm 0,33$)
	4	56,04 ($\pm 0,15$)	42,69 ($\pm 0,18$)	91,22 ($\pm 0,12$)	100,71 ($\pm 0,04$)	64,92 ($\pm 0,12$)

	5	53,73 ($\pm 0,18$)	39,99 ($\pm 0,09$)	90,85 ($\pm 0,25$)	99,26 ($\pm 0,27$)	66,24 ($\pm 0,03$)
	6	57,52 ($\pm 0,03$)	41,83 ($\pm 0,12$)	92,22 ($\pm 0,09$)	101,26 ($\pm 0,08$)	65,60 ($\pm 0,07$)
	7	51,68 ($\pm 1,25$)	44,39 ($\pm 1,43$)	87,61 ($\pm 2,04$)	98,23 ($\pm 1,18$)	63,12 ($\pm 1,28$)
	8	56,02 ($\pm 0,08$)	43,54 ($\pm 0,14$)	91,18 ($\pm 0,15$)	101,04 ($\pm 0,19$)	64,48 ($\pm 0,04$)
	Gummi arabicum	55,42 ($\pm 0,05$)	43,44 ($\pm 0,25$)	90,63 ($\pm 0,10$)	100,50 ($\pm 0,20$)	64,39 ($\pm 0,10$)
	Saft vor Tiefrieren	60,50 ($\pm 0,19$)	35,61 ($\pm 0,02$)	91,85 ($\pm 0,46$)	98,51 ($\pm 0,43$)	68,81 ($\pm 0,09$)
	Saft nach Tiefrieren	59,52 ($\pm 0,36$)	36,02 ($\pm 0,04$)	90,66 ($\pm 0,05$)	97,55 ($\pm 0,05$)	68,34 ($\pm 0,02$)
Nach 8 Wochen	1	49,62 ($\pm 0,78$)	42,92 ($\pm 0,54$)	84,34 ($\pm 1,23$)	94,59 ($\pm 0,85$)	63,09 ($\pm 0,63$)
	2	57,97 ($\pm 0,23$)	39,08 ($\pm 0,14$)	94,39 ($\pm 0,34$)	102,16 ($\pm 0,37$)	67,51 ($\pm 0,01$)
	3	45,28 ($\pm 0,52$)	42,21 ($\pm 0,06$)	77,28 ($\pm 0,87$)	88,06 ($\pm 0,75$)	61,36 ($\pm 0,29$)
	4	56,58 ($\pm 0,16$)	40,24 ($\pm 0,16$)	93,32 ($\pm 0,23$)	101,62 ($\pm 0,27$)	66,68 ($\pm 0,03$)
	5	50,95 ($\pm 0,57$)	40,54 ($\pm 0,10$)	86,47 ($\pm 0,95$)	95,51 ($\pm 0,82$)	64,88 ($\pm 0,29$)
	6	58,18 ($\pm 0,02$)	40,11 ($\pm 0,25$)	94,62 ($\pm 0,05$)	102,77 ($\pm 0,06$)	67,03 ($\pm 0,14$)
	7	51,23 ($\pm 1,04$)	43,58 ($\pm 1,12$)	86,90 ($\pm 1,55$)	97,22 ($\pm 0,89$)	63,36 ($\pm 1,00$)
	8	56,76 ($\pm 0,11$)	40,85 ($\pm 0,49$)	93,52 ($\pm 0,16$)	102,05 ($\pm 0,34$)	66,40 ($\pm 0,22$)
	Gummi arabicum	56,23 ($\pm 0,12$)	41,34 ($\pm 0,04$)	92,81 ($\pm 0,22$)	101,60 ($\pm 0,22$)	66,00 ($\pm 0,03$)
	Saft vor Tiefrieren	58,99 ($\pm 1,12$)	34,70 ($\pm 0,11$)	92,68 ($\pm 1,25$)	98,96 ($\pm 1,21$)	69,47 ($\pm 0,20$)
	Saft nach Tiefrieren	58,96 ($\pm 0,80$)	35,38 ($\pm 0,16$)	91,98 ($\pm 0,59$)	98,55 ($\pm 0,61$)	68,96 ($\pm 0,04$)
Nach 10 Wochen	2	56,83 ($\pm 0,25$)	38,68 ($\pm 0,13$)	93,60 ($\pm 0,33$)	101,28 ($\pm 0,36$)	67,55 ($\pm 0,00$)
	4	55,70 ($\pm 0,18$)	39,78 ($\pm 0,19$)	92,69 ($\pm 0,24$)	100,87 ($\pm 0,29$)	66,77 ($\pm 0,06$)
	6	57,20 ($\pm 0,09$)	39,43 ($\pm 0,09$)	94,13 ($\pm 0,14$)	102,05 ($\pm 0,16$)	67,28 ($\pm 0,02$)
	8	55,68 ($\pm 0,04$)	40,37 ($\pm 0,10$)	92,51 ($\pm 0,08$)	100,93 ($\pm 0,10$)	66,43 ($\pm 0,04$)
	Gummi arabicum	55,19 ($\pm 0,04$)	40,07 ($\pm 0,39$)	91,95 ($\pm 0,08$)	100,30 ($\pm 0,18$)	66,46 ($\pm 0,20$)
Nach 12 Wochen	1	42,40 ($\pm 0,40$)	45,95 ($\pm 0,05$)	72,52 ($\pm 0,64$)	85,86 ($\pm 0,55$)	57,64 ($\pm 0,22$)
	2	55,43 ($\pm 0,33$)	38,18 ($\pm 0,09$)	92,30 ($\pm 0,45$)	99,88 ($\pm 0,46$)	67,53 ($\pm 0,05$)
	3	41,20 ($\pm 0,13$)	42,57 ($\pm 0,12$)	70,56 ($\pm 0,25$)	82,40 ($\pm 0,15$)	58,90 ($\pm 0,16$)
	4	54,13 ($\pm 0,15$)	39,37 ($\pm 0,02$)	90,77 ($\pm 0,24$)	98,94 ($\pm 0,21$)	66,55 ($\pm 0,06$)
	5	48,05 ($\pm 0,38$)	40,87 ($\pm 0,08$)	81,83 ($\pm 0,60$)	91,47 ($\pm 0,50$)	63,46 ($\pm 0,21$)
	6	55,80 ($\pm 0,18$)	38,63 ($\pm 0,14$)	92,68 ($\pm 0,29$)	100,41 ($\pm 0,33$)	67,37 ($\pm 0,02$)
	7	48,57 ($\pm 0,88$)	42,52 ($\pm 0,22$)	82,69 ($\pm 1,42$)	92,99 ($\pm 1,17$)	62,78 ($\pm 0,52$)
	8	54,61 ($\pm 0,13$)	39,59 ($\pm 0,01$)	91,39 ($\pm 0,11$)	99,59 ($\pm 0,10$)	66,58 ($\pm 0,02$)
	Saft vor Tiefrieren	55,51 ($\pm 0,56$)	34,82 ($\pm 0,12$)	90,60 ($\pm 0,67$)	97,06 ($\pm 0,58$)	68,98 ($\pm 0,20$)
	Saft nach Tiefrieren	56,03 ($\pm 0,23$)	35,18 ($\pm 0,03$)	90,85 ($\pm 0,29$)	97,42 ($\pm 0,26$)	68,83 ($\pm 0,07$)
Nach 14 Wochen	2	53,94 ($\pm 0,19$)	38,01 ($\pm 0,04$)	90,33 ($\pm 0,30$)	98,00 ($\pm 0,29$)	67,18 ($\pm 0,05$)
	4	52,00 ($\pm 0,30$)	38,85 ($\pm 0,07$)	87,65 ($\pm 0,45$)	95,87 ($\pm 0,44$)	66,09 ($\pm 0,07$)
	6	54,52 ($\pm 0,17$)	38,22 ($\pm 0,13$)	91,14 ($\pm 0,20$)	98,83 ($\pm 0,23$)	67,25 ($\pm 0,03$)
	8	53,22 ($\pm 0,06$)	39,14 ($\pm 0,08$)	89,60 ($\pm 0,10$)	97,77 ($\pm 0,12$)	66,40 ($\pm 0,03$)
	Gummi arabicum	52,31 ($\pm 0,41$)	38,86 ($\pm 0,24$)	88,15 ($\pm 0,69$)	96,33 ($\pm 0,73$)	66,21 ($\pm 0,04$)
Nach 16 Wochen	1	72,39 ($\pm 1,91$)	19,63 ($\pm 2,39$)	80,06 ($\pm 1,72$)	82,45 ($\pm 2,14$)	76,25 ($\pm 1,40$)
	3	63,90 ($\pm 1,05$)	27,37 ($\pm 1,06$)	92,92 ($\pm 1,02$)	96,87 ($\pm 1,28$)	73,60 ($\pm 0,44$)
	5	55,53 ($\pm 5,13$)	35,09 ($\pm 3,79$)	91,65 ($\pm 5,84$)	98,26 ($\pm 4,09$)	68,94 ($\pm 3,29$)
	7	76,82 ($\pm 4,62$)	15,20 ($\pm 5,72$)	72,50 ($\pm 11,50$)	74,13 ($\pm 12,44$)	78,46 ($\pm 2,42$)
	Saft vor Tiefrieren	52,63 ($\pm 0,29$)	35,05 ($\pm 0,23$)	87,22 ($\pm 0,36$)	93,99 ($\pm 0,25$)	68,11 ($\pm 0,21$)
	Saft nach Tiefrieren	53,41 ($\pm 0,58$)	35,58 ($\pm 0,13$)	88,18 ($\pm 0,83$)	95,09 ($\pm 0,82$)	68,02 ($\pm 0,12$)
Nach 18 Wochen	1	39,02 ($\pm 2,60$)	44,50 ($\pm 0,31$)	66,91 ($\pm 4,39$)	80,38 ($\pm 3,83$)	56,32 ($\pm 1,55$)
	2	51,14 ($\pm 0,64$)	37,65 ($\pm 0,00$)	86,13 ($\pm 1,00$)	94,00 ($\pm 0,92$)	66,39 ($\pm 0,25$)
	3	37,35 ($\pm 0,11$)	42,45 ($\pm 0,09$)	64,06 ($\pm 0,16$)	76,85 ($\pm 0,10$)	56,48 ($\pm 0,12$)
	4	49,12 ($\pm 0,06$)	38,46 ($\pm 0,06$)	83,14 ($\pm 0,08$)	91,60 ($\pm 0,09$)	65,18 ($\pm 0,03$)
	5	43,30 ($\pm 0,44$)	41,49 ($\pm 0,11$)	74,08 ($\pm 0,76$)	84,91 ($\pm 0,61$)	60,75 ($\pm 0,31$)
	6	51,12 ($\pm 0,26$)	37,71 ($\pm 0,07$)	86,08 ($\pm 0,42$)	93,97 ($\pm 0,42$)	66,34 ($\pm 0,06$)
	7	44,32 ($\pm 1,04$)	43,45 ($\pm 1,18$)	75,74 ($\pm 1,72$)	87,33 ($\pm 0,91$)	60,15 ($\pm 1,24$)
	8	49,86 ($\pm 0,12$)	38,59 ($\pm 0,03$)	84,28 ($\pm 0,14$)	92,69 ($\pm 0,14$)	65,39 ($\pm 0,03$)
	Gummi arabicum	50,51 ($\pm 0,34$)	38,64 ($\pm 0,12$)	85,38 ($\pm 0,53$)	93,72 ($\pm 0,53$)	65,65 ($\pm 0,06$)
Nach 20 Wochen	1	38,00 ($\pm 0,26$)	45,83 ($\pm 0,10$)	65,16 ($\pm 0,44$)	79,66 ($\pm 0,34$)	54,89 ($\pm 0,22$)
	3	36,37 ($\pm 1,34$)	42,45 ($\pm 0,24$)	62,43 ($\pm 2,25$)	75,50 ($\pm 1,72$)	55,77 ($\pm 1,11$)
	5	43,86 ($\pm 0,36$)	41,60 ($\pm 0,04$)	74,98 ($\pm 0,59$)	85,74 ($\pm 0,51$)	60,98 ($\pm 0,22$)

	7	42,51 ($\pm 1,17$)	44,78 ($\pm 0,06$)	72,76 ($\pm 1,93$)	85,44 ($\pm 1,67$)	58,39 ($\pm 0,65$)
Nach 22 Wochen	1	34,67 ($\pm 0,29$)	43,99 ($\pm 0,09$)	59,56 ($\pm 0,45$)	74,05 ($\pm 0,31$)	53,55 ($\pm 0,26$)
	2	44,31 ($\pm 0,09$)	37,47 ($\pm 0,07$)	75,45 ($\pm 0,17$)	84,24 ($\pm 0,18$)	63,59 ($\pm 0,03$)
	3	32,22 ($\pm 0,73$)	41,64 ($\pm 0,06$)	55,39 ($\pm 1,22$)	69,33 ($\pm 0,94$)	53,06 ($\pm 0,65$)
	4	42,21 ($\pm 0,09$)	37,99 ($\pm 0,03$)	72,02 ($\pm 0,11$)	81,43 ($\pm 0,11$)	62,19 ($\pm 0,02$)
	5	33,70 ($\pm 4,41$)	41,14 ($\pm 0,79$)	57,86 ($\pm 7,52$)	71,07 ($\pm 6,57$)	54,38 ($\pm 3,02$)
	6	44,77 ($\pm 0,79$)	37,58 ($\pm 0,08$)	76,19 ($\pm 1,30$)	84,96 ($\pm 1,20$)	63,75 ($\pm 0,34$)
	7	39,00 ($\pm 1,38$)	42,77 ($\pm 0,05$)	66,83 ($\pm 2,31$)	79,35 ($\pm 1,93$)	57,37 ($\pm 0,93$)
	8	43,60 ($\pm 0,06$)	37,97 ($\pm 0,02$)	74,36 ($\pm 0,11$)	83,49 ($\pm 0,09$)	62,95 ($\pm 0,04$)
	Gummi arabicum	44,56 ($\pm 0,05$)	38,41 ($\pm 0,02$)	75,92 ($\pm 0,08$)	85,09 ($\pm 0,08$)	66,17 ($\pm 0,01$)

11.3.3 Farbwerte Versuchsplan 3

Zeitpunkt	Variante	L*-Wert	a*-Wert	b*-Wert	C*-Wert	h°-Wert
Erdbeeren	Wh 1	30,50 ($\pm 6,84$)	25,89 ($\pm 5,81$)	15,07 ($\pm 7,97$)	30,26 ($\pm 8,80$)	27,41 ($\pm 7,74$)
	Wh 2	31,91 ($\pm 4,17$)	31,18 ($\pm 4,61$)	14,88 ($\pm 4,68$)	34,64 ($\pm 6,07$)	25,02 ($\pm 3,87$)
Vor Pasteurisieren	1, Wh 1	27,30 ($\pm 0,07$)	32,93 ($\pm 0,09$)	23,26 ($\pm 0,13$)	40,32 ($\pm 0,14$)	35,24 ($\pm 0,09$)
	2, Wh 1	26,81 ($\pm 0,11$)	32,44 ($\pm 0,13$)	22,81 ($\pm 0,11$)	39,66 ($\pm 0,17$)	35,12 ($\pm 0,03$)
	3, Wh 1	23,40 ($\pm 0,13$)	29,85 ($\pm 0,14$)	21,09 ($\pm 0,14$)	36,55 ($\pm 0,19$)	35,25 ($\pm 0,06$)
	4, Wh 1	23,00 ($\pm 0,05$)	30,03 ($\pm 0,10$)	21,42 ($\pm 0,09$)	36,89 ($\pm 0,13$)	35,49 ($\pm 0,08$)
	1, Wh 2	28,40 ($\pm 0,17$)	32,23 ($\pm 0,15$)	22,11 ($\pm 0,14$)	39,08 ($\pm 0,20$)	34,45 ($\pm 0,05$)
	2, Wh 2	28,35 ($\pm 0,05$)	32,69 ($\pm 0,07$)	22,20 ($\pm 0,07$)	39,52 ($\pm 0,10$)	34,18 ($\pm 0,04$)
	3, Wh 2	25,29 ($\pm 0,12$)	32,59 ($\pm 0,15$)	23,37 ($\pm 0,13$)	40,10 ($\pm 0,19$)	35,65 ($\pm 0,07$)
	4, Wh 2	24,71 ($\pm 0,08$)	31,97 ($\pm 0,12$)	22,95 ($\pm 0,13$)	39,35 ($\pm 0,17$)	35,67 ($\pm 0,10$)
Nach Pasteurisieren	1, Wh 1	25,67 ($\pm 0,07$)	31,87 ($\pm 0,10$)	21,31 ($\pm 0,13$)	38,34 ($\pm 0,16$)	33,76 ($\pm 0,08$)
	2, Wh 1	25,25 ($\pm 0,18$)	31,35 ($\pm 0,26$)	20,92 ($\pm 0,26$)	37,69 ($\pm 0,36$)	33,72 ($\pm 0,12$)
	3, Wh 1	23,16 ($\pm 1,23$)	29,65 ($\pm 0,93$)	21,17 ($\pm 0,68$)	36,43 ($\pm 1,15$)	35,53 ($\pm 0,14$)
	4, Wh 1	23,43 ($\pm 0,54$)	30,07 ($\pm 0,57$)	21,47 ($\pm 0,46$)	36,94 ($\pm 0,73$)	35,52 ($\pm 0,08$)
	1, Wh 2	27,47 ($\pm 1,05$)	30,86 ($\pm 0,72$)	19,57 ($\pm 0,66$)	36,54 ($\pm 0,96$)	32,28 ($\pm 0,31$)
	2, Wh 2	27,68 ($\pm 0,39$)	31,38 ($\pm 0,43$)	19,86 ($\pm 0,46$)	37,14 ($\pm 0,60$)	32,32 ($\pm 0,27$)
	3, Wh 2	25,72 ($\pm 0,39$)	32,01 ($\pm 0,27$)	22,66 ($\pm 0,16$)	39,22 ($\pm 0,31$)	35,30 ($\pm 0,11$)
	4, Wh 2	25,54 ($\pm 0,14$)	31,39 ($\pm 0,23$)	22,31 ($\pm 0,21$)	38,51 ($\pm 0,31$)	35,41 ($\pm 0,06$)
Vor Papainzugabe	Papain 0 Units	23,90 ($\pm 0,09$)	29,05 ($\pm 0,04$)	22,09 ($\pm 0,05$)	35,32 ($\pm 0,06$)	34,66 ($\pm 0,05$)
Nach 2 Wochen	1, Wh 1	26,66 ($\pm 0,14$)	27,96 ($\pm 0,30$)	17,18 ($\pm 0,31$)	32,82 ($\pm 0,40$)	31,57 ($\pm 0,19$)
	2, Wh 1	26,75 ($\pm 0,36$)	26,64 ($\pm 0,41$)	16,15 ($\pm 0,23$)	31,15 ($\pm 0,47$)	31,23 ($\pm 0,09$)
	3, Wh 1	25,45 ($\pm 0,14$)	26,60 ($\pm 0,23$)	17,53 ($\pm 0,27$)	31,86 ($\pm 0,33$)	33,38 ($\pm 0,24$)
	4, Wh 1	24,93 ($\pm 0,11$)	26,49 ($\pm 0,10$)	17,44 ($\pm 0,13$)	31,71 ($\pm 0,16$)	33,37 ($\pm 0,11$)
	1, Wh 2	28,14 ($\pm 0,15$)	24,63 ($\pm 0,08$)	13,82 ($\pm 0,11$)	28,24 ($\pm 0,12$)	29,29 ($\pm 0,14$)
	2, Wh 2	28,93 ($\pm 0,10$)	25,05 ($\pm 0,36$)	13,63 ($\pm 0,08$)	28,52 ($\pm 0,33$)	28,57 ($\pm 0,28$)
	3, Wh 2	29,45 ($\pm 0,14$)	26,79 ($\pm 0,27$)	16,05 ($\pm 0,60$)	31,23 ($\pm 0,53$)	30,93 ($\pm 0,71$)
	4, Wh 2	27,24 ($\pm 0,11$)	27,93 ($\pm 0,09$)	18,06 ($\pm 0,14$)	33,25 ($\pm 0,14$)	32,89 ($\pm 0,15$)
	Papain 0 Units	27,55 ($\pm 0,25$)	24,45 ($\pm 0,22$)	16,33 ($\pm 0,07$)	29,41 ($\pm 0,22$)	33,74 ($\pm 0,12$)
	Papain 5 Units	26,59 ($\pm 0,06$)	25,46 ($\pm 0,36$)	17,01 ($\pm 0,18$)	30,62 ($\pm 0,40$)	33,76 ($\pm 0,13$)
	Papain 25 Units	26,39 ($\pm 0,11$)	25,43 ($\pm 0,20$)	16,98 ($\pm 0,13$)	30,58 ($\pm 0,24$)	33,73 ($\pm 0,05$)
	Papain 50 Units	26,42 ($\pm 0,18$)	25,67 ($\pm 0,68$)	17,25 ($\pm 0,68$)	30,93 ($\pm 0,94$)	33,89 ($\pm 0,33$)
Nach 4 Wochen	1, Wh 1	28,16 ($\pm 0,15$)	23,73 ($\pm 0,08$)	16,63 ($\pm 0,03$)	28,98 ($\pm 0,07$)	35,03 ($\pm 0,10$)
	2, Wh 1	28,15 ($\pm 0,14$)	22,79 ($\pm 0,30$)	16,14 ($\pm 0,16$)	27,92 ($\pm 0,34$)	25,30 ($\pm 0,11$)
	3, Wh 1	26,82 ($\pm 0,11$)	22,65 ($\pm 0,34$)	16,94 ($\pm 0,12$)	28,28 ($\pm 0,33$)	36,79 ($\pm 0,27$)
	4, Wh 1	25,99 ($\pm 0,61$)	23,28 ($\pm 0,46$)	17,13 ($\pm 0,34$)	28,90 ($\pm 0,57$)	36,35 ($\pm 0,15$)
	1, Wh 2	29,69 ($\pm 0,20$)	21,58 ($\pm 0,24$)	14,49 ($\pm 0,10$)	25,99 ($\pm 0,25$)	33,89 ($\pm 0,15$)
	2, Wh 2	30,01 ($\pm 0,24$)	21,77 ($\pm 0,35$)	14,62 ($\pm 0,20$)	26,22 ($\pm 0,37$)	33,89 ($\pm 0,13$)
	3, Wh 2	29,14 ($\pm 0,24$)	24,46 ($\pm 0,63$)	18,13 ($\pm 0,08$)	30,45 ($\pm 0,54$)	36,55 ($\pm 0,61$)
	4, Wh 2	28,61 ($\pm 0,41$)	24,82 ($\pm 0,22$)	18,04 ($\pm 0,03$)	30,68 ($\pm 0,17$)	36,01 ($\pm 0,26$)
Nach 6 Wochen	1, Wh 1	30,88 ($\pm 0,12$)	21,22 ($\pm 0,06$)	16,70 ($\pm 0,03$)	27,01 ($\pm 0,05$)	38,20 ($\pm 0,10$)
	2, Wh 1	31,33 ($\pm 0,22$)	20,26 ($\pm 0,15$)	17,12 ($\pm 0,35$)	26,52 ($\pm 0,34$)	40,19 ($\pm 0,37$)
	3, Wh 1	29,22 ($\pm 0,39$)	21,18 ($\pm 0,49$)	17,35 ($\pm 0,05$)	27,38 ($\pm 0,41$)	39,33 ($\pm 0,57$)
	4, Wh 1	29,10 ($\pm 0,20$)	20,21 ($\pm 0,48$)	17,12 ($\pm 0,25$)	26,48 ($\pm 0,53$)	40,27 ($\pm 0,29$)

	1, Wh 2	30,56 ($\pm 0,06$)	18,82 ($\pm 0,21$)	14,61 ($\pm 0,22$)	23,82 ($\pm 0,30$)	37,84 ($\pm 0,16$)
	2, Wh 2	31,07 ($\pm 0,11$)	17,65 ($\pm 1,61$)	14,32 ($\pm 1,07$)	22,73 ($\pm 1,93$)	39,10 ($\pm 0,50$)
	3, Wh 2	29,77 ($\pm 0,18$)	21,82 ($\pm 0,20$)	18,27 ($\pm 0,10$)	28,46 ($\pm 0,20$)	39,94 ($\pm 0,19$)
	4, Wh 2	29,36 ($\pm 0,12$)	21,75 ($\pm 0,30$)	17,66 ($\pm 0,10$)	28,01 ($\pm 0,30$)	39,07 ($\pm 0,24$)
	Papain 0 Units	28,69 ($\pm 0,06$)	20,75 ($\pm 0,11$)	17,42 ($\pm 0,06$)	27,10 ($\pm 0,11$)	40,00 ($\pm 0,08$)
	Papain 5 Units	27,32 ($\pm 0,24$)	21,30 ($\pm 0,12$)	16,26 ($\pm 0,08$)	26,80 ($\pm 0,09$)	37,37 ($\pm 0,23$)
	Papain 25 Units	27,23 ($\pm 0,14$)	21,83 ($\pm 0,06$)	16,49 ($\pm 0,08$)	27,36 ($\pm 0,08$)	37,06 ($\pm 0,14$)
Nach 8 Wochen	Papain 50 Units	27,39 ($\pm 0,52$)	21,13 ($\pm 1,11$)	16,35 ($\pm 0,06$)	26,72 ($\pm 0,92$)	37,77 ($\pm 1,36$)
	1, Wh 1	31,75 ($\pm 0,10$)	18,70 ($\pm 0,22$)	17,01 ($\pm 0,21$)	25,28 ($\pm 0,37$)	42,29 ($\pm 0,21$)
	2, Wh 1	31,41 ($\pm 0,13$)	18,72 ($\pm 0,14$)	17,08 ($\pm 0,08$)	25,34 ($\pm 0,12$)	42,38 ($\pm 0,25$)
	3, Wh 1	31,18 ($\pm 0,43$)	17,64 ($\pm 0,60$)	17,37 ($\pm 0,11$)	24,75 ($\pm 0,51$)	44,58 ($\pm 0,79$)
	4, Wh 1	29,53 ($\pm 0,27$)	19,26 ($\pm 0,64$)	16,63 ($\pm 0,16$)	25,45 ($\pm 0,48$)	40,82 ($\pm 1,03$)
	1, Wh 2	31,30 ($\pm 0,10$)	16,80 ($\pm 0,60$)	15,70 ($\pm 0,16$)	22,99 ($\pm 0,55$)	43,08 ($\pm 0,73$)
	2, Wh 2	31,70 ($\pm 0,05$)	17,53 ($\pm 0,65$)	16,34 ($\pm 0,25$)	23,96 ($\pm 0,64$)	43,01 ($\pm 0,63$)
Nach 10 Wochen	3, Wh 2	30,17 ($\pm 0,16$)	20,44 ($\pm 0,46$)	18,87 ($\pm 0,12$)	27,82 ($\pm 0,32$)	42,72 ($\pm 0,74$)
	4, Wh 2	29,37 ($\pm 0,05$)	20,05 ($\pm 0,03$)	18,24 ($\pm 0,07$)	27,11 ($\pm 0,07$)	42,30 ($\pm 0,08$)
	1, Wh 1	30,93 ($\pm 0,14$)	17,89 ($\pm 0,22$)	18,01 ($\pm 0,05$)	25,39 ($\pm 0,08$)	45,19 ($\pm 0,08$)
	2, Wh 1	31,12 ($\pm 0,14$)	17,08 ($\pm 0,08$)	18,12 ($\pm 0,11$)	24,90 ($\pm 0,13$)	46,70 ($\pm 0,05$)
	3, Wh 1	29,25 ($\pm 0,05$)	17,57 ($\pm 0,20$)	18,17 ($\pm 0,08$)	25,28 ($\pm 0,19$)	45,96 ($\pm 0,20$)
	4, Wh 1	29,21 ($\pm 0,03$)	16,39 ($\pm 0,87$)	17,85 ($\pm 0,27$)	24,23 ($\pm 0,79$)	47,47 ($\pm 1,10$)
	1, Wh 2	31,17 ($\pm 0,20$)	16,03 ($\pm 0,15$)	16,33 ($\pm 0,20$)	22,88 ($\pm 0,25$)	45,53 ($\pm 0,11$)
Nach 14 Wochen	2, Wh 2	32,02 ($\pm 0,28$)	16,56 ($\pm 0,63$)	17,02 ($\pm 0,32$)	23,74 ($\pm 0,66$)	45,80 ($\pm 0,56$)
	3, Wh 2	30,30 ($\pm 0,05$)	19,41 ($\pm 0,05$)	19,42 ($\pm 0,05$)	27,46 ($\pm 0,05$)	27,46 ($\pm 0,05$)
	4, Wh 2	30,05 ($\pm 0,05$)	18,89 ($\pm 0,40$)	19,07 ($\pm 0,13$)	26,84 ($\pm 0,37$)	45,27 ($\pm 0,41$)
	Papain 0 Units	27,80 ($\pm 0,34$)	17,23 ($\pm 0,47$)	18,65 ($\pm 0,14$)	25,39 ($\pm 0,23$)	47,27 ($\pm 0,98$)
	Papain 5 Units	26,89 ($\pm 0,23$)	18,00 ($\pm 0,52$)	17,36 ($\pm 0,07$)	25,01 ($\pm 0,40$)	43,96 ($\pm 0,79$)
	Papain 25 Units	25,14 ($\pm 0,26$)	19,13 ($\pm 0,69$)	17,14 ($\pm 0,10$)	25,69 ($\pm 0,57$)	41,87 ($\pm 0,88$)
	Papain 50 Units	26,57 ($\pm 0,43$)	18,33 ($\pm 0,43$)	17,07 ($\pm 0,18$)	25,05 ($\pm 0,19$)	42,97 ($\pm 0,97$)
Nach 30 Wochen	1, Wh 1	30,95 ($\pm 0,08$)	15,48 ($\pm 0,12$)	18,51 ($\pm 0,07$)	24,13 ($\pm 0,12$)	50,09 ($\pm 0,20$)
	2, Wh 1	31,16 ($\pm 0,07$)	14,67 ($\pm 0,65$)	18,66 ($\pm 0,26$)	23,74 ($\pm 0,60$)	51,84 ($\pm 0,86$)
	3, Wh 1	29,26 ($\pm 0,13$)	15,57 ($\pm 0,03$)	18,70 ($\pm 0,06$)	24,33 ($\pm 0,04$)	50,22 ($\pm 0,12$)
	4, Wh 1	28,99 ($\pm 0,05$)	15,60 ($\pm 0,48$)	18,45 ($\pm 0,20$)	24,16 ($\pm 0,46$)	49,81 ($\pm 0,57$)
	1, Wh 2	31,29 ($\pm 0,13$)	14,47 ($\pm 0,34$)	17,15 ($\pm 0,12$)	22,44 ($\pm 0,25$)	49,85 ($\pm 0,67$)
	2, Wh 2	32,30 ($\pm 0,15$)	15,43 ($\pm 0,25$)	17,95 ($\pm 0,20$)	23,67 ($\pm 0,30$)	49,32 ($\pm 0,24$)
	3, Wh 2	30,46 ($\pm 0,32$)	17,38 ($\pm 0,67$)	20,16 ($\pm 0,18$)	26,63 ($\pm 0,42$)	49,24 ($\pm 1,19$)
Nach 30 Wochen	4, Wh 2	30,08 ($\pm 0,25$)	17,13 ($\pm 0,64$)	19,48 ($\pm 0,18$)	25,94 ($\pm 0,37$)	48,69 ($\pm 1,23$)
	1, Wh 2	31,55 ($\pm 0,03$)	12,63 ($\pm 0,04$)	19,19 ($\pm 0,09$)	22,97 ($\pm 0,07$)	56,64 ($\pm 0,19$)
	2, Wh 2	32,96 ($\pm 0,31$)	13,50 ($\pm 0,17$)	20,59 ($\pm 0,26$)	24,62 ($\pm 0,31$)	56,74 ($\pm 0,14$)
	3, Wh 2	31,20 ($\pm 0,33$)	15,50 ($\pm 0,41$)	22,78 ($\pm 0,15$)	27,55 ($\pm 0,35$)	55,78 ($\pm 0,54$)
Nach 30 Wochen	4, Wh 2	30,98 ($\pm 0,23$)	15,85 ($\pm 0,25$)	22,48 ($\pm 0,17$)	27,50 ($\pm 0,22$)	54,82 ($\pm 0,44$)

Curriculum Vitae

Monika Hermes

Geburtsdatum: 22.12.1981
 Familienstand: Ledig
 Staatsbürgerschaft: Österreich
 Adresse: Blumengasse 13/4, 1170 Wien
 E-Mail: monika.hermes@vol.at

Ausbildung

2000 bis 2009 Studium der **Ernährungswissenschaften** mit Schwerpunkt Lebensmittelproduktion und -technologie an der **Universität Wien** sowie der **Universität für Bodenkultur**, Wien
 1. Diplomprüfung Juni 2003

1996 bis 2000 **Bundesoberstufenrealgymnasium Egg** mit ergänzendem Unterricht in Biologie, Mathematik, Chemie und Physik
 Reifeprüfung Juni 2000

Berufspraxis

Seit April 2008 Analytical Services Manager bei **Eurofins - ofi Lebensmittelanalytik GmbH**, Wien

Bis Juni 2009 Assistenz bei Eurofins – ofi Lebensmittelanalytik GmbH

2008 Freie Mitarbeit beim **Alumnidachverband der Universität für Bodenkultur**, Wien

2006 bis 2007 Wissenschaftliche Mitarbeit an der **Höheren Bundeslehranstalt und Bundesamt für Wein- und Obstbau**, Klosterneuburg

2000 bis 2006 Vorstellungsbetreuung und Ticketing im **Figurentheater Lilarum**, Wien

Februar 2005 Promotiontätigkeit für die Firma **Ja! Natürlich Naturprodukte GesmbH** in Vorarlberg

September 2004 Praktikum bei der **AGES**, Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, **Institut Lebensmitteluntersuchung**, Innsbruck

März 2004 Beratungstätigkeit für die **Universität Wien auf der BeSt**, Messe für Beruf, Studium und Weiterbildung, Wien

Februar 2004 Praktikum am **Institut für Ernährungswissenschaften** der Universität Wien

2001 bis 2005 Ferialpraktikum im physikalisch-chemischen sowie mikrobiologischen Labor der Firma **Hermann Pfanner Getränke GmbH**, Lauterach

Fähigkeiten und Kenntnisse

- Englisch (Cambridge First Certificate in English), Italienisch und Spanisch Kenntnisse
- MS Office, SPSS, DGE-PC professional, LIMS
- Führerschein B

Fortbildung

Oktober 2008	„Die Moral von dem Gericht ...- Ethik, Essen und Ernährungswissenschaft“
September 2008	„Genießen und trotzdem gesund essen – und das ein Leben lang“
Mai 2008	„Genuss ohne Klimaverdruss – Ernährungsökologie in der Praxis“
November 2007	AGES- Zukunftskonferenz – Gesundheit/Ernährung/Sicherheit
Oktober 2007	„Die sichere Welt des Essens? ... im Visier der Ernährungswissenschaft“
Juni 2007	Kongress „Ernährung/Nutrition 2007“
Jänner 2006	„Ernährungskommunikation, die greift – aber wie?“
November 2005	„Ernährung von Kindern – Lebensmittel für Kinder“
Juni 2004	„Better Aging: Aus dem Kochtopf und der Apotheke“
März 2003	„Schnelle Küche – Fertiggerichte im Fokus“

Publikationen

- Gössinger M., Moritz S., **Hermes M.**, Ullram T., Mayer F., Wendelin S., Berghofer E.: Farbstabilisierung bei Erdbeerprodukten. In: „Gute Herstellungspraxis in pflanzlichen Produkten“, ALVA Tagungsband, Stadtschlaining, 2007; 138-140.
- Gössinger M., Moritz S., **Hermes M.**, Wendelin S., Scherbichler H., Halbwirth H., Stich K., Berghofer E.: Effects of processing parameters on colour stability of strawberry nectar from puree. Journal of Food Engineering 2009; 90: 171-178.
- Gössinger M., Ullram T., **Hermes M.**, Wendelin S., Berghold S., Halbwirth H., Stich K., Berghofer E.: Effects of pre-freezing, pure content and pasteurisation regime on colour stability of strawberry nectar from puree. Journal of the Science of Food and Agriculture 2009; 89: 144-149.
- Gössinger M., **Hermes M.**, Ullram T., Wendelin S., Halbwirth H., Stich K., Berghofer E.: Einfluss der Herstellungsbedingungen auf die Farbstabilität von fruchtfleischhaltigem Erdbeernektar. Mitteilungen Klosterneuburg 2009; 59: 37-46.