

Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Studiengang Lebensmitteltechnologie

Einfluss verschiedener Herstellungsverfahren auf die Farbe von kaltgeriebenem Apfelmus

Master - Thesis

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Master of Science (M. Sc.)

vorgelegt von

Frances Dannenberg

Oktober 2013

1. Prüfer: Prof. Dr. Peter Meurer
2. Prüfer: Prof. Dr. Siegfried Bolenz

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2013-0120-7

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denen bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Master-Thesis so kräftig unterstützt haben.

Als erstes möchte ich mich unbedingt bei Herrn Prof. Dr. Peter Meurer ganz besonders bedanken. Er hatte mich während der Anfertigung dieser Arbeit mit sehr viel Geduld und Verständnis unterstützt. Ich konnte jederzeit Fragen stellen und er hatte mir immer weiter geholfen. Weiterhin bin ich für das Korrekturlesen und die vielen Anregungen außerordentlich dankbar. Herr Prof. Dr. Peter Meurer hatte immer ein offenes Ohr und hat mir den Rücken gestärkt. Ohne diese Unterstützung wäre ich niemals fertig geworden.

Ein herzliches Dankeschön an meinen zweiten Betreuer Herrn Prof. Dr. Siegfried Bolenz, der mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ebenfalls möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern im Labor und im Technikum bedanken. Ein großes Dankeschön an Frau Dipl.-Ing. Hoffmann für die reibungslose Bestellung der Materialien und die Unterstützung bei den Geräten im Labor und im Technikum. Außerdem möchte ich mich bei Herrn Kretzschmar für die große Hilfe im Technikum bedanken. Frau Sauermilch möchte ich ebenso herzlichen Dank für die vielen Bemühungen sagen. Zusätzlich spreche ich Frau Dipl.-Ing. Dörnbrack meinen Dank für die Hilfe im Labor und bei Problemen aus. Ebenso gilt Frau Dipl.-Ing. Schäpe mein Dank für die Termine im Labor. Vielen Dank für die Unterstützung und die Zeit die sie für mich hatten. Weiterhin möchte ich mich für die unkomplizierte Terminabsprache und die verfügbare Zeit in den Laboren und dem Technikum bedanken. Diese Arbeit hätte ich ohne sie nicht anfertigen können.

Ebenso möchte ich mich bei Frau Schuldt aus dem Immatrikulations- und Prüfungsamt bedanken.

Zum Schluss möchte ich meiner Familie, meinen Freunden und einigen Bekannten überaus danken. Vielen Dank für die unermüdliche Unterstützung und das Verständnis. Außerdem möchte ich mich für das Ermöglichen dieses Studiums, das große Interesse dafür und den stetigen Zuspruch bedanken. Und, um nicht zu vergessen, danke für die vielen und schnellen Literaturfernleihen zur Anfertigung dieser Arbeit.

Abstract

It was the intention of this thesis to reduce or rather avoid the enzymatic browning of apple sauce. This was to be achieved by adding ascorbic acid, citric acid, malic acid and/or sodium sulfite. Additionally the effect of the fumigation with nitrogen while filling the jars should become apparent. Another intention was to clarify whether the time between the production and the pasteurization of the apple sauce affects its color. To achieve that, the pasteurization was conducted immediately after the production (0 hours), after 2 hours and after 4 hours. The possible enzymatic browning was determined by measuring the $L^* a^* b^*$ -tristimulus system. Furthermore, after editing the variations, the absorbances were measured at 420 nm. The measurement of the $L^* a^* b^*$ -tristimulus system and the absorbances were to provide information about which treatment is preferable. After this, some variations were savored to see which self-made variation or which traded product is to be preferred. A potential change of color after storage was determined by another $L^* a^* b^*$ -tristimulus system measurement after 440 days. The results of the data show that the addition of ascorbic acid, citric acid and/or malic acid depends on the apple cultivar. For Elstar with and without the fumigation with nitrogen the lightest L^* - values were measured at an addition level of 0,050 % ascorbic acid and 0,150 % malic acid. For Royal Gala the result was identical, but this variation should not be pasteurized until 2 hours after the production. For Royal Gala, if sodium sulfite was added, the lightest L^* - value was measured after the addition of 0,240 % sodium sulfite and a pasteurization immediately after the production (0 hours). For Golden Delicious (with peel) the best L^* - values were achieved by adding 0,025 % ascorbic acid, 0,250 % citric acid and 0,300 % malic acid. There were no distinct results when the color was measured by absorbance. The sensoric evaluation showed that the apples have to be peeled when pureed with a raw potato grating cylinder. The testers clearly favored the self-made variation with Elstar and an addition of 0,025 % ascorbic acid. The pH value, however, should range from 3,76 to 3,86. According to the L^* - values, storage affects all the self-made variations negatively.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	1
2 Stand der Wissenschaft und Technik	2
2.1 Apfel	2
2.2 Herstellung von Apfelmus	7
2.3 Antioxidantien, Komplexbildner, Synergisten	11
2.3.1 Ascorbinsäure	14
2.3.2 Zitronensäure	15
2.3.3 Äpfelsäure	16
2.3.4 Natriumsulfit	17
2.4 Stickstoff	19
3 Material und Methoden	20
3.1 Herstellung der Apfelmuse	22
3.2 Messung der Farbe	24
3.2.1 L* a* b*- Farbmeter	25
3.2.2 Photometrie	27
3.3 Sensorische Beurteilung	29
4 Vorversuche	32
4.1 Vorgehensweise	32
4.2 Ergebnisse	33
5 Hauptversuche	42
5.1 Vorgehensweise	45
5.2 Ergebnisse	53
5.2.1 Frische Äpfel	54
5.2.2 Apfelsorte Elstar	55
5.2.2.1 Wiederholte Herstellung der Apfelsorte Elstar	62
5.2.2.2 Apfelsorte Elstar mit Stickstoffeintrag	64
5.2.2.3 Lagerung von Elstar	67
5.2.3 Apfelsorte Royal Gala	69
5.2.3.1 Einige Probe- Versuche mit der Apfelsorte Royal Gala	71
5.2.4 Apfelsorte Golden Delicious	73
5.2.4.1 Lagerung von Golden Delicious	75
5.2.5 Apfelmuse aus dem Handel	76
5.2.6 Vergleich einiger Parameter von Elstar, Royal Gala und Golden Delicious	79
6 Diskussion	81
7 Zusammenfassung	89
8 Literatur	90
9 Abbildungsverzeichnis	97
10 Tabellenverzeichnis	100
11 Anhang	101

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen, Symbole und Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ADI- Wert	Acceptable Daily Intake (= Akzeptable Tägliche Aufnahme)
ca.	circa
cm	Zentimeter
d	day (= Tag)
Ø	Durchschnitt
E	Extinktion
f. / ff.	folgende Seite / folgende Seiten
°C	Grad Celsius
g	Gramm
kg	Kilogramm
mg	Milligramm
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
ml	Milliliter
mm	Millimeter
min ⁻¹	Umdrehungen pro Minute
Na ₂ SO ₃	Natriumsulfit
N ₂	Stickstoff
nm	Nanometer
ppm	parts per million => entspricht mg Wirkstoff pro kg Lebensmittel
%	Prozent
Quelle 1 / 1	Internetquelle 1, Auflistung in Kapitel 8 Literatur Internetquellen
r	Korrelationszahl
Sek.	Sekunde
Tab.	Tabelle
u. a.	und andere
U/ min	Umdrehungen pro Minute
UV / VIS	Ultraviolett / Visuell
v. l. n. r.	von links nach rechts
Wdh	Wiederholung

1 Einleitung

Dem Verbraucher ermöglichen Konserven das sofortige Verzehren der Früchte, und die Früchte können lange und ohne Kühlung gelagert werden. Der Kauf von schon geriebenem Apfel ist eine zeitsparende und arbeitserleichternde Alternative für den Verbraucher. Der überwiegende Teil des im Handel angebotenen Apfelmuses wird erst gekocht und dann passiert. Das Kochen vor dem Passieren inaktiviert die im Apfel enthaltenen Enzyme, die zu einer Bräunung führen können (Tscheuschner 1996, Schobinger 2001). Eine besondere Art der Herstellung ist das kaltgeriebene Apfelmus. Hier werden die Äpfel ohne vorkochen gerieben. Durch dieses Verfahren ist das Apfelmus fester und aromatischer (Tscheuschner 1996). Bei der Herstellung von kaltgeriebenem Apfelmus kann es jedoch zu einer negativen Beeinflussung des Aromas und der ernährungsphysiologischen Werte kommen. Dies wird durch eine enzymatische Bräunung verursacht (Labuza/ Schmidl 1986). Wenn zum Beispiel durch Druck oder Schnitt das Gewebe von Äpfeln zerstört wird, reagieren die im Apfel enthaltenen Pflanzenphenole und ein Enzymsystem mit Luft. Das Enzymsystem gehört zu den Oxidoreduktasen und wird als Polyphenoloxidase bezeichnet (Franzke 1996). Nach bisherigem Kenntnisstand kann eine Bräunung durch Erhitzen, Zusatz von einem Antioxidationsmittel oder Entzug von Sauerstoff verhindert werden (Belitz/ Grosch 1992).

In der nachfolgenden Arbeit soll untersucht werden, wie eine enzymatische Bräunung von kaltgeriebenem Apfelmus verhindert, beziehungsweise reduziert werden kann. Hierfür werden Versuche mit Ascorbinsäure, Zitronensäure, Äpfelsäure und/ oder Natriumsulfit als Antioxidationsmittel zum Einsatz kommen. Weiterhin soll geklärt werden, ob die Bräunung, durch eine Stickstoffbegasung beim Befüllen der Gläser mit Apfelmus, beeinflusst wird. Die mögliche enzymatische Bräunung soll mit einer Messung der Farbe mit Hilfe der $L^* a^* b^*$ -Farbmetrik ermittelt werden. Zusätzlich sollen nach Aufbereitungen der Proben die Extinktionen bei 420 nm mit einem Photometer gemessen werden. Anhand dieser Werte können Aussagen gemacht werden, ob es zur Bräunung kam und wie stark diese war. Das Messen der $L^* a^* b^*$ -Werte und der Extinktionen soll Auskunft darüber geben, welches Messverfahren besser geeignet ist. Als Abschluss sollen die hergestellten Apfelmuse verkostet und mit den im Handel angebotenen Produkten verglichen werden. Außerdem werden einige $L^* a^* b^*$ -Werte nach einer gewissen Lagerung der Apfelmusgläser erneut gemessen.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Apfel

Der Apfel (Abb. 1) ist ein Kernobst der zur Familie der Rosengewächse zählt. Er wird als Scheinfrucht bezeichnet, da die eigentliche Frucht die Kerne im Innern des essbaren, fleischig gewordenen Blütenbodens sind. Äpfel haben eine große Anzahl von Inhaltsstoffen, wobei Wasser und Kohlenhydrate die Hauptinhaltsstoffe sind. In nur geringen Mengen enthalten sie Pflanzenphenole und Enzyme (Franzke 1996, Tscheuschner 1996).



Abb. 1: Apfel (Quelle 1)

Pflanzenphenole (auch phenolische Verbindungen oder Polyphenole genannt) sind von großer Bedeutung, da sie zum Beispiel für die Farbe und den Geschmack des Apfels verantwortlich sind. Aufgrund ihrer Reaktionsfreudigkeit können sie aber auch zu unerwünschten Veränderungen, wie der enzymatischen Bräunung beitragen. Es kommen zum Beispiel Hydroxyzimtsäurederivate (auch Hydroxyzimtsäure- Verbindungen genannt), Flavan-3-ole und Procyanidine vor (Franzke 1996, Frede 1991, Herrmann 2001, Schobinger 2001, Stoll 1997, Quelle 2).

Die enthaltenen Enzyme (auch Fermente genannt) dienen dem Apfel zum Ablauf und zur Steuerung des Stoffwechsels. Bei der Lagerung und Verarbeitung sind Enzyme von Bedeutung, da sie bestimmte Inhaltsstoffe ab- oder umbauen. Während der Lagerung tragen sie zur Reifung oder Nachreifung und Aromabildung bei. Somit erhält der Apfel seine bekannten Eigenschaften. Jedoch können die Enzyme negative Veränderungen verursachen oder beschleunigen. Hier ist der Verderb oder die Bildung einer unerwünschten enzymatischen Bräunung bei der Verarbeitung von Äpfeln zu nennen. Diese Bräunungsreaktion wird durch ein Enzymsystem verursacht, das zu den Oxidoreduktasen gehört und Polyphenoloxidase (auch Phenolase oder Phenoloxidase) genannt wird. Sie begünstigt Oxidations- und Reduktionsreaktionen, da sie Wasserstoff beziehungsweise Elektronen überträgt. Die Polyphenoloxidase enthält im aktiven Zentrum zwei Kupferatome, welche die Oxidation unterstützen. Es kommt zum Beispiel auch Ascorbinsäureoxydase (Umbau/ Abbau Ascorbinsäure) im Apfel vor (Franzke 1996, Scheller/ Schubert 1989, Schobinger 2001, Schormüller 1967, Steil 2001, Stoll 1997).

In intakten Zellen sind Pflanzenphenole und Enzyme getrennt voneinander und können erst durch Zerstörung des Gewebes miteinander reagieren. Wenn durch Druck, Schnitt oder ähnliches das Gewebe zerstört wird und mit Luft in Berührung kommt, tritt eine enzymatische Bräunung auf. Der molekulare Sauerstoff (O_2) der Luft dient dabei als Wasserstoffakzeptor (H_2 -Aufnehmer). Pflanzenphenole werden bei der Reaktion als Substrat bezeichnet. Die enzymatische Bräunung entsteht nach zwei unterschiedlichen Reaktionen (siehe dazu Abb. 2).

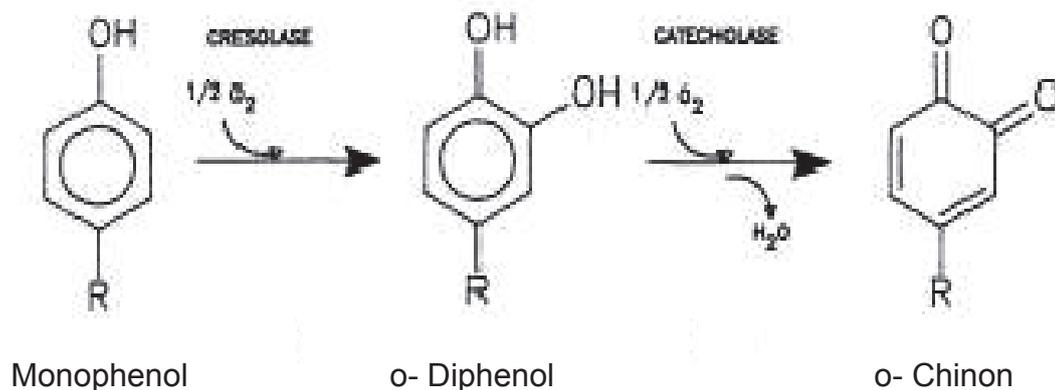


Abb. 2: Hydroxylierung des Monophenols zu o- Diphenol und Oxidierung des o- Diphenols zu o- Chinon (Nicolas u. a. 1994)

Als erstes werden Monophenole (auch monomere Phenole, Monohydroxyphenole oder niedermolekulare Polyphenole genannt) in Anwesenheit von Sauerstoff in ortho- Diphenole hydroxyliert (= ortho- Dihydroxyphenol). Diese Reaktion wird als Phenolhydroxylase-, Monophenolase- oder Cresolaseaktivität bezeichnet. Die Enzyme die diesen Schritt katalysieren, werden als Cresolasen bezeichnet. Im Anschluss können die ortho- Diphenole zu ortho- Chinone aufoxidiert werden. Dies erfolgt enzymatisch mit Hilfe von Polyphenoloxidasen und wird als Polyphenoloxidase-, Diphenolase- oder Catecholaseaktivität bezeichnet. Wenn nur dieser Schritt katalysiert wird, werden die Enzyme Catecholoxidasen genannt. Enzyme die beide Schritte katalysieren, werden Tyrosinase bezeichnet. Der danach folgende Schritt ist sehr komplex und kann auf unterschiedliche Weise stattfinden. Es können zum Beispiel die sehr reaktiven ortho- Chinone mit oder ohne den Einfluss von Enzymen und Sauerstoff polymerisiert werden und es entstehen häufig hochmolekulare rotbraun bis schwarz gefärbte Melanine, die schwer löslich sind (Franzke 1996, Nicolas u. a. 1994, Schobinger/ Dürr 1974, Queiroz u. a. 2008, Vamos-Vigyazo 1981, Quelle 2, Quelle 3).

Die Gesamtmenge der Pflanzenphenole liegt bei 0,01 % bis 1 %, wobei die Gehalte an Chlorogensäure und Flavan-3-ole die Polyphenoloxidase am stärksten begünstigen (Quelle 2, Quelle 4). Nachfolgend sind die im Apfel enthaltenen Pflanzenphenole aufgelistet (Abb. 3).

Nachgewiesene Polyphenole	Gehalte in mg/kg Frischgewicht
Hydroxyzimtsäurederivate	
Chlorogensäure (5-Caffeoyl-L-(-)-chinasäure)	62 – 385 (Mittelwert 139) ¹
Kryptochlorogensäure (4-Caffeoyl-L-(-)-chinasäure)	0 – 12 (Mittelwert 2) ¹
4-Coumaroyl-L-(-)-chinasäure)	Spuren – 32 (Mittelwert 14) ¹
5-Coumaroyl-L-(-)-chinasäure	Spuren – 9 (Mittelwert 2) ¹
Caffeoylglucose	0 – 6 (Mittelwert 1) ¹
Coumaroylglucose	1 – 19 (Mittelwert 4) ¹
Feruloylglucose	0 – 9 (Mittelwert 3) ¹
Flavonole	
Quercetin-3-galaktosid (Hyperosid)	5 – 39 ²
Quercetin-3-glucosid (Isoquercitrin)	3 – 16 ²
Quercetin-3-rutinosid (Rutin)	1 – 10 ²
Quercetin-3-arabinosid (Avicularin)	8 – 25 ²
Quercetin-3-rhamnosid (Quercitrin)	3 – 19 ²
Quercetin-3-xylosid	4 – 10 ²
Dihydrochalkone	
Phloridzin (Phloretin-2'-glucosid)	10 – 158 ²
Phloretin-2'-xylosylglucosid	11 – 230 ²
Flavan-3-ole	
(+)-Catechine	Spuren – 27 (Mittelwert 9) ¹
(-)-Epicatechin	2 – 129 (Mittelwert 46) ¹
Procyanidine	
B1	0,07 – 0,42 mg/Apfel ¹⁰
B2	0,67 – 2,50 mg/Apfel ¹⁰
B5	0,06 – 0,22 mg/Apfel ¹⁰
C1	0,33 – 1,29 mg/Apfel ¹⁰
diverse Polymere ^{3,4,5}	n.b.
Σ Procyanidine ^{6,7}	1420 - 3240
Anthocyane⁸	
Cyanidin-3-galaktosid	0,1 – 8 mg/g Apfelschale
Cyanidin-3-xylosid	n.b.
Cyanidin-3-arabinosid	n.b.
Cyanidin-3-glucosid	n.b.
Acylierte Cyanidin-3-glykoside	n.b.
Σ Cyanidin-3-glykoside ⁹	1 mg/g Apfelschale

Abb. 3: Pflanzenphenole in einem frischen Apfel, n.b. = nicht bestimmt (Quelle 2)

Jedoch gibt es eine große Anzahl von Apfelsorten, die sich in Aussehen, Beschaffenheit und chemische Zusammensetzung unterscheiden. Die Zusammensetzung hängt von vielen Faktoren ab und kann stark schwanken. Dazu zählt unter anderem der Reifezustand, der vom Klima, dem Boden und dem Erntetermin beeinflusst wird (Belitz/ Grosch 1992, Franzke 1996, Quelle 4).

Pflanzenphenole sind im Apfel unterschiedlich verteilt. Zum Beispiel sind Hydroxyzimtsäurederivate hauptsächlich im Fruchtfleisch und die Flavan-3-ole im Fruchtfleisch und in der Schale zu finden (Quelle 2). Der Gehalt an Hydroxyzimtsäurederivate beeinflusst die enzymatische Bräunung am stärksten und steht demnach an erster Stelle. An zweiter Stelle spielt der Gehalt an Flavan-3-ole eine Rolle und an dritter Stelle die Polyphenoloxidase- Aktivität (Steil 2001). Die relative Polyphenoloxidase- Aktivität bestimmt die Geschwindigkeit der Bräunung und den Abbau von Polyphenoloxidasen (Quelle 2). Die Aktivität kann in der Schale und im Fruchtfleisch unterschiedlich sein, aber im Fruchtfleisch ist die Aktivität meist höher (Steil 2001). Aber auch der Zerkleinerungsgrad und die Zeit der Sauerstoffeinwirkung sind entscheidend (Quelle 4). In der nachfolgenden Tabelle sind einige Polyphenoloxidase- Aktivitäten, Gehalte an Hydroxyzimtsäurederivate und Flavan-3-ole verschiedener Apfelsorten aufgelistet (Tab. 1).

Tab. 1: Entscheidende Gehalte einiger Apfelsorten (Steil 2001, Nicolas u. a. 1994)

Apfelsorte	Relative Polyphenoloxidase-Aktivität in %		Hydroxyzimtsäurederivate in mg/ 100g Trockensubstanz	Flavan-3-ole in mg/ 100g Trockensubstanz
	Schale	Fruchtfleisch		
Red Delicious	100	100	136	199
Gala	30	48	180	147
Golden Delicious	33	30	104	134
Granny Smith	43	73	57	210
Elstar	10	20	41	98

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass zum Beispiel die Apfelsorten Elstar und Granny Smith, anhand der entscheidenden Gehalte an Hydroxyzimtsäurederivate, am wenigsten zur Bräunung neigen (Steil 2001). Außerdem sind Äpfel aus mittlerer bis später Ernte, hinsichtlich der Bräunung, besser zur Verarbeitung geeignet sind, als aus einer frühen Ernte (Quelle 5). In jungen Äpfeln ist der Chlorogensäuregehalt (Hydroxyzimtsäurederivat) höher (Franzke 1996, Quelle 2). Denn umso höher der Chlorogensäuregehalt ist, desto stärker ist die Bräunung (Quelle 5). Die Gehalte nehmen während der Lagerzeit ab (Brockhaus 2004, Stoll 1997). Die ebenso entscheidende Polyphenoloxidase-Aktivität ist in unreifen Äpfeln höher als in reifen (Steil 2001). Im Apfel enthaltene Säuren, wie zum Beispiel Äpfelsäure, Zitronensäure und Ascorbinsäure, sind ebenfalls entscheidend. Am Baum steigen die Gehalte meist an. Durch die Reifung und Lagerung der Äpfel nimmt der Gehalt an Äpfel- und Zitronensäure ab, was den pH-Wert erhöht.

Bei der Reifung kann der Gehalt an Ascorbinsäure zunehmen, aber durch eine Lagerung dann abnehmen (Franzke 1996, Herrmann 2001, Stoll 1997). Im sauren pH-Bereich sind Polyphenoloxidasen stabil und der optimale pH-Wert liegt bei 4,5 bis 5,5 (Steil 2001). Jedoch kann eine Senkung des pH-Wertes unter 3 zur Inaktivierung der Polyphenoloxidasen führen (Franzke 1996). Dies kann unter anderem dann durch Säurezugabe erreicht werden. Aber auch Antioxidantien, die die Oxidation (Reaktion mit Sauerstoff) verhindern oder verzögern, können die enzymatische Bräunung reduzieren. Zum Einsatz können unter anderem Ascorbinsäure (E 300) und Schwefeldioxid (E 220) kommen (Belitz/ Grosch 1992, Brockhaus 2004). Aber auch die Schwefeldioxid-haltigen Salze (Sulfite), wie zum Beispiel Natriumsulfit (E 221) oder Kaliumbisulfit (E 228) (Quelle 6, Quelle 7). Hierbei muss aber beachtet werden, dass einige Antioxidantien nur bei einer bestimmten Konzentration wirken und bei einer überhöhten Konzentration, sogar das Gegenteil (prooxidativ) bewirken können (Baltes 2000, Frede 1991, Labuza/ Schmidl 1986). Da Sauerstoff die enzymatische Bräunung beschleunigt, könnte unter Sauerstoffausschluss gearbeitet werden (Belitz/ Grosch 1992). Außerdem spielt nicht nur der Erntezeitpunkt, sondern auch die Länge und Art der Lagerung eine Rolle (Nicolas u. a. 1994). Denn wie vorher beschrieben, können Enzyme während der Lagerung bestimmte Inhaltsstoffe ab- oder umbauen (Franzke 1996). Temperaturen unter 10 °C können die Polyphenoloxidasen-Aktivität hemmen (Steil 2001). Außerdem kann eine Lagertemperatur der fertigen Produkte von 10 °C ausreichen (Abb. 4), um eine Nachbräunung zu hemmen. Denn bei der Lagerung kann es durch Oxidation zum Abbau von Monophenolen kommen, was zur Bräunung führt (Schobinger/ Dürr 1974, Quelle 2, Quelle 5).



Abb. 4: Lager-
tempe-
ratur (8)

Neben der enzymatischen Bräunung, die durch Pflanzenphenole und Polyphenoloxidasen verursacht wird, gibt es auch die geringe Möglichkeit durch Peroxidasen. Peroxidasen gehören auch zu den Oxidoreduktasen (Schobinger/ Dürr 1974, Vamos-Vigyazo 1981). Der Gehalt an Peroxidasen ist in der Schale höher als im Fruchtfleisch (Nicolas u. a. 1994). Während der Reife und Lagerung kann die Aktivität der Peroxidasen ansteigen (Vamos-Vigyazo 1981). Bei der Peroxidation reagieren die Pflanzenphenole mit Schwermetallionen, wie unter anderem Kupferionen. Dies geschieht sehr langsam bei einem pH-Wert oberhalb von 4 (Belitz/ Grosch 1992, Schobinger 2001).

Entscheidend sind dabei auch der verfügbare Sauerstoff und Wasserstoff (Sauerstoff + Wasserstoff = Wasserstoffperoxid) (Franzke 1996, Nicolas u. a. 1994). Ebenso ist die Temperatur von Bedeutung (Steil 2001). Die Peroxidasen oxidieren nicht nur Chlorogensäure (Hydroxyzimtsäurederivat) und (+)-Catechine (Flavan-3-ol), sondern auch einige Flavonole (Nicolas u. a. 1994). Dabei entstehen blaugraue bis blauschwarze Verfärbungen und es kann ein „Metall“- Geschmack auftreten (Franzke 1996, Schobinger 2001). Um dies zu verhindern, können Antioxidantien, wie zum Beispiel Ascorbinsäure, eingesetzt werden (Franzke 1996). So wie auch die Polyphenoloxidasen, sind Peroxidasen Temperaturempfindlich und können somit durch Hitze inaktiviert werden. Jedoch können inaktivierte Peroxidasen nach einer gewissen Zeit wieder Aktivität zeigen (Baltés 2000, Franzke 1996, Vamos-Vigyazo 1981).

Neben dem rohen Verzehr von Äpfeln können hergestellte Erzeugnisse zum Beispiel Säfte, Konfitüren oder Fruchtmus sein. Zur Herstellung von Apfelmus können inzwischen verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen.

2.2 Herstellung von Apfelmus



Abb. 5: Apfelmus, herkömlich (9)

Seit vielen Jahren wird Apfelmus (Abb. 5) nach einem bestimmten Ablauf hergestellt (siehe dazu Abb. 8 Seite 10). Nachdem die Äpfel geerntet und angeliefert werden, erfolgt das Waschen und Verlesen. Im Anschluss findet ein Vorkochen der Äpfel in Wasser und/ oder Heißdampf statt. In der Literatur gibt es verschiedene Angaben dazu, ob die Schale und das Kerngehäuse vor oder nach dem Vorkochen entfernt, oder die Äpfel mit Schale und Kerngehäuse verarbeitet werden. In der Lebensmittelindustrie hängt das von der verwendeten Apfelsorte und den vorhandenen Maschinen ab. Das Vorkochen dient zum einen der Keimreduktion und zum anderen der Inaktivierung der im Apfel enthaltenen Enzyme (Belitz/ Grosch 1992, Osteroth 1991, Tscheuschner 1996). Die Enzyme sind chemisch betrachtet Eiweißsubstanzen und somit hitzeempfindlich (Schobinger 2001). Die Temperatur zum Inaktivieren von Enzymen liegt zwischen 60 °C und 90 °C.

Dadurch kann eine enzymatische Bräunung und somit eine Veränderung des Geschmacks verhindert werden (Franzke 1996, Schobinger 2001). Durch diesen Schritt können jedoch Vitamine in das Wasser über gehen oder werden infolge der hohen Temperatur geschädigt. Zum Beispiel können durch Hitze bis zu 90 % an Ascorbinsäure verloren gehen (Frede 1991). Weiterhin werden die Äpfel weich und können an Aroma verlieren. Die Konsistenz eines Apfelmuses sollte schmelzend, feinkörnig und saftig wirken. Danach werden die Äpfel passiert und je nach Rezeptur, Komponenten wie zum Beispiel Zucker und Säure dazugegeben (Stoll 1997, Tscheuschner 1996). Mögliche Säuren die meistens eingesetzt werden, sind Ascorbinsäure (E 300), Zitronensäure (E 330) und/ oder Äpfelsäure (E 296). Diese Säuren dienen als Säurelieferanten für den Geschmack. Denn pH- Werte über 3,5 werden als zu süß empfunden und pH- Werte von 3,3 bis 3,4 werden als optimal angesehen. Weiterhin dient ein niedriger pH- Wert als Haltbarkeitsverlängerung. Außerdem hat die Zugabe der Säuren und somit die Senkung des pH- Wertes, den Vorteil das eventuell noch aktive Enzyme inaktiviert werden können. Sie dienen also als Antioxidationsmittel (Franzke 1996, Stoll 1997). Den im Handel angebotenen Apfelmusen werden Säuren auch als Antioxidationsmittel zugesetzt (Belitz/ Grosch 1992, Marktbeschau Anlage Seite 118 - 121). Der fertige Apfelmus wird dann in Gläser abgefüllt und möglicherweise der Sauerstoff durch exhaustieren entfernt. Eventuell noch aktive Enzyme können durch fehlenden Sauerstoff nicht zu oxidativen Veränderungen führen. Danach werden die Gläser verschlossen und pasteurisiert (Abb. 6). Mit dem Pasteurisieren wird der Apfelmus länger haltbar gemacht. Weiterhin können Enzyme durch eine Temperatur von 70 °C bis 80 °C und eine Dauer von 1 Minute bis 2 Minuten dann vollständig inaktiviert werden (Franzke 1996, Steil 2001, Tscheuschner 1996).



Abb. 6: Herstellung in der Industrie (10)

Seit einiger Zeit gibt es eine neuartige Methode zur Herstellung von Apfelmus. Hier werden alle Schritte, wie vorher beschrieben, mit einem Unterschied durchgeführt. Der Unterschied wird in Abbildung 8 (Seite 10) deutlich gemacht.



Abb. 7: Apfelmus, neuartig (11)

Bei dieser Methode wird das Vorkochen der Äpfel ausgelassen. Direkt nach dem Waschen werden die Äpfel passiert. Es besteht die Möglichkeit, die Äpfel mit oder ohne Schale und Kerngehäuse zu passieren. Dies hängt neben der verwendeten Sorte und gewünschter Farbe des Apfelmuses auch von den vorhandenen Maschinen ab. Der Nachteil dieser Herstellung ist, dass die Enzyme noch aktiv sind. Die enzymatische Bräunung, mit Änderungen der Farbe und des Geschmacks kann somit stattfinden (Franzke 1996, Tscheuschner 1996). Jedoch ist der Vorteil, dass die Vitamine und das Aroma erhalten bleiben können (Abb. 7 Apfelmus, neuartig). Eine weitere Besonderheit ist die festere Konsistenz des Apfelmuses (Tscheuschner 1996).

Die Konsistenz eines Apfelmuses sollte schmelzend, feinkörnig und saftig wirken (Stoll 1997). Um die enzymatische Bräunung dennoch zu verhindern, besteht die Möglichkeit unter Sauerstoffausschluss zu arbeiten oder wie bei der herkömmlichen Methode, das Zusätzen eines Antioxidationsmittels (oder auch Reduktionsmittel genannt). Einsetzbare Antioxidationsmittel sind zum Beispiel Ascorbinsäure (E 300), Zitronensäure (E 330), Äpfelsäure (E 296) und/ oder Schwefeldioxid (E 220) (und die Salze, wie zum Beispiel Natriumsulfit (E 221)) (Belitz/ Grosch 1992, Quelle 7). Auch hier ist ein Nebeneffekt der Säuren die Verlängerung der Haltbarkeit durch pH- Wert- Senkung und sie dienen als Säurelieferant für den Geschmack. Denn pH- Werte über 3,5 werden als zu süß empfunden und pH- Werte von 3,3 bis 3,4 werden als optimal angesehen. Außerdem hat die Zugabe der Säuren und somit die Senkung des pH- Wertes, den Vorteil das eventuell noch aktive Enzyme inaktiviert werden können (Franzke 1996, Stoll 1997). Meist wird auch Zucker zur Verbesserung des Geschmacks dazugegeben. Abschließend wird der Apfelmus abgefüllt und es kann der in Luft enthaltene Sauerstoff durch exhaustieren entfernt oder durch das Einbringen von Stickstoff (E 941) verdrängt werden (Belitz/ Grosch 1992, Franzke 1996). Danach werden die Gläser verschlossen und pasteurisiert. Mit dem Pasteurisieren wird der Apfelmus länger haltbar gemacht. Außerdem können die eventuell noch aktiven Enzyme, durch fehlenden Sauerstoff, nicht zu oxidative Veränderungen führen (Franzke 1996, Tscheuschner 1996). Weiterhin können Enzyme durch eine Temperatur von 70 °C bis 80 °C und eine Dauer von 1 Minute bis 2 Minuten dann vollständig inaktiviert werden (Steil 2001).

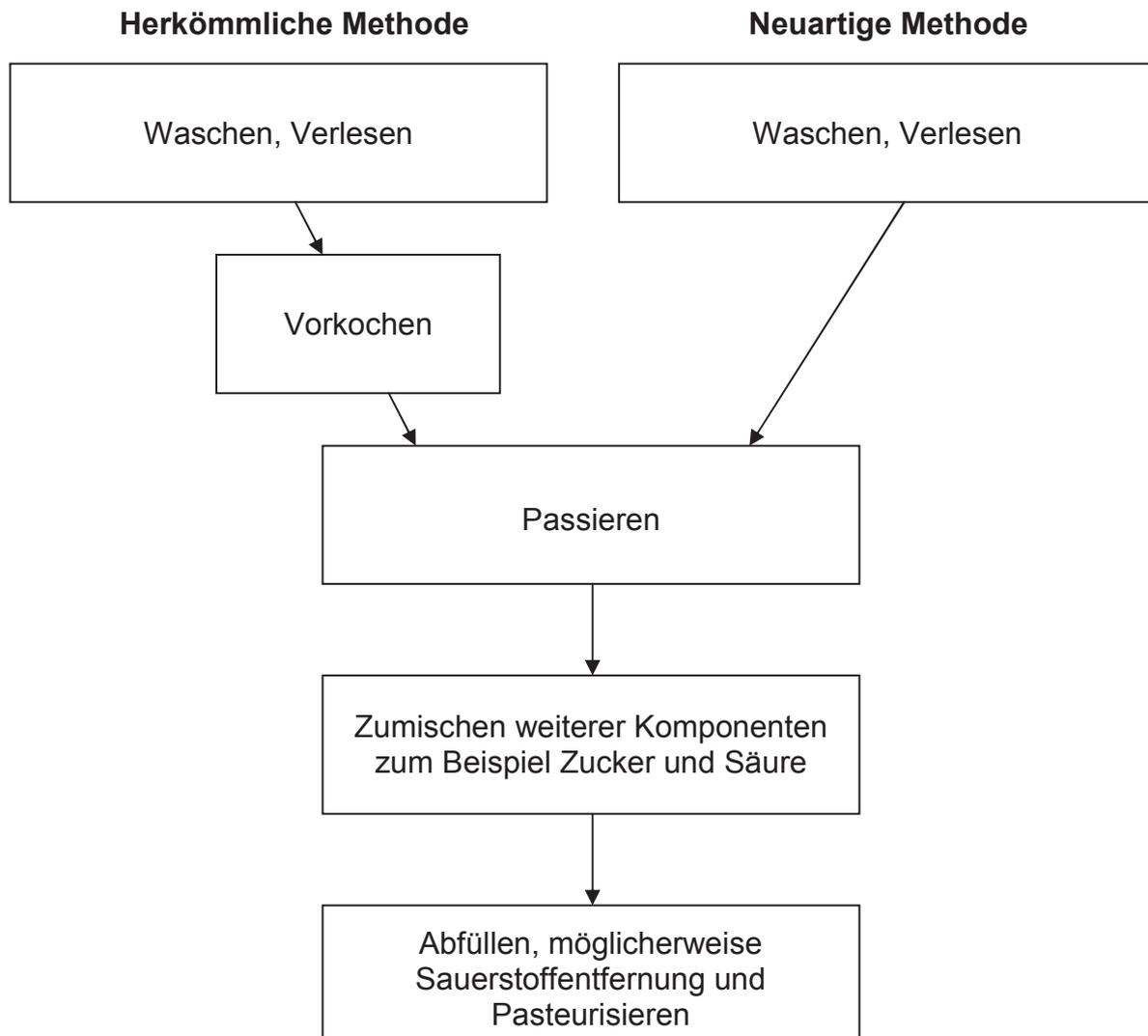


Abb. 8: Allgemeines Fließbild zur Herstellung von Apfelmus

Aber es muss beachtet werden, bei der Herstellung von zum Beispiel Apfelsaft kann eine absolute Verhinderung der Maische- oder Saftoxidation zu einem Fehlroma führen. Das Fernhalten von Sauerstoff und/ oder das Zusätzen von Ascorbinsäure kann eine grüne/ grasige Aromanote bewirken. Das hingegen, vom Verbraucher nicht immer akzeptiert wird. Außerdem sprechen Fachleute von einem unharmonischem Aroma und Geschmack. Entsprechend ist die Farbe sehr hell oder kann leicht grünlich sein. Diese Eigenschaften entstehen, weil sich das typische Saftaroma durch enzymatische Prozesse nicht entwickeln konnte (Schobinger 2001, Schobinger/ Dürr 1974).

Die wichtigsten Zusatzstoffe bei der Apfelmusherstellung sind Antioxidantien, Komplexbildner und Synergisten. Aber auch die Herstellung unter Verwendung des Schutzgases Stickstoff kann zum Einsatz kommen.

2.3 Antioxidantien, Komplexbildner, Synergisten

Antioxidantien verhindern oder reduzieren die Oxidation von Lebensmitteln. In Lebensmitteln werden Antioxidantien zugesetzt, um zum Beispiel Farb-, Geruchs- oder Geschmacksfehler zu reduzieren oder aufzuschieben. Diese können zum Beispiel bei der enzymatischen Bräunung auftreten und durch den Zusatz, kann eine Verbesserung der Qualität erreicht und aufrechterhalten werden (Baltes 2000, Brockhaus 2004).

Wenn Säuren als Antioxidantien zugesetzt werden, können sie den pH- Wert senken und dadurch die enzymatische Bräunung reduzieren (Franzke 1996).

Angesichts der Struktur von Antioxidantien können sie reduzierende Eigenschaften besitzen und werden deswegen auch als Reduktionsmittel (auch Redukton genannt) bezeichnet. Antioxidantien können den chemischen Verderb von Lebensmitteln verhindern. Wenn sie frühzeitig in den Prozess der Oxidation eingreifen, wird die Bildung unerwünschter Reaktionsprodukte unterbunden. Denn Antioxidantien sind in der Lage, Sauerstoff und/ oder freie Radikale abzufangen. Freie Radikale sind Atome oder Moleküle mit einem freien/ ungepaartem Elektron.

Bei einer Oxidation findet gleichzeitig eine Reduktion statt. Wenn ein Stoff oxidiert (= Elektronenabgabe) wird, wird ein anderer Stoff reduziert (= Elektronenaufnahme). Oxidation bedeutet, dass einerseits ein Stoff mit Sauerstoff reagieren kann und andererseits ein Stoff seine Elektronen ohne Sauerstoffeinfluss abgeben kann. Das erfolgt zum Beispiel, wenn sich zwei ungepaarte Elektronen von zwei unterschiedlichen Stoffen zusammen schließen und dadurch bei einem Stoff ein gepaartes Elektron ergeben. Reduktion bedeutet, dass ein Stoff Elektronen aufnehmen kann. Das erfolgt zum Beispiel, wenn Sauerstoff- Atome aufgenommen werden.

Da zur enzymatischen Bräunung Sauerstoff notwendig ist, der durch Antioxidantien abgefangen werden kann, können unerwünschte Reaktionen mit Lebensmittelinhaltsstoffen verhindert oder gehemmt werden. Aufgrund der Eigenschaften von Antioxidantien, können sie o- Chinone wieder zu Monophenole reduzieren. Außerdem können gebildete o- Chinone zurück zu o- Diphenole reduziert werden.

Und, sie können durch Reduktion die Weiterreaktion der o- Chinone zu den rotbraun bis schwarz gefärbten Melaninen verzögern oder sogar stoppen. Es ist auch möglich, dass die Farbe der Melanine nicht ganz so stark, sondern schwächer ausfällt. Manche Antioxidantien vermögen auch durch irreversiblen Zusammenschluss mit den o- Chinonen, farblose Verbindungen zu bilden (zum Beispiel Sulfite).

Einige Antioxidantien besitzen sogar die Eigenschaft, die zur Bräunung führenden Enzyme (Polyphenoloxidasen) in ihrer Aktivität einzuschränken oder vollständig zu inaktivieren. Hier kann sich eine Zugabe von zwei Antioxidantien positiv auswirken. Denn eines kann die Bräunung reduzieren und eines kann das Enzym inaktivieren. Als Beispiel könnten Ascorbinsäure und Schwefeldioxid zugesetzt werden.

Bei der Peroxidation durch Schwermetallionen (Kupfer) kann aus Wasserstoffperoxid (= Sauerstoff + Wasserstoff) durch die reduzierende Wirkung der Antioxidantien, Wasser entstehen.

(Baltes 2000, Belitz/ Grosch 1992, Embs/ Markakis 1965, Franzke 1996, Frede 1991, Heiss 2004, Labuza/ Schmidl 1986, Nicolas u. a. 1994, Sayavedra-Soto 1984, Schobinger/ Dürr 1974, Vamos-Vigyazo 1981, Quelle 12, Quelle 13, Quelle 14, Quelle 15)

Aufgrund der Fähigkeit der Antioxidantien Schwermetallionen abzufangen, können sie auch als sogenannte Komplexbildner zugesetzt werden. Komplexbildner sind Stoffe, die Schwermetallionen durch Komplexbindung inaktivieren können und deshalb auch als Metallfänger bezeichnet werden (Baltes 2000, Franzke 1996). Dadurch können Komplexbildner wie Konservierungsstoffe wirken (Brockhaus 2004). Wenn dem Apfelmus zum Beispiel zwei Antioxidantien zugesetzt werden, kann eines als Antioxidationsmittel und eines als Komplexbildner wirken. Dadurch wird die Wirkung des Antioxidationsmittels verstärkt und ein weiterer Vorteil ist zum Beispiel, die Oxidation von Ascorbinsäure kann verhindert werden (Belitz/ Grosch 1992). Denn durch die Oxidation der Ascorbinsäure wird sie verbraucht und kann nicht mehr wirken (Brockhaus 2004).

Ebenso können zugesetzte Antioxidantien als Synergist verwendet werden. Synergisten sind Stoffe, die verbrauchte Antioxidantien regenerieren können (Baltes 2000, Franzke 1996).

Auch hier besteht die Möglichkeit, dem Apfelmus zwei Antioxidantien zuzusetzen, wobei eines wieder als Antioxidationsmittel und eines als Synergist wirken können. Somit kann die Wirkung des Antioxidationsmittels wieder verstärkt werden (Belitz/ Grosch 1992, Franzke 1996).

Die Antioxidantien werden bei einer enzymatischen Bräunung als erstes oxidiert. Bis zur vollständigen Oxidation hält die reduzierende Wirkung der Antioxidantien an. Danach wird der Apfel oxidiert. Antioxidantien werden somit durch das Abfangen von Sauerstoff und/ oder Schwermetallionen vermindert oder zerstört. Schon geringe Mengen an Kupferionen können Antioxidantien zerstören. Durch den Verbrauch oder die Zerstörung von Antioxidantien können sie mit der Zeit unwirksam werden. Das kann dazu führen, dass die enzymatische Bräunung nach dem Verbrauch oder der Zerstörung weiter geht. Was auch bei der Lagerung der Apfelmusgläser stattfinden kann. Aber wenn die Enzyme zur Bräunung irreversibel gehemmt oder inaktiviert werden (Schwefeldioxid), besteht die Möglichkeit einer geringeren oder gar nicht entstehenden enzymatischen Bräunung. Außerdem muss, wie im Kapitel, 2.1 Apfel, speziell Seite 6, schon beschrieben, die Konzentration der Antioxidantien stimmen. Als Beispiel sind einmal unterschiedliche Zugaben von Antioxidantien in Abb. 9 dargestellt. Weiterhin spielt es eine Rolle ob Monophenole oder ortho- Diphenole vorhanden sind. Denn, wenn Monophenole vorhanden sind, ist nur eine geringe Menge an Antioxidantien notwendig (Baltes 2000, Brockhaus 2004, Embs/ Markakis 1965, Franzke 1996, Frede 1991, Matissek/ Steiner 2006, Nicolas u. a. 1994, Schobinger 2001, Vamos-Vigyazo 1981, Quelle 4).



Abb. 9: Oxidierter Apfelmus nach unterschiedlicher Zugabe von Antioxidationsmittel

Zu den in der Lebensmittelindustrie verwendeten Antioxidationsmitteln, zählt unter anderem die Ascorbinsäure.

2.3.1 Ascorbinsäure

Die in Äpfeln enthaltenen, geschmacklich entscheidenden Bestandteile sind die organischen Fruchtsäuren (Schobinger 2001). Dazu zählt auch die Ascorbinsäure (Franzke 1996). L- Ascorbinsäure (oder kurz Ascorbinsäure), die auch Vitamin C genannt wird, ist ein hitzeempfindliches wasserlösliches Vitamin. Dieses Vitamin ist essentiell und muss ständig mit der Nahrung zugeführt werden, da der Mensch es nicht selbst herstellen kann (Baltes 2000). Im Apfel sind im Mittel 12 mg pro 100 g (Schwankungsbreite 3 mg pro 100 g bis 25 mg pro 100 g) an Ascorbinsäure enthalten (Herrmann 2001, Schobinger 2001). Die Schale der Äpfel enthält am meisten Vitamin C und nimmt dann nach innen ab (Schobinger 2001, Quelle 6). Der Gehalt ist aber von der Sorte und der Sonneneinstrahlung abhängig (Nicolas u. a. 1994, Quelle 6). Außerdem spielen auch der Reifegrad und die Lagerzeit eine Rolle (Franzke 1996, Herrmann 2001). Die Angaben in der Literatur über den Gehalt an Ascorbinsäure ist dementsprechend ein Anhaltswert (Franzke 1996). Der Gehalt an Ascorbinsäure kann unter anderem durch die Messung des pH- Wertes während der Reifung als Anhaltspunkt gesehen werden (Quelle 4). Neben den schon genannten Faktoren gibt es weitere, die den Ascorbinsäuregehalt beeinflussen. Zum Beispiel ist sie stabil bei pH- Werten unter 7 und bei Ausschluss von Sauerstoff, Licht, Hitze und Schwermetallionen. Die Anfangskonzentration an Ascorbinsäure ist ebenso entscheidend beim Abbau in Lebensmitteln (Franzke 1996).

Chemisch betrachtet, gehört Vitamin C zur Klasse der Kohlenhydrate, physiologisch zu den Vitaminen und funktional gesehen, zu den Säuren und Reduktionsmitteln (Quelle 16). Wenn Ascorbinsäure zu technologischen Zwecken zugesetzt wird, gilt sie als Zusatzstoff und wird unter der Nummer E 300 gelistet (Abb. 10). Durch den ADI- Wert



Abb. 10: L- Ascorbinsäure (17)

(Acceptable Daily Intake) ist zu erkennen, wie hoch die Aufnahme sein darf, dass bei täglicher lebenslanger Aufnahme eines gesunden Menschen, wahrscheinlich keine Gesundheitsgefahr besteht. Der ADI- Wert von Ascorbinsäure liegt bei 0 mg bis 15 mg pro kg Körpergewicht. Es ist für Lebensmittel ohne Höchstmengenbeschränkung zugelassen und gilt bei üblichem Verzehr als unbedenklich.

Jedoch sollte nur so viel, wie unbedingt notwendig zugesetzt werden (Brockhaus 2004, Franzke 1996, Frede 1991).

Ascorbinsäure wird in der Lebensmittelindustrie als Säuerungsmittel, Antioxidationsmittel, Komplexbildner und/ oder Synergist eingesetzt. Durch ihre Eigenschaften kann sie zum besseren Geschmack beitragen und die enzymatische Bräunung von Apfelmusen verhindern oder reduzieren. Bis zur vollständigen Oxidation der Ascorbinsäure zur Dehydro- L- Ascorbinsäure, hält die reduzierende Wirkung der Ascorbinsäure an (Baltes 2000, Brockhaus 2004, Franzke 1996, Schobinger/ Dürr 1974).

In der Lebensmittelindustrie werden unter anderem L- Ascorbinsäure (E 300) und die Salze, wie Natriumascorbat (E 301) und Calciumascorbat (E 302) als Antioxidans eingesetzt (Franzke 1996). Bei der Apfelmusherstellung ist, neben der Ascorbinsäure, ein weiterer der wesentlichen Zusatzstoffe, die Zitronensäure.

2.3.2 Zitronensäure

Die Zitronensäure ist eine von vielen organischen Fruchtsäuren im Apfel und ist im Mittel mit 29,3 mg pro 100 g (Schwankungsbreite 9 mg pro 100 g bis 30 mg pro 100 g) enthalten. Sie ist also in geringer Menge vorhanden (Herrmann 2001, Frede 1991, Schobinger 2001). Die Zitronensäure ist für den Geschmack und das Aroma verantwortlich (Franzke 1996). Am Baum steigen die Gehalte an Zitronensäure meist erst an, aber während der Reifung nimmt der Gehalt ab. Die Temperatur und dementsprechende Sonneneinstrahlung kann den Gehalt ebenso erniedrigen. Während der Lagerung kann auch eine Abnahme des Gehaltes zu verzeichnen sein (Franzke 1996, Schwedt 1997, Stoll 1997). Aber auch die Apfelsorte ist ausschlaggebend (Stoll 1997). Der Gehalt an Zitronensäure kann unter anderem durch die Messung des pH- Wertes während der Reifung als Anhaltspunkt gesehen werden (Quelle 4).

Da die Zitronensäure bei der Apfelmusherstellung aus technologischen Zwecken zugesetzt wird, gilt sie als Zusatzstoff und wird unter der Nummer E 330 gelistet. Durch den ADI- Wert (Acceptable Daily Intake) ist wieder zu erkennen, wie hoch die Aufnahme sein darf, das keine Gesundheitsgefahr besteht (Franzke 1996).



Abb. 11: Zitronensäure (18)

Die Zitronensäure (Abb. 11) ist für Lebensmittel ohne Höchstmengenbeschränkung zugelassen und hat deshalb keinen ADI-Wert. Jedoch sollte nur so viel, wie unbedingt notwendig zugesetzt werden. Außerdem empfiehlt es sich, Zitronensäure zu deklarieren. Da sie möglicherweise mit Hilfe eines Schimmelpilzes (*Aspergillus niger*) hergestellt wurde, könnten Allergiker empfindlich reagieren (Brockhaus 2004).

Bei der Herstellung von Apfelmus kann die Zitronensäure als Säuerungsmittel, Antioxidationsmittel, Komplexbildner und/ oder Synergist eingesetzt werden (Brockhaus 2004). Da die Zitronensäure diese Einsatzmöglichkeiten aufweist, wird sie bei der Herstellung von Apfelmus zur Geschmacksabrundung und zur Verhinderung oder Reduzierung der enzymatischen Bräunung eingesetzt (Baltes 2000, Brockhaus 2004, Franzke 1996, Matissek/ Steiner 2006).

Neben der Zitronensäure ist ein weiterer der wesentlichen Zusatzstoffe, bei der Apfelmusherstellung, auch die Äpfelsäure.

2.3.3 Äpfelsäure

Die Äpfelsäure ist die vorherrschende organische Säure in Äpfeln. Sie ist im Mittel mit 426 mg pro 100 g (Schwankungsbreite 270 mg pro 100 g bis 790 mg pro 100 g) enthalten (Herrmann 2001, Schobinger 2001). In Früchten und natürlichen Fruchtprodukten kommt die Säure als L- Äpfelsäure vor. Die D- Äpfelsäure entsteht durch das Zusätzen von DL- Äpfelsäure (Schobinger). Sie ist für den Geschmack und das Aroma verantwortlich (Franzke 1996). Am Baum steigen die Gehalte an Äpfelsäure meist erst an, aber während der Reifung nimmt der Gehalt ab. Die Temperatur und dementsprechende Sonneneinstrahlung kann den Gehalt ebenso erniedrigen. Während der Lagerung kann auch eine Abnahme des Gehaltes zu verzeichnen sein (Franzke 1996, Schwedt 1997, Stoll 1997). Aber auch die Apfelsorte ist ausschlaggebend (Stoll 1997). Der Gehalt an Äpfelsäure kann unter anderem durch die Messung des pH- Wertes während der Reifung als Anhaltspunkt gesehen werden (Quelle 4).

Die Äpfelsäure (Abb. 12) wird in der Apfelmusherstellung aus technologischen Zwecken zugesetzt und somit als Zusatzstoff angesehen. Sie wird unter der Nummer E 296 gelistet. Da die Äpfelsäure von dem menschlichen Körper verstoffwechselt werden kann, ist sie ohne Höchstmengenbegrenzung zugelassen und hat deshalb keinen ADI-Wert. Jedoch sollte nur so viel, wie unbedingt notwendig, zugesetzt werden (Brockhaus 2004, Franzke 1996, Quelle 20).



Abb. 12: DL- Äpfelsäure (19)

Bei der Herstellung von Apfelmus kann die Äpfelsäure als Säuerungsmittel, als Hemmer von Enzymen und Unterstützer von Antioxidantien eingesetzt werden (Brockhaus 2004, Quelle 21). Zum Beispiel kann die Äpfelsäure als Komplexbildner eingesetzt werden (Belitz/ Grosch 1992). Deswegen wird sie zur Geschmacksabrundung und zur Verhinderung oder Reduzierung der enzymatischen Bräunung zugesetzt (Brockhaus 2004, Franzke 1996). Meist wird sie als DL- Äpfelsäure dazugegeben (Schobinger 2001).

Neben den natürlich vorkommenden Fruchtsäuren, die als Zusatzstoff zur Apfelmusherstellung eingesetzt werden, gibt es auch die Möglichkeit Natriumsulfit einzusetzen.

2.3.4 Natriumsulfit

Natriumsulfit Na_2SO_3 ist ein schwefelhaltiges Salz (auch Sulfit genannt) des Schwefeldioxids. Es entsteht durch die Einleitung von Schwefeldioxid in Natronlauge. Das Natriumsulfit gibt dann im Lebensmittel langsam Schwefeldioxid ab und wird deshalb auch als Schwefeldioxid SO_2 (oder zum Beispiel in Wasser gelöst als schweflige Säure H_2SO_3) deklariert. Aufgrund der Herstellung von Natriumsulfit mit Natronlauge, ist es eine Lösung mit einem pH- Wert größer als 7 (Sayavedra-Soto 1984, Quelle 22). Es gehört zu den Antioxidations- und Konservierungsmitteln und wird unter der Nummer E 221 gelistet. Durch den ADI- Wert (Acceptable Daily Intake) ist zu erkennen, wie hoch die Aufnahme sein darf, dass bei täglicher lebenslanger Aufnahme eines gesunden Menschen wahrscheinlich keine Gesundheitsgefahr besteht (Franzke 1996).

Bei Schwefeldioxid liegt der ADI- Wert bei 0 mg bis 0,7 mg pro kg Körpergewicht. Da es eine tägliche Höchstmengenbegrenzung gibt und es zu Unverträglichkeiten kommen kann, muss der Zusatz auf dem Etikett vermerkt werden.

Als Antioxidationsmittel wird es zur Farbstabilisation eingesetzt, um die enzymatische Bräunung zu verhindern oder zu hemmen. Wobei schon geringe Konzentrationen wirksam sein können (Franzke 1996, Sayavedra-Soto/ Montgomery 1986). Die Wirksamkeit wird unter anderem durch die Konzentration, der Temperatur und in hohem Maße von dem pH- Wert beeinflusst. Je niedriger der pH- Wert, desto besser die Wirkung (Müller/ Weber 1996). Es eignet sich ein pH- Wert unter 5 am besten (Belitz/ Grosch 1992, Franzke 1996). Eine weitere Eigenschaft von Schwefeldioxid ist die Stabilisierung von Ascorbinsäure (Baltes 2000, Quelle 23).

In der Lebensmittelindustrie wird Natriumsulfit, unter anderem als Pulver (Abb. 13), zum Beispiel Trockenaprikosen, -pfirsichen oder Äpfeln zugesetzt. Laut der Literatur wird den Trockenaprikosen und -pfirsichen 2 g pro kg (0,2 %) und Äpfeln 0,6 g pro kg (0,06 %) zugegeben (Brockhaus 2004). Anhand von Vamos-Vigyazo (1981) war eine Zugabe von Schwefeldioxid nach dem Kochen nicht mehr messbar. Hier wurden Apfelstücken, eine Menge von 30 ppm (ppm = parts per million = mg Wirkstoff pro kg Lebensmittel) Schwefeldioxid dazugegeben. Dadurch kann eine mögliche Zugabe zum Apfelmus nach der Pasteurisation eventuell nicht mehr wahrnehmbar sein. Der Geschmacksschwellenwert einer schwefligen Säure liegt bei ungefähr 50 mg pro Liter (Baltes 2000, Vamos-Vigyazo (1981).



Abb. 13: Natriumsulfit (24)

In der Lebensmittelindustrie kann neben Natriumsulfit (E 221), unter anderem auch Schwefeldioxid (E 220) und Kaliumbisulfit (E 228) eingesetzt werden (Baltes 2000, Heiss 2004, Quelle 6).

Die Verwendung von Antioxidantien kann durch den Einsatz von Stickstoff zusätzlich die enzymatische Bräunung verhindern.

2.4 Stickstoff

Stickstoff N_2 ist ein Gas, das Hauptbestandteil der Luft ist. Seine besonderen Eigenschaften sind die Nichtbrennbarkeit, Farb-, Geschmack- und Geruchlosigkeit (Müller/Weber 1996).

In der Lebensmittelindustrie ist Stickstoff ein Schutzgas (auch Packgas genannt), das bei der Verarbeitung oder Verpackung eingesetzt wird. Als indirekter Oxidationsschutz gilt er als Zusatzstoff und wird unter der Nummer E 941 gelistet. Unter der Verwendung als Schutzgas, stellt es keine Gefahr für die Gesundheit dar und ist ohne Höchst-mengenbeschränkung zugelassen. Es dient zum Fernhalten oder Verdrängen von Sauerstoff. Meist wird der vorhandene Sauerstoff durch Stickstoff ersetzt. Stickstoff hat keine hemmende Wirkung. Der Schutz vor Veränderungen der Lebensmittel beruht auf dem Verdrängen des Sauerstoffes, der für die enzymatische Bräunung und einiger Bakterien notwendig ist. Es kann dadurch indirekt vor oxidative Veränderungen und mikrobiellen Verderb schützen (Brockhaus 2004, Franzke 1996, Frede 1991, Müller/Weber 1996). In den nachfolgenden Abbildungen 14 und 15 ist die entstandene enzymatische Bräunung eines Apfels an der Luft, und in einem Apfelmusglas, durch einen mit Luft gefüllten Hohlraum, zu sehen.

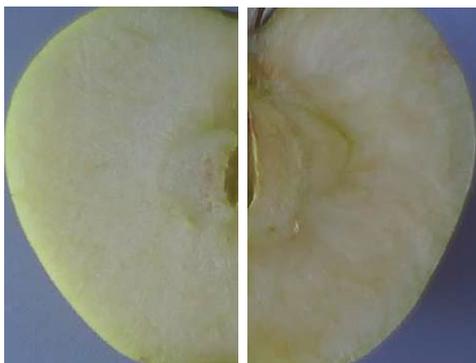


Abb. 14: Golden Delicious frisch aufgeschnitten und nach 1 Stunde (v.l.n.r.)



Abb. 15: Bräunung durch Lufthohlraum im Apfelmusglas

Außerdem ist Ascorbinsäure unter Sauerstoffeinfluss nicht stabil und kann so möglicherweise die enzymatische Bräunung nicht verhindern (Frede 1991). Sobald das Apfelmusglas geöffnet wird, entweicht der Stickstoff und vermischt sich mit dem Sauerstoff der Luft. Dadurch wird der Stickstoff unwirksam (Brockhaus 2004).

3 Material und Methoden

Bei den praktischen Versuchen dienten die vorangegangenen Studienarbeiten über die Herstellung von Apfelmus von Eppens (2011) und Zander (2011) zur Orientierung. In den beiden Arbeiten konnte festgestellt werden, dass kaltgeriebener Apfelmus mit den vorhandenen Geräten im Technikum hergestellt werden kann. Durch Erzeugung und Untersuchung weiterer Varianten sollen genauere Angaben über die Herstellung und ihre optimale Durchführung zusammengestellt werden. Um die Varianten herstellen und messen zu können, wurden die folgenden Geräte und Materialien benötigt:

Herstellung:

- Löffel, Kellen, Kochtöpfe
- Apfelteiler (Abb. 16)
- Teigschaber mit Griff
- Behälter mit Wasser
- Schneidebrett, Küchenmesser
- kleine Papierschälchen für Säuren
- große, mittlere und kleine Schüsseln
- Gläser (375 ml) mit Deckel

- Zucker
- Apfelsorten Elstar, Royal Gala und Golden Delicious
- L(+)-Ascorbinsäure ($C_6H_8O_6$) von der Firma AppliChem GmbH
- Citronensäure ($C_6H_8O_7$) von der Firma AppliChem GmbH
- DL-Äpfelsäure ($C_4H_6O_5$) von der Firma AppliChem GmbH
- Natriumsulfit (Na_2SO_3) von der Firma E. Merck KGaA
- Stickstoff (N_2)

- 3 Waagen mit unterschiedlichen Wägebereichen
- Digitalthermometer CTF 9008 von der Firma Ellab GmbH
- Knollenwasch- und Schälmaschine SWN 8 S von der Firma AlexanderSolia GmbH mit den Schälscheiben CORUND-Schälscheibe, Rundlochschälscheibe und Schälscheibe mit aufgesetzten Messern



Abb. 16: Apfelteiler

- Hochleistungs- Universal- Großküchenmaschine HU 1010 von der Firma Feuma Gastromaschinen GmbH mit den Zylindern Pürierzylinder mit einem Lochdurchmesser von 3 mm und einem Kartoffelreibzylinder

L* a* b*- Farbmessung:

- Farbmessgerät Chroma-Meter der Serie 300 (CR-300) von der Firma Konica Minolta Optics Incorporated
- pH- Meter mit Einstichelektrode (Abb. 17)
- geeignete Glasküvetten
- Labor- Doppelspatel



Abb. 17: Einstichelektrode

Photometrische Farbmessung:

- Photometer UV VIS Spektralphotometer Specord S 100 von der Firma Analytik Jena AG
- Kühlzentrifuge Sigma 3 - 16 PK von der Firma SIGMA Laborzentrifugen GmbH mit dem Rotor 19776
- Ultra Turrax T 25
- Heizplatte, Waage
- Faltenfilter MN 615 ¼ von der Firma MACHERY-NAGEL GmbH & Co. KG mit einem Durchmesser von 18,5 cm
- Plastibrand UV- Einmal- Küvetten makro von der Firma BRAND GmbH & Co. KG mit einem Volumen von 2,5 ml, Abmessungen 12,5 mm x 12,5 mm x 45 mm
- geeignete Zentrifugengläser aus Kunststoff (Abb. 18)
- Messkolben mit Trichter
- Bechergläser
- Labor- Doppelspatel
- Destilliertes Wasser
- Ethanol (99,8 %)



Abb. 18: Zentrifugengläser

Da es für eine fließende Herstellung der Apfelmuse einiges zu beachten gab, wird der Ablauf im Anschluss genau erläutert.

3.1 Herstellung der Apfelmuse

Zur Herstellung der Apfelmuse wurde als erstes überlegt, wie viel Äpfel, Zusatzstoffe und Gläser mit Deckel benötigt werden könnten. Daraufhin wurden kleine Mengen an Äpfel und größere Mengen an Zusatzstoffe und Gläser mit Deckel bestellt. Denn erst anhand der Ergebnisse der Vorversuche, konnten die genauen Berechnungen für die Hauptversuche vorgenommen werden. Für einen reibungslosen Ablauf, und um alle vorhandenen Materialien für die Herstellung von sehr vielen Apfelmusvarianten nutzen zu können, empfiehlt es sich, allein im Technikum zu arbeiten. Zum besseren Verstehen und Reproduzieren wird der Ablauf, beispielsweise von zwei Tagen, zur Herstellung näher erläutert.

Der erste Tag im Technikum diente zur Vorbereitung. An diesem Tag wurden die bestellten Äpfel und Zusatzstoffe geliefert. Es wurden die verwendeten Geräte zusammengebaut und die Gläser, sowie Deckel gespült. Ein Teigschaber mit Griff wurde zur Hochleistungs- Universal- Großküchenmaschine dazu gelegt. Außerdem wurden die wahrscheinlich benötigten Schüsseln mit Löffel und ein Schneidebrett mit Küchenmesser und Apfelteiler auf einem Tisch bereit gestellt.



Abb. 19: Ausblas-
pistole (25)

Um bei einigen Varianten Stickstoff mit einzubringen, sollte der Schlauch mit Ausblaspistole (vergleichbares Modell Abb. 19) auf einem Tisch (in der Nähe des Anschlusses) ebenso bereit gelegt werden. Für die spätere Pasteurisation wurden Kochtöpfe mit Deckel, Kellen und Behälter mit Wasser zusammen gestellt. Weiterhin wurde das Digitalthermometer zusammengebaut und auf einen Tisch in der Nähe des Kochtopfes zur Temperaturüberwachung während der Pasteurisation gestellt. Für einen schnelleren Ablauf am Tag der Herstellung, wurden die Libellen in den Waagen ausgerichtet. Ebenso musste eine Menge an Apfelmus pro Variante festgelegt und die entsprechenden Zugaben an Zucker und Zusatzstoffen berechnet werden. Die Papierschälchen für die Zusatzstoffe wurden nun gefaltet, beschriftet und vor den kleinen Schüsseln für Zucker gestellt. Die sauberen Gläser mit Deckel wurden ebenso beschriftet und dazu gestellt. Außerdem musste getestet werden, wie viele Gläser in einem Durchgang im Kochtopf pasteurisiert werden können.

Um mögliche Stolperfallen zu vermeiden, sollten die Geräte so angeordnet werden, dass Stromkabel und Wasserleitungen kurz gehalten werden. Zu beachten wäre außerdem die Tische so zu stellen, dass sie nicht den Ablauf der Herstellung behindern können. Die Geräte und Materialien wurden bis zum Herstellungstag bei Raumtemperatur (20 °C) stehen gelassen.

Am Tag der Herstellung wurden die Äpfel (große Schüssel), der Zucker und die Zusatzstoffe für die Varianten eingewogen. Danach wurden die Äpfel geschält und ein weiteres Mal gewogen. Im Anschluss wurden die restlichen Schalenstücke mit dem Küchenmesser entfernt. Gleichzeitig wurden die Äpfel mit dem Apfelterer gestückelt und das Kerngehäuse entfernt.



Abb. 20: Großküchenmaschine (26)

Nach dem Abwiegen der entkernten und gestückelten Apfelstücke wurden sie in den Trichteraufsatz (in Abb. 20 oben) der Hochleistungs- Universal- Großküchenmaschine gegeben. Bei Bedarf wurden die Apfelstücke mit dem Teigschaber hinunter gedrückt. Der Apfelmus konnte gewonnen und eine vorher überlegte Menge in mittlere Schüsseln gewogen werden. Die am Anfang des Tages gewogenen Zugaben von Zucker und Zusatzstoffe wurden hinzugegeben und mit einem Löffel verrührt. Mit dem Löffel wurde der Apfelmus in die Gläser gegeben und mit Deckel verschlossen. Beim Stickstoffeintrag wurde die Schüssel mit Apfelmus und die Gläser mit Deckel auf den Tisch in der Nähe des Anschlusses gestellt. Dann wurde mit einer Hand der Apfelmus mit einem Löffel und mit der anderen Hand der Stickstoff mit der Ausblaspistole in das Glas gefüllt. Die Gläser wurden ebenso mit Deckel verschlossen und konnten in einem Kochtopf pasteurisiert werden. Wenn die Gläser nicht sofort im Anschluss pasteurisiert werden sollten, wurden sie dennoch verschlossen bei Raumtemperatur (20 °C) stehen gelassen und nach einer gewissen Zeit pasteurisiert. Die Pasteurisationstemperatur wurde einige Minuten gehalten und dann das Apfelmusglas vorsichtig herunter gekühlt. Dafür wurde mit einer Kelle das heiße Wasser entnommen und langsam kaltes Wasser dazu gegeben. Die fertigen Apfelmusvarianten wurden bei Raumtemperatur bis zur Farbmessung gelagert.

Es ist zu beachten, bei fehlender Routine können nur wenige Varianten hergestellt werden. Wie viele Gläser in einem Durchgang pasteurisiert werden können, ist ebenso entscheidend. Außerdem sollte zwischen Schälen und Pürieren der Äpfel möglichst sehr wenig Zeit vergehen. Es ist zu empfehlen, sehr früh anzufangen, um dann mindestens 3 Stunden (besser 4 Stunden) vor Dienstschluss der verantwortlichen Labormitarbeiter, alle Varianten hergestellt zu haben. Die 3 Stunden oder 4 Stunden sind unbedingt notwendig, um die Varianten zu pasteurisieren und zeitgleich das Technikum und die Geräte zu reinigen.

Um im Anschluss die eventuell entstandene enzymatische Bräunung der Apfelmuse zu bestimmen, wurden die Farben der Varianten gemessen.

3.2 Messung der Farbe



Abb. 21: Oxidationsprozess

Die Messung der Farbe soll Auskunft darüber geben, wie stark die enzymatische Bräunung der Apfelmuse ist. Die Farbe ist ein wichtiges Beurteilungskriterium, welches in direktem Zusammenhang mit der Qualität des Apfelmuses steht. Die enzymatische Bräunung ist ein Merkmal für den Oxidationsprozess (Abb. 21) und beeinflusst das Aroma, den Geschmack und die ernährungsphysiologischen Werte des Apfelmuses (Franzke 1996). Weiterhin ist die Farbe ein Bewertungs- und Kaufkriterium für den Verbraucher. Die Farbe von Apfelmus sollte am besten der Farbe eines frischen Apfels entsprechen.

Die Farbe ist eine Sinneswahrnehmung. Sie entsteht, indem auf die Netzhaut des Auges ein Lichtstrahl trifft und dann an das Gehirn als Farbreiz weitergeleitet wird. Das menschliche Auge kann den Wellenlängenbereich zwischen 380 nm (Nanometer) und 780 nm als Farbe wahrnehmen. Wobei Rot bei 700 nm, Orange/ Gelb bei 600 nm, Grün bei 550 nm und Blau bei 420 nm liegen. Bei weißem Tageslicht ist es so, dass sich das Licht aus allen Wellenlängen zusammensetzt. Die Farbe entsteht dadurch, dass aus dem Spektrum des Lichtes ein bestimmter Wellenlängenbereich absorbiert wird. Das nicht absorbierte Licht wird zurückgestrahlt und bewirkt den entsprechenden Farbreiz im Auge. Da zum Beispiel der gelbe Anteil des sichtbaren Lichtes absorbiert wird, erscheint eine blaue Flüssigkeit wirklich als blau (Steil u. a. 2002).

Der Farbeindruck eines Auges ist subjektiv und von vielen Faktoren abhängig. Diese Faktoren können die Art der Lichtquelle, die Objektgröße, der Objekthintergrund und die Betrachtungsbedingungen sein. Deshalb werden Farben mit einem Farbmessgerät ermittelt. Dadurch wird die Farbe eines Objektes in Zahlenwerten ausgedrückt und es können kleinste Farbdifferenzen unterschieden werden. Hier gibt es verschiedene Messgeräte, die in unterschiedlichen Farbsystemen messen. Diese Systeme sind international genormt und liefern numerische Ergebnisse, die zur Verständigung und Differenzierung sehr hilfreich sind (Minolta 1996).

Die Messung der Farbe soll mit 2 unterschiedlichen Geräten erfolgen, um zu untersuchen, welches der beiden Geräte besser eignet ist. Hierfür wurde die Farbe mittels der $L^* a^* b^*$ -Farbmetrik und mit einem Photometer gemessen.

3.2.1 $L^* a^* b^*$ -Farbmetrik

Um die Farbe zu messen und wiederzugeben sind 3 Merkmale notwendig. Hierbei handelt es sich um die Helligkeit, den Farbton und die Sättigung. Die Helligkeit ist vom Reflexionsgrad abhängig und ist ein relatives Maß für die Menge des Lichtes. Zu den Farbtönen zählen zum Beispiel Rot, Gelb, Grün und Blau. Die Sättigung (oder Farbkraft) ist ein Maß dafür, ob die Farbe leuchtend oder stumpf ist (siehe dazu Abb. 22). Sie ist unabhängig von der Helligkeit und dem Farbton (Minolta 1996, Steil u. a. 2002).

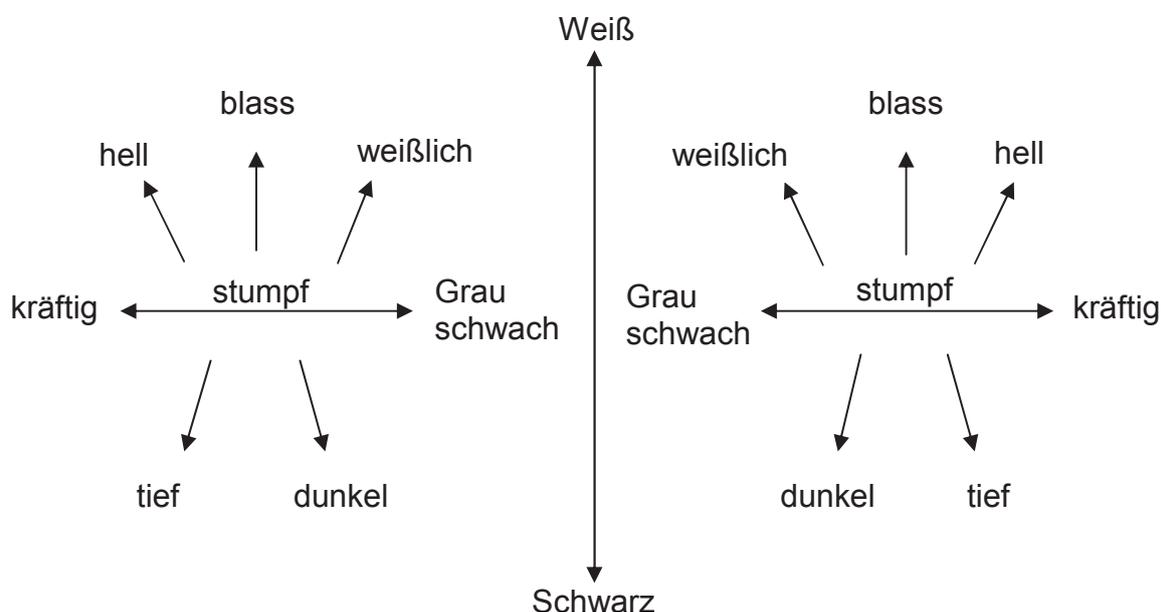


Abb. 22: Darstellung der Sättigung (Minolta 1996)

Neben andere Systeme gibt es das $L^* a^* b^*$ - Farbsystem. L^* gibt die Helligkeit (oder Luminanz) und die Koordinaten a^* und b^* den Farbton und die Sättigung an. Je größer der L^* - Wert, desto heller ist die Farbe und umgekehrt. Durch die Vorzeichen der Farbkordinaten ist die Farbrichtung zu erkennen: $+ a^*$ steht für Rot, $- a^*$ für Grün, $+ b^*$ für Gelb und $- b^*$ für Blau. Am Nullpunkt von a^* und b^* befindet sich ein neutrales Grau, ohne Buntheit. Mit zunehmendem Wert von a^* und b^* wird die Buntheit und somit die Sättigung größer (Minolta 1996). In der folgenden Abbildung 23 ist dies anschaulich dargestellt.

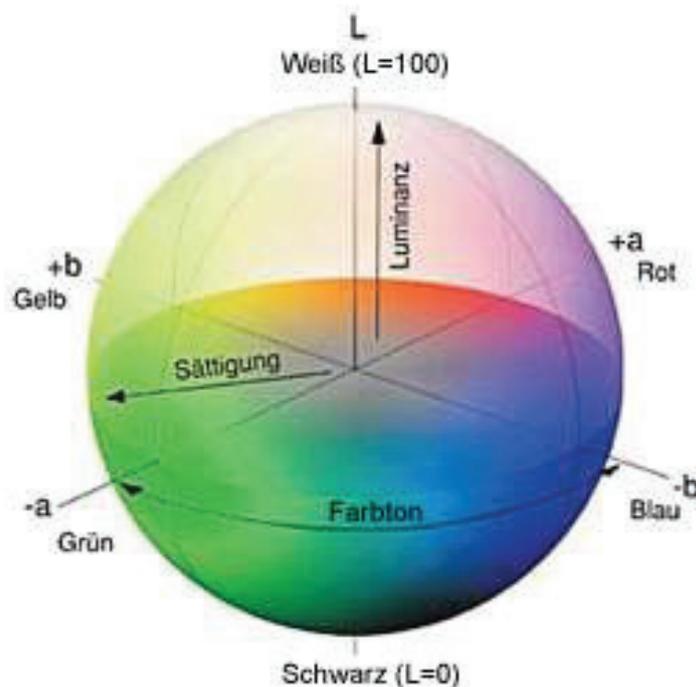


Abb. 23: Darstellung des $L^* a^* b^*$ - Farbsystems (Quelle 27)

Zur Bestimmung der Farbe wurde das Farbmessgerät Chroma-Meter der Serie 300 (CR-300) von der Firma Konica Minolta Optics Inc. verwendet. Zur Farbanalyse dient hier das senkrecht reflektierte Licht von der Probenoberfläche. Bei diesem Gerät wird durch ein Zweistrahl- Verfahren die Reproduzierbarkeit erhöht. Von den 6 Silizium- Fotodioden kontrollieren 3 die Leistung und spektrale Zusammensetzung des Lichtes der Xenon- Blitzlampe. Die anderen 3 messen das reflektierte Licht von der Probenoberfläche. Das empfangene Licht von den Fotodioden wird in ein Strom- Signal umgewandelt, deren Stärke sich proportional zur Helligkeit verhält. Dieses Strom- Signal wird in ein analoges Spannungssignal umgewandelt. Im Anschluss wird das Signal mit Hilfe eines A/ D Wandlers in digitale Datensignale umgesetzt. Zur Kalkulation der Normfarbwerte X, Y und Z werden die Datensignale dem eingebauten Mikrocomputer zugeführt.

Aus den Normfarbwerten werden dann die Maßzahlen des eingestellten Farbsystems berechnet. In diesem Fall wurden die Maßzahlen im $L^* a^* b^*$ - Farbsystem angegeben (Minolta 1996).

Vor der Messung muss eine Kalibrierung mit Reinweiß durchgeführt werden. Um die Farbe von einem frischen Apfel zu messen, wurde der Apfel in der Mitte aufgeschnitten und das Fruchtfleisch gemessen (siehe dazu Abb. 24). Anschließend wurde eine kleine Menge der Apfelmusvariante in eine für das Gerät geeignete Glasküvette gefüllt. Dabei ist zu beachten, dass keine Luftbläschen in der Küvette entstehen. Das Einfüllen und Verdichten des Apfelmuses erfolgte mittels Labor- Doppelspatel. Aufgrund der Form der Glasküvette, vorzugsweise mit den abgerundeten Ecken, da die Küvette sonst beschädigt wird. Die ermittelten Werte zeigte das Gerät nach dem Prinzip des $L^* a^* b^*$ - Farbsystems an. Um einen Mittelwert und die Standardabweichung zu berechnen, wurden mehrere Messungen durchgeführt.

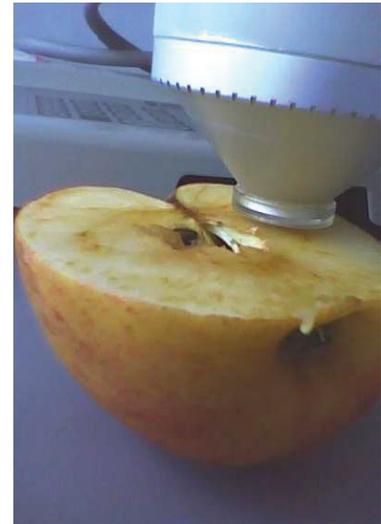


Abb. 24: Messung des Fruchtfleisches

3.2.2 Photometrie

Photometrie ist die Messung des ultravioletten und sichtbaren Lichtes und dient zur Konzentrationsbestimmung. Reine Flüssigkeiten besitzen eine andere Lichtintensität als Flüssigkeiten in denen Stoffe gelöst sind. Das Licht das durch die Probe strahlt, hat vor der Probe eine andere Intensität, als das Licht nach der Probe. Licht ist ein kleiner Teil eines elektromagnetischen Spektrums. Beim Durchstrahlen einer Probe wird das Licht abgeschwächt, was Absorption elektromagnetischer Strahlung genannt wird. Die elektromagnetische Strahlung, also das Licht, regt die in der Probe enthaltenen Elektronen an. Diese Anregung hängt von der Farbe und Konzentration der Probe ab. Nach einer gewissen Zeit gehen die Elektronen wieder in ihren Grundzustand zurück. Eine Veränderung des Lichtes wird gemessen und vom Photometer interpoliert. Die Interpolation beruht auf das Lambert- Beer'sches Gesetz (Abb. 25), das sich wie folgt zusammensetzt (Steinhäuser CL II- Vorlesung, Matissek/ Steiner 2006, Quelle 28, Quelle 29, Quelle 30).

$$E_{\lambda} = -\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = c \cdot \epsilon_{\lambda} \cdot l$$

E: Extinktion
 I_1 : Intensität des transmittierten Lichtes
 I_0 : Intensität des einfallenden (eingestrahlt) Lichtes
c: Konzentration der absorbierenden Substanz in der Flüssigkeit (typische Einheiten: mol·dm⁻³ oder mol·l⁻¹)
 ϵ : dekadischer Extinktionskoeffizient (oft auch als spektraler Absorptionskoeffizient bezeichnet) bei der Wellenlänge λ . Dieser ist eine für die absorbierende Substanz spezifische Größe und kann unter anderem vom pH-Wert oder vom Lösungsmittel abhängen. Bei einer Konzentrationsangabe in Mol wird ϵ_{λ} als dekadischer molarer Extinktionskoeffizient angegeben, beispielsweise in der Einheit mol⁻¹·dm²
l: Schichtdicke des durchstrahlten Körpers, z.B. die Dicke der verwendeten Küvette

Abb. 25: Lambert- Beer'sches Gesetz (Quelle 31)

Nach der Interpolation zeigt das Photometer die Extinktion E an (Quelle 32). Die Lichtintensitäten zweier Flüssigkeiten können somit gemessen und im Anschluss miteinander verglichen werden, um einen Unterschied deutlich zu machen.

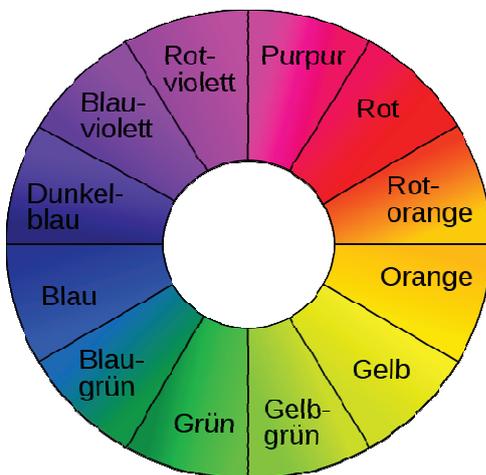


Abb. 26: Farbkreis (Quelle 33)

Bei Extinktionsmessungen wird die Wellenlänge gemessen, die am stärksten absorbiert wird und gleichzeitig die größten Extinktionswerte angibt. Die Messung der Absorption ist also die Extinktion. Es wird die Komplementärfarbe, zur Farbe der zu messenden Flüssigkeit gewählt. Wenn zum Beispiel eine gelbe Flüssigkeit gemessen werden soll, ist die Wellenlänge der Komplementärfarbe Blauviolett (420 nm) einzustellen (Abb. 26) (Steil u. a. 2002).

Da sich photometrische Messungen gut zum deutlich machen von Farbveränderungen von klaren Säften oder Konzentraten eignen, wurde diese Messung ebenfalls durchgeführt. Jedoch spiegeln die Extinktionswerte nicht genau den Farbeindruck des menschlichen Auges wieder (Steil u. a. 2002).

Es gibt Einstrahl- und Zweistrahlfotometer. Bei dem verwendeten Gerät handelte es sich um ein UV VIS Spektralfotometer Specord S 100 (UV = Ultraviolett, VIS = Visuell). Das ist ein Einstrahlphotometer, bei dem erst eine Nullprobe gemessen werden muss. In diesem Fall wurde Luft als Nullprobe gemessen. Im Anschluss können die Proben gemessen werden. Das Gerät war mit einem PC verbunden, der dann die Extinktionen E anzeigte (Matissek/ Steiner 2006).

Als letztes soll eine sensorische Beurteilung Auskunft darüber geben, welche selbst hergestellte Variante oder welches Produkt aus dem Handel bevorzugt wird.

3.3 Sensorische Beurteilung



Abb. 27: Sensorische Beurteilung (Quelle 34)

Die Sensorik dient zur objektiven und zuverlässigen Beurteilung von Sinneseindrücken (Abb. 27). Sie wird zur Qualitätsbeurteilung und -prüfung eines Produktes herangezogen. Zum Beispiel kann der Einfluss von verschiedenen Herstellungsverfahren auf die Qualität gemessen und die Beliebtheit beim Verbraucher bestimmt werden. Je nachdem, was mit der Sensorik geprüft werden soll, eignen sich geschulte und/ oder ungeschulte Prüfer. Aus den vielen verschiedenen Prüfverfahren, muss das je nach Fall Geeignete ausgewählt werden (Fliedner/ Wilhelmi 1993).

Wie schon beschrieben, können beim kaltgeriebenem Apfelmus die Enzyme noch aktiv sein und eine enzymatische Bräunung verursachen. Diese enzymatische Bräunung verändert nicht nur die Farbe, sondern auch den Geschmack und das Aroma von Apfelmus (Franzke 1996). Deswegen spielt neben der Farbe auch die sensorische Beurteilung eine weitere wichtige Rolle bei dem Kauf von Apfelmus.

Nur ein Mus, das auch nach frischem Apfel schmeckt, führt zu einem erneuten Kauf und ermöglicht dem Herstellungsbetrieb höhere Absatzzahlen.

Nachdem einige Apfelmuse nach verschiedenen Varianten hergestellt wurden, konnte eine sensorische Beurteilung durchgeführt werden. Dafür wurde nach dem Prüfverfahren, Bewertende Prüfung mit Skale (DIN 10 952) bewertet. Bei diesem Verfahren kann unter anderem der Einfluss unterschiedlicher Erzeugung oder Behandlung deutlich gemacht werden. Hierbei können die sensorischen Qualitätskriterien, wie zum Beispiel Farbe, Geruch, Geschmack und Textur, nach Intensität beurteilt werden (DIN 10 952, Teil 1 1978, Teil 2 1983). In diesem Fall wurde zusätzlich nach der Beliebtheit gefragt, die Auskunft darüber geben soll, ob dieses Apfelmus erneut gekauft wird. Die Varianten wurden nach 9 Punkten bewertet. Bei zunehmender Qualität steigen die Zahlenwerte und durch die Dreiteilung der Skale, kann die Qualität abgelesen werden (siehe dazu Tabelle 2) (Fliedner/ Wilhelmi 1993).

Tab. 2: Darstellung des Skalenbereichs und deren Qualität (Fliedner/ Wilhelmi 1993)

Skalenbereich k = 9	Qualitäts- anforderungen	Merkmals- eigenschaften	Qualitäts- bereiche
9 8 7	erfüllt	erwünscht	hohe Qualität
6 5 4	bedingt erfüllt	tolerierbar	mittlere Qualität
3 2 1	nicht erfüllt	unerwünscht	unzureichende Qualität

Um nach dem Verfahren Bewertende Prüfung mit Skale zu bewerten, müssen vorherige Treffen mit den Prüfern stattfinden. Die vorherige Verkostung ist notwendig, um die Merkmale zur Beurteilung, mit den Prüfern festzulegen. Aufgrund der Ausarbeitung dieser Merkmale entstand ein spezifisches Bewertungsschema, da es produktbezogen ist und produktspezifische Beschreibungen enthält (Fliedner/ Wilhelmi 1993).

Die sensorische Beurteilung der Apfelmuse fand in einem Sensoriklabor statt, das nach DIN 10 962 eingerichtet ist (Eppens 2011).

An der Beurteilung nahmen 9 Prüfer teil, wovon 6 Prüfer geschult und 3 Prüfer nicht geschult waren. Die Schulung der Prüfer fand durch vorherige Treffen statt. Hierbei wurden verschiedene Apfelmuse aus dem Handel verkostet und die Merkmale zur Beurteilung festgelegt. Die erarbeiteten Merkmale wurden dann im Anschluss zur Bewertung der Varianten und einiger Produkte aus dem Handel verwendet. Das Bewertungsschema ist im Anhang auf Seite 101 nachzulesen. Für die endgültige Verkostung der 11 Varianten aus den Hauptversuchen und der 3 Produkte aus dem Handel, wurden die folgenden Materialien benötigt.

Zur Verkostung wurden benötigt:

- 9 Prüfkabinen
- 126 Probenbecher
- 9 Wasserbecher
- 9 Servietten
- 9 Knäckebrotscheiben
- 36 Prüfbögen (pro Person
1 x Bewertungsschema,
3 x Prüfformular)
- 9 Tablettts
- 9 Löffel
- 3 Liter Wasser
- 1 Apfelmusglas pro Variante (11)
- 1 Apfelmusglas pro Produkt (3)
- 9 Stifte

Bei der sensorischen Beurteilung der Apfelmuse wurden die folgenden 5 Merkmale benotet.

- Farbe
- Geruch
- Geschmack
- Textur
- Beliebtheit

Der Geruch wurde aber in den späteren Diagrammen nicht mit dargestellt. Bei der Herstellung wurde der Geruch nicht beachtet und brachte bei der Beurteilung keine aussagekräftigen Ergebnisse. Jedoch wurde er zur Vollständigkeit bei der Durchschnittsnote mit eingerechnet. Als erstes wurde der Mittelwert aus den Benotungen der Prüfer berechnet, um dann die Durchschnittsnote zu errechnen.

4 Vorversuche

Die Vorversuche dienten dazu, die Geräte und ihre Besonderheiten bei der Herstellung von Apfelmus kennenzulernen. Außerdem sollte die optimale Vorgehensweise der Apfelmusherstellung ermittelt werden. Weiterhin kann dadurch errechnet werden, wie viel Kilogramm Äpfel benötigt werden, um eine vorgegebene Menge an Mus zu erhalten. Es kamen die Apfelsorten Elstar und Golden Delicious zum Einsatz. Durch die Zugabe von Ascorbinsäure und/ oder Zitronensäure sollte sichtbar gemacht werden, ob eine enzymatische Bräunung verhindert werden kann.

4.1 Vorgehensweise

Die Äpfel wurden per Hand und mit der Knollenwasch- und Schälmaschine geschält. Dabei kamen die unterschiedlichen Schälscheiben CORUND-Schälscheibe, Rundlochschälscheibe und Schälscheibe mit aufgesetzten Messern zum Einsatz (Abb. 28).

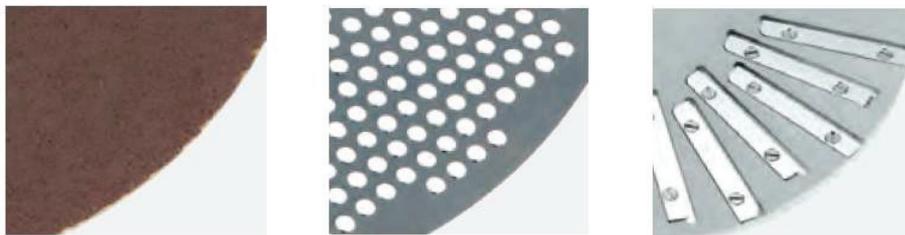


Abb. 28: CORUND-, Rundloch-, Schälscheibe mit aufgesetzten Messern (v. l. n. r.) (Quelle 35)

Im Anschluss wurde das Kerngehäuse per Hand und mit einem Apfelteiler entfernt. Die Apfelstücke wurden dann mit der Hochleistung- Universal- Großküchenmaschine zu Mus verarbeitet. Dafür kamen ein Passier- und Pürrierzylinder und ein Kartoffelreibzylinder zum Einsatz (siehe dazu Abb. 29 von links nach rechts).



Abb. 29: Passier- und Pürrierzylinder, Kartoffelreibzylinder (v. l. n. r.)

Zum Schluss wurde ermittelt, wie viel Mus für eine gewisse Menge an Gläser, oder umgekehrt, benötigt wird.

Um zu sehen, wie sich eine Zugabe von Ascorbinsäure und/ oder Zitronensäure auswirkt, wurden den Probe- Varianten unterschiedliche Mengen zugegeben. Der weitere Rezepturbestandteil Zucker wurde bei allen mit 10 % dazugegeben.

Die entstandene Farbe wurde mittels der L* a* b*- Farbmeterik gemessen. Außerdem wurden einige Aufbereitungen der Probe- Varianten ausgetestet und die Farben mit einem Photometer gemessen.

4.2 Ergebnisse

Die ermittelten Zahlenwerte und Bemerkungen/ Beobachtungen der Untersuchungen werden nachfolgend (Tab. 3 bis Tab. 6) aufgelistet und zum Teil erläutert.

Tab. 3: Auflistung der Ergebnisse nach unterschiedlichem Schälen von Elstar

	per Hand geschält und entkernt	CORUND - Schäl-scheibe	Rundloch-schäl-scheibe	Schälscheibe mit aufgesetzten Messern			
Einwaage in g	4154,0	1154,8	874,3	6200,0	1200,0	6620,0	6740,0
Auswaage in g	2928,8	1085,4	613,8	4160,0	780,0	4680,0	4520,0
Abfall in g	1225,2	69,4	260,5	2040,0	420,0	1940,0	2220,0
Abfall in %	29,5	6,0	29,8	32,9	35,0	29,3	32,9
Ausbeute in %	70,5	94,0	70,2	67,1	65,0	70,7	67,1
Zeit in Sek.	nicht messbar	12	30	60			
Bemerkungen	sehr lange gedauert braun geworden	kaum geschält raue Oberfläche Teile des Apfels weggerissen	kaum geschält raue Oberfläche Teile des Apfels weggerissen	schnell geschält bei wenigen Äpfeln Schale komplett ab dennoch gute Ergebnisse			

Tab. 4: Auflistung der Ergebnisse nach unterschiedlichem Entfernen des Kerngehäuses von Elstar

	per Hand entfernt			Apfelteiler		
Einwaage in g	4160,0	780,0	geschälte Äpfel	4680,0	4520,0	geschälte Äpfel
Auswaage in g	3600,0	680,0	gestückelte und entkernte Apfelstücke	3440,0	3260,0	gestückelte und entkernte Apfelstücke
Abfall in g	560,0	100,0	Kerngehäuse	1240,0	1260,0	Kerngehäuse
Abfall in %	13,5	12,8		26,5	27,9	
Ausbeute in %	86,5	87,2	Apfelstücke	73,5	72,1	Apfelstücke
Zeit / Bemerkungen	nicht messbar, mengenabhängig, zeitintensiv, braun geworden			nicht messbar, mengenabhängig, zeitsparend, wenig braun geworden		

Tab. 5: Auflistung der Ergebnisse unterschiedlicher Zylinder mit Elstar

	Passier- und Pürierzylinder			Kartoffelreibzylinder	
Einwaage in g	3600,0	2928,8	Apfelstücke	6700,0	Apfelstücke
Auswaage in g	2220,0	1305,9	Apfelmus	5840,0	Apfelmus
Abfall in g	1380,0	1340,0	in der Maschine geblieben	860,0	in der Maschine geblieben
Abfall in %	38,3	55,4		12,8	
Ausbeute in %	61,7	44,6	Apfelmus	87,2	Apfelmus
Zeit	mengenabhängig, zeitintensiv			mengenabhängig, zeitsparend	

Der Vorteil des Passier- und Pürierzylinders ist die feine Zerkleinerung des Apfelmuses. Aber es wurde beobachtet, dass es lange dauerte, bis das Mus heraus kam. Die Geschwindigkeitsstufe 1 bei der Hochleistung- Universal- Großküchenmaschine brachte kaum Mus hervor. Dagegen konnte bei der Geschwindigkeitsstufe 2 Mus gewonnen werden, das jedoch schon ein wenig braun war. Die letzten Apfelstücke waren so leicht, dass sie durch die hohe Geschwindigkeit immer wieder hoch geschleudert und dementsprechend nicht püriert wurden. Das kann aus Sicherheitsgründen nicht geändert werden, da es zu gefährlich wäre, in die laufende Maschine hinein zugreifen.

Es kann mit diesem Zylinder fein zerkleinerter Apfelmus hergestellt werden, aber dann wäre die Ausbeute gering oder müsste mit einkalkuliert werden.

Beim Einsatz des Kartoffelreibzylinders konnte der Apfelmus schneller gewonnen werden. Hier reichte die Geschwindigkeitsstufe 1 aus und es wurden nur wenige Apfelstücke nach oben geschleudert. Die Apfelstücke konnten mit einem Teigschaber herunter gedrückt werden. Außerdem war das Mus heller als mit dem vorher genannten Zylinder. Eine gewisse Menge verbleibt aber auch hier in der Maschine. Bei dem Kartoffelreibzylinder ist besonders der Ein-/ Ausbau und die Reinigung mit Vorsicht durchzuführen, da aufgrund der Zacken eine Verletzungsgefahr besteht.

Neben den Vorversuchen mit der Apfelsorte Elstar wurde ebenso untersucht, wie sich einige Messwerte auf die Sorte Golden Delicious mit Verwendung der Schale auswirken. Der Einsatz von einem Apfelterer und dem Kartoffelreibzylinder erwies sich bei der Sorte Elstar als am schnellsten und einfachsten. Deswegen werden damit Vorversuche durchgeführt.

Tab. 6: Auflistung der Ergebnisse mit Golden Delicious

	Apfelterer		Kartoffelreibzylinder	
Einwaage in g	2980,0	Äpfel	2640,0	Apfelstücke
Auswaage in g	2640,0	Apfelstücke	2280,0	Apfelmus
Abfall in g	340,0	Kerngehäuse	360,0	in der Maschine geblieben
Abfall in %	11,4		13,6	
Ausbeute in %	88,6	Apfelstücke	86,4	Apfelmus
Zeit	mengenabhängig, kraftaufwendig aufgrund der Schale und Härte des Apfels		mengenabhängig, zeitsparend	

Da die Apfelsorte Golden Delicious mit Schale zu Mus verarbeitet wurde, dauerte es länger bis das Mus gewonnen werden konnte.

Die harte Schale verzögerte die Herstellung und teilweise wurden die Löcher im Zylinder durch die Schale verschlossen. Eine Akzeptanz der Schalenstücke, die mit in das Mus gelangten, müsste durch eine sensorische Beurteilung geklärt werden. Hier ist die Geschwindigkeitsstufe 2 zu empfehlen.

Zum besseren Vergleich, werden der Einsatz von Äpfeln und die Ausgabe an Apfelmus in der folgenden Tabelle (Tab. 7) aufgelistet. Die Werte entstanden durch Verwendung der Schälscheibe mit aufgesetzten Messern (nur bei Elstar), des Apfelveilers und des Kartoffelreibzylinders.

Tab. 7: Ausbeute von Elstar und Golden Delicious

Apfelsorte	Elstar	Golden Delicious
Äpfel in kg	13,36	2,98
Apfelmus in kg	5,84	2,28
Abfall in %	56,29	23,49
Ausbeute in %	43,71	76,51

Das in der Maschine verbleibende Mus könnte durch Herauskratzen verringert werden, aber das Mus ist ziemlich braun. Es könnte versucht werden das Mus durch entsprechende Säurezugabe heller zu machen. Das kann aber eventuell den Geschmack negativ beeinflussen. Es könnte außerdem sein, dass eine hohe Säurezugabe wirtschaftlich nicht rentabel ist.

Aufgrund der vorherigen Überlegungen, wie viele Gläser für die späteren Untersuchungen benötigt werden, wurden hier ebenso Messwerte ermittelt. Da es bei den Werten Unterschiede gab, können die Werte hier nur in etwa (ca. = circa) angegeben werden. Zum Beispiel wurden bei den Gläsern + Deckel mit Apfelmus Werte von 539,7 g bis 558,7 g gemessen. Die Einwaage von Mus sollte aufgrund der eventuellen Säurezugabe eingehalten werden. Es könnte aber sein, dass von 2100 g Mus, nach Abfüllen in Gläser einige g übrig bleiben.

Tab. 8: Berechnung der Gläser

Einwaage Glas + Deckel in g	ca. 200
Auswaage Glas + Deckel mit Mus in g	ca. 560
Einwaage Mus für 3 Gläser in g	ca. 1040
Einwaage Mus für 6 Gläser in g	ca. 2100

Nachdem der Abfall und die Ausbeute von Äpfeln, sowie der Bedarf an Gläser ermittelt werden konnte, wurden einige Probe- Varianten mit Ascorbinsäure und Zitronensäure hergestellt. Hier dienten die vorangegangenen Studienarbeiten von Eppens (2011) und Zander (2011) zur Orientierung. In diesen Studienarbeiten wurden unter anderem Varianten mit 0,5 % Ascorbinsäure hergestellt. Die Zuckerzugabe entsprach 10 % pro Variante. Zum Einwiegen der Säuren erwiesen sich kleine Papierschälchen am besten (Abb. 30). Nachfolgend die Auflistung der Probe- Varianten.

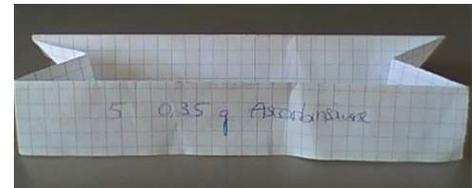


Abb. 30: Papierschälchen

Tab. 9: Probe- Varianten mit Elstar und Golden Delicious

Probe- Variante	Ascorbinsäure in %	Zitronensäure in %
E (23.11.)	-	-
E (23.11.) 0,5 % Ascorbinsäure	0,50	-
E (23.11.) 0,5 % Zitronensäure	-	0,50
E (12.12.)	-	-
E (12.12.) 0,4 % Ascorbinsäure	0,40	-
E (12.12.) 0,25 % Ascorbinsäure 0,25 % Zitronensäure	0,25	0,25
GD (14.12.)	-	-

Die gemessenen L* a* b*- Werte und pH- Werte sind nachfolgend dargestellt.

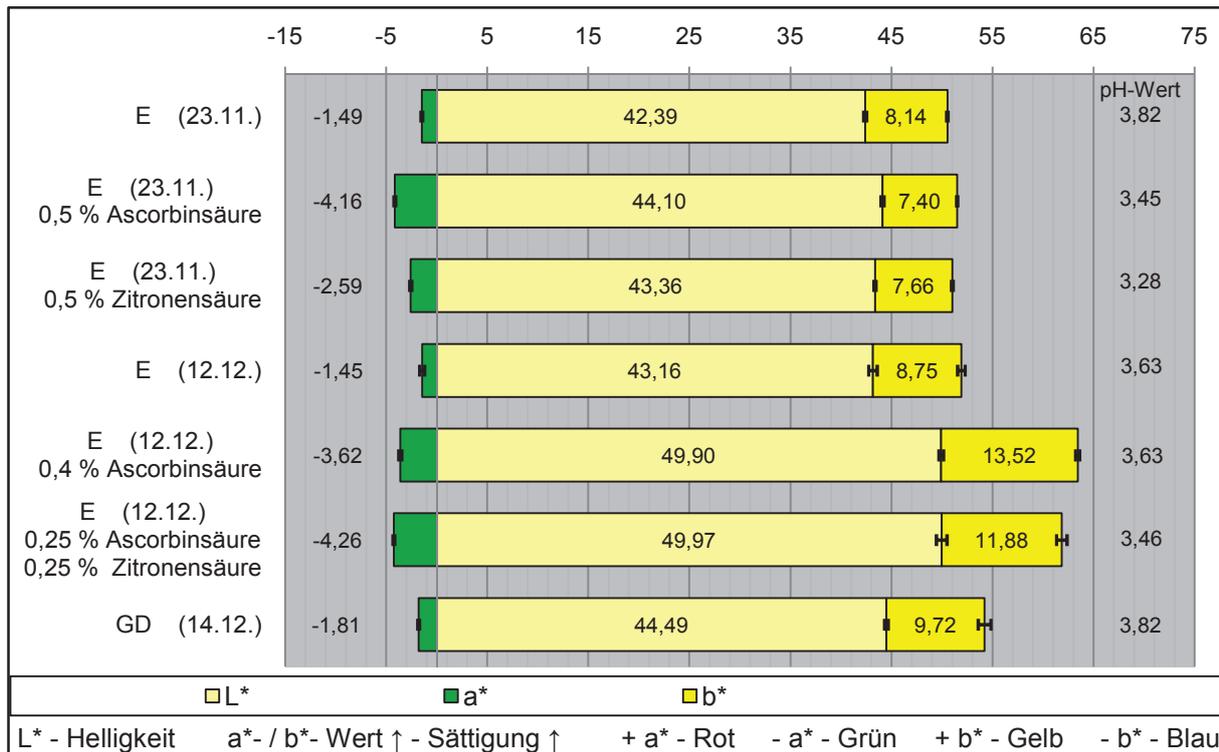


Abb. 31: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Probe- Varianten

Durch das Diagramm Abb. 31 wird deutlich, dass die Säurezugabe bei Elstar die L*- Werte erhöhte und das am effektivsten mit Ascorbinsäure. Die a*- Werte hatten eine kräftigere grüne Sättigung als ohne Säurezugabe. Eine kräftigere gelbe Sättigung und somit Erhöhung des b*- Wertes war bei einigen Probe- Varianten zu verzeichnen. Die pH- Werte erniedrigten sich, wie vermutet, durch die Säurezugabe. Eine Reduzierung der enzymatischen Bräunung, und dadurch hellere Farbe, kann durch eine Säurezugabe erreicht werden. Da die Apfelmuse an unterschiedlichen Tagen hergestellt und die Äpfel sicher zu unterschiedlichen Zeiten geerntet wurden, müssen die Ergebnisse mit Vorsicht betrachtet werden. Die Einzelwerte befinden sich im Anhang, Seite 102 – 104.

Es konnte beobachtet werden, dass aufgrund der fehlenden Routine, das Mus im Laufe der Herstellung schon braun wurde. Durch die Zugabe von 0,5 % Ascorbinsäure wurde das Mus wieder hell. Nach der Zugabe von 0,5 % Zitronensäure konnte das nicht beobachtet werden. Hier konnte nur festgestellt werden, dass es saurer war. Die Farbe sollte neben der L* a* b*- Werte auch mit einem Photometer gemessen werden.

Die Probe- Varianten können jedoch direkt nach der Herstellung nicht gemessen werden. Es sind zu viele große Partikel enthalten. Mit einem Photometer können nur klare Flüssigkeiten gemessen werden. Deswegen wurde versucht die Probe- Varianten aufzubereiten und dann zu messen. In der Literatur gibt es noch keine Angaben über Aufbereitungen für Apfelmuse. Deswegen diente dafür eine Aufbereitung für Apfelsäfte. Sapers und Douglas (1987) haben dafür einige ml des Saftes mit Ethanol vermischt und gefiltert. Es wurden unterschiedliche Aufbereitungen der Probe- Varianten untersucht (Abb. 32). Da es erste Schritte der Aufbereitungen waren, wurden aus Kostengründen nur einige ausgewählt, um sich heran zu testen.

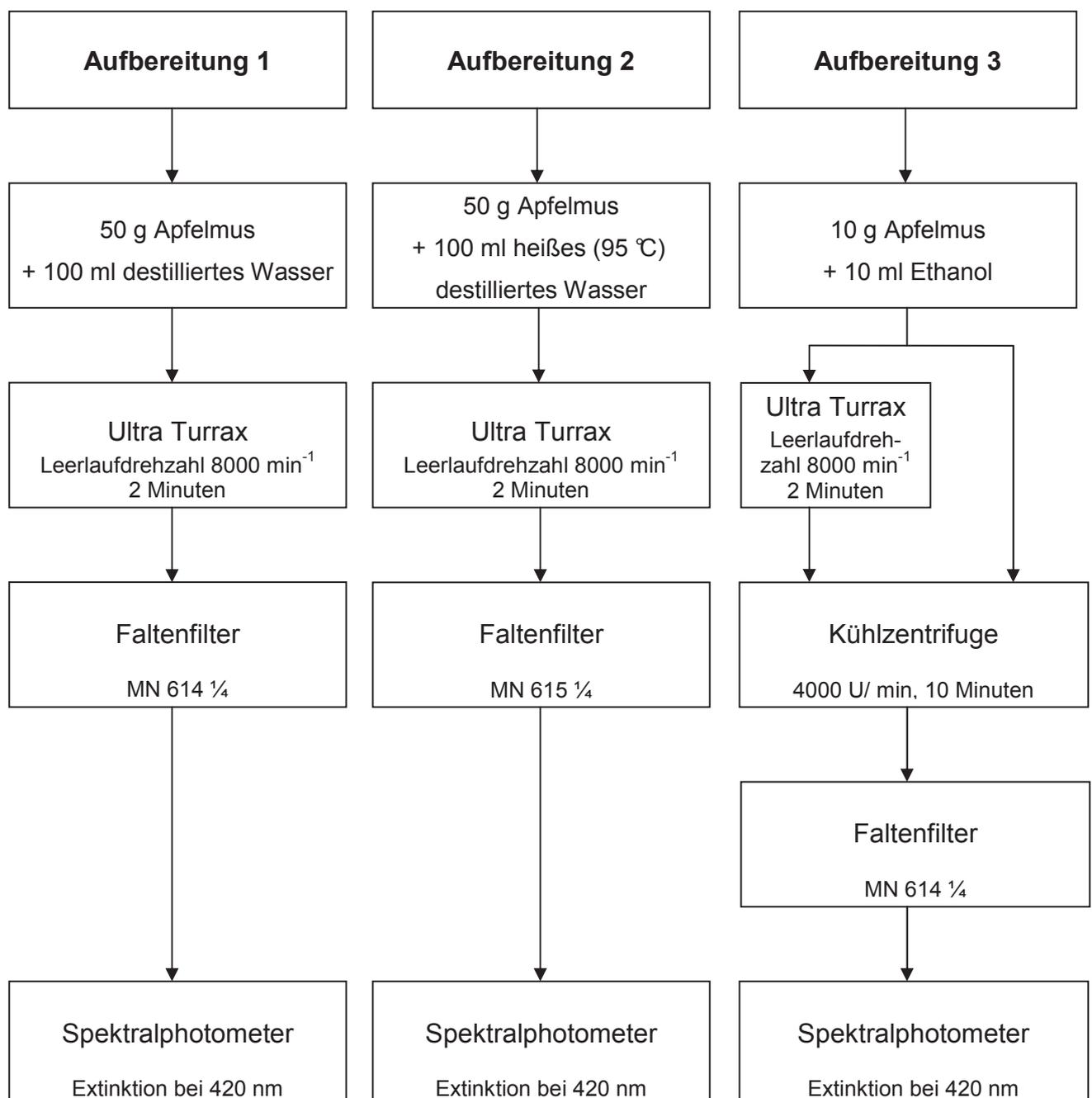


Abb. 32: Fließbild der Aufbereitungen

Um die gemessenen $L^* a^* b^*$ - Farbwerte und Extinktionen der Probe- Varianten besser zu vergleichen, wurden die Werte in den nachfolgenden Korrelationsdiagrammen (Abb. 33 – 36) dargestellt und die Korrelationszahlen r ausgerechnet. Dadurch kann eine eventuelle Beziehung zwischen den $L^* a^* b^*$ - Werten und Extinktionen dargestellt werden. Anhand der Korrelationszahl r kann die Stärke der Beziehung abgelesen werden.

Wenn: $r = 1$: perfekt positiver linearer Zusammenhang

$r = -1$: perfekt negativer linearer Zusammenhang

$r = 0$: kein linearer Zusammenhang

(1 = voll / 0,7 – 1 = stark / 0,3 – 0,7 = mittel / 0 – 0,3 = schwach)

(Quelle 36, 37, 38, 39)

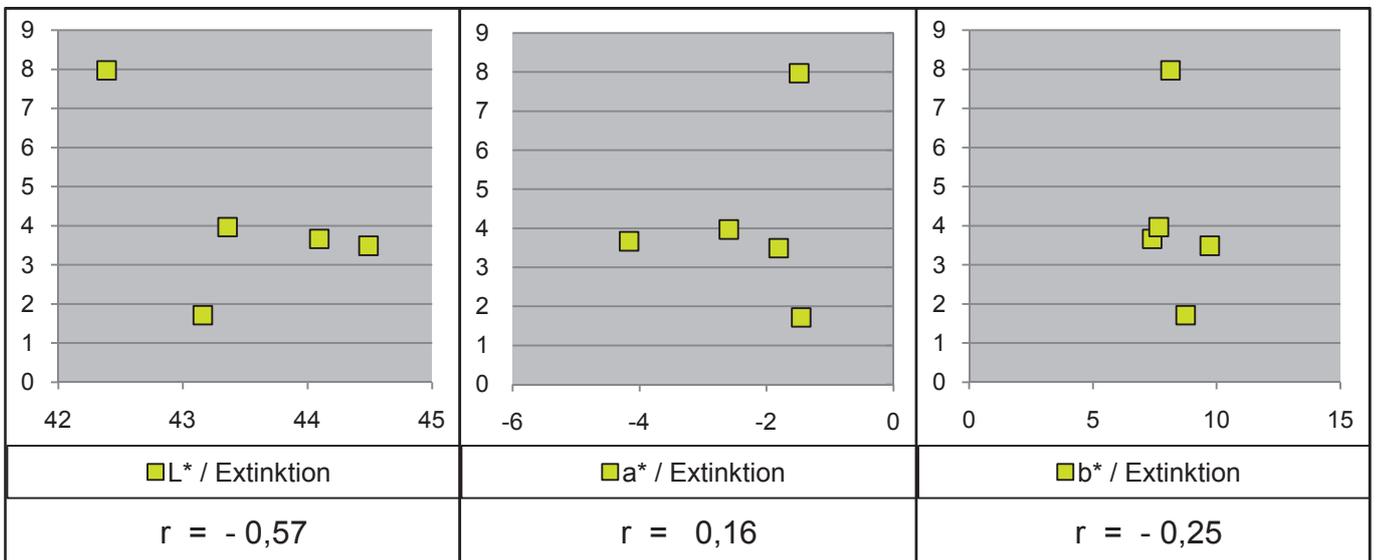


Abb. 33: Ergebnisse der Aufbereitung 1

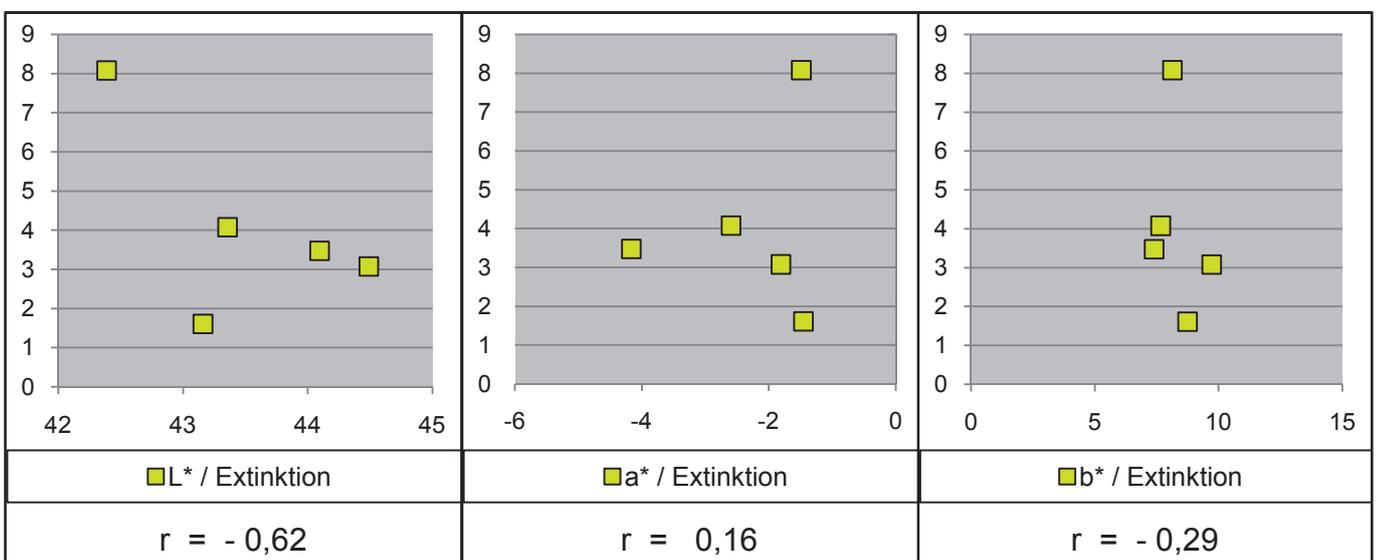


Abb. 34: Ergebnisse der Aufbereitung 2

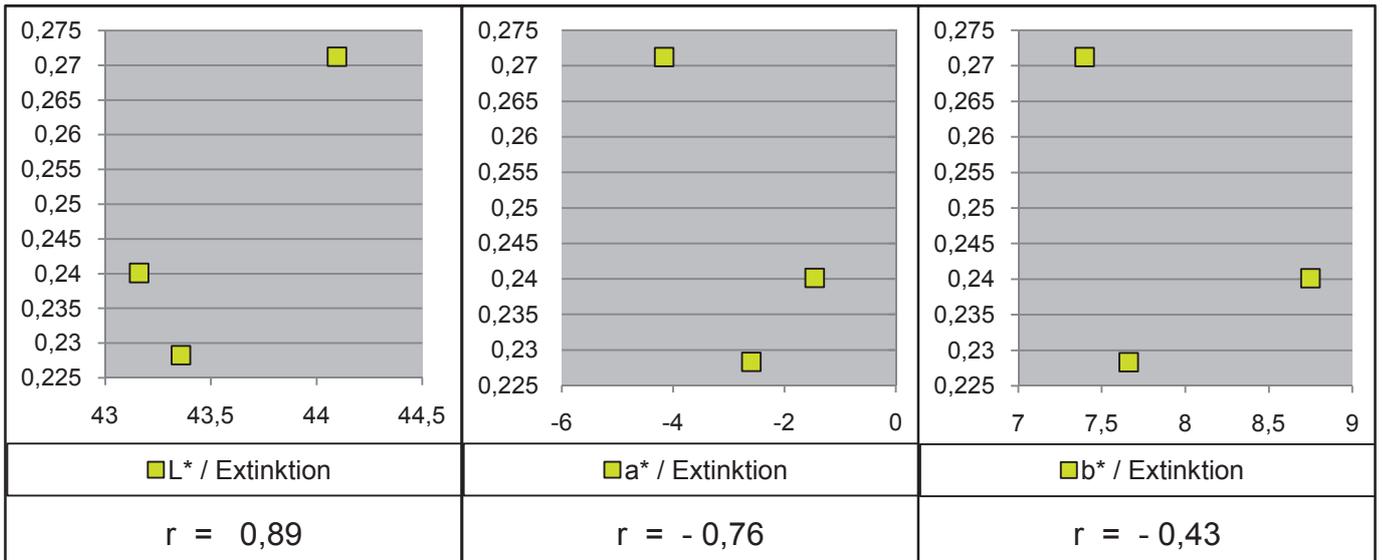


Abb. 35: Ergebnisse der Aufbereitung 3, ohne Ultra Turrax

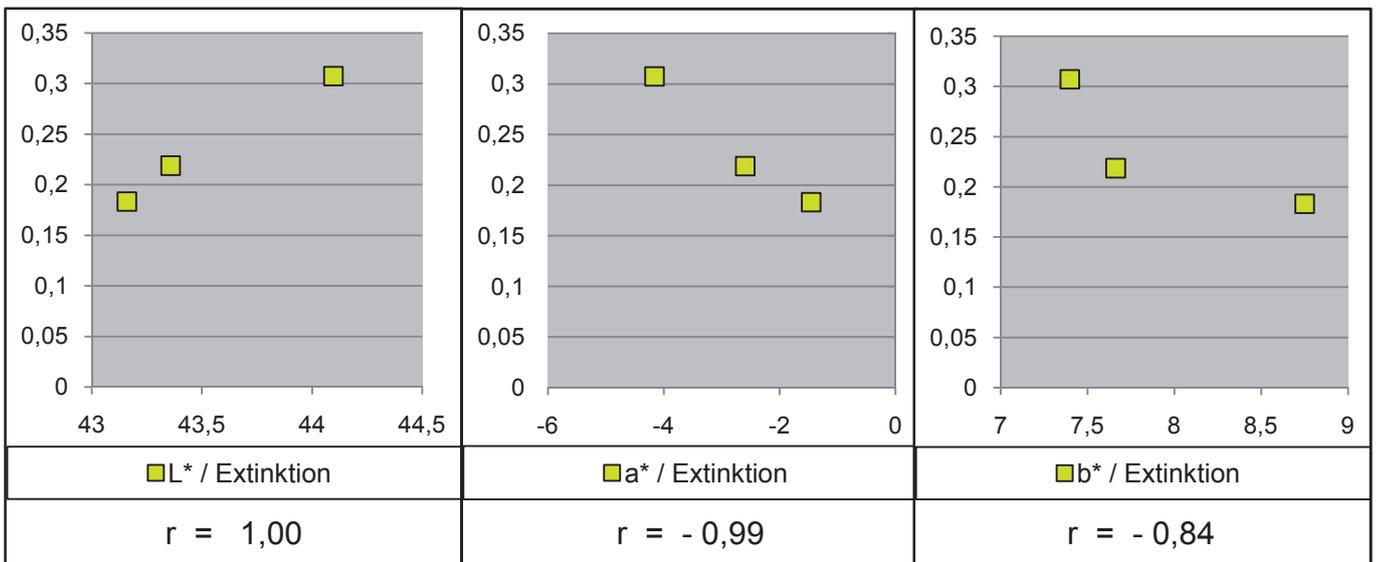


Abb. 36: Ergebnisse der Aufbereitung 3, mit Ultra Turrax

Anhand der Korrelationszahlen r der einzelnen Aufbereitungen wird deutlich, dass die besten Ergebnisse bei der Aufbereitung 3, mit Ultra Turrax erhalten wurden. Da die a^* - und b^* - Werte hier nicht ganz $-1,00$ sind, könnte es sein, dass die Varianten etwas zu alt und vielleicht deshalb nicht perfekt (negativ) linear waren. Zwischen der Herstellung und Aufbereitung + Messung lagen 80 Tage beziehungsweise 100 Tage. Wegen dieser Werte sollten die Varianten der Hauptversuche anhand der Aufbereitung 3, mit Ultra Turrax gemessen werden. Die Werte sind dann vielleicht alle perfekt linear und können zur Bräunungsmessung dienen. (Einzelwerte: Anhang, Seite 102 – 104)

5 Hauptversuche

Bei den verwendeten Apfelsorten handelte es sich um Elstar, Royal Gala und Golden Delicious. Die zuvor ermittelten Ergebnisse aus den Vorversuchen dienten dann zur Erstellung eines Versuchsplanes mit Hilfe der Software ECHIP (Version 7.0, von der Firma ECHIP, Incorporated). Diese errechnete dann die Säurezugaben der einzelnen Varianten mit der Apfelsorte Elstar. Somit kann ein Zusammenhang zwischen Säurezugabe und Farbe der Apfelmuse ersichtlich werden. Außerdem wurden einige Varianten mit Zugabe von Stickstoff hergestellt. Dadurch sollte geklärt werden, ob diese Zugabe auch einen Einfluss auf die Farbe hat. Um zu sehen, in wie weit die Lagerung einen Einfluss auf die Farbe und den pH- Wert hat, wurden die Varianten einige Tage nach der Herstellung und nach einer Lagerung gemessen.

Um darzustellen, wie sich die Zugabe von Säure auf die Farbe auswirkt, wurden ausgewählte Varianten mit der Apfelsorte Royal Gala hergestellt. Es wurde die Variante ohne Zusätze (Variante 9) und, anhand der Farbe der Varianten mit Elstar, helle als auch dunkle Varianten ausgewählt. Hierbei kann gleichzeitig ein eventueller Unterschied zwischen den Apfelsorten erkennbar werden. Weiterhin sollte eine Abhängigkeit der Zeit zwischen Herstellung und Pasteurisation deutlich gemacht werden. Dafür wurden die Varianten der Sorte Royal Gala, nach der Herstellung, zu unterschiedlichen Zeiten pasteurisiert. Außerdem wurden 8 Probe- Varianten mit Natriumsulfit hergestellt, die durch zusätzliche Herstellungen weiter untersucht werden könnten.

Die Herstellung einiger Varianten mit der Apfelsorte Golden Delicious kann auch einen Unterschied zwischen den Apfelsorten deutlich machen. Diese Sorte wurde speziell mit Schale zu Mus verarbeitet. Bei den Varianten wurde wieder die Variante ohne Säurezugabe (Variante 9) und die Varianten, die bei Elstar eine helle und dunkle Farbe entstehen ließen, ausgesucht. Die Farb- und pH- Werte der Varianten wurden ebenso einige Tage nach der Herstellung und nach einer Lagerung gemessen.

Einige Varianten wurden zur sensorischen Beurteilung ausgesucht.

Nachfolgend sind die herzustellenden Varianten und ihre prozentualen Zugaben aufgelistet.

Tab. 10: Varianten mit Elstar (E)

Variante	Ascorbinsäure in %	Zitronensäure in %	Äpfelsäure in %
E 1	-	0,500	0,300
E 2	0,050	0,250	-
E 3	-	0,500	-
E 4	-	-	0,300
E 5	0,050	0,500	0,300
E 6	0,025	0,500	0,150
E 7	-	0,250	0,150
E 8	0,025	0,250	0,300
E 9	-	-	-
E 10	0,050	-	0,150
E 11	0,050	0,500	0,150
E 12	0,025	0,500	-
E 13	0,025	-	-
E 14	0,050	0,250	0,300
E 15	-	0,250	-

Tab. 11: Varianten mit Elstar (E) mit Stickstoffbegasung (N₂) beim Befüllen

Variante	Ascorbinsäure in %	Zitronensäure in %	Äpfelsäure in %
E 7 N₂	-	0,250	0,150
E 8 N₂	0,025	0,250	0,300
E 9 N₂	-	-	-
E 10 N₂	0,050	-	0,150
E 11 N₂	0,050	0,500	0,150

Tab. 12: Varianten mit Royal Gala (RG), Pasteurisation bei 0/ 2/ 4 Stunden

Variante	Ascorbinsäure in %	Zitronensäure in %	Äpfelsäure in %
RG 5	0,050	0,500	0,300
RG 7	-	0,250	0,150
RG 8	0,025	0,250	0,300
RG 9	-	-	-
RG 10	0,050	-	0,150
RG 13	0,025	-	-

Tab. 13: Varianten mit Royal Gala (RG) mit Natriumsulfit (Na_2SO_3), Pasteurisation bei 0/ 2/ 4 Stunden

Variante	Ascorbinsäure in %	Zitronensäure in %	Äpfelsäure in %	Natriumsulfit in %
RG 16 Na_2SO_3	-	-	-	0,024
RG 17 Na_2SO_3	-	0,250	0,150	0,048
RG 18 Na_2SO_3	-	-	-	0,050
RG 19 Na_2SO_3	-	-	-	0,060
RG 20 Na_2SO_3	-	-	-	0,120
RG 21 Na_2SO_3	-	-	-	0,240
RG 22 Na_2SO_3	-	-	-	0,480
RG 23 Na_2SO_3	-	-	-	0,950

Tab. 14: Varianten mit Golden Delicious (GD)

Variante	Ascorbinsäure in %	Zitronensäure in %	Äpfelsäure in %
GD 8	0,025	0,250	0,300
GD 9	-	-	-
GD 10	0,050	-	0,150

Bis auf die Varianten RG 22 Na_2SO_3 und RG 23 Na_2SO_3 wurden alle Varianten mit 10 % Zucker hergestellt.

5.1 Vorgehensweise

Zur Herstellung der Varianten wurde nach dem folgenden allgemeinen Fließbild Abb. 37 gearbeitet. Der Stickstoffeintrag beim Befüllen der Gläser wurde nur bei einigen Varianten mit der Apfelsorte Elstar durchgeführt (siehe Kapitel 5 Hauptversuche Apfelsorte Elstar (E) mit Stickstoffbegasung (N₂) beim Befüllen, Seite 43).

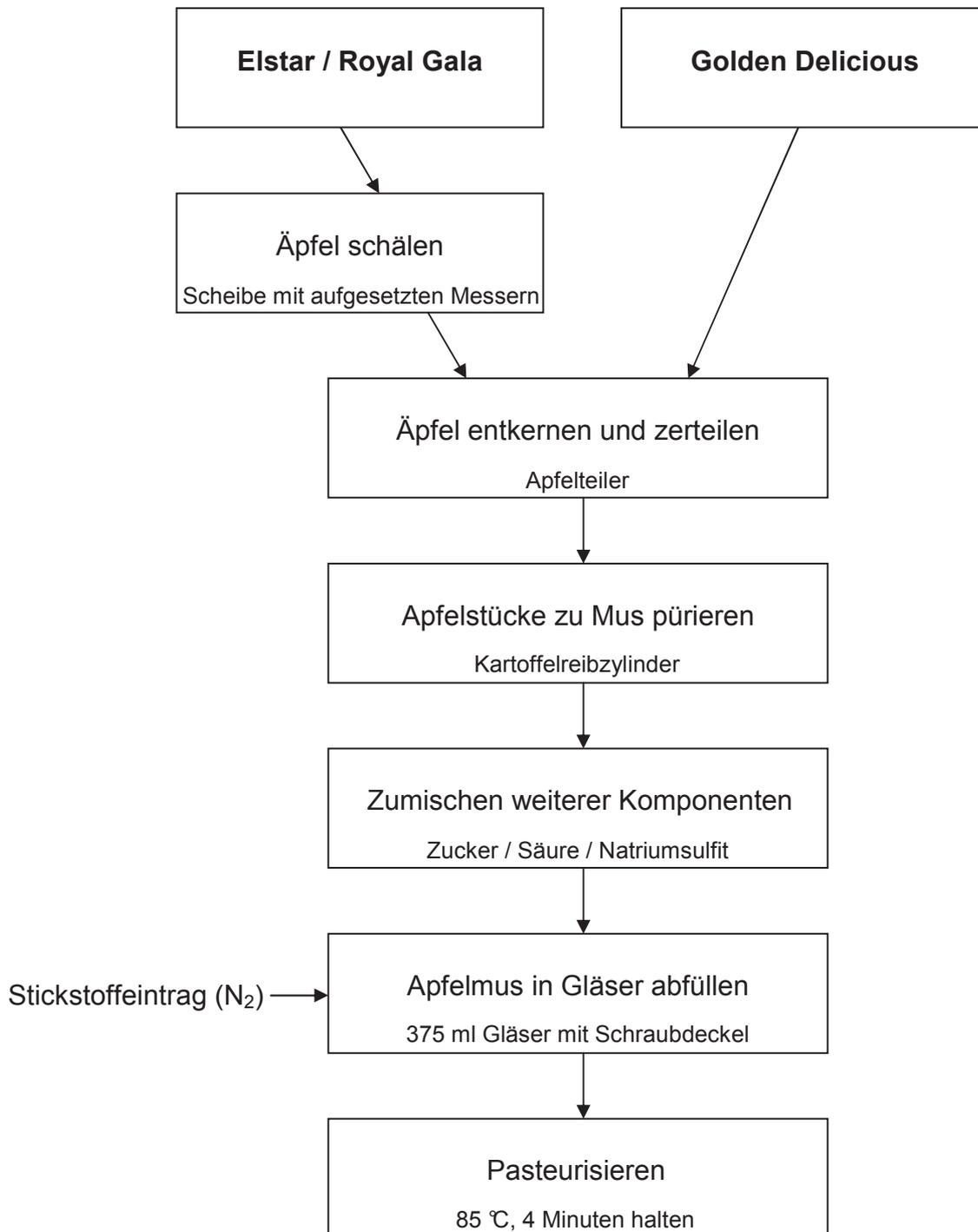


Abb. 37: Fließbild zur Herstellung der Apfelmusvarianten

Anhand der Vorversuche konnte berechnet werden, wie viele kg Äpfel bestellt werden müssen. Für die Herstellung der Apfelmusvarianten wurden die folgenden Mengen bestellt.

Elstar	: 60 kg	Golden Delicious	: 5 kg
Royal Gala	: 60 kg		

Aufgrund der hohen Verarbeitungsmenge, empfiehlt es sich einen Tag zur Vorbereitung einzuplanen. An diesem Tag könnten unter anderem die Geräte zusammengebaut, die Gläser gespült und benötigten Materialien bereit gelegt werden. Während der Herstellung wurden die Äpfel immer wieder gewogen, um den Abfall und die Ausbeute nach den einzelnen Behandlungen zu berechnen. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen (Tab. 15 bis 21) aufgelistet.

Tab. 15: Abfall und Ausbeute nach dem Schälen von Elstar

	Schälscheibe mit aufgesetzten Messern			
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Erklärung
Einwaage in kg	19,74	24,78	13,38	Äpfel
Auswaage in kg	13,94	18,30	10,74	geschälte Äpfel
Abfall in kg	5,80	6,48	2,64	Schale
Abfall in %	29,38	26,15	19,73	
Ausbeute in %	70,62	73,85	80,27	geschälte Äpfel

Tab. 16: Abfall und Ausbeute nach dem Entkernen von Elstar

	Apfelteiler			
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Erklärung
Einwaage in kg	13,94	18,30	10,74	geschälte Äpfel
Auswaage in kg	10,14	13,46	8,00	gestückelte und entkernte Apfelstücke
Abfall in kg	3,80	4,84	2,74	Kerngehäuse
Abfall in %	27,26	26,45	25,51	
Ausbeute in %	72,74	73,55	74,49	gestückelte und entkernte Apfelstücke

Tab. 17: Abfall und Ausbeute nach dem Pürieren von Elstar

	Kartoffelreibzylinder			
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Erklärung
Einwaage in kg	10,14	13,46	8,00	gestückelte und entkernte Apfelstücke
Auswaage in kg	8,84	12,23	6,24	Apfelmus
Abfall in kg	1,30	1,23	1,76	in der Maschine geblieben
Abfall in %	12,82	9,14	22,00	
Ausbeute in %	87,18	90,86	78,00	Apfelmus
Varianten	8	10	5	Stück
1,04 kg pro Variante	8,32	10,40	5,20	Apfelmus benötigt
3 Gläser pro Variante	24	30	15	Gläser
Rest in kg	0,52	1,83	1,04	Apfelmus übrig

Tab. 18: Abfall und Ausbeute nach dem Schälen von Royal Gala

	Schälscheibe mit aufgesetzten Messern		
	Tag 1	Tag 2	Erklärung
Einwaage in kg	26,16	34,46	Äpfel
Auswaage in kg	17,87	22,99	geschälte Äpfel
Abfall in kg	8,29	11,74	Schale
Abfall in %	31,69	33,28	
Ausbeute in %	68,31	66,72	geschälte Äpfel

Tab. 19: Abfall und Ausbeute nach dem Entkernen von Royal Gala

	Apfelteiler		
	Tag 1	Tag 2	Erklärung
Einwaage in kg	17,87	22,99	geschälte Äpfel
Auswaage in kg	13,50	17,65	gestückelte und entkernte Apfelstücke
Abfall in kg	4,37	5,34	Kerngehäuse
Abfall in %	24,45	23,23	
Ausbeute in %	75,55	76,77	gestückelte und entkernte Apfelstücke

Tab. 20: Abfall und Ausbeute nach dem Pürieren von Royal Gala

	Kartoffelreibzylinder		
	Tag 1	Tag 2	Erklärung
Einwaage in kg	13,50	17,65	gestückelte und entkernte Apfelstücke
Auswaage in kg	12,60	16,20	Apfelmus
Abfall in kg	0,90	1,45	in der Maschine geblieben
Abfall in %	6,67	8,22	
Ausbeute in %	93,33	91,78	Apfelmus
Varianten	6	7,7	Stück
2,10 kg pro Variante	12,60	16,20	Apfelmus benötigt
6 Gläser pro Variante	36	42	Gläser
Rest in kg	0	0	Apfelmus übrig

Tab. 21: Abfall und Ausbeute nach dem Entkernen und Pürieren von Golden Delicious

	Apfelteiler		Kartoffelreibzylinder	
	Tag 1	Erklärung	Tag 1	Erklärung
Einwaage in kg	5,08	Äpfel	4,32	gestückelte und entkernte Apfelstücke
Auswaage in kg	4,32	gestückelte und entkernte Apfelstücke	3,56	Apfelmus
Abfall in kg	0,76	Kerngehäuse	0,76	in der Maschine geblieben
Abfall in %	14,96		17,59	
Ausbeute in %	85,04	gestückelte und entkernte Apfelstücke	82,41	Apfelmus
Varianten	-	-	3	Stück
1,04 kg pro Variante	-	-	3,12	Apfelmus benötigt
3 Gläser pro Variante	-	-	9	Gläser
Rest in kg	-	-	0,44	Apfelmus übrig

Anhand der vielen Werte wird deutlich, dass nicht immer eine gewisse Menge von Äpfeln eine genaue Menge an Apfelmus ergibt. Am Besten wäre, der errechneten Menge einige Kilogramm zur Sicherheit dazuzurechnen und dann zu bestellen. Außerdem wurde bei der Apfelsorte Elstar nicht die genaue Menge geliefert, die auch bestellt worden ist. Zusammenfassend ergaben die nachfolgenden Mengen an Äpfeln die entsprechenden Mengen an Apfelmus (Tab. 22).

Tab. 22: Ausbeute der einzelnen Apfelsorten

Apfelsorte	Elstar	Royal Gala	Golden Delicious
Äpfel in kg	57,90	60,62	5,08
Apfelmus in kg	27,31	28,80	3,56
Abfall in %	52,83	52,49	29,92
Ausbeute in %	47,17	47,51	70,08

Neben der Herstellung eigener Varianten, wurde eine Marktbeschauung durchgeführt. Diese sollte einen Überblick über die im Handel angebotenen Produkte geben und zum Vergleichen dienen. Nachfolgend sind einige Produkte aus dem Handel aufgelistet. Es werden die Bezeichnungen der Produkte und der dazugehörige Hersteller aufgeführt. Daneben werden die Zutaten und die Mindesthaltbarkeitsdaten (MHD) angegeben. Von einigen Firmen konnten die Herstellungsdaten erfragt werden. Die verwendeten Apfelsorten konnten nicht ermittelt werden. Im Handel wurden die Produkte in Regalen bei Raumtemperatur gelagert.

Produkte aus dem Handel (H):

- Handel H 1 Bio- Apfelmus, Firma Spreewaldkonserve Golßen GmbH
Zutaten: Äpfel, Zucker, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure
Hergestellt: September 2011, MHD: September 2014

- Handel H 2 Apfelmus, Hergestellt für Netto Marken- Discount AG & Co. KG
Zutaten: Äpfel, Glukose- Fruktose- Sirup, Zucker, Antioxidationsmittel
Ascorbinsäure, Säuerungsmittel Zitronensäure
MHD: September 2016

- Handel H 3 BIO Apfelmus gezuckert, Hergestellt für real,- Handels GmbH
Zutaten: Äpfel, brauner Rohrzucker, Säuerungsmittel Zitronensäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure
Hergestellt: Dezember 2012, MHD: Dezember 2016

- Handel H 4 Apfelmus Extra Qualität, Firma HAK B.V.
Zutaten: Äpfel 90 %, Zucker (Gesamtzuckergehalt 19 %), Zitronensaft, Antioxidationsmittel Vitamin C
MHD: 2014

- Handel H 5 Apfelkompott mit Stücken gezuckert, Firma Spreewaldkonserve Golßen GmbH
Zutaten: Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Äpfelsäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure
Hergestellt: Februar 2012, MHD: Februar 2015

- Handel H 6 Apfelkompott mit Stücken stark gezuckert, Hergestellt für Netto Marken-Discount AG & Co. KG
Zutaten: 90 % Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Äpfelsäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure
MHD: Februar 2016
- Handel H 7 Bio- Apfelmus gezuckert, Hergestellt für Netto Marken-Discount AG & Co. KG
Zutaten: 93 % Äpfel, Zucker, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure
MHD: Oktober 2015
- Handel H 8 Apfelmus mit Vitamin C Kalt gerieben, Firma Spreewaldkonserve Golßen GmbH
Zutaten: Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Äpfelsäure, 30 mg Vitamin C je 100 g
Hergestellt: März 2012, MHD: März 2015
- Handel H 9 Oberlausitzer Apfelmus, Firma Lausitzer Früchteverarbeitung GmbH
Zutaten: Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Zitronensäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure
MHD: Dezember 2014
- Handel H 10 Fitini Apfelmus, Firma Spreewaldkonserve Golßen GmbH
Zutaten: Äpfel, Säuerungsmittel Äpfelsäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure, Süßstoffe Natrium- Cyclamat und Saccharin- Natrium
Hergestellt: Dezember 2011, MHD: Dezember 2015

Um zu sehen, wie sich die Farbe eines Apfelmuses verändert, wurde als erstes das Fruchtfleisch von einem frisch aufgeschnittenen Apfel nach dem $L^* a^* b^*$ - Farbsystem gemessen. Außerdem wurden die Varianten 9 ohne jegliche Zugabe von Säure oder Natriumsulfit hergestellt und könnten ebenso einen Farbunterschied sichtbar machen. Nachdem die Apfelmuse verschiedenartig hergestellt worden sind, wurden deren $L^* a^* b^*$ - Farbwerte, pH- Werte und Extinktionen 5 Tage ((5 d) = 5 days) nach der Herstellung gemessen.

Die Extinktionen wurden anhand der Vorversuche nach Aufbereitung 3, mit Ultra Turrax (Seite 39) vorbereitet und gemessen. Einige wurden dann anhand der Messwerte für die sensorische Beurteilung ausgewählt. Zum Vergleichen der L^* a^* b^* - Werte der selbst hergestellten Varianten mit den 10 Produkten aus dem Handel, wurden diese auch nach diesem Prinzip gemessen. Aus den 10 Produkten wurden ebenso einige ausgewählt und sensorisch beurteilt. Bei den Varianten mit den Apfelsorten Elstar und Golden Delicious wurden nach einer Lagerung von 440 Tagen ((440 d) = 440 days) erneut die L^* a^* b^* - Farbwerte und pH- Werte gemessen.

Durch die unterschiedliche Säurezugabe bei den Varianten entstanden verschiedene Farb- und pH- Werte. Für die sensorische Beurteilung wurden Varianten mit hellen, dunklen und dazwischen liegenden L^* a^* b^* - Werten ausgewählt. Bei den pH- Werten war es ebenso. Es wurden Varianten mit sauren, milden und dazwischen liegenden pH- Werten ausgesucht. Bei allen Apfelsorten wurden die Varianten 9 ohne Säurezugabe, nur mit Zuckerzugabe hergestellt und deshalb zur sensorischen Beurteilung ausgewählt. Dadurch sollte geklärt werden, ob diese Varianten bevorzugt werden. Außerdem sollte ein eventueller Unterschied bei Varianten mit und ohne Stickstoff sichtbar gemacht werden. Weiterhin war es wichtig zu sehen, ob die Prüfer die Varianten mit oder ohne Schale bevorzugen. Bei den Produkten aus dem Handel wurden 2 Produkte, die mit vorgekochten Äpfeln hergestellt worden sind, ausgewählt. Durch die Beurteilung sollte geklärt werden, ob die Prüfer einen Unterschied zwischen kalt geriebenem und vorgekochtem Apfelmus erkennen können. Im Anschluss sind die Fragen, die durch die sensorische Beurteilung beantwortet werden sollten, aufgelistet.

- Ist die Farbe ansprechend?
- Bei welchem pH- Wert schmecken die Proben gut?
- Gibt es Geschmacksunterschiede zu Proben mit Stickstoff?
- Welches Herstellungsverfahren / welche Variante wird bevorzugt?
- Sind Unterschiede zwischen den Apfelsorten zu erkennen?
- Werden die selbst hergestellten Varianten den Produkten aus dem Handel vorgezogen?
- Wird ein Unterschied zwischen vorgekochten und kaltgeriebenen Äpfeln festgestellt?

Somit wurden 11 selbst hergestellte Varianten und 3 Produkte aus dem Handel zur sensorischen Beurteilung ausgewählt. Die ausgesuchten Varianten und Produkte sind anschließend aufgelistet.

Apfelsorte Elstar (E):

- Variante E 3 - Variante E 4 - Variante E 5 - Variante E 9
- Variante E 10 - Variante E 12 - Variante E 13

Apfelsorte Elstar (E) mit Stickstoffbegasung (N₂) beim Befüllen:

- Variante E 9 N₂ - Variante E 10 N₂

Apfelsorte Golden Delicious (GD):

- Variante GD 9 - Variante GD 10

Produkte aus dem Handel (H):

- Handel H 8 - Handel H 9 - Handel H 10

5.2 Ergebnisse

Die zuerst gemessenen Werte der frisch aufgeschnittenen Äpfel sind in dem Kapitel, 5.2.1 Frische Äpfel, dargestellt. Die Mittelwerte der Apfelsorte Elstar werden unter dem Kapitel, 5.2.2 Apfelsorte Elstar, gezeigt. Um die bei der ersten Herstellung gemessenen Werte zu bestätigen, wurden 3 Varianten ein zweites Mal hergestellt. Sie werden unter dem Kapitel, 5.2.2.1 Wiederholte Herstellung der Apfelsorte Elstar, abgebildet. Da sich eine Stickstoffbegasung beim Befüllen der Gläser eventuell positiv auswirkt, wurde diese Art der Herstellung auch untersucht. Die Mittelwerte sind unter dem Kapitel, 5.2.2.2 Apfelsorte Elstar mit Stickstoffeintrag, zu finden. Um die Auswirkungen der Lagerung auf die L* a* b*- Werte und pH- Werte deutlich zu machen, sind die Mittelwerte im Kapitel, 5.2.2.3 Lagerung von Elstar, vergleichend dargestellt. Die gemittelten Ergebnisse der Apfelsorte Royal Gala befinden sich unter dem Kapitel, 5.2.3 Apfelsorte Royal Gala. Die gemittelten Werte der Probe- Versuche werden unter dem Kapitel, 5.2.3.1 Einige Probe- Versuche mit der Apfelsorte Royal Gala, gezeigt. Die Mittelwerte der Apfelsorte Golden Delicious befinden sich unter dem Kapitel, 5.2.4 Apfelsorte Golden Delicious.

Auswirkungen auf die L* a* b*- Werte und pH- Werte nach der Lagerung werden unter dem Kapitel, 5.2.4.1 Lagerung von Golden Delicious, vergleichend dargestellt. Die gemittelten Werte der Produkte aus dem Handel sind unter dem Kapitel, 5.2.5 Apfelmuse aus dem Handel, zu finden. Die Einzelwerte aller selbst hergestellter Varianten und Produkte aus dem Handel können im Anhang, ab Seite 102, nachgelesen werden.

5.2.1 Frische Äpfel

Wie im Kapitel, 3.1.1 L* a* b*- Farbmeterik beschrieben und durch Abb. 24: Messung des Fruchtfleisches (Seite 27) gezeigt, wurde das Fruchtfleisch der frisch aufgeschnittenen Äpfel der Sorten Elstar, Royal Gala und Golden Delicious gemessen. Da der pH- Wert beim Apfel nicht überall gleich ist, wurde der pH- Wert bei der Herstellung von Apfelmus gemessen. Nachdem die Apfelstücke zu Mus püriert wurden, konnte von dem Mus, ohne jegliche Zusätze, der pH- Wert gemessen werden. Diese Werte sind im Diagramm Abb. 38: Fruchtfleisch der frischen Äpfel mit Standardabweichungen dargestellt. Die Einzelwerte können auf Seite 104 nachgelesen werden.

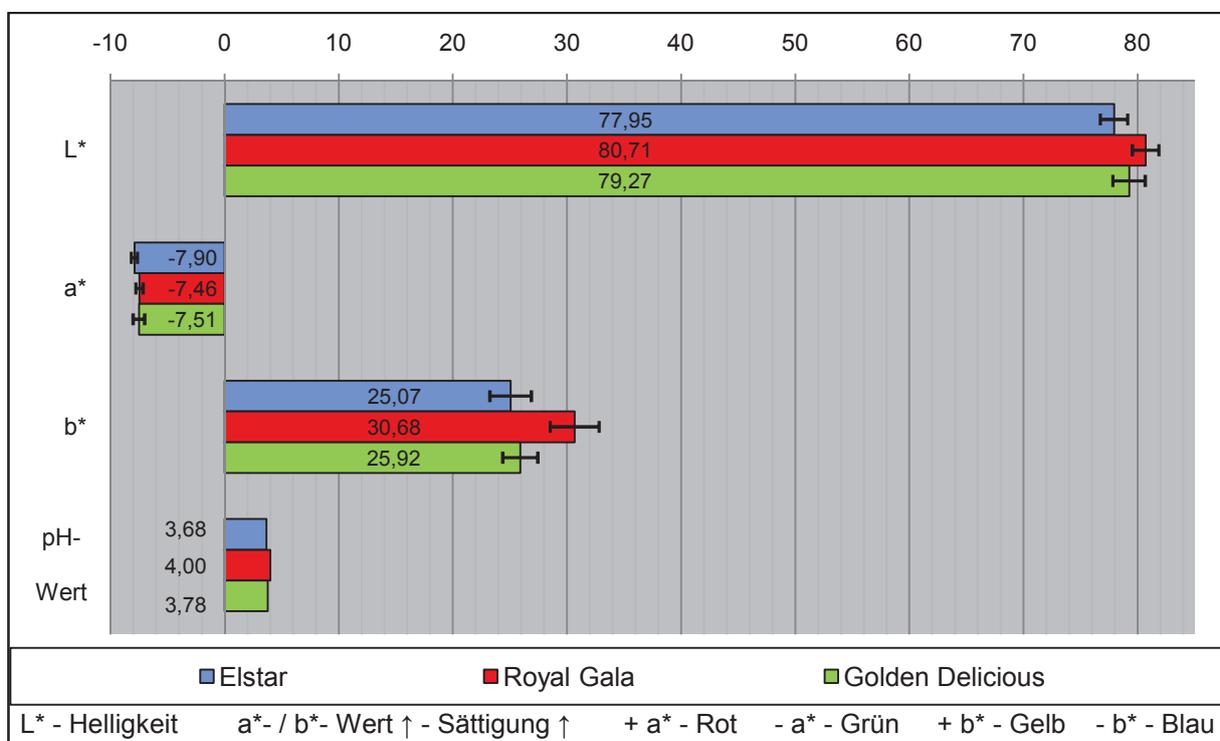


Abb. 38: Fruchtfleisch der frischen Äpfel mit Standardabweichung

Das Diagramm (Abb. 38) zeigt, dass das Fruchtfleisch der frisch aufgeschnittenen Äpfel sehr hell ist. Außerdem weist es ein kräftiges grün und kräftiges gelb auf. Bis auf den b^* -Wert gibt es keine großen Unterschiede zwischen den Apfelsorten. Der mildeste pH-Wert unter den gemessenen Äpfeln war bei der Apfelsorte Royal Gala zu verzeichnen.

Hinweis:

Nachfolgend sind die Ergebnisse der selbst hergestellten Apfelmusvarianten und Produkte aus dem Handel dargestellt. Es wurden, wie schon vorher aufgelistet, sehr viele verschiedene Varianten hergestellt und gemessen. Ebenso wurden die Produkte aus dem Handel gemessen. Die gemessenen Werte sind im Anschluss, im Text und in den Diagrammen verkürzt dargestellt. Wenn zum Beispiel in einem Diagramm das Kürzel E 1 steht, bedeutet das, dass diese Variante mit der Apfelsorte Elstar und einer Zugabe von 0,500 % Zitronensäure und 0,300 % Äpfelsäure hergestellt wurde. Zum besseren Verstehen und Nachvollziehen, ist die letzte Seite in dieser Arbeit ausklappbar. Dort sind die wichtigsten Informationen, über die Varianten und Produkte aufgelistet.

5.2.2 Apfelsorte Elstar

Versuche mit der Apfelsorte Elstar sollten zeigen, wie sich die Farbe bei der Herstellung von Apfelmus verändert. Durch die Zugabe von Säure/n kann die Farbveränderung gemildert oder gänzlich gestoppt werden. In wieweit sich die Zugabe von Säure/n auswirkt, sollen die gemessenen $L^* a^* b^*$ -Farbwerte des Fruchtfleisches und der Varianten verglichen werden. Außerdem können die Varianten untereinander verglichen und somit die Variante mit den besten Farbwerten ermittelt werden. Weiterhin kann anhand des pH-Wertes das beste Zucker- Säure- Verhältnis durch die sensorische Beurteilung geklärt werden. Nachfolgend sind die Werte eines frisch aufgeschnittenen Apfels und der einzelnen Varianten dargestellt (Einzelwerte ab Seite 105 und Sensorik ab Seite 121).

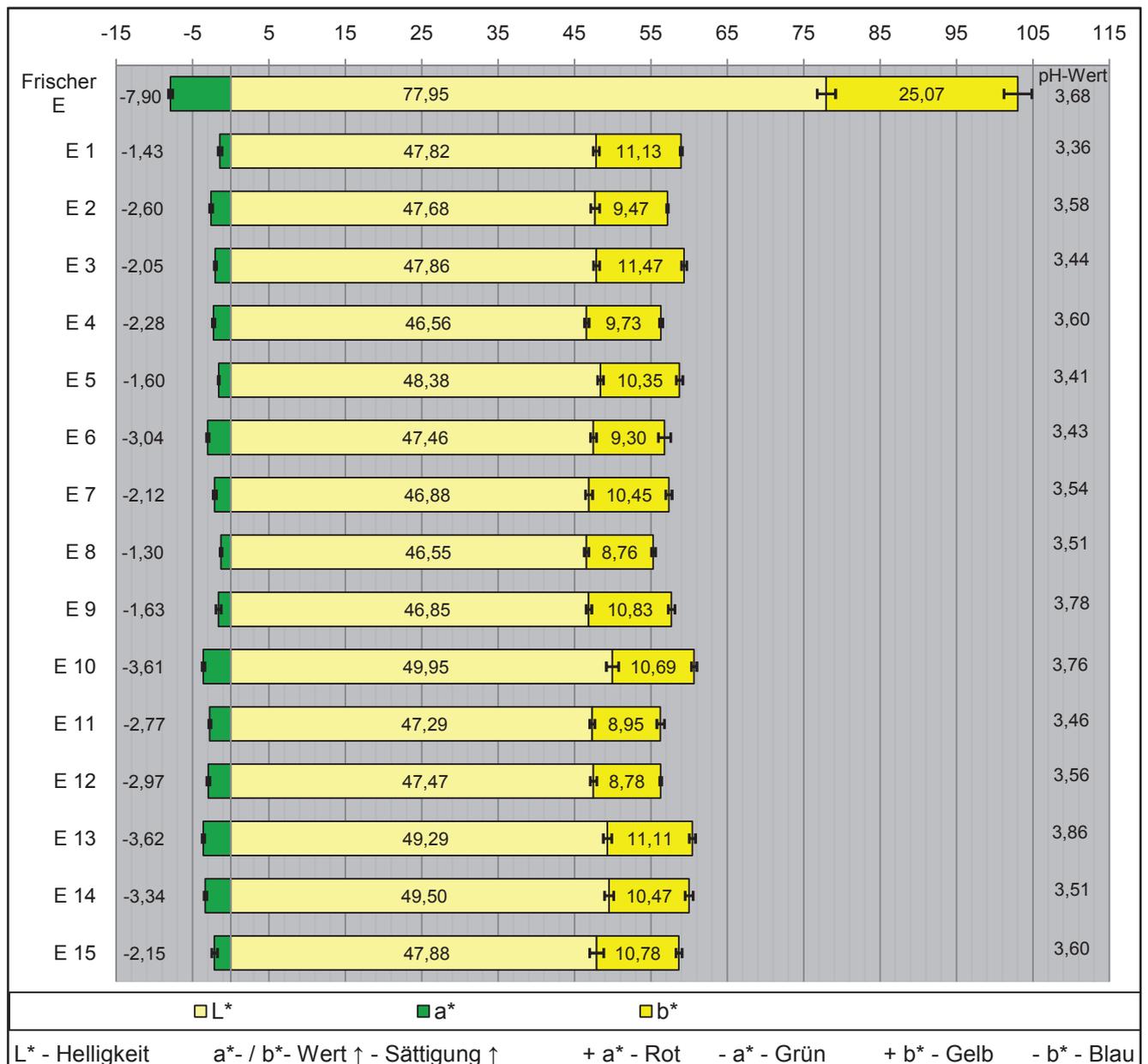


Abb. 39: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frisch aufgeschnittenen Apfels und der Varianten mit Elstar nach 5 Tagen

Das Diagramm Abb. 39 zeigt, dass eine enzymatische Bräunung durch Säurezugabe nicht verhindert werden kann. Bei allen Varianten wurden geringere L* a* b*- Werte gemessen, als bei einem frischen Apfel. Somit waren die Varianten dunkler und nicht so kräftig grün und kräftig gelb, wie das Fruchtfleisch eines frisch aufgeschnittenen Apfels. Außerdem zeigt das Diagramm, dass eine Säurezugabe nicht immer zu besseren L* a* b*- Werten führt. Dies wird durch den Vergleich von Variante E 9 und zum Beispiel E 8 deutlich. Jedoch weisen die Varianten E 10, E 13 und E 14 die besten L* a* b*- Werte auf. Die Art und Menge der Säure/n waren gut, aber nicht optimal gewählt.

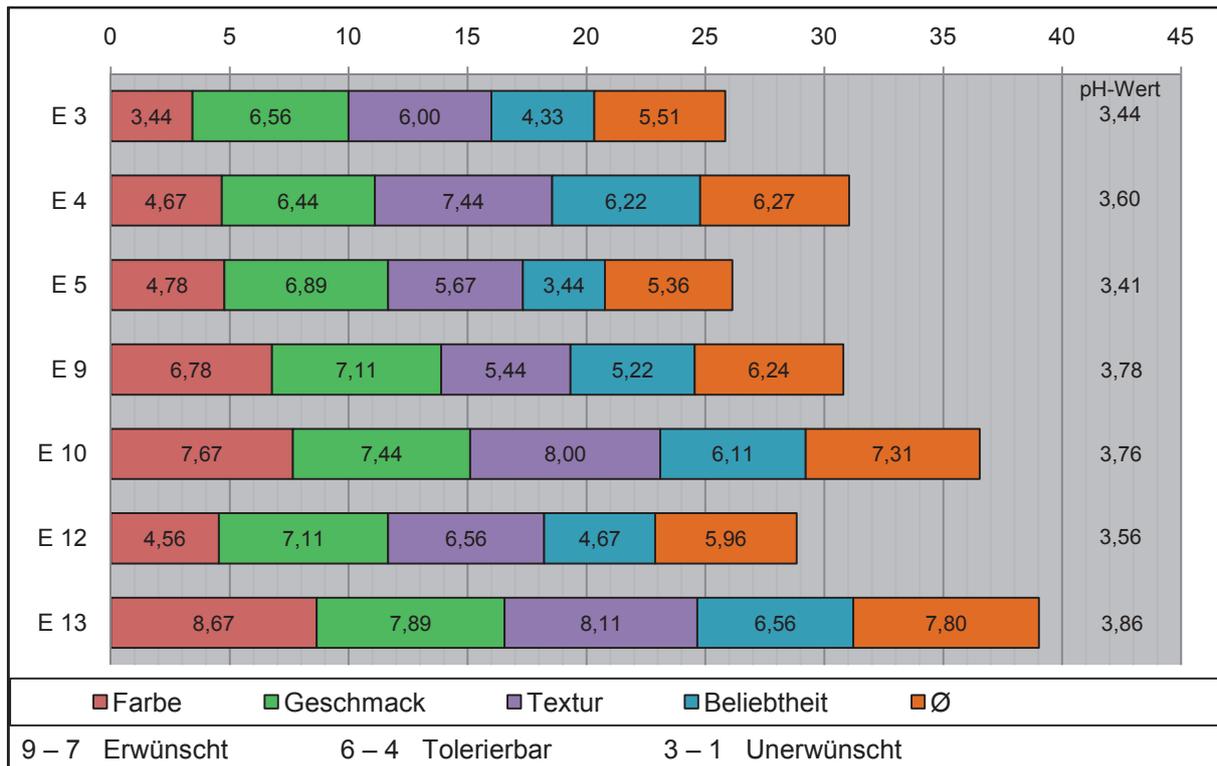


Abb. 40: Sensorische Beurteilungen und pH- Werte (nach 5 Tagen) von Elstar

Durch das Diagramm (Abb. 40) wird deutlich, dass eine Säurezugabe nicht immer zu einer pH- Wert Erniedrigung führt. Durch den Vergleich der Variante E 9 (nur mit Zucker) mit E 13 ist das zu erkennen. Der Zuckergehalt war demnach höher, als der Säuregehalt. Die besten Noten bei der sensorischen Beurteilung erhielten die Varianten E 10 und E 13. Die Variante E 10 hatte einen pH- Wert von 3,76 und E 13 von 3,86. Das Zucker- Säure- Verhältnis war gut, aber könnte noch ein wenig verbessert werden.

Um die gemessenen $L^* a^* b^*$ - Farbwerte und Extinktionen der Varianten besser zu vergleichen, wurden die Werte in den nachfolgenden Korrelationsdiagrammen dargestellt und die Korrelationszahlen r ausgerechnet. Dadurch kann eine eventuelle Beziehung zwischen den $L^* a^* b^*$ - Werten und Extinktionen dargestellt werden. Anhand der Korrelationszahl r kann die Stärke der Beziehung abgelesen werden.

Wenn: $r = 1$: perfekt positiver linearer Zusammenhang

$r = -1$: perfekt negativer linearer Zusammenhang

$r = 0$: kein linearer Zusammenhang

(1 = voll / 0,7 – 1 = stark / 0,3 – 0,7 = mittel / 0 – 0,3 = schwach)

(Quelle 36, 37, 38, 39)

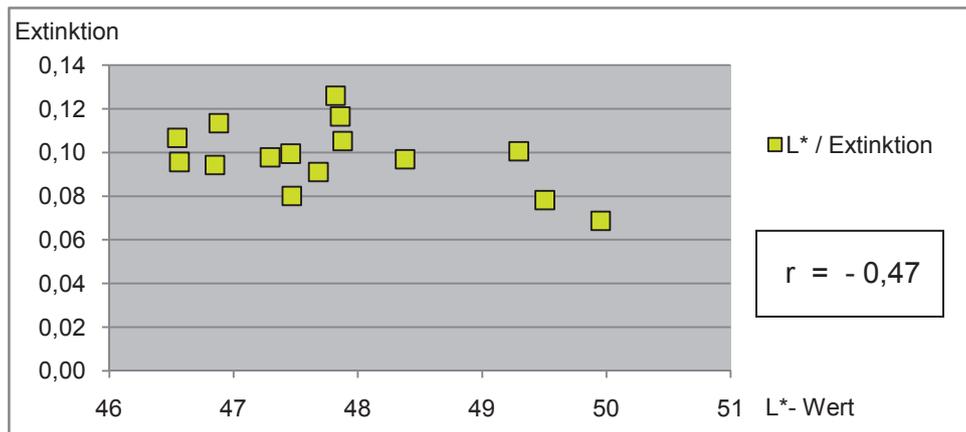


Abb. 41: Darstellung der Korrelation von L*- Wert und Extinktion

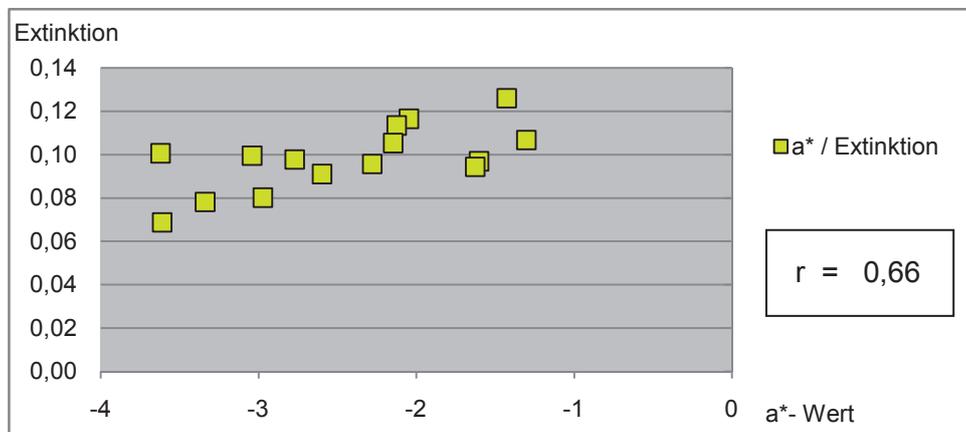


Abb. 42: Darstellung der Korrelation von a*- Wert und Extinktion

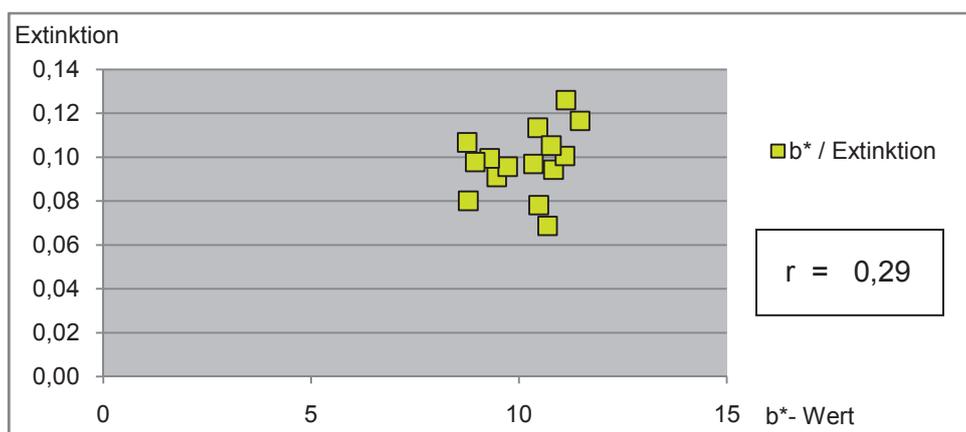


Abb. 43: Darstellung der Korrelation von b*- Wert und Extinktion

Durch die Abb. 41, 42 und 43 wird deutlich, dass es keinen perfekt positiven linearen Zusammenhang zwischen den L* a* b*- Werten und Extinktionen gibt.

Anhand der graphischen Darstellung der L*- Werte (Abb. 44) wird besonders deutlich, dass einer der höchsten L*- Werte bei einer Zusammensetzung 0,025 % Ascorbinsäure, 0,000 % Zitronensäure und 0,000 % Äpfelsäure entstand. Diese Zusammensetzung trifft auf die Variante E 13 zu. Mit einem nur gering höheren L*- Wert, konnte die Zusammensetzung von 0,050 % Ascorbinsäure, 0,000 % Zitronensäure und 0,150 % Äpfelsäure auch als sehr gut beurteilt werden. Dabei handelt es sich um die Variante E 10.

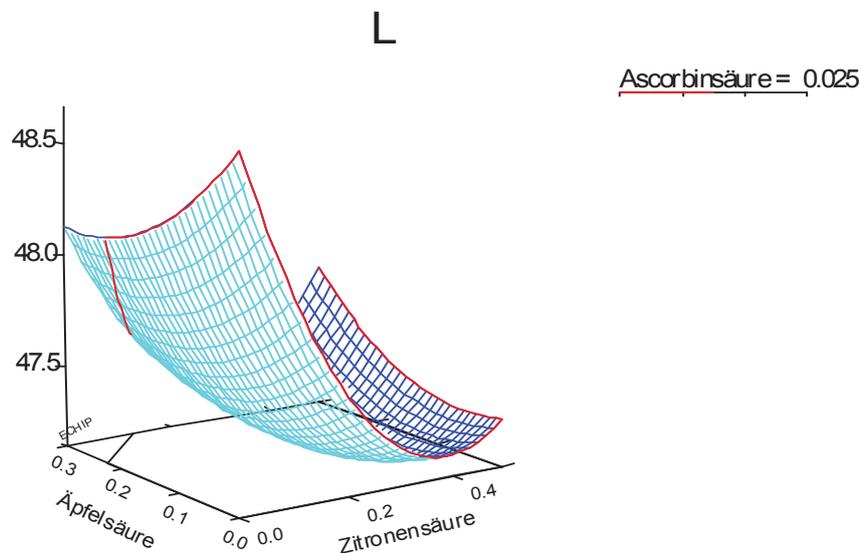


Abb. 44: Darstellung der L*- Werte von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure

Bei der graphischen Darstellung der sensorisch beurteilten Farbe (Abb. 45) konnte die Zusammensetzung von 0,025 % Ascorbinsäure, 0,000 % Zitronensäure und 0,000 % Äpfelsäure als beste Variante erkannt werden. Dabei handelt es sich um die Variante E 13.

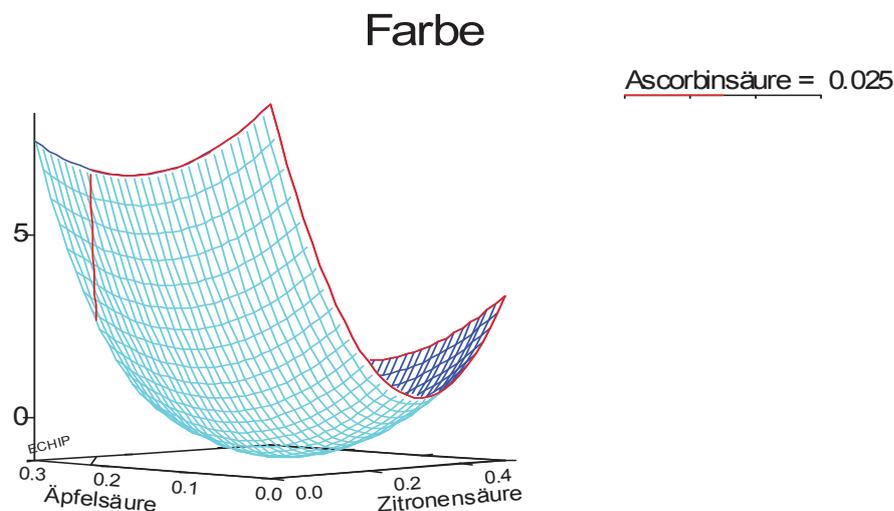


Abb. 45: Darstellung der Farbe nach der sensorischen Beurteilung von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure

Aufgrund der graphischen Darstellung des pH- Wertes (Abb. 46), kann eine Zusammensetzung von 0,025 % Ascorbinsäure, 0,000 % Zitronensäure und 0,000 % Äpfelsäure als die mildeste Variante ermittelt werden. Dies war die Variante E 13.

pH-Wert

Ascorbinsäure = 0,025

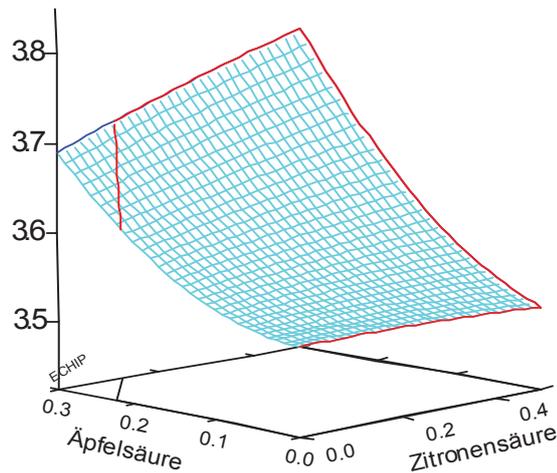


Abb. 46: Darstellung der pH- Werte von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure

Die graphische Darstellung des Geschmacks (Abb. 47) zeigt, dass die Zusammensetzung von 0,025 % Ascorbinsäure, 0,000 % Zitronensäure und 0,000 % Äpfelsäure die höchste Benotung erhielt. Der Geschmack wurde also bei der Variante E 13 am besten bewertet.

Geschmack

Ascorbinsäure = 0,025

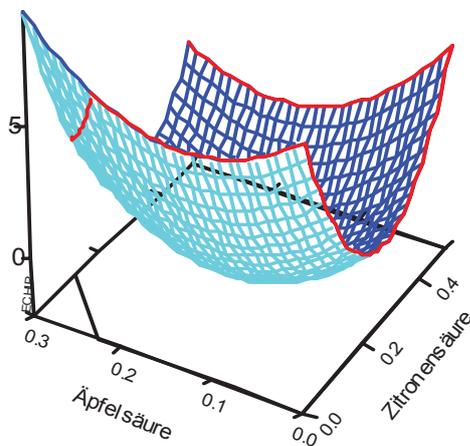


Abb. 47: Darstellung des Geschmacks von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure

Durch die nachfolgende Abbildung 48 wird ersichtlich, dass eine Säurezugabe nicht automatisch zur Verbesserung der L*- Werte und somit Verhinderung der enzymatischen Bräunung führt. Es zeigte sich auch ein negativer Einfluss. Außerdem muss eine große Menge von Säure nicht immer zu einer sehr hellen Farbe führen.

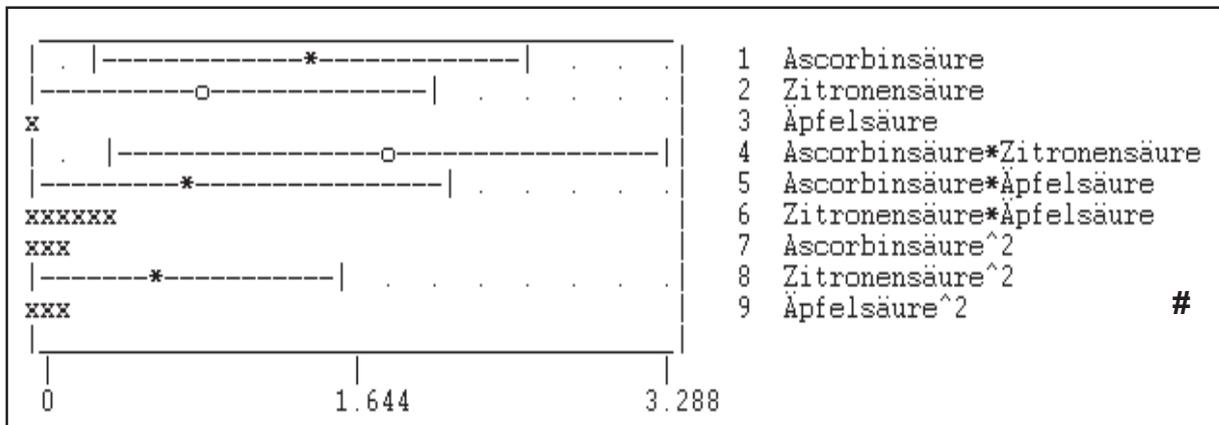


Abb. 48: Einfluss der Säuren auf den L*- Wert bei Elstar (* = positiv, o = negativ)

Im Anschluss folgt eine Abbildung (Abb. 49) die zur Übersicht der Einflüsse auf die einzelnen Messparameter dient. Hier wird deutlich, dass Zitronensäure den stärksten Einfluss hatte, der auch negativ war. Der L*- Wert wurde durch Ascorbinsäure und der Mischung aus Ascorbinsäure + Äpfelsäure positiv beeinflusst.

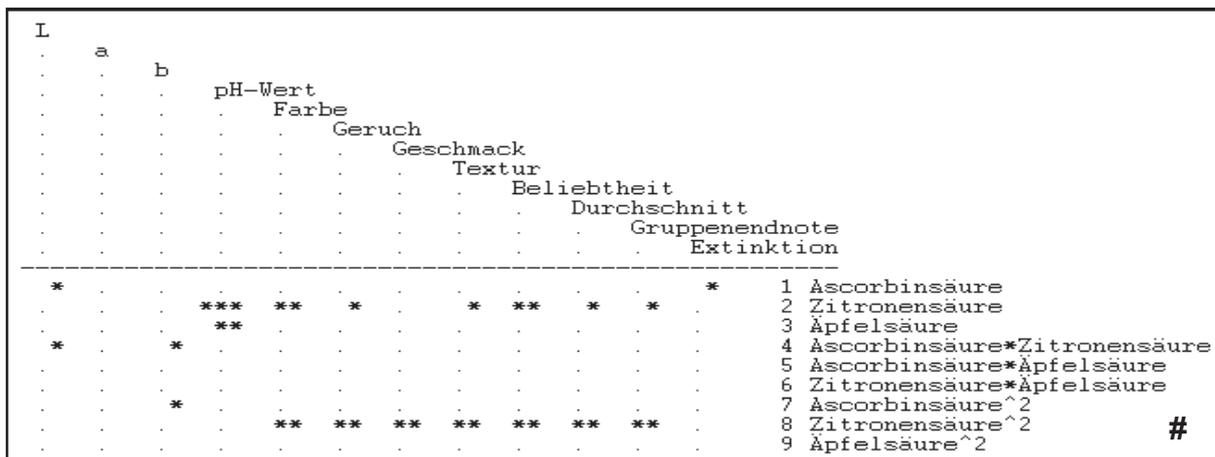


Abb. 49: Einfluss der Säurezugabe

# zum besseren Verständnis	Ascorbinsäure	Zitronensäure	Äpfelsäure
Ascorbinsäure	1	0	0
Zitronensäure	0	1	0
Äpfelsäure	0	0	1
Ascorbinsäure * Zitronensäure	1	1	0
Ascorbinsäure * Äpfelsäure	1	0	1
Zitronensäure * Äpfelsäure	0	1	1
Ascorbinsäure^2	2	0	0
Zitronensäure^2	0	2	0
Äpfelsäure^2	0	0	2

Abgesehen von dem geringfügig besseren L*- Wert der Variante E 10, hatte die Variante E 13 die besten Messwerte und wurde mit den besten Noten bei der sensorischen Beurteilung bewertet.

5.2.2.1 Wiederholte Herstellung der Apfelsorte Elstar

Um die durch ECHIP errechneten Varianten durch Wiederholungen (Wdh) zu bestätigen, wurden die Varianten 1 bis 3 ein weiteres Mal hergestellt. In den folgenden Diagrammen sind die gemessenen L* a* b*- Werte und pH- Werte vergleichend dargestellt.

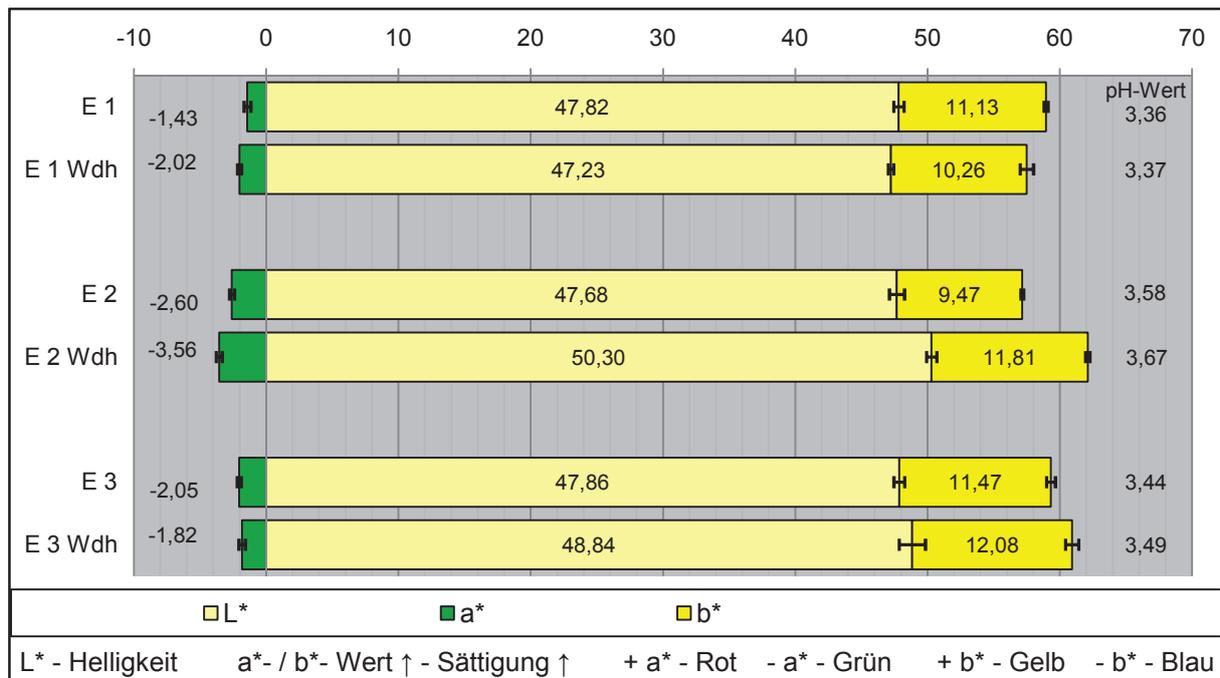


Abb. 50: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Varianten und ihren Wiederholungen mit Elstar nach 5 Tagen

Beim Vergleich der Werte (Abb. 50) sind zum Teil große Abweichungen gemessen worden. Die L*- Werte der Varianten E 2 Wdh und E 3 Wdh waren heller, wobei die Variante E 2 Wdh die größte Erhöhung hervorbrachte. Bei der Variante E 1 Wdh erniedrigte sich der L*- Wert. Die a*- Werte zeigten bei den Varianten E 1 Wdh und E 2 Wdh ebenfalls eine Erhöhung der grünen Sättigung, jedoch erniedrigte sie sich bei der Variante E 3 Wdh.

Erstaunlicherweise wurde der b^* - Wert, und somit die gelbe Sättigung, bei den Varianten E 2 Wdh und E 3 Wdh ebenso höher, aber bei der Variante E 1 Wdh erniedrigte sie sich. Der pH- Wert erhöhte sich bei der Variante E 2 Wdh. Die anderen Varianten zeigten kaum eine Veränderung.

Um die gemessenen L^* a^* b^* - Farbwerte und Extinktionen der Varianten besser zu vergleichen, wurden die Werte in den nachfolgenden Korrelationsdiagrammen dargestellt und die Korrelationszahlen r ausgerechnet. Dadurch kann eine eventuelle Beziehung zwischen den L^* a^* b^* - Werten und Extinktionen dargestellt werden. Anhand der Korrelationszahl r kann die Stärke der Beziehung abgelesen werden.

Wenn: $r = 1$: perfekt positiver linearer Zusammenhang

$r = -1$: perfekt negativer linearer Zusammenhang

$r = 0$: kein linearer Zusammenhang

(1 = voll / 0,7 – 1 = stark / 0,3 – 0,7 = mittel / 0 – 0,3 = schwach)

(Quelle 36, 37, 38, 39)

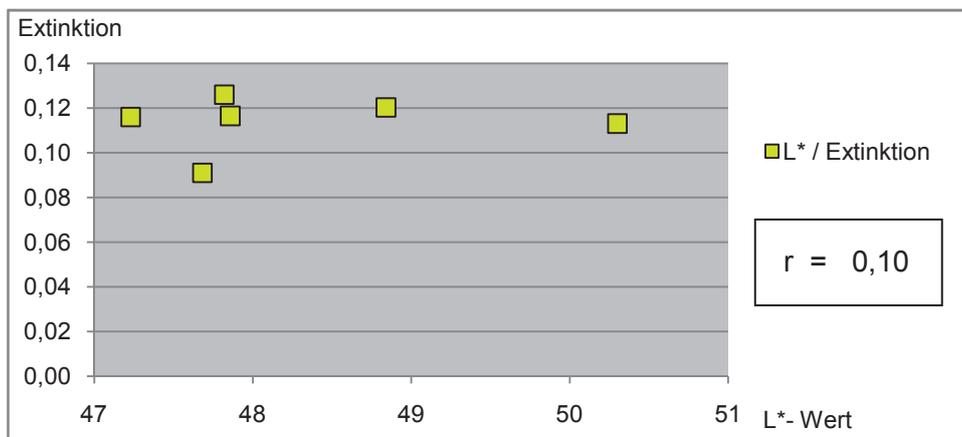


Abb. 51: Darstellung der Korrelation von L^* - Wert und Extinktion

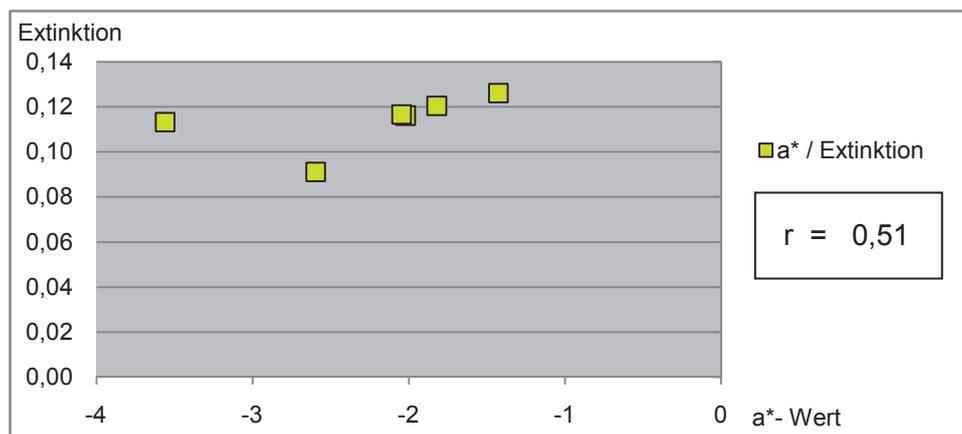


Abb. 52: Darstellung der Korrelation von a^* - Wert und Extinktion

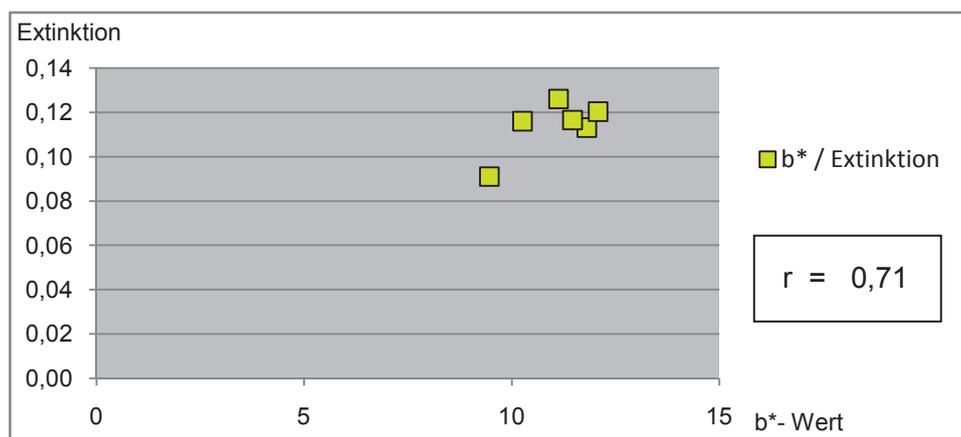


Abb. 53: Darstellung der Korrelation von b*- Wert und Extinktion

Durch die Abb. 51, 52 und 53 wird deutlich, dass es keinen perfekt positiven linearen Zusammenhang zwischen den L* a* b*- Werten und Extinktionen gibt.

5.2.2.2 Apfelsorte Elstar mit Stickstoffeintrag

Als Nächstes wurden Varianten mit Sauerstoffverdrängung hergestellt. Dafür wurden einige helle und dunkle Varianten aus dem Kapitel, 5.2.1 Apfelsorte Elstar, ausgewählt. Die Varianten wurden von der Zusammensetzung her nicht verändert. Es wurde die Variante 9, weil sie nur mit Zuckerzusatz hergestellt worden ist, und die Variante 10, weil sie den hellsten L*- Wert hatte, ausgesucht. Außerdem wurden 2 dunkle Varianten und eine Variante mit mittelmäßigem L*- Wert ausgewählt. Beim Abfüllen des Apfelmuses in Gläser wurde gleichzeitig Stickstoff mit eingebracht, um den in der Luft enthaltenen Sauerstoff zu verdrängen. Somit sollte eine eventuelle Veränderung sichtbar gemacht werden. Außerdem sollte durch eine sensorische Beurteilung geklärt werden, ob die Prüfer einen Unterschied zwischen Varianten ohne Stickstoffeintrag wahrnehmen. In den folgenden Diagrammen sind die hier gemessenen Mittelwerte dargestellt. Um die Werte der Varianten mit Stickstoff zusätzlich mit einem frischen Apfel zu vergleichen, werden sie mit abgebildet.

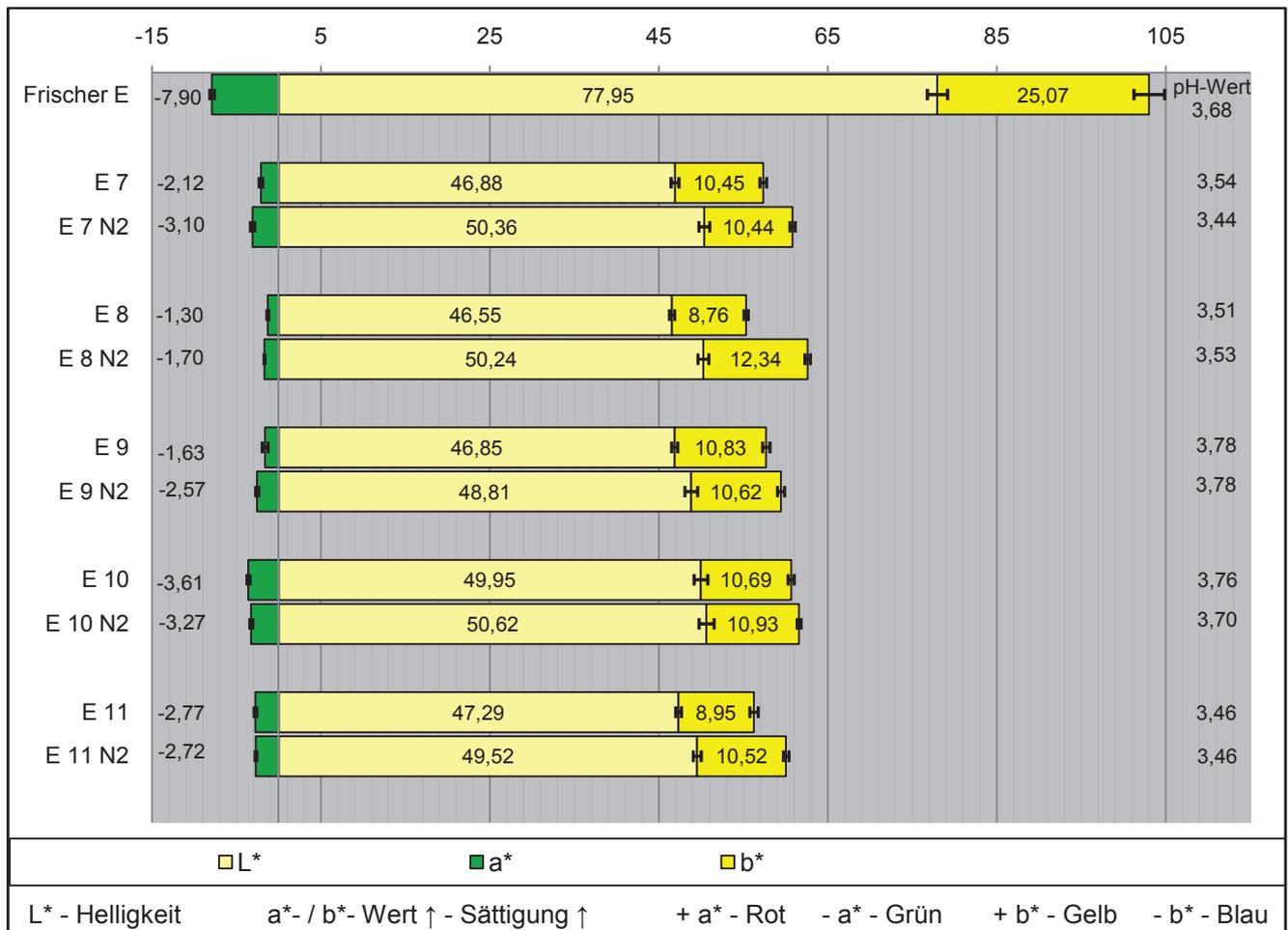


Abb. 54: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Varianten mit Elstar mit und ohne Stickstoff nach 5 Tagen

Durch Abb. 54 sichtbar, konnte ein Stickstoffeintrag die enzymatische Bräunung zusätzlich reduzieren. Bei allen Varianten zeigte sich eine Erhöhung des L*- Wertes. Beim a*- Wert konnte eine Erhöhung der grünen Sättigung bei den Varianten E 7 N₂, E 8 N₂ und E 9 N₂ festgestellt werden. Wobei die Variante E 7 N₂ die größte Erhöhung aufwies. Bei den Varianten E 10 N₂ und E 11 N₂ kam es zu einer Erniedrigung. Die b*- Werte zeigten bei den Varianten E 8 N₂, E 10 N₂ und E 11 N₂ eine Erhöhung der gelben Sättigung. Dagegen gab es bei der Variante E 9 N₂ eine Erniedrigung der gelben Sättigung. Bei der Variante E 7 N₂ entstand keine Veränderung. Der pH- Wert änderte sich entweder gar nicht oder nur geringfügig.

Um die sensorischen Beurteilungen der Varianten mit und ohne Stickstoff besser sichtbar zu machen, sind die Benotungen im nachfolgenden Diagramm (Abb. 55) dargestellt.

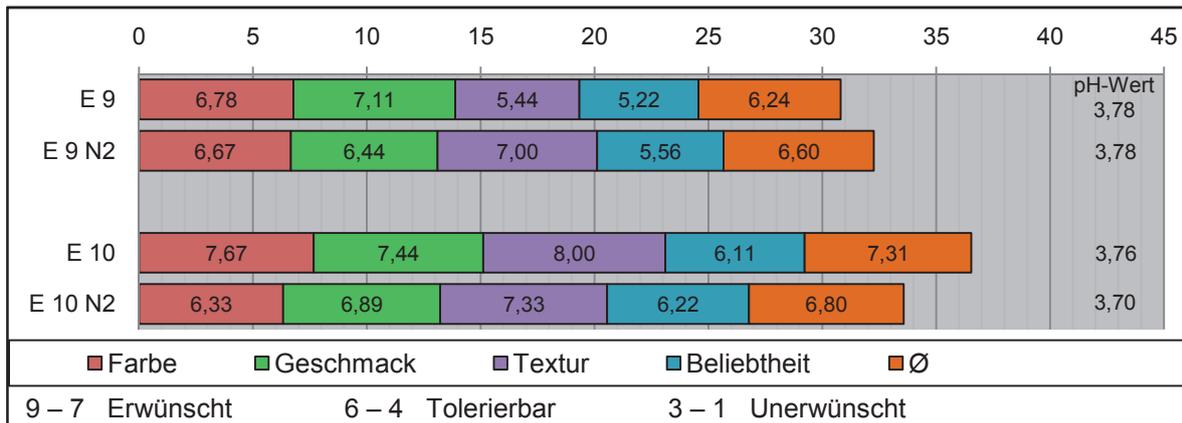


Abb. 55: Sensorische Beurteilungen und pH- Werte (nach 5 Tagen) der Varianten mit Elstar mit und ohne Stickstoff

Die sensorischen Beurteilungen der Farbe (Abb. 55) zeigten, eine schlechtere Bewertung, was nicht mit den gemessenen L^* a^* b^* - Werten übereinstimmt. Der Geschmack wurde ebenso mit schlechteren Noten bewertet. Beim Vergleich der Texturen bevorzugten die Prüfer die Textur der Variante E 9 mit Stickstoff und die Variante E 10 ohne Stickstoff.

Um die gemessenen L^* a^* b^* - Farbwerte und Extinktionen der Varianten besser zu vergleichen, wurden die Werte in den nachfolgenden Korrelationsdiagrammen dargestellt und die Korrelationszahlen r ausgerechnet. Dadurch kann eine eventuelle Beziehung zwischen den L^* a^* b^* - Werten und Extinktionen dargestellt werden. Anhand der Korrelationszahl r kann die Stärke der Beziehung abgelesen werden.

Wenn: $r = 1$: perfekt positiver linearer Zusammenhang

$r = -1$: perfekt negativer linearer Zusammenhang

$r = 0$: kein linearer Zusammenhang

(1 = voll / 0,7 – 1 = stark / 0,3 – 0,7 = mittel / 0 – 0,3 = schwach)

(Quelle 36, 37, 38, 39)

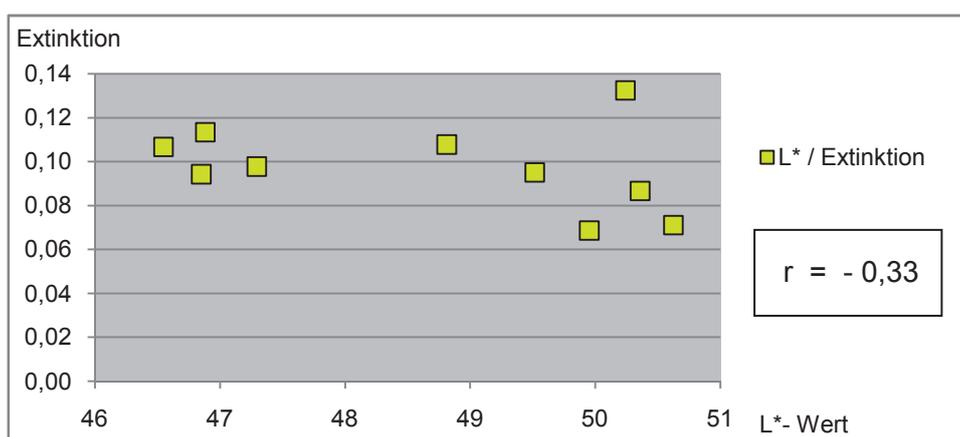


Abb. 56: Darstellung der Korrelation von L^* - Wert und Extinktion

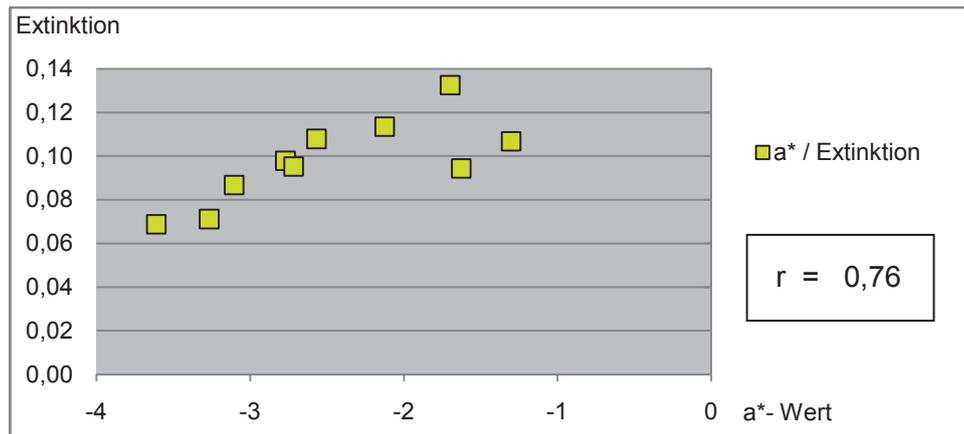


Abb. 57: Darstellung der Korrelation von a*- Wert und Extinktion

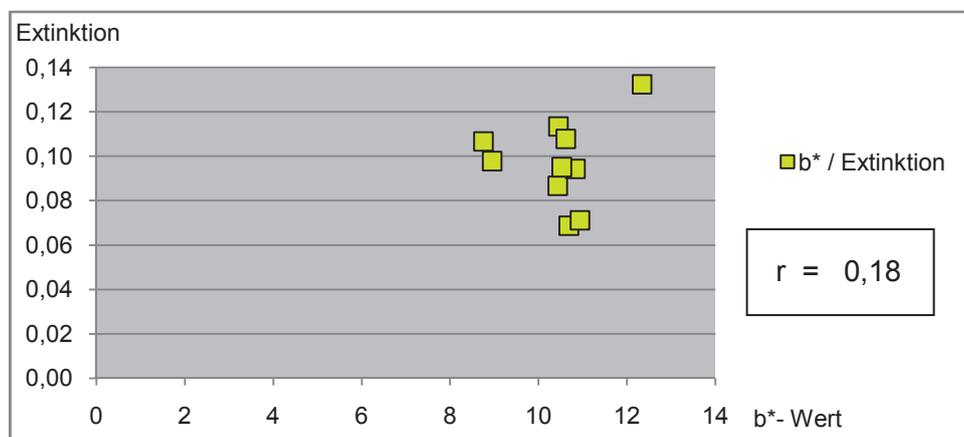


Abb. 58: Darstellung der Korrelation von b*- Wert und Extinktion

Durch die Abb. 56, 57 und 58 wird deutlich, dass es keinen perfekt positiven linearen Zusammenhang zwischen den L* a* b*- Werten und Extinktionen gibt.

5.2.2.3 Lagerung von Elstar

Um zu sehen inwieweit sich die Lagerung bei Raumtemperatur auf die Farbe auswirkt, wurden die Varianten 440 Tage (440 d) gelagert und ein weiteres Mal die L* a* b*- Werte und pH- Werte gemessen. Die Veränderungen sind in den folgenden Diagrammen vergleichend dargestellt.

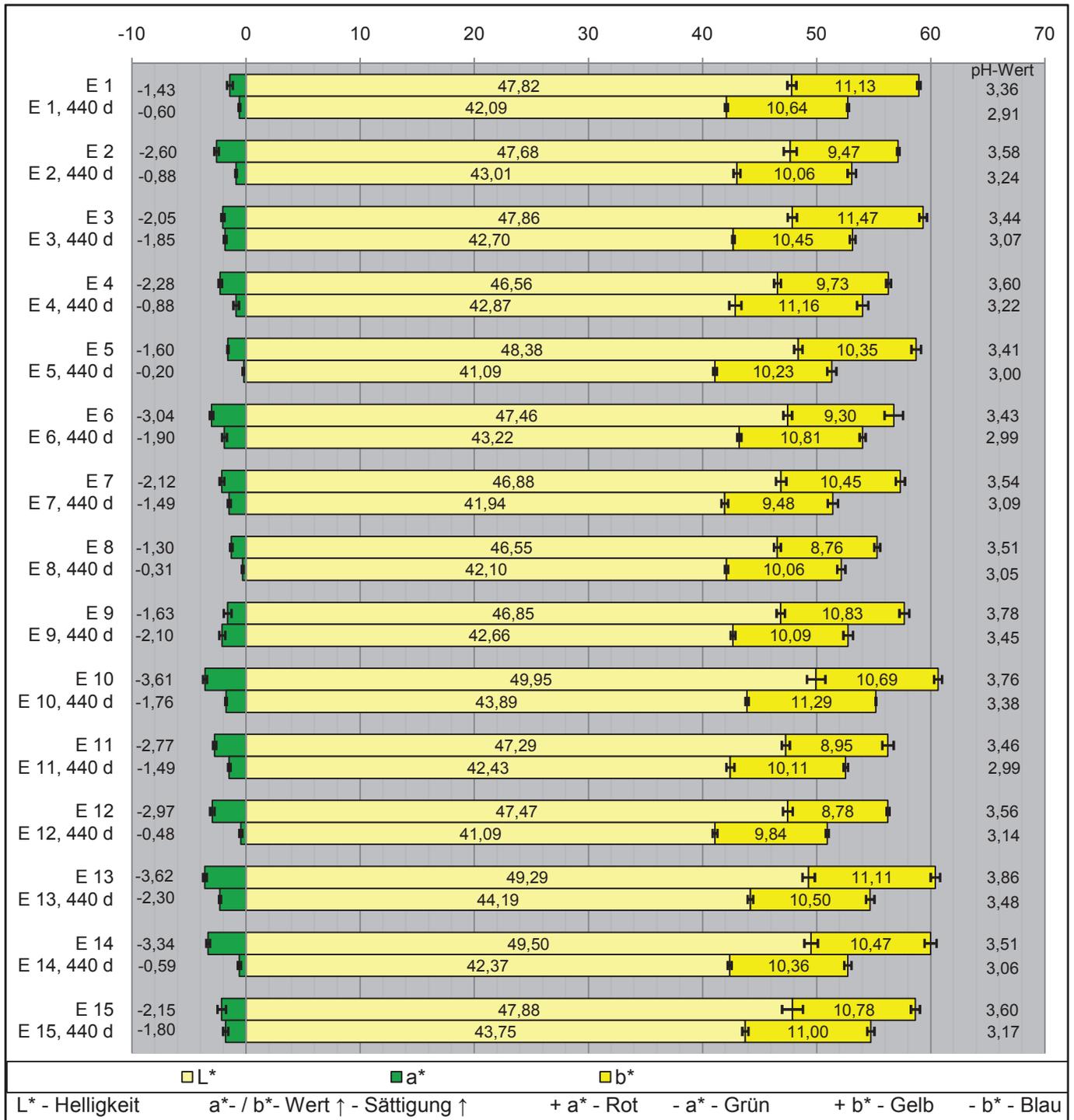


Abb. 59: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen 5 Tage und 440 Tage nach der Herstellung der Varianten mit Elstar

Das Diagramm Abb. 59 zeigt, dass sich die Lagerung negativ auf die Farbwerte der Apfelmuse auswirkt. Die Varianten waren nach der Lagerung von 440 Tage alle dunkler als 5 Tage nach der Herstellung. Bis auf die Variante E 9 waren die Sättigungen der a*- Werte nicht so hoch, wie die vor der langen Lagerung. Die Sättigungen der Varianten E 4, E 6, E 8, E 12 und E 15 waren höher als vor der Lagerung.

Bei allen anderen Varianten wirkte sich die Lagerung negativ auf die gelbe Sättigung aus. Die pH- Werte erniedrigten sich durch die Lagerung.

Wie sich die L* a* b*- Werte und pH- Werte der Varianten mit Stickstoffeintrag nach der Lagerung entwickelten, wird in dem folgenden Diagramm dargestellt.

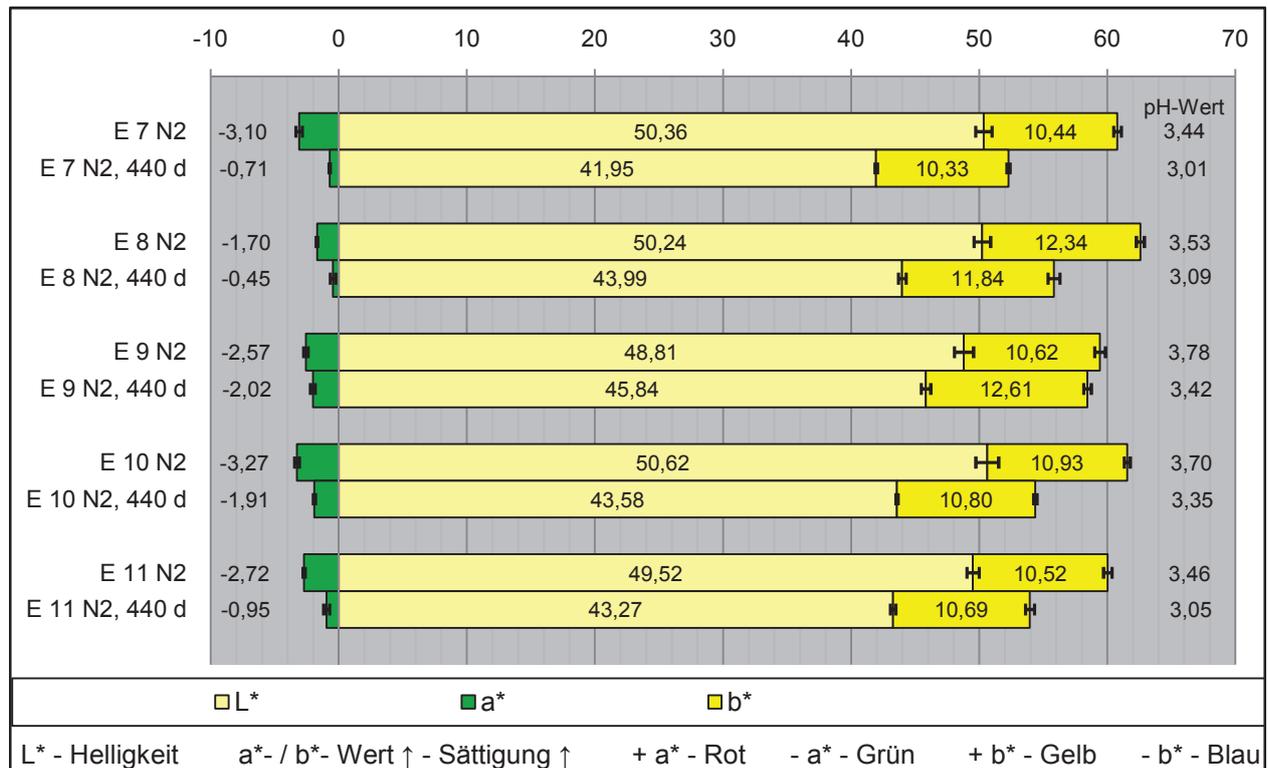


Abb. 60: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen 5 Tage und 440 Tage nach der Herstellung der Varianten mit Elstar mit Stickstoffeintrag

Durch das Diagramm Abb. 60 wird deutlich, dass die Lagerung einen negativen Einfluss auf die Farbe hatte. Die L* a* b*- Werte 440 Tage nach der Herstellung waren alle niedriger, als die Werte 5 Tage nach der Herstellung. Die pH- Werte erniedrigten sich ebenso bei allen Varianten.

5.2.3 Apfelsorte Royal Gala

Jede Apfelsorte hat unterschiedliche Mengen an zum Beispiel Enzymen und Pflanzenphenolen. Neben andere Inhaltsstoffe, beeinflussen diese die enzymatische Bräunung. Die Auswahl einer anderen Apfelsorte diente zum Sichtbarmachen der eventuellen Farbveränderungen durch Säurezugabe/n.

Dazu wurden einige Varianten mit der Apfelsorte Elstar ausgewählt, die ohne Veränderung der prozentualen Zugabe der Säuren mit der Sorte Royal Gala hergestellt wurden. Es wurde wieder die Variante 9, da sie nur mit Zuckerzugabe hergestellt worden ist, und die Variante 10, mit dem hellsten L*- Wert ausgewählt. Zusätzlich wurden Varianten, die mit der Sorte Elstar gute und schlechte L*- Werte aufwiesen, ausgesucht. Außerdem sollten die unterschiedlichen Zeiten von 0 h, 2 h und 4 h (h = Stunden) zwischen Abfüllen + Verschrauben und Pasteurisation der Apfelmuse einen möglichen Einfluss deutlich machen. Im Anschluss sind die Mittelwerte in Diagrammen dargestellt (Einzelwerte im Anhang ab Seite 112).

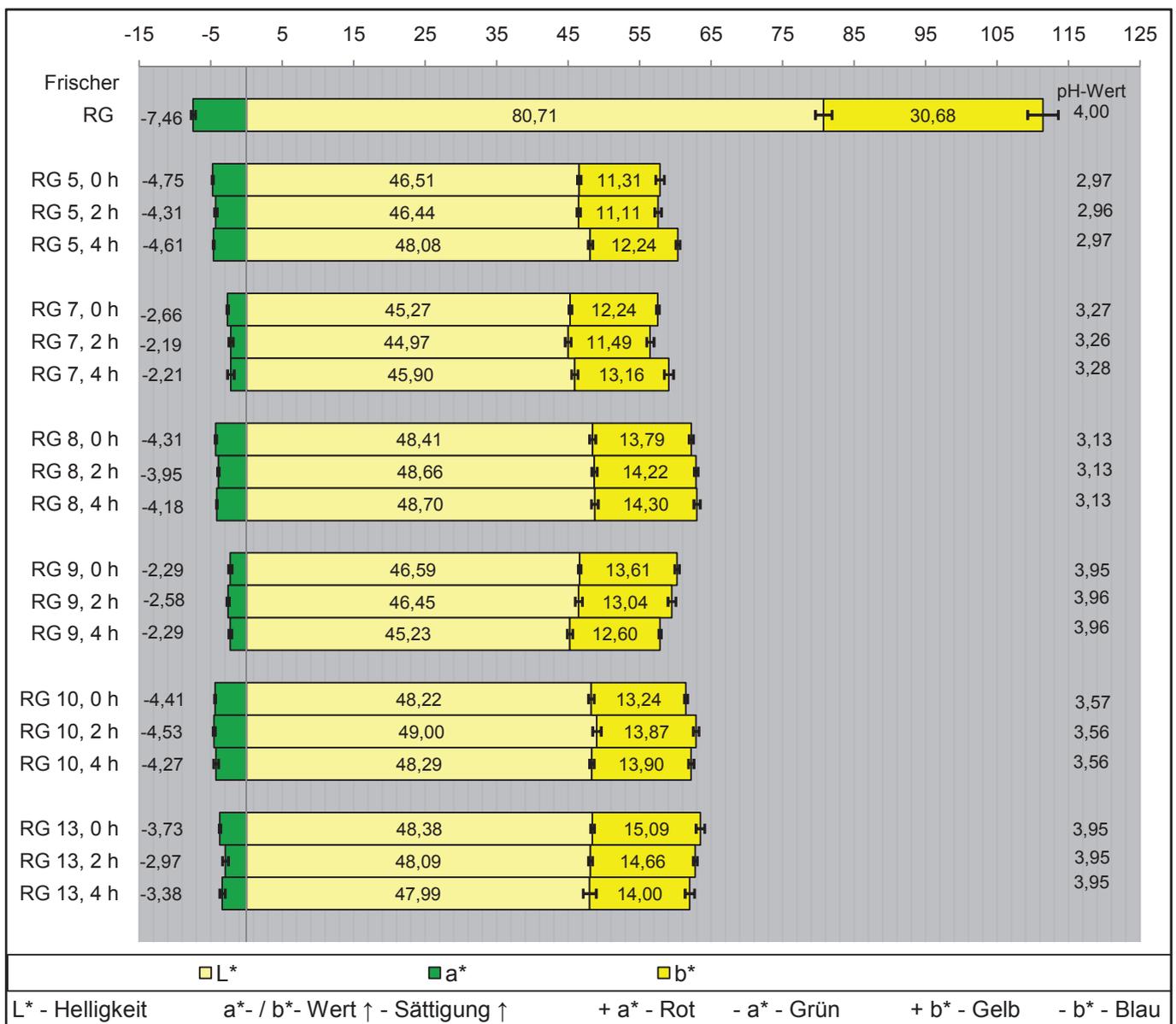


Abb. 61: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frischen Apfels und der Varianten mit Royal Gala nach 0/ 2/ 4 h

Anhand des Diagramms Abb. 61 ist ersichtlich, dass auch bei dieser Apfelsorte die enzymatische Bräunung durch Säurezugabe nicht verhindert, sondern nur reduziert werden kann. Die Wartezeit hatte nicht bei allen Varianten einen positiven Einfluss auf die L^* a^* b^* -Werte. Es gab zum Beispiel Varianten, die durch die Zeit bessere L^* - und b^* -Werte, aber dafür schlechtere a^* -Werte aufwiesen. Bei der Variante RG 13 wurden dagegen die besten L^* a^* b^* -Werte bei einer Wartezeit von 0 h (Stunden) gemessen. Die unterschiedliche Zeit zwischen Herstellung und Pasteurisation hatte keinen Einfluss auf den pH-Wert. Es gibt also nicht die eine Variante und die optimale Zeit durch die die besten L^* a^* b^* -Werte erzielt wurden. Demnach ist die Zeit, von der Säurezugabe und von dem gewünschten Ergebnis abhängig. Je nachdem welcher Wert besser sein soll, muss die Säurezugabe und Zeit ausgewählt werden.

5.2.3.1 Einige Probe-Versuche mit der Apfelsorte Royal Gala

In der Literatur gibt es keine Angaben darüber, wie viel Natriumsulfit Apfelmusen zugegeben werden kann. Bisher gibt es Angaben für zum Beispiel Trockenaprikosen und -pfirsichen und Äpfeln. Hier werden den Trockenaprikosen, -pfirsichen 0,2 % und Äpfeln 0,06 % hinzu gegeben. Deswegen wurden mit Apfelmus erste Probe-Varianten hergestellt. Diese Varianten sollten dazu dienen, sich heran zu testen und erste Ergebnisse zu erhalten. Eine unterschiedliche Zugabe an Natriumsulfit sollte deutlich machen, welche Mengen eine enzymatische Bräunung verhindern oder reduzieren könnten. Die Mittelwerte der Probe-Varianten sind in dem folgenden Diagramm vergleichend dargestellt. Zur besseren Gegenüberstellung sind die Werte eines frischen Apfels und der Variante RG 9 (nur mit Zucker) auch mit abgebildet. Die Einzelwerte sind im Anhang, ab Seite 112, nachzulesen.

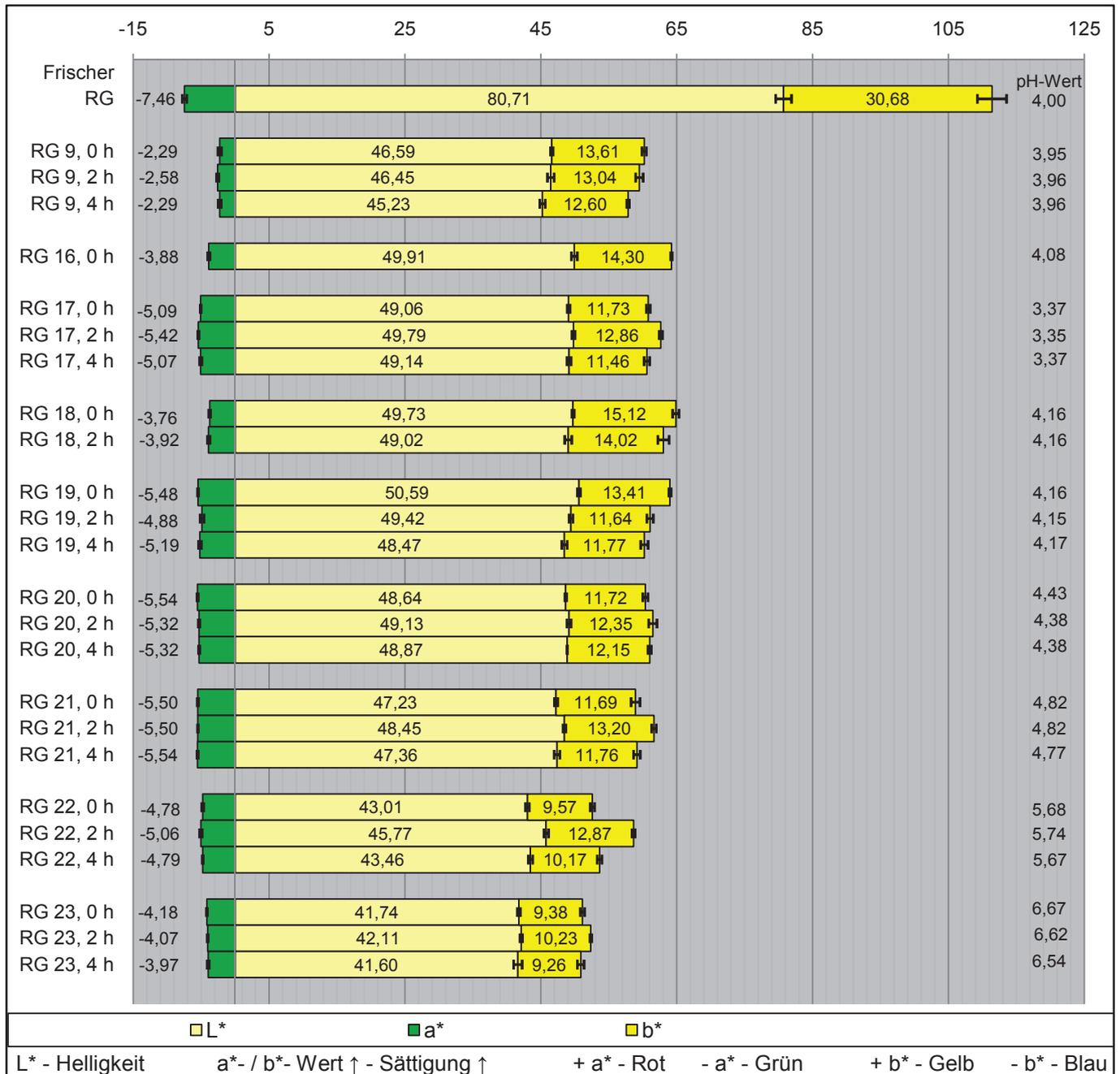


Abb. 62: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frischen Apfels, der Variante RG 9 und der Probe- Varianten mit Natriumsulfit mit Royal Gala nach 0/ 2/ 4 h

Das Diagramm Abb. 62 zeigt, dass auch die Zugabe von Natriumsulfit die enzymatische Bräunung nicht verhindern, sondern nur reduzieren kann. Bei den Varianten RG 22 und RG 23 ist sogar ein negativer Einfluss von Natriumsulfit erkennbar. Eine immer geltende Verbesserung der L* a* b*- Werte, durch die Wartezeit zwischen Herstellung und Pasteurisation, ist nicht zu erkennen. Das beste Ergebnis in Bezug auf den L*- Wert, konnte bei der Variante RG 17, 2 h und RG 19, 0 h gemessen werden. Die pH- Werte steigen mit der Natriumsulfitzugabe, aber werfen auch Fragen auf.

5.2.4 Apfelsorte Golden Delicious

Um zu sehen, wie sich eine Säurezugabe auf die Farbe einer weiteren Apfelsorte auswirkt, wurden einige Varianten mit der Apfelsorte Elstar ausgewählt, die ohne Veränderung der prozentualen Zugabe der Säuren mit der Sorte Golden Delicious durchgeführt wurden. Es wurde wieder die Variante 9, die nur mit Zuckerzugabe hergestellt wurde und die Variante 10, mit dem hellsten L*- Wert bei der Sorte Elstar, ausgewählt. Weiterhin wurde eine Variante mit einem dunklen L*- Wert ausgesucht. Dadurch sollte geklärt werden, ob es weitere Sorten gibt, die sich zur Herstellung von Apfelmus eignen. Außerdem sollte geprüft werden, ob eine Apfelmusherstellung der Äpfel mit Schale, möglich ist. Durch die sensorische Beurteilung könnte ersichtlich werden, ob die Prüfer einen Unterschied zwischen den Apfelsorten wahrnehmen und welche bevorzugt wird. Nachfolgend sind die Mittelwerte in Diagrammen dargestellt. Die Einzelwerte können im Anhang, ab Seite 117 und 124, nachgelesen werden.

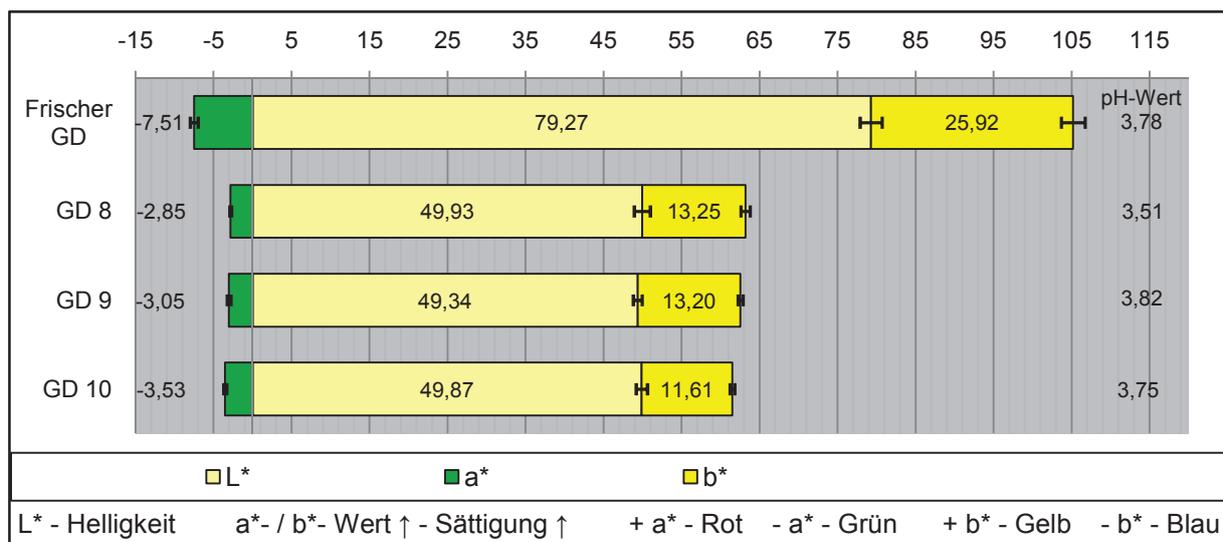


Abb. 63: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frischen Apfels und der Varianten mit Golden Delicious nach 5 Tagen

Anhand des Diagrammes Abb. 63 ist ersichtlich, dass eine Säurezugabe wieder die enzymatische Bräunung nicht verhindern konnte. Die Varianten waren dunkler und nicht so kräftig grün und gelb, wie das Fruchtfleisch eines frischen Apfels. Die L*- Werte waren alle etwa ähnlich. Bei den a*- und b*- Werten wurden gute und weniger gute Werte gemessen.

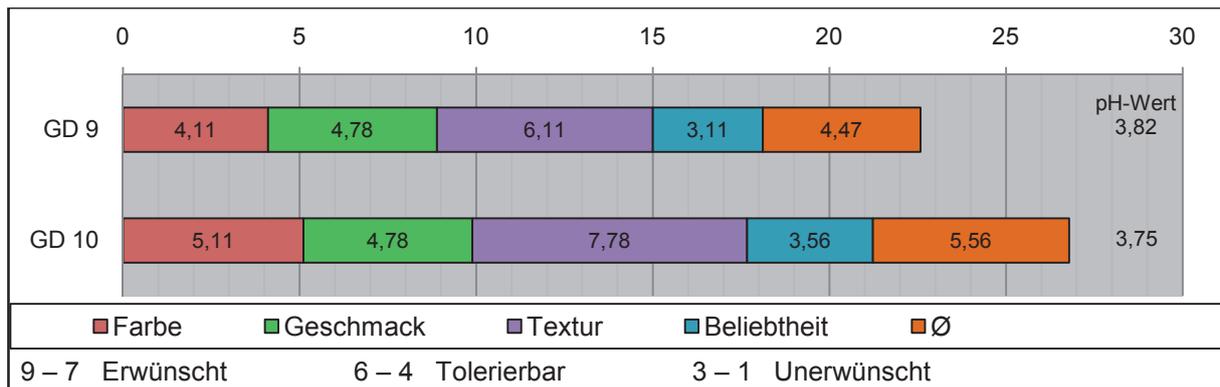


Abb. 64: sensorische Beurteilungen und pH- Werte (nach 5 Tagen) der Varianten mit Golden Delicious

Das Diagramm Abb. 64 zeigt, dass die Prüfer zwar einen Unterschied in Bezug auf die Farbe erkannt haben, aber der Geschmack nicht unterschiedlich benotet worden ist. Dabei ist zu beachten, dass die Variante GD 9 nur mit Zuckerzugabe hergestellt wurde. In den Bemerkungen wurde der hohe Schalenanteil von den Prüfern beanstandet. Die kleinen Schalenteile waren scharfkantig und merklich im Mund zu spüren.

Um die gemessenen $L^* a^* b^*$ - Farbwerte und Extinktionen der Varianten besser zu vergleichen, wurden die Werte in den nachfolgenden Korrelationsdiagrammen dargestellt und die Korrelationszahlen r ausgerechnet. Dadurch kann eine eventuelle Beziehung zwischen den $L^* a^* b^*$ - Werten und Extinktionen dargestellt werden. Anhand der Korrelationszahl r kann die Stärke der Beziehung abgelesen werden.

Wenn: $r = 1$: perfekt positiver linearer Zusammenhang

$r = -1$: perfekt negativer linearer Zusammenhang

$r = 0$: kein linearer Zusammenhang

(1 = voll / 0,7 – 1 = stark / 0,3 – 0,7 = mittel / 0 – 0,3 = schwach)

(Quelle 36, 37, 38, 39)

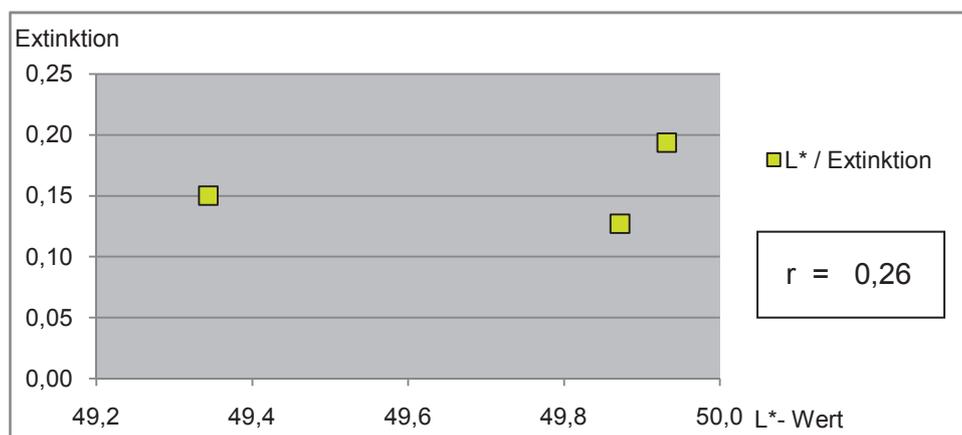


Abb. 65 Darstellung der Korrelation von L^* - Wert und Extinktion

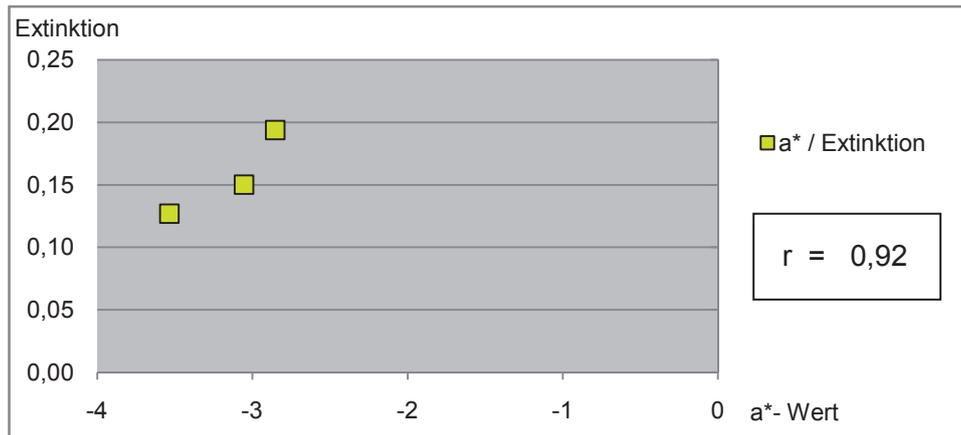


Abb. 66: Darstellung der Korrelation von a*- Wert und Extinktion

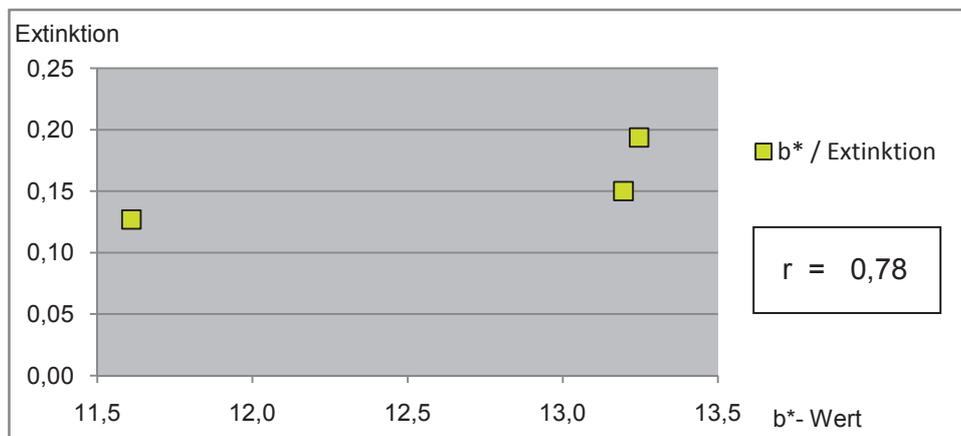


Abb. 67: Darstellung der Korrelation von b*- Wert und Extinktion

Durch die Abb. 65, 66 und 67 wird deutlich, dass es keinen perfekt, positiven linearen Zusammenhang zwischen den L* a* b*- Werten und Extinktionen gibt.

5.2.4.1 Lagerung von Golden Delicious

Die erneute Messung der L* a* b*- Werte und pH- Werte nach einer Lagerung von 440 Tagen (440 d) der Apfelmuse, sollte eine eventuelle Veränderung zeigen.

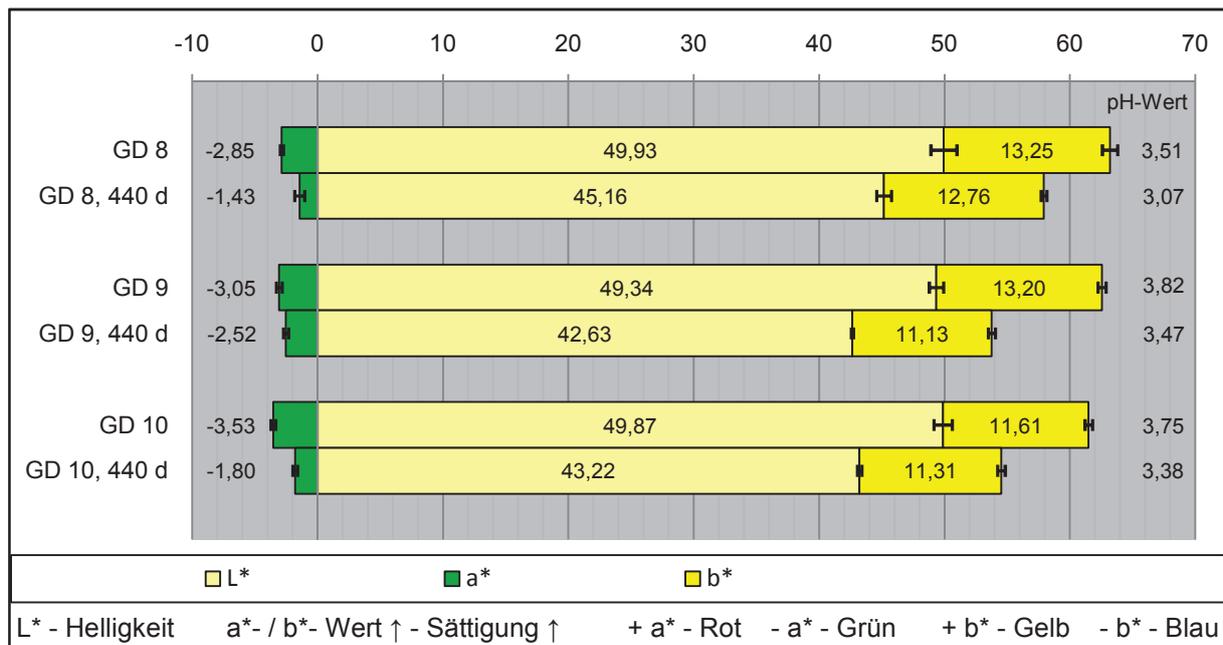


Abb. 68: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen 5 Tage und 440 Tage nach der Herstellung der Varianten mit Golden Delicious

Anhand des Diagramms Abb. 68 wird deutlich, dass die Lagerung einen negativen Einfluss auf die L* a* b*- Werte hatte. Die Varianten waren alle dunkler und die Sättigung der grünen und gelben Werte nahm ab. Der pH-Wert erniedrigte sich ebenso.

5.2.5 Apfelmuse aus dem Handel

Um Werte von Produkten aus dem Handel zu erhalten, wurden einige ausgewählt und gemessen. Dafür wurden die L* a* b*- Farbwerte und der pH-Wert der Apfelmuse ermittelt. Zusätzlich sollten sie sensorisch beurteilt werden. Dabei sollte geklärt werden, ob die Prüfer einen Unterschied wahrnehmen und welcher Apfelmus bevorzugt wird. Nachfolgend sind die Mittelwerte der einzelnen Produkte in Diagrammen dargestellt. Zusätzlich werden von den einzelnen Apfelsorten die Varianten mit den besten L*-Werten zum Vergleich abgebildet. Da die Variante E 13 ebenfalls einen guten L*-Wert hatte und zur sensorischen Beurteilung ausgewählt wurde, wird sie mit abgebildet. Die Einzelwerte der Produkte aus dem Handel können im Anhang, ab Seite 118 + Sensorik ab Seite 124, nachgelesen werden.

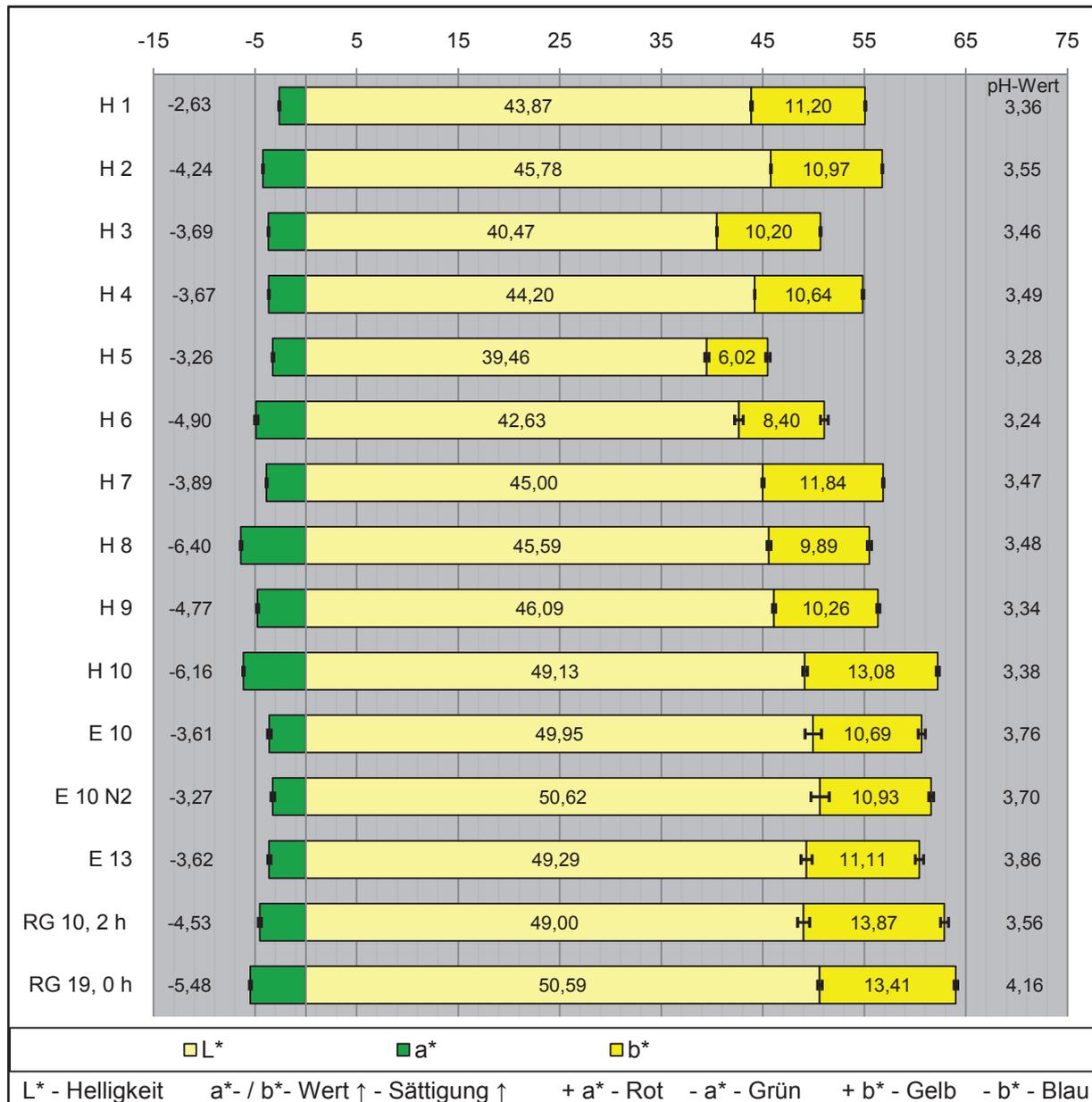


Abb. 69: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Produkte aus dem Handel und einiger selbst hergestellter Varianten nach 5 Tagen

Beim Vergleich der Werte im Diagramm Abb. 69 zeigt sich, dass die Apfelmuse aus dem Handel ganz verschiedene L* a* b*- Werte hatten. Das setzt sich bei den pH- Werten fort. Außerdem gibt es Apfelmuse, die aus vorgekochten und kalt geriebenen Äpfeln hergestellt wurden und denen verschiedenste Zutaten beigemischt worden sind. Demnach hat der Verbraucher eine große Auswahl und kann das ihm am besten aussehende und schmeckende Produkt finden. Außerdem zeigt das Diagramm, dass die selbst hergestellten Varianten, bis auf die Variante RG 10, 2 h, alle hellere L*- Werte hatten, als die Produkte aus dem Handel.

Da die Produkte aus dem Handel wahrscheinlich länger gelagert worden sind, als die selbst hergestellten Varianten, die nach 5 Tagen gemessen worden sind, werden die Produkte im folgenden Diagramm mit einigen Varianten nach einer Lagerung von 440 Tagen noch einmal verglichen.

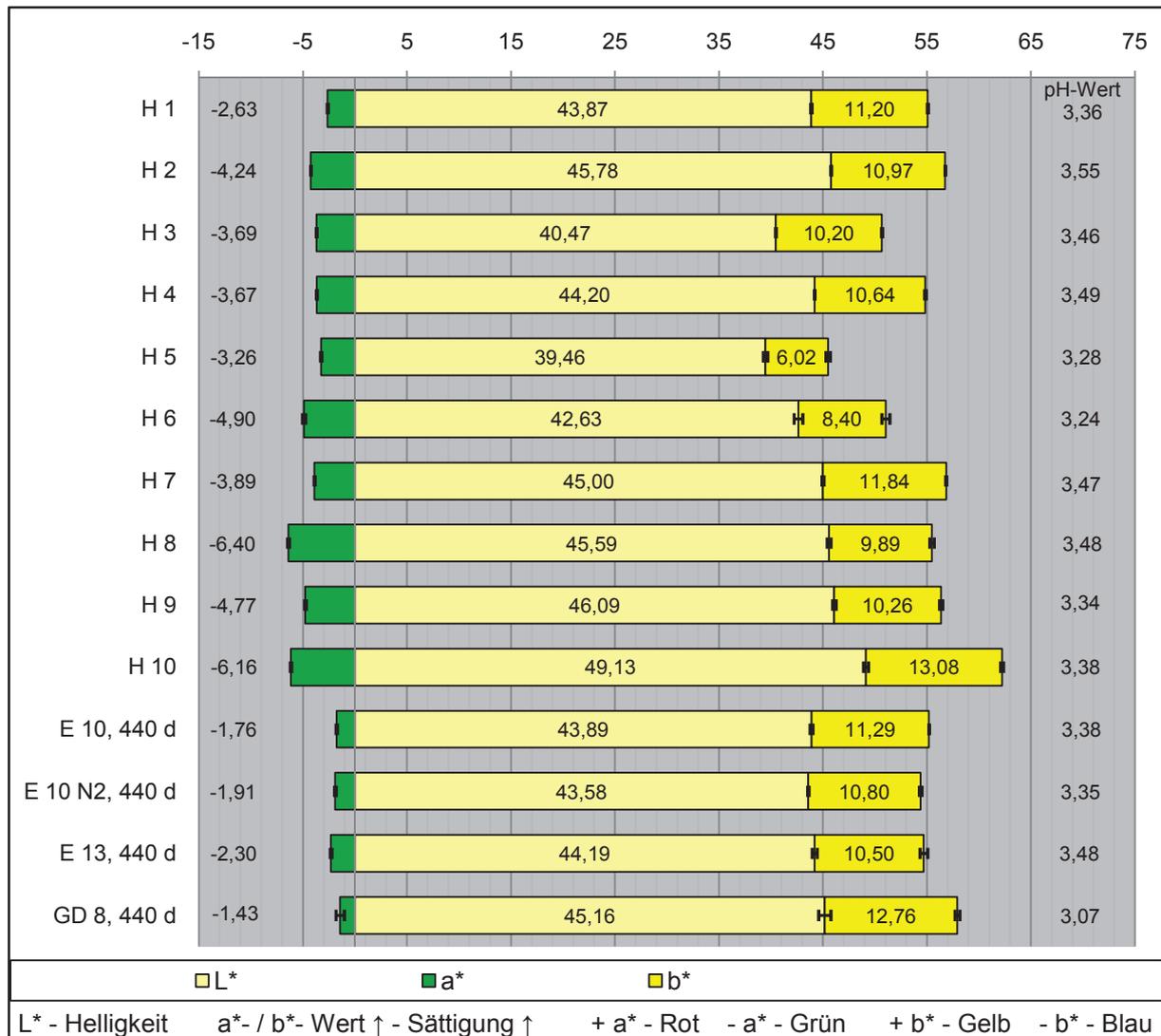


Abb. 70: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Produkte aus dem Handel und einiger selbst hergestellter Varianten nach 440 Tagen

Beim Vergleich der Werte die in der Abb. 70 dargestellt sind, fällt auf, dass die L* a* b*- Werte der Produkte aus dem Handel mehr den L*- Werten der selbst hergestellten Varianten nach einer Lagerung von 440 Tagen ähneln.

In dem nachfolgenden Diagramm sollen die sensorischen Beurteilungen der Produkte aus dem Handel und der Besten, selbst hergestellten Varianten, zum Vergleich abgebildet werden.

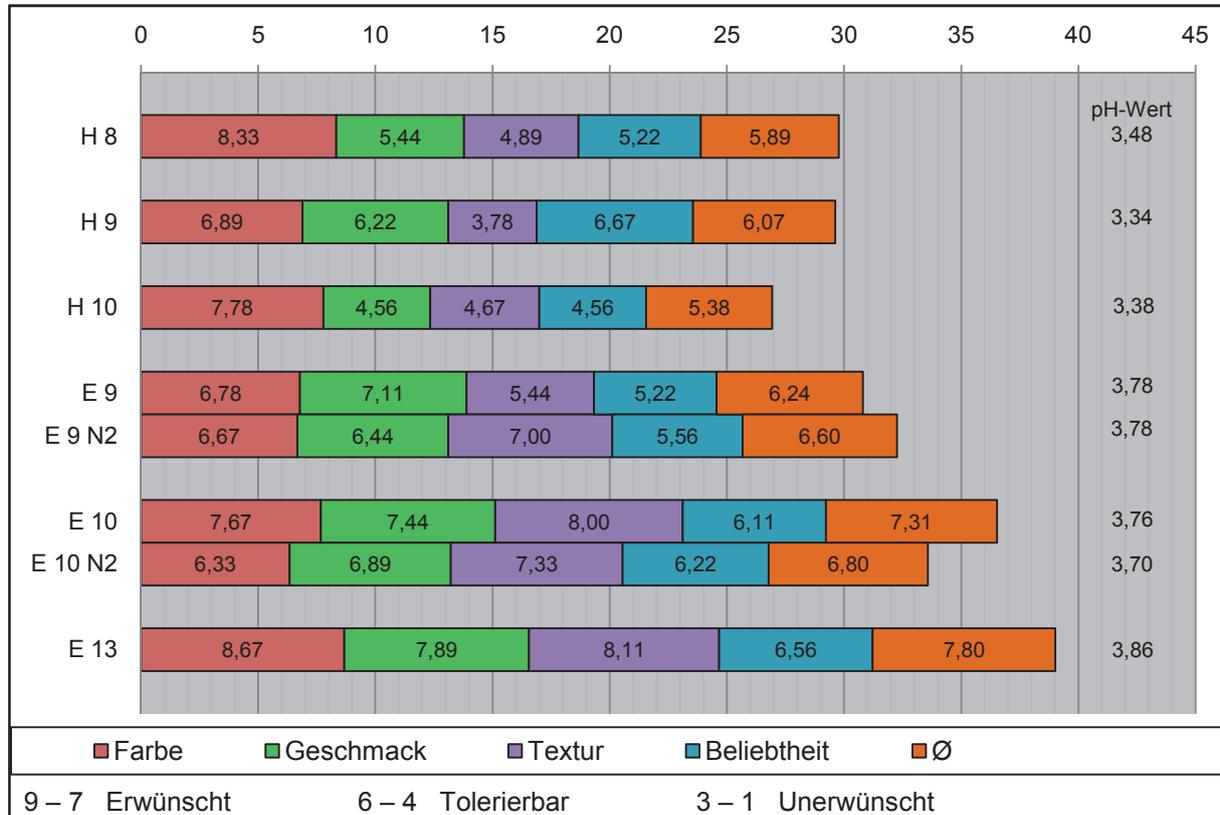


Abb. 71: Sensorische Beurteilungen und pH- Werte der Produkte aus dem Handel und einige selbst hergestellte Varianten

Durch das Diagramm Abb. 71 wird deutlich, dass die Prüfer den Geschmack des kalt geriebenen Apfelmuses nur eine mittelmäßige Note gaben. Weiterhin ist zu sehen, dass die Prüfer das Produkt, das ihnen am besten geschmeckt hat, ein weiteres Mal kaufen würden. Außerdem wurden die selbst hergestellten Varianten besser benotet, als die Produkte aus dem Handel. Obwohl die selbst Hergestellten auch kalt gerieben waren.

5.2.6 Vergleich einiger Parameter von Elstar, Royal Gala und Golden Delicious

Um die erhaltenen Werte der Varianten besser gegenüberstellen zu können, sind sie in dem nachfolgenden Diagramm dargestellt. Die wichtigsten Parameter sind die L* a* b*-Farbwerte und pH- Werte. Bei den Varianten wurden die gleichen prozentualen Mengen an Zucker und/ oder Säure/n dazugegeben.

Es wurden lediglich verschiedene Apfelsorten verwendet. Dadurch kann der Einfluss der Säure deutlich gemacht werden. Die Werte wurden alle 5 Tage nach der Herstellung gemessen und bei der Sorte Royal Gala wurden die Werte, von 0 h verwendet.

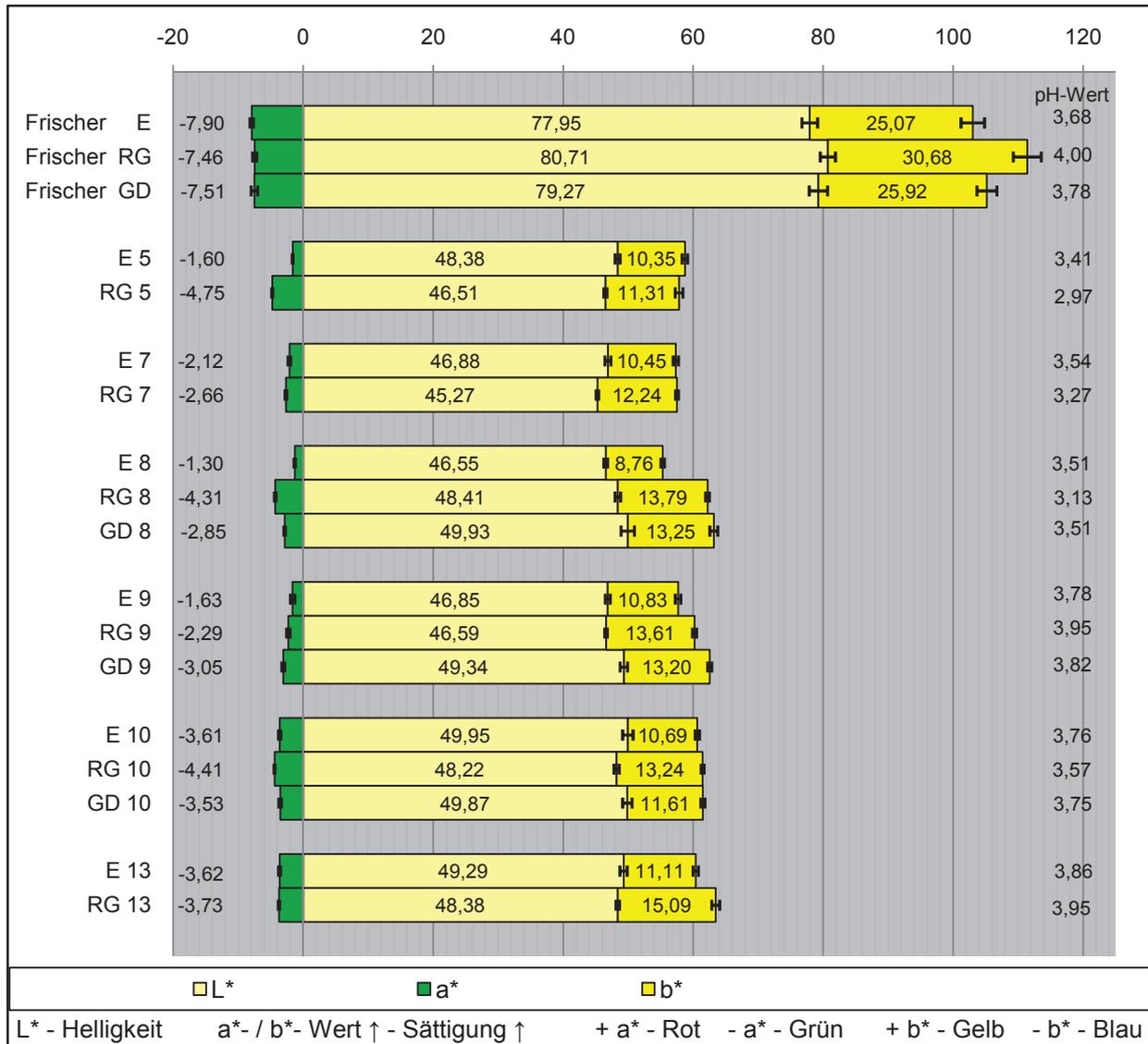


Abb. 72: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der frischen Äpfel und einiger Varianten mit verschiedenen Apfelsorten

Das Diagramm Abb. 72 zeigt, dass bei keiner der Apfelsorten die Säurezugabe ausgereicht hat, um die enzymatische Bräunung zu verhindern. Die Säurezugabe hat bei der Apfelsorte Golden Delicious am wenigsten die Farbe erhöht und somit die enzymatische Bräunung reduziert. An den Varianten E 8, RG 5 und RG 8 zu sehen, hatte die Säurezugabe sogar einen negativen Einfluss auf die Farbe. Bei der Variante E 7 war der Einfluss sehr gering. Die Varianten E 10, E 13, RG 8, RG 13 und GD 8 der jeweiligen Apfelsorten stellten sich als die Hellsten heraus. Der pH- Wert von E 13 war der einzige, der sich erhöhte und somit der Zuckerzusatz höher, als die Säurezugabe war.

6 Diskussion

Durch den Vergleich der L^* a^* b^* - Werte eines frisch aufgeschnittenen Apfels mit den L^* a^* b^* - Werten der einzelnen Varianten sollte eine Farbveränderung deutlich gemacht werden. Die Variante 9 wurde nur mit Zuckerzusatz hergestellt und dient ebenso zum sichtbar machen der Farbveränderungen.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Farbe wurde ersichtlich, dass die enzymatische Bräunung trotz der Zugabe von Säuren, Stickstoffbegasung und/ oder Natriumsulfit nicht verhindert, sondern nur reduziert werden kann. Eine Säure- oder Natriumsulfitzugabe führte nicht zwingend zu einer Reduzierung der Bräunung und somit Verbesserung der L^* a^* b^* - Werte. Es zeigte sich auch ein negativer Einfluss. Außerdem muss eine große Menge von Säure oder Natriumsulfit nicht immer zu einer sehr hellen Farbe führen.

Die Varianten mit Zugabe von Zitronensäure allein, als auch in Kombination mit einer anderen Säure, brachte nur gering bessere oder schlechtere L^* - Werte. Wenn einer Variante nur Äpfelsäure zugegeben wurde, hatte sie sogar einen negativen Einfluss auf die L^* - Werte. Eine Zugabe von Ascorbinsäure, Zitronensäure und Äpfelsäure brachte nur gering bessere L^* - Werte hervor. Es ist außerdem zu sehen, dass die Ascorbinsäure helle L^* - Werte bewirkte. Aus den Werten kann ein positiver Einfluss der Ascorbinsäure + Äpfelsäure abgeleitet werden.

Da jede Apfelsorte ihre eigenen Inhaltsstoffe hat und zum Beispiel, die Lagerung eine Rolle spielt, können hier keine immer geltenden Zugaben erfolgen. Eventuell muss eine für die Apfelsorte entsprechende Menge an Säure und/ oder Natriumsulfit zugegeben werden. Außerdem kann, wie schon in der Literatur angegeben, eine große Menge prooxidativ wirken. Aus den Ergebnissen der Vorversuche und Hauptversuche zeigte sich, dass eine geringe Menge an Säure zum Apfelmus, zu besseren L^* a^* b^* - Werten führte. Eine Zugabe von 2 Säuren (Antioxidantien: Ascorbinsäure + Äpfelsäure) ergaben die höchsten L^* - Werte der Apfelmuse, mit den Apfelsorten Elstar und Royal Gala. Vermutlich hat eines als Antioxidationsmittel und eines als Komplexbildner oder Synergist gewirkt hat. Bei Apfelmus der Sorte Golden Delicious wurde bei einer Zugabe von 3 Säuren der höchste L^* - Wert gemessen.

Wenn den Apfelmusen Natriumsulfit beigemischt wird, zeigte eine mittlere Menge (0,060 % Natriumsulfit, keine andere Säure), den besten L*- Wert. Natriumsulfit kann aufgrund seiner Eigenschaften, die Enzyme die zur Bräunung führen können, inaktivieren und somit als guter Bräunungshemmer gesehen werden. Jedoch hat bei den Varianten eine große Menge an Natriumsulfit, wahrscheinlich den pH- Wert des Apfelmuses erhöht und somit gute Bedingungen für das Entstehen der enzymatische Bräunung geschaffen (pH- Optimum Bräunung 5 – 6).

Eine lange Wartezeit zwischen Herstellung und Pasteurisation zeigte nicht immer bessere L* a* b*- Werte.

Wenn die Äpfel vor der Herstellung von Apfelmus kühl (10 °C) gelagert werden und eine Zugabe von Antioxidationsmitteln erfolgt, können vielleicht noch bessere L*- Werte erhalten werden. Eine Wartezeit zwischen Herstellung und Pasteurisation ist anhand der gewünschten L* a* b*- Werte der Endprodukte auszuwählen.

Die Lagerung der pasteurisierten Apfelmusvarianten bei Raumtemperatur, wirkte sich erwartungsgemäß negativ auf alle L*- Werte aus. Denn die L*- Werte erniedrigten sich. Bei den a*- Werten fanden, bis auf eine Ausnahme, überall Erniedrigungen statt. Die b*- Werte wurden bei einigen Varianten erhöht und bei einigen erniedrigt. Eine Erniedrigung der L* a* b*- Werte ist nicht vorteilhaft. Jedoch waren die besten L*- Werte der selbst hergestellten Varianten nach 5 Tagen, auch die besten L*- Werte nach der Lagerung von 440 Tagen (vor und nach der Lagerung: E 10). Die L* a* b*- Werte der Produkte aus dem Handel waren dunkler, als die Werte der Varianten nach 5 Tagen. Anhand der Herstellungsangaben der Firmen, waren die Apfelmuse, bei Messung der L* a* b*- Werte, mindestens 90 Tage alt. Das könnte der Grund für die dunklen L*- Werte der Produkte aus dem Handel sein.

Eventuell kann eine Kühlung von 10 °C die Nachbräunung besser hemmen.

Eine Verdrängung des Luft-Sauerstoffs, durch Stickstoffbegasung, beim Befüllen der Gläser, wirkte sich allgemein positiv auf die Farbe aus. Bei den Versuchsvarianten wurden durchweg hellere L*- Werte gemessen. Aber das konnte nicht für die a*- und b*- Werte bestätigt werden. Hier wurden einige Werte erniedrigt und andere erhöht.

Je höher die L^* a^* b^* - Werte, desto besser. Denn die Werte von dem Fruchtfleisch der Äpfel waren sehr hoch.

Bei der Apfelsorte Elstar zeigte sich, dass sich ein hoher (3,86) pH- Wert positiv auf die Farbe auswirkt. Bei den Sorten Royal Gala und Golden Delicious wurde dies so nicht ersichtlich. Bei der Sorte Royal Gala wurde beim Vergleich der Varianten untereinander, bei einem mittleren pH- Wert (3,56) der höchste L^* - Wert gemessen. Wenn der pH- Wert sehr niedrig (2,96) war, konnte beim Vergleich mit der Variante RG 9 (nur mit Zucker) kaum eine Änderung des L^* - Wertes erkennbar werden. Beim Vergleich der Varianten untereinander mit der Sorte Golden Delicious konnte ein hoher L^* - Wert bei einem niedrigen pH- Wert (3,51) gemessen werden. Bei den Varianten mit Stickstoffeintrag konnte kein Zusammenhang gesehen werden.

Laut der Literatur sind niedrige pH- Werte besser zur Verhinderung der enzymatischen Bräunung. Alle pH- Werte der Varianten lagen im sauren Gebiet und es entstand überall eine enzymatische Bräunung. Es konnte jedoch meistens durch die Säurezugabe/n ein mehr oder weniger hellerer L^* - Wert gemessen werden. Bei einer Variante (RG 19) wurde ein sehr hoher pH- Wert (6,54 und höher) gemessen und die L^* - Werte waren sehr niedrig, wodurch das pH- Optimum der enzymatischen Bräunung bei 5 – 6, bestätigt werden kann. Eine Abhängigkeit der pH- Werte und L^* a^* b^* - Werte der Produkte aus dem Handel war nicht zu erkennen. Das ist aufgrund der unterschiedlichen Zutaten eher schwierig. Weiterhin können aus den Zutatenlisten die verwendeten Apfelsorten und prozentualen Zugaben nicht abgelesen werden.

Ein Zusammenhang der L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte können nur als Anhaltspunkt gesehen werden, da es hier keine extremen Unterschiede und immer geltende Abhängigkeiten gab. Außerdem handelt es sich bei dem Apfel um einen Rohstoff der natürlichen Schwankungen unterliegt. Weiterhin wurde die Zuckerzugabe nicht anhand der Säurezugabe berechnet.

Die Verwendung von Säure, Stickstoff und/ oder Natriumsulfit kann sich positiv auf die Farbe auswirken. Wobei die Varianten an unterschiedlichen Tagen hergestellt wurden und weitere Gründe als nur die Säure-, Stickstoff und/ oder Natriumsulfitzugabe eine Rolle spielen könnten.

Zum Beispiel könnten die Herkunft der verwendeten Äpfel und der Gehalt an Säuren, Pflanzenphenolen und ihre Polyphenoloxidase- Aktivität unterschiedlich sein. Die Länge der Lagerung, sowie die Lagertemperatur spielen ebenso eine entscheidende Rolle. Weiterhin kann der pH- Wert, der durch die gesamte Zugabe der Säure beeinflusst wird, ausschlaggebend sein. Außerdem kann die Reihenfolge der Herstellung und anschließende Pasteurisation von Bedeutung sein. Die in der Literatur angegebene Verhinderung der Bräunung durch Säurezugabe und/ oder Stickstoffbegasung kann somit bestätigt werden.

Die sensorisch beurteilten Farben, zeigten unterschiedliche Benotungen als die $L^* a^* b^*$ - Werte. Zum Beispiel wurde die Farbe als nicht sehr hell eingestuft, obwohl die $L^* a^* b^*$ - Werte das aussagten. Anhand der Ergebnisse können die Farben nicht zuverlässig und genau abgelesen werden. Dies könnte eventuell daran liegen, dass die Messung der $L^* a^* b^*$ - Werte einige Tage früher durchgeführt wurde, als die sensorische Beurteilung. Hier könnte eine Nachbräunung stattgefunden haben. Außerdem ist der Farbeindruck des Auges subjektiv und die gemessenen $L^* a^* b^*$ - Werte werden objektiv vom Gerät gemessen. Es wird somit deutlich, wie wichtig die Messung der Farbe mit der $L^* a^* b^*$ - Farbmeterik war.

Von den Prüfern wurden die Varianten mit der Sorte Elstar, mit einem pH- Wert von 3,78 und tiefer, als zu sauer bewertet, während eine Variante mit einem pH- Wert von 3,86 (E 13), als etwas zu süß empfunden wurde. Vermutlich wäre ein pH- Wert der dazwischen liegt, für das Zucker- Säure- Verhältnis optimal. Die sensorische Beurteilung vom Apfelmus aus Äpfeln der Sorte Golden Delicious ergaben ziemlich schlechte Noten (Mittelwert 4,78), weil die Schalenstücke von den Prüfern bemängelt wurden. Die Noten für die Produkte aus dem Handel sagten aus, dass die Apfelmuse nicht stark genug nach Apfel schmeckten. Jedoch kann der Geschmack durch die längere Lagerung, als bei den selbst hergestellten Varianten, negativ beeinflusst worden sein. Bei der sensorischen Beurteilung wurden die Varianten mit Stickstoffeintrag nicht so gut benotet. Die beiden Varianten ohne Stickstoffeintrag zeigten eine bessere Bewertung der Farbe und des Geschmacks, als die beiden Varianten mit Stickstoffeintrag. Eventuell konnte sich, wie bei einer zu frühen und hohen Zugabe von Antioxidationsmittel und zu starken Stickstoffüberlagerung der Maische bei der Apfelsaftherstellung, nicht die vom Verbraucher geforderte Apfelfarbe und das typische Apfelaroma entwickeln.

Bei der Verwendung des Kartoffelreibzylinders zur Apfelmusherstellung ist es besser, die Äpfel vor der Verarbeitung zu schälen. Der Stickstoffeintrag müsste eventuell der Zugabe an Antioxidationsmitteln angepasst werden, dass es zur Ausbildung der typischen Farbe und des typischen Geschmacks kommen kann. Vielleicht können reduzierte Mengen sinnvoll sein.

Die erhaltenen Noten bei der sensorisch beurteilten Textur sagen aus, dass die Prüfer im Durchschnitt ein vorgekochtes Apfelmus bevorzugen. Aber die Noten waren sehr unterschiedlich und die Prüfer haben eventuell die festere Konsistenz von kalt geriebene Apfelmus nicht erkennen können. Denn laut Tscheuschner (1996) sind kalt geriebene Apfelmuse aromatischer und fester.

Die Beurteilungen der Textur müssen jedoch auch mit Vorsicht betrachtet werden, da es zum unzureichenden Umrühren der Varianten gekommen sein kann. Außerdem kann das kalt geriebene Apfelmus (H 8) aus dem Handel so klein püriert worden sein, dass die Prüfer deshalb keinen Unterschied bemerkten.

Die Auswertung der sensorischen Beurteilung der Beliebtheit gibt nur zum Teil die Betonung der Merkmale Farbe und Geschmack wieder. Keine der Varianten konnte die Prüfer wirklich überzeugen.

Jedoch finden die Prüfer die Varianten E 13 und H 9 gut und würden sie kaufen. Die Varianten E 4, E 10 und E 10 N₂ sind gerade noch beliebt und würden ab und zu gekauft werden. Alle anderen wurden schlechter benotet.

Die Auswertung der Photometrie zeigte kein eindeutiges Ergebnis. Es konnte kein direkter Zusammenhang der gemessenen L*a*b*- Werte und Extinktionen festgestellt werden. Anhand der Vorversuche gab es einen zum Teil fast linearen Zusammenhang der L* a* b*- Werte und Extinktionen nach Aufbereitung 3, mit Ultra Turrax. Die Hauptversuche wurden ebenso wie die Vorversuche aufbereitet. Hier war bei einigen ein Zusammenhang, aber bei anderen dagegen wieder nicht zu sehen. Es können also durch die Extinktionen keine Angaben über eine enzymatische Bräunung abgeleitet werden.

In der Literatur wird angegeben, dass aufgrund der großen Partikel im Apfelmus keine photometrische Messung durchführbar ist. Deswegen wurden bei der Aufbereitung die Varianten vor der Messung unter anderem filtriert.

Mit großer Wahrscheinlichkeit konnte die Farbe der Apfelmuse aus den Hauptversuchen nicht immer vollständig gelöst und photometrisch gemessen werden.

Die Varianten aus den Vorversuchen wurden viel später aufbereitet und gemessen, als die Varianten aus den Hauptversuchen. Vielleicht waren die Hauptversuche zu frisch und es können nur ältere und nachgebräunte Varianten gemessen werden.

Aus den erhaltenen Ergebnissen der Messung der Photometrie, kann somit weder eine mögliche, noch eine unmögliche Ableitung der enzymatischen Bräunung, durch Extinktionsmessung abgelesen werden. Außerdem kann die Farbe des Fruchtfleisches eines frischen Apfels nicht so einfach gemessen werden, wie mit der $L^* a^* b^*$ - Messung und somit zum vergleichen dienen. Möglicherweise könnten durch andere Aufbereitungen der Äpfel und Varianten doch mit Hilfe der Photometrie Aussagen über eine enzymatische Bräunung gemacht werden.

Schlussfolgernd ist zu sagen, dass eine enzymatische Bräunung durch Säure-, Stickstoff- und/ oder Natriumsulfitzugabe reduziert werden kann. Einige Apfelmuse waren sogar heller, als die im Handel angebotenen Produkte. Es gibt aber nicht die perfekte Variante für alle Apfelsorten.

Für die Sorte Elstar wurden die besten L^* - Werte durch eine Zugabe von 0,05 % Ascorbinsäure und 0,150 % Äpfelsäure gemessen. Und auch bei dieser Zugabe mit Stickstoffeintrag. Bei der Sorte Royal Gala wurden die höchsten L^* - Werte ebenso bei dieser Zugabe gemessen, jedoch mit dem Unterschied, das die Pasteurisation erst 2 Stunden nach der Herstellung statt fand. Der Apfelmus mit der Sorte Royal Gala mit 0,06 % Natriumsulfit und einer Pasteurisation direkt nach der Herstellung, zeigte die höchsten L^* - Werte. Hier muss aber nach der Pasteurisation die noch enthaltene Menge an Schwefeldioxid gemessen und unbedingt die gesetzlich vorgeschriebene, täglich maximal zugeführte Höchstmenge beachtet werden.

Anhand der sensorischen Beurteilung ist zu sehen, dass die selbst hergestellten Varianten den Prüfern besser schmeckten, als die Produkte aus dem Handel. Mit dem verwendeten Pürrierzylinder ist ein Schälen der Äpfel notwendig.

Für die Sorte Elstar ist eine Zugabe von 0,250 % Ascorbinsäure empfehlenswert. Der pH-Wert sollte zwischen 3,78 und 3,86 liegen. Ein Stickstoffeintrag ist anhand der Ergebnisse nicht ratsam. Da die vom Verbraucher gewünschte Farbe und das typische Apfelaroma nicht entstehen konnte.

Es ist somit zu empfehlen, dass zuerst geprüft wird, welche Eigenschaften das Apfelmus haben soll und dann die Apfelsorte und die Art der Herstellung ausgewählt wird.

Dabei wäre zu beachten, wie hoch die Kosten der Säuren sind und welche Apfelsorte somit wirtschaftlich rentabel ist. Weiterhin muss geprüft werden, welche Apfelmusfarben in dem jeweiligen Verkaufsland gefragt sind. In der Industrie müssten vor Ort mit den gegebenen Anlagen Varianten hergestellt und dementsprechend angepasst werden. Vielleicht könnten durch Untersuchungen gewisse Abhängigkeiten erkannt und demzufolge die Säurezugabe berechnet werden.

Um die bis hierher erhaltenen Ergebnisse zu untermauern, wären weitere Versuche notwendig. Eine niedrige Säurezugabe wirkte sich positiv auf die Farbe aus. Vielleicht wären hier noch weitere Versuche empfehlenswert. Dabei könnte der Erntezeitpunkt, sowie die Zeit und Temperatur der Lagerung mit in die Auswertung einfließen. Interessant wäre auch zu untersuchen, inwieweit sich eine Kühlung der Äpfel vor der Apfelmusherstellung auf die enzymatische Bräunung auswirkt. In der Literatur wird beschrieben, dass Temperaturen unter 10 °C hemmend wirken können.

Bei einer Herstellung und versehentlich späten Pasteurisation mit Elstar wurde eine Farbveränderung beobachtet. Außerdem konnte gesehen werden, dass die Säuren und auch Natriumsulfit eine gewisse Reaktionszeit benötigen. Es könnte sein, dass sich eine Wartezeit zwischen Herstellung und Pasteurisation mit einer anderen Apfelsorte effektiver auf die L^* a^* b^* -Werte auswirkt, als bei Royal Gala. Hier könnte gleichzeitig untersucht werden, wie sich die Farbe der Apfelmuse nach der Pasteurisation entwickelt hat, wenn während der Wartezeit die Gläser offen oder geschlossen waren. Vielleicht kann die Länge der Pasteurisation auch eine Rolle spielen.

Wenn weitere Varianten mit Natriumsulfit hergestellt werden, könnte untersucht werden, wie viel nach dem Pasteurisieren noch im Apfelmus vorhanden ist. Natriumsulfit ist hitzeempfindlich und es könnte sein, dass es nach dem Pasteurisieren nicht mehr vorhanden ist. Hier wäre dann die gesetzlich vorgeschriebene Höchstmenge, die dem Körper täglich maximal zugeführt werden darf, zu beachten.

Weiterhin könnten zusätzliche Varianten mit Stickstoffeintrag und eine niedrigere Menge von Antioxidationsmitteln getestet werden.

Es könnten Varianten mit geschältem Golden Delicious hergestellt werden. Obwohl die L*-Werte mit Säurezugabe nicht viel höher waren, als ohne. Es ist auch fraglich, ob diese Sorte aufgrund der hohen relativen Polyphenoloxidase-Aktivität zur Apfelmusherstellung geeignet ist.

Wenn einige Varianten mit verschiedenen geschälten Äpfeln hergestellt wurden, könnte durch weitere sensorische Beurteilungen ermittelt werden, ob die Prüfer eine Sorte bevorzugen. Außerdem könnten die Varianten vorher in einer Schüssel gut umgerührt und dann in die Probenbecher eingefüllt werden. Vielleicht könnten, durch eine ausführlichere Schulung, die Prüfer einen Unterschied zwischen vorgekochtem und kalt geriebenem Apfelmus erkennen.

Da die Ergebnisse der Photometrie nicht eindeutig waren, könnten weitere Aufbereitungen und Messungen durchgeführt werden. Möglicherweise kann die Farbe durch die Extinktion wirklich erst nach einer gewissen Lagerzeit gemessen und abgeleitet werden. Oder weitere Aufbereitungen mit anschließenden Messungen, zeigen eindeutige Ergebnisse. Vielleicht dienen andere Aufbereitungen und Messungen von Apfelsaft zur Orientierung. Weiterhin könnte probiert werden, ob andere Lösungsmittel, als das hier verwendete Ethanol, die Farbe der Apfelmuse besser lösen. In der Zeitschrift *J. Agric. Food Chem.* Vol. 25 Nr. 3 (1977), wurde in dem Artikel *Browning Determination in Citrus Products* von Meydav S./ Saguy I/ Kopelman I., Aceton verwendet. Außerdem wurde in der Quelle 2 von salzsaurem Ethanol (HCl in Ethanol) berichtet. Eventuell könnte nach dem Verfahren von Weurman, C. und Swain, T. in dem Artikel *Changes in the Enzymatic Browning of Bramley's Seedling Apples during their Development* in der Zeitschrift *J. Sci. Food Agric.* vom 06. April 1955 gearbeitet werden.

7 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war, die enzymatische Bräunung bei Apfelmus zu reduzieren oder gänzlich zu verhindern. Dies sollte durch unterschiedliche Zugaben von Ascorbinsäure, Zitronensäure, Äpfelsäure und/ oder Natriumsulfit erfolgen. Weiterhin sollte die Wirkung einer Stickstoffbegasung, beim Befüllen der Gläser ersichtlich werden. Außerdem sollte geklärt werden, ob sich die Zeit zwischen Herstellung und Pasteurisation auf die Farbe auswirkt. Dafür wurden einige Varianten nach der Herstellung sofort (0 Stunden), nach 2 Stunden und nach 4 Stunden pasteurisiert. Die mögliche enzymatische Bräunung sollte mit einer Messung der Farbe mit Hilfe der $L^* a^* b^*$ - Farbmessung ermittelt werden. Außerdem wurden nach Aufbereitung der Varianten, die Extinktionen bei 420 nm gemessen. Das Messen der $L^* a^* b^*$ - Werte und der Extinktionen soll Auskunft darüber geben, welches Messverfahren besser geeignet ist. Danach sollten einige Varianten verkostet werden, um zu sehen welche selbst hergestellte Variante oder welches Produkt aus dem Handel bevorzugt wird. Eine eventuelle Farbveränderung nach einer Lagerung sollte durch eine erneute Messung der $L^* a^* b^*$ - Werte nach 440 Tagen ermittelt werden. Aus den Ergebnissen der $L^* a^* b^*$ - Werte wird ersichtlich, dass die Zugabe von Ascorbinsäure, Zitronensäure und/ oder Äpfelsäure von der verwendeten Apfelsorte abhängig ist. Für die Sorte Elstar mit und ohne Stickstoffbegasung wurden die hellsten L^* - Werte bei einer Zugabe von 0,050 % Ascorbinsäure und 0,150 % Äpfelsäure gemessen. Für die Sorte Royal Gala wurde ebenso bei dieser Zugabe der hellste L^* - Wert gemessen. Jedoch sollte diese Variante erst 2 Stunden nach der Herstellung pasteurisiert werden. Bei der Sorte Royal Gala mit Natriumsulfit, konnte der hellste L^* - Wert nach eine Zugabe von 0,240 % Natriumsulfit und sofortiger (0 Stunden) Pasteurisation nach der Herstellung erreicht werden. Für die Sorte Golden Delicious mit Schale war die Zugabe von 0,025 % Ascorbinsäure, 0,250 % Zitronensäure und 0,300 % Äpfelsäure am effektivsten, hinsichtlich des L^* - Wertes. Die Farbmessung durch die Messung der Extinktion brachte keine eindeutigen Ergebnisse hervor. Die sensorische Beurteilung ergab, dass die Äpfel geschält werden müssen, wenn sie mit dem Kartoffelreibzylinder püriert werden sollen. Die Prüfer bevorzugten eindeutig die selbst hergestellte Variante, mit der Sorte Elstar und einer Zugabe von 0,025 % Ascorbinsäure. Jedoch sollte der pH- Wert zwischen 3,76 und 3,86 liegen. Eine Lagerung der selbst hergestellten Varianten wirkte sich auf alle L^* - Werte negativ aus.

8 Literatur

Studienarbeiten:

Eppens, Madlin: Neuartige Methoden zur Herstellung von Apfelmus: Texturverbesserung. 2. Studienarbeit. Hochschule Neubrandenburg, 2011. Komplette Arbeit.

Zander, F.: Anwendung neuartiger Methoden in der Herstellung von Apfelmus. 2. Studienarbeit. Hochschule Neubrandenburg, 2011. Komplette Arbeit.

DIN Normen:

Norm DIN 10 952 Teil 1 Oktober 1978; Teil 2 September 1983. Sensorische Prüfverfahren: Bewertende Prüfung mit Skale.

Bücher:

Baltes, W.: Lebensmittelchemie. 5. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2000. Seite 20, 23, 27, 33 f., 45 f., 166, 159 f..

Belitz, H.-D.; **Grosch**, W.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 4. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1992. Seite 117, 201, 409, 411 f., 723 ff., 738, 751.

Brockhaus, F. A. (Hrsg.): Der Brockhaus: Ernährung: Gesund essen, bewusst leben. 2. Auflage. Leipzig, Mannheim: F. A. Brockhaus Verlag, 2004. Seite 35 ff., 38, 40, 109, 243, 378 ff., 381, 509, 522.

Fliedner, I.; **Wilhelmi**, F. (Hrsg.): Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsen-sorik. 2. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 1993. Seite 17 ff., 128 f..

- Franzke, C.** (Hrsg.): Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 3. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 1996. Seite 89 f., 152, 153 f., 173 f., 177, 195, 231, 241 ff., 281 ff., 290, 293 f., 527 ff., 531, 534 ff., 537, 540.
- Frede, W.** (Hrsg.): Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und –technologien. Band 1. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1991. Seite 4 f., 15 f., 17, 19, 341, 350.
- Heiss, R.** (Hrsg.): Lebensmitteltechnologie: Biotechnologie, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung. 6. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2004. Seite 568.
- Herrmann, K.:** Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer Verlag, 2001. Seite 13 ff., 15, 55, 63.
- Labuza, T. P.; Schmidl, M. K.:** Role of Chemistry in the Quality of Processed Food: Chapter 6 Advances in the Control of Browning Reactions in Foods. Westport, Connecticut: Food & Nutrition Press, Inc., 1986. Seite 66, 72 f..
- Matissek, R.; Steiner, G.:** Lebensmittelanalytik: Grundzüge, Methoden, Anwendungen. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2006. Seite 177, 277, 334 ff..
- Minolta:** Bedienungsanleitung Farbmessgerät von der Firma Konica Minolta Optics Incorporated: Chroma-Meter der Serie 300 (CR-300). 1996. Komplette Anleitung.
- Müller, G.; Weber, H.** (Hrsg.): Mikrobiologie der Lebensmittel: Grundlagen. 8. Auflage. Hamburg: Behr's Verlag, 1996. Seite 367, 384 f..
- Osteroth, D.** (Hrsg.): Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und –technologien. Band 2. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1991. Seite 414 ff..
- Sayavedra-Soto, L. A.:** Thesis: Inhibition of Polyphenol Oxidase by Sulfur Dioxide. Oregon State University, 1984. Seite 42 (52), 129 (139), 132 (142).

- Scheller F.; Schubert, F.** (Hrsg.): Biosensoren. Band 18. Berlin: Akademie-Verlag, 1989. Seite 36.
- Schobinger, U.** (Hrsg.): Handbuch der Lebensmitteltechnologie: Frucht- und Gemüsesäfte: Technologie, Chemie, Mikrobiologie, Analytik, Bedeutung, Recht. 3. Auflage. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer Verlag, 2001. Seite 49, 58, 61, 63, 69 f., 73, 81, 83, 124, 575.
- Schormüller, J.** (Hrsg.): Handbuch der Lebensmittelchemie: Analytik der Lebensmittel: Nachweis und Bestimmung von Lebensmittel - Inhaltsstoffen. Band II/ 2. Teil. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1967. Seite 276 f..
- Schwedt, G.:** Lebensmittel- und Umweltanalytik mit Teststäbchen. Köln: Aulis Verlag Deubner, 1997. Seite 31.
- Steil, A.:** Inaugural- Dissertation: Untersuchung chemischer und sensorischer Veränderungen bei der Lagerung von naturtrüben Apfelsafthalbkonzentraten und Direktsäften unter Berücksichtigung der Herstellungsverfahren. Justus-Liebig-Universität Gießen, 2001. Seite 33, 39, 41, 59.
- Steinhäuser, U.:** Chemie der Lebensmittel II Vorlesung: Photometrie. Beuth Hochschule für Technik Berlin. Seite 5 – 15.
- Stoll, K.:** Der Apfel: Inhaltsstoffe – Fruchtaufbau – Qualitätserkennung. Zürich: Enrico Negri AG, 1997. Seite 14, 22, 40 f, 106 f., 176.
- Tscheuschner, H.-D.** (Hrsg.): Grundzüge der Lebensmitteltechnik. 2. Auflage. Hamburg: Behr`s Verlag, 1996. Seite 45 ff., 403 ff., 410.

Zeitschriftenartikel:

- Embs, R. J.; Markakis, P.:** The Mechanism of Sulfite Inhibition of Browning Caused by Polyphenol Oxidase. Michigan Agricultural Experiment Station (1965), Nr. 3611, Seite 753 – 758.
- Nicolas, J. J.; Richard-Forget, F. C.; Goupy, P. M.; Amiot, M.-J.; Aubert, S. Y.:** Enzymatic Browning Reactions in Apple and Apple Products. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition (1994), Nr. 34 (2), Seite 109 – 157.
- Sapers, G. M.; Douglas Jr., F. W.:** Measurement of Enzymatic Browning at Cut Surfaces and in Juice of Raw Apple and Pear Fruits. Journal of Food Science, Volume 52 (1987), Nr. 5, Seite 1258 – 1285.
- Sayavedra-Soto, L. A.; Montgomery, M. W.:** Inhibition of Polyphenoloxidase by Sulfite. Journal of Food Science, Volume 51 (1986), Nr. 6, Seite 1531 – 1536.
- Schobinger, U.; Dürr, P.:** Oxidationserscheinungen bei der Enzymatisierung von Apfelmische. Flüssiges Obst (1974), Nr. 41, Seite 454 – 459.
- Steil, A.; Patz, C.-D.; Will, F.; Dietrich, H.:** Die Bewertung der Farbe naturtrüber Fruchtsäfte. Flüssiges Obst (2002), Nr. 10, Seite 648 – 652.
- Queiroz, C.; Mendes Lopez, M. L.; Fialho E.; Valente-Mesquita, V. L.:** Polyphenol Oxidase: Characteristics and Mechanism of Browning Control. Food Reviews International (2008), Nr. 24, Seite 361 – 375.
- Vamos-Vigyazo, L.:** Polyphenol Oxidase and Peroxidase in Fruits and Vegetables. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition (1981), Nr. 15, Seite 49 – 127.

Internetquellen:

Quelle 1 <http://www.fruitful.nl/>. 24.07.2013

Quelle 2 <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2001/421/pdf/RechnerAndreas-2001-03-19.pdf>. 20.12.2011

Quelle 3 http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=995880727&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=995880727.pdf. 08.06.2011

Quelle 4 http://www.chids.de/dachs/expvotr/589Apfel_Budde_Scan.pdf. 08.03.2012

Quelle 5 http://www.fei-bonn.de/download/projekte/projektdatenbank.html/fv_10933/. 20.12.2011

Quelle 6 http://othes.univie.ac.at/1293/1/2008-10-02_0206671.pdf. 20.12.2011

Quelle 7

http://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/kennzeichnung/allergene/allergene_lebensmittel/schwefeldioxid.htm. 03.09.2013

Quelle 8 http://nak-humboldtthain.de/tl/Archiv_2011.htm. 19.09.2013

Quelle 9 <http://www.discounto.de/Angebot/Oberlausitzer-Apfelmus-255443/#.UjcYbX-qXnE>. 16.09.2013

Quelle 10 <http://www.dresden-fernsehen.de/default.aspx?ID=12003&showNews=925287#!prettyPhoto>. 24.07.2013

Quelle 11 <http://www.my-food-online.de/lebensmittel/konserven/obstkonserven/das-andere-apfelmus>. 16.09.2013

Quelle 12 <http://www.lebensmittellexikon.de/a0000780.php#0>. 24.09.2013

Quelle 13 <http://www.seilnacht.com/Lexikon/Redukt.htm>. 24.09.2013

Quelle 14 http://flexikon.doccheck.com/de/Freie_Radikale. 24.09.2013

Quelle 15 http://de.wikipedia.org/wiki/Radikale_%28Chemie%29. 24.09.2013

Quelle 16 http://www.buetzer.info/fileadmin/pb/pdf-Dateien/Vitamin_C.pdf. 24.05.2012

Quelle 17 <https://de.wikipedia.org/wiki/Ascorbins%C3%A4ure>. 24.07.2013

Quelle 18 <http://de.wikipedia.org/wiki/Citronens%C3%A4ure>. 24.07.2013

Quelle 19 http://www.ruth-online.de/shop/frontend/img_files/1403.JPG. 16.09.2013

Quelle 20 http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/92.e296_apfels%E4ure.html.
17.09.2013

Quelle 21 <http://www.lebensmittellexikon.de/f0001040.php>. 17.09.2013

Quelle 22 <http://www.lebensmittellexikon.de/n0001380.php>. 18.09.2013

Quelle 23 <http://www.enius.de/lexikon/e221.html>. 25.06.2013

Quelle 24 <http://german.alibaba.com/product-gs-img/96-5-industrial-grade-sodium-sulphite-anhydrous-777466747.html>. 18.09.2013

Quelle 25 <http://de.rs-online.com/web/p/druckluft-ausblaspistolen/4885568/>. 25.09.2013

Quelle 26 http://www.feuma.de/fileadmin/feuma/download/HU1020_1_16.pdf.
24.11.2011

Quelle 27

<http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3AAllgemeine/module/16579?step=6>. 16.04.2013

Quelle 28

http://www.faes.de/MKA/MKA_Photometrieinfuehrung/mka_photometrieinfuehrung.html. 06.10.2011

Quelle 29 <http://userpage.chemie.fu-berlin.de/~tlehmann/gp/uv.pdf>. 19.01.2012

Quelle 30 <http://de.wikipedia.org/wiki/Photometrie>. 26.08.2013

Quelle 31 http://flexikon.doccheck.com/de/Lambert-Beer%E2%80%99sches_Gesetz. 27.08.2013

Quelle 32 <http://userpage.chemie.fu-berlin.de/~tlehmann/gp/uv.pdf>. 19.01.2012

Quelle 33 http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Farbkreis_Newton.svg. 26.08.2013

Quelle 34 <http://www.hs-nb.de/fachbereich-al/fachbereichs-film/>. 24.07.2013

Quelle 35 http://www.alexandersolia.com/prospekte2011/Knollenwasch-_und_Schaelmaschine_AW_K_Reihe.pdf. 24.11.2011

Quelle 36 [http://bauhaus.cs.uni-](http://bauhaus.cs.uni-magdeburg.de:8080/miscms.nsf/63EE6E09B11B037CC1257425004D4F23/FB6A681542543267C1257498004022B6/$FILE/qm_ue_02.pdf)

[magdeburg.de:8080/miscms.nsf/63EE6E09B11B037CC1257425004D4F23/FB6A681542543267C1257498004022B6/\\$FILE/qm_ue_02.pdf](http://bauhaus.cs.uni-magdeburg.de:8080/miscms.nsf/63EE6E09B11B037CC1257425004D4F23/FB6A681542543267C1257498004022B6/$FILE/qm_ue_02.pdf). 17.08.2013

Quelle 37 [http://www.vorest-](http://www.vorest-ag.com/de/TOOLS/Qualitaetsmanagement/Statistik/Korrelationsdiagramm_Regressionsanalyse.htm)

[ag.com/de/TOOLS/Qualitaetsmanagement/Statistik/Korrelationsdiagramm_Regressionsanalyse.htm](http://www.vorest-ag.com/de/TOOLS/Qualitaetsmanagement/Statistik/Korrelationsdiagramm_Regressionsanalyse.htm). 17.08.2013

Quelle 38 <http://www.experto.de/b2b/unternehmen/management/das-korrelationsdiagramm.html>. 17.08.2013

Quelle 39 <http://www.cloudt.de/Dateien/PDF/1korrela.pdf>. 17.08.2013

9 Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Apfel (Quelle 1)	2
Abb. 2: Hydroxylierung des Monophenols zu o- Diphenol und Oxidierung des o- Diphenols zu o- Chinon (Nicolas u. a. 1994)	3
Abb. 3: Pflanzenphenole in einem frischen Apfel, n.b. = nicht bestimmt (Quelle 2).....	4
Abb. 4: Lagertemperatur (8)	6
Abb. 5: Apfelmus, herkömmlich (9).....	7
Abb. 6: Herstellung in der Industrie (10)	8
Abb. 7: Apfelmus, neuartig (11).....	9
Abb. 8: Allgemeines Fließbild zur Herstellung von Apfelmus	10
Abb. 9: Oxidierter Apfelmus nach unterschiedlicher Zugabe von Antioxidationsmittel ..	13
Abb. 10: L- Ascorbinsäure (17).....	14
Abb. 11: Zitronensäure (18).....	16
Abb. 12: DL- Äpfelsäure (19).....	17
Abb. 13: Natriumsulfit (24).....	18
Abb. 14: Golden Delicious frisch aufgeschnitten und nach 1 Stunde (v.l.n.r.)	19
Abb. 15: Bräunung durch Lufthohlraum im Apfelmusglas.....	19
Abb. 16: Apfelteiler	20
Abb. 17: Einstichelektrode	21
Abb. 18: Zentrifugengläser	21
Abb. 19: Ausblaspistole (25).....	22
Abb. 20: Großküchenmaschine (26).....	23
Abb. 21: Oxidationsprozess	24
Abb. 22: Darstellung der Sättigung (Minolta 1996).....	25
Abb. 23: Darstellung des L* a* b*- Farbsystems (Quelle 27).....	26
Abb. 24: Messung des Fruchtfleisches	27
Abb. 25: Lambert- Beer´sches Gesetz (Quelle 31).....	28
Abb. 26: Farbkreis (Quelle 33).....	28
Abb. 27: Sensorische Beurteilung (Quelle 34).....	29
Abb. 28: CORUND-, Rundloch-, Schälscheibe mit aufgesetzten Messern (v. l. n. r.) (Quelle 35).....	32
Abb. 29: Passier- und Pürierzylinder, Kartoffelreibzylinder (v. l. n. r.).....	32
Abb. 30: Papierschälchen.....	37

Abb. 31: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Probe-Varianten	38
Abb. 32: Fließbild der Aufbereitungen	39
Abb. 33: Ergebnisse der Aufbereitung 1	40
Abb. 34: Ergebnisse der Aufbereitung 2	40
Abb. 35: Ergebnisse der Aufbereitung 3, ohne Ultra Turrax	41
Abb. 36: Ergebnisse der Aufbereitung 3, mit Ultra Turrax	41
Abb. 37: Fließbild zur Herstellung der Apfelmusvarianten	45
Abb. 38: Fruchtfleisch der frischen Äpfel mit Standardabweichung	54
Abb. 39: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frisch aufgeschnittenen Apfels und der Varianten mit Elstar nach 5 Tagen	56
Abb. 40: Sensorische Beurteilungen und pH- Werte (nach 5 Tagen) von Elstar	57
Abb. 41: Darstellung der Korrelation von L*- Wert und Extinktion	58
Abb. 42: Darstellung der Korrelation von a*- Wert und Extinktion	58
Abb. 43: Darstellung der Korrelation von b*- Wert und Extinktion	58
Abb. 44: Darstellung der L*- Werte von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure	59
Abb. 45: Darstellung der Farbe nach der sensorischen Beurteilung von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure	59
Abb. 46: Darstellung der pH- Werte von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure	60
Abb. 47: Darstellung des Geschmacks von Elstar in Abhängigkeit der Äpfel- und Zitronensäure	60
Abb. 48: Einfluss der Säuren auf den L*- Wert bei Elstar (* = positiv, ° = negativ)	61
Abb. 49: Einfluss der Säurezugabe	61
Abb. 50: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Varianten und ihren Wiederholungen mit Elstar nach 5 Tagen	62
Abb. 51: Darstellung der Korrelation von L*- Wert und Extinktion	63
Abb. 52: Darstellung der Korrelation von a*- Wert und Extinktion	63
Abb. 53: Darstellung der Korrelation von b*- Wert und Extinktion	64
Abb. 54: L* a* b*- Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Varianten mit Elstar mit und ohne Stickstoff nach 5 Tagen	65
Abb. 55: Sensorische Beurteilungen und pH- Werte (nach 5 Tagen) der Varianten mit Elstar mit und ohne Stickstoff	66

Abb. 56: Darstellung der Korrelation von L^* - Wert und Extinktion	66
Abb. 57: Darstellung der Korrelation von a^* - Wert und Extinktion	67
Abb. 58: Darstellung der Korrelation von b^* - Wert und Extinktion	67
Abb. 59: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen 5 Tage und 440 Tage nach der Herstellung der Varianten mit Elstar	68
Abb. 60: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen 5 Tage und 440 Tage nach der Herstellung der Varianten mit Elstar mit Stickstoffeintrag.....	69
Abb. 61: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frischen Apfels und der Varianten mit Royal Gala nach 0/ 2/ 4 h.....	70
Abb. 62: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frischen Apfels, der Variante RG 9 und der Probe- Varianten mit Natriumsulfit mit Royal Gala nach 0/ 2/ 4 h.....	72
Abb. 63: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen eines frischen Apfels und der Varianten mit Golden Delicious nach 5 Tagen.....	73
Abb. 64: sensorische Beurteilungen und pH- Werte (nach 5 Tagen) der Varianten mit Golden Delicious	74
Abb. 65 Darstellung der Korrelation von L^* - Wert und Extinktion	74
Abb. 66: Darstellung der Korrelation von a^* - Wert und Extinktion	75
Abb. 67: Darstellung der Korrelation von b^* - Wert und Extinktion	75
Abb. 68: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen 5 Tage und 440 Tage nach der Herstellung der Varianten mit Golden Delicious	76
Abb. 69: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Produkte aus dem Handel und einiger selbst hergestellter Varianten nach 5 Tagen	77
Abb. 70: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der Produkte aus dem Handel und einiger selbst hergestellter Varianten nach 440 Tagen	78
Abb. 71: Sensorische Beurteilungen und pH- Werte der Produkte aus dem Handel und einige selbst hergestellte Varianten.....	79
Abb. 72: L^* a^* b^* - Werte und pH- Werte mit Standardabweichungen der frischen Äpfel und einiger Varianten mit verschiedenen Apfelsorten	80

10 Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Entscheidende Gehalte einiger Apfelsorten (Steil 2001, Nicolas u. a. 1994).....	5
Tab. 2: Darstellung des Skalenbereichs und deren Qualität (Fliedner/ Wilhelmi 1993) ...	30
Tab. 3: Auflistung der Ergebnisse nach unterschiedlichem schälen von Elstar	33
Tab. 4: Auflistung der Ergebnisse nach unterschiedlichem Entfernen des Kerngehäuses von Elstar.....	34
Tab. 5: Auflistung der Ergebnisse unterschiedlicher Zylinder mit Elstar	34
Tab. 6: Auflistung der Ergebnisse mit Golden Delicious	35
Tab. 7: Ausbeute von Elstar und Golden Delicious	36
Tab. 8: Berechnung der Gläser	37
Tab. 9: Probe- Varianten mit Elstar und Golden Delicious	37
Tab. 10: Varianten mit Elstar (E)	43
Tab. 11: Varianten mit Elstar (E) mit Stickstoffbegasung (N ₂) beim Befüllen.....	43
Tab. 12: Varianten mit Royal Gala (RG), Pasteurisation bei 0/ 2/ 4 Stunden	44
Tab. 13: Varianten mit Royal Gala (RG) mit Natriumsulfit (Na ₂ SO ₃), Pasteurisation bei 0/ 2/ 4 Stunden	44
Tab. 14: Varianten mit Golden Delicious (GD).....	44
Tab. 15: Abfall und Ausbeute nach dem Schälen von Elstar	46
Tab. 16: Abfall und Ausbeute nach dem Entkernen von Elstar.....	46
Tab. 17: Abfall und Ausbeute nach dem Pürieren von Elstar	47
Tab. 18: Abfall und Ausbeute nach dem Schälen von Royal Gala	47
Tab. 19: Abfall und Ausbeute nach dem Entkernen von Royal Gala	48
Tab. 20: Abfall und Ausbeute nach dem Pürieren von Royal Gala.....	48
Tab. 21: Abfall und Ausbeute nach dem Entkernen und Pürieren von Golden Delicious	49
Tab. 22: Ausbeute der einzelnen Apfelsorten.....	49

11 AnhangBewertungsschema Apfelmus:

Merkmal	Kürzel	Note	Erklärung
Farbe	A	9	helles kräftiges Gelb
		8	etwas zu dunkel
		7	dunkles Gelb
		6	leicht rötlich
		5	rötlich
		4	kräftig Rot
		3	leicht bräunlich
		2	bräunlich
		1	kräftig Braun
Geruch	B	9	absolut typisch Apfel, aromatisch und fruchtig
		8	typisch Apfel, aromatisch und fruchtig
		7	wie Apfel, nicht ganz so aromatisch und fruchtig
		6	leicht säuerlich
		5	säuerlich
		4	stark säuerlich
		3	muffig
		2	fremdartig
		1	stechend, streng
Geschmack	C	9	typisch Apfel, ausgewogenes Zucker-Säure-Verhältnis
		8	typisch Apfel, etwas zu süß
		7	typisch Apfel, etwas zu sauer
		6	leicht flach, nicht typisch kräftig nach Apfel
		5	flach, nicht so richtig nach Apfel
		4	Kochgeschmack
		3	alt
		2	fremdartig, oxidiert
		1	metallisch
Textur	D	9	feste Konsistenz, trotzdem zart, wenig Saft, eher wie Apfelmus
		8	festere Konsistenz, trotzdem zart, wenig Saft, eher wie Apfelmus
		7	noch feste Konsistenz, trotzdem zart, wenig Saft, eher wie Apfelmus
		6	etwas zu viel Saft, noch wie Apfelmus
		5	zu viel Saft, gerade noch wie Apfelmus
		4	sehr viel Saft, mehr Saft als Apfelmus
		3	weich
		2	breiig, wie Babynahrung
		1	völlig verändert
Beliebtheit	E	9	sehr beliebt, führt zu Kaufentscheidung
		8	beliebt, führt zu Kaufentscheidung
		7	noch beliebt, führt zu Kaufentscheidung
		6	gerade noch beliebt, könnte mal kaufen
		5	eher nicht beliebt, kaufen wenn das Einzige im Angebot wäre
		4	nicht beliebt, nicht kaufen
		3	nicht wirklich beliebt, nicht kaufen
		2	gar nicht beliebt, nicht kaufen
		1	absolut nicht beliebt, nicht kaufen

Messwerte der Vorversuche:

Apfelsorte	Elstar		-	% Ascorbinsäure			-	% Zitronensäure	
Variante	E (23.11.)		Messung					Mittelwert	Standardabweichung
Messparameter	Messung nach Herstellung		1	2	3	4	5		
L*- Wert	100	Tage	42,60	42,39	42,28	42,21	42,46	42,39	0,15
a*- Wert	100	Tage	-1,58	-1,38	-1,38	-1,52	-1,57	-1,49	0,10
b*- Wert	100	Tage	8,22	8,15	8,19	8,00	8,12	8,14	0,09
pH- Wert	100	Tage	-	-	-	-	-	3,68	-
Extinktion									
Aufbereitung 1	100	Tage	-	-	-	-	-	7,9659	-
Aufbereitung 2	100	Tage	-	-	-	-	-	8,0752	-
Aufbereitung 3 ohne Ultra Turrax	100	Tage	-	-	-	-	-	0,0748	-
Aufbereitung 3 mit Ultra Turrax	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Apfelsorte	Elstar		0,5	% Ascorbinsäure			-	% Zitronensäure	
Variante	E (23.11.)		Messung					Mittelwert	Standardabweichung
Messparameter	Messung nach Herstellung		1	2	3	4	5		
L*- Wert	100	Tage	44,32	43,99	44,03	43,96	44,18	44,10	0,15
a*- Wert	100	Tage	4,28	-4,10	-4,14	-4,08	-4,21	-4,16	0,08
b*- Wert	100	Tage	7,48	7,41	7,35	7,31	7,44	7,40	0,07
pH- Wert	100	Tage	-	-	-	-	-	3,45	-
Extinktion									
Aufbereitung 1	100	Tage	-	-	-	-	-	3,6648	-
Aufbereitung 2	100	Tage	-	-	-	-	-	3,4731	-
Aufbereitung 3 ohne Ultra Turrax	100	Tage	0,2696	0,2711	0,2727	0,2713	0,2714	0,27122	-
Aufbereitung 3 mit Ultra Turrax	100	Tage	0,3068	0,3075	0,3078	0,3055	0,3085	0,30722	-
Apfelsorte	Elstar		-	% Ascorbinsäure			0,5	% Zitronensäure	
Variante	E (23.11.)		Messung					Mittelwert	Standardabweichung
Messparameter	Messung nach Herstellung		1	2	3	4	5		
L*- Wert	100	Tage	43,28	43,56	43,30	43,36	43,29	43,36	0,12
a*- Wert	100	Tage	-2,58	-2,67	-2,61	-2,68	-2,42	-2,59	0,10
b*- Wert	100	Tage	7,76	7,73	7,62	7,52	7,68	7,66	0,10
pH- Wert	100	Tage	-	-	-	-	-	3,28	-
Extinktion									
Aufbereitung 1	100	Tage	-	-	-	-	-	3,9659	-
Aufbereitung 2	100	Tage	-	-	-	-	-	4,0752	-
Aufbereitung 3 ohne Ultra Turrax	100	Tage	0,2289	0,2288	0,2264	0,2288	0,2286	0,2283	-
Aufbereitung 3 mit Ultra Turrax	100	Tage	0,2182	0,2204	0,2199	0,2155	0,2193	0,21866	-

Apfelsorte	Golden Delicious		-	% Ascorbinsäure					-	% Zitronensäure	
Variante	GD (14.12.)		Messung							Mittelwert	Standardabweichung
Messparameter	Messung nach Herstellung		1	2	3	4	5				
L*- Wert	80	Tage	44,53	44,47	44,59	44,17	44,69		44,49	0,20	
a*- Wert	80	Tage	-1,95	-1,75	-1,71	-1,79	-1,84		-1,81	0,09	
b*- Wert	80	Tage	9,90	10,17	9,87	8,62	10,04		9,72	0,63	
pH- Wert	80	Tage	-	-	-	-	-		3,82	-	
Extinktion											
Aufbereitung 1	80	Tage	-	-	-	-	-		3,4887	-	
Aufbereitung 2	80	Tage	-	-	-	-	-		3,0752	-	
Aufbereitung 3 ohne Ultra Turrax	80	Tage	-	-	-	-	-		0,1155	-	
Aufbereitung 3 mit Ultra Turrax	-	-	-	-	-	-	-		-	-	

Messwerte frisch aufgeschnittener Äpfel:

Apfelsorte	Elstar, frisch aufgeschnitten										
Messparameter	Messung									Mittelwert	Standardabweichung
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
L*- Wert	77,98	77,22	77,55	76,97	77,31	76,73	79,71	80,15	77,89	77,95	1,20
a*- Wert	-7,81	-7,75	-7,45	-8,31	-8,11	-8,15	-7,76	-8,03	-7,72	-7,90	0,27
b*- Wert	22,97	23,07	22,57	26,36	27,38	25,42	27,18	25,48	25,21	25,07	1,82
pH- Wert	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,68	-
Apfelsorte	Royal Gala, frisch aufgeschnitten										
Messparameter	Messung									Mittelwert	Standardabweichung
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
L*- Wert	79,99	79,48	81,05	80,75	78,64	80,90	82,28	81,43	81,90	80,71	1,17
a*- Wert	-7,05	-7,09	-7,23	-7,54	-8,00	-7,57	-7,34	-7,80	-7,55	-7,46	0,32
b*- Wert	32,87	32,86	30,20	28,95	29,80	28,89	27,38	33,52	31,69	30,68	2,14
pH- Wert	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,00	-
Apfelsorte	Golden Delicious, frisch aufgeschnitten										
Messparameter	Messung									Mittelwert	Standardabweichung
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
L*- Wert	78,47	79,84	80,88	81,39	77,18	79,23	77,47	79,83	79,10	79,27	1,41
a*- Wert	-8,34	-7,82	-8,03	-7,06	-6,96	-7,78	-6,94	-7,27	-7,36	-7,51	0,50
b*- Wert	27,25	25,03	28,11	27,18	25,67	26,58	24,09	25,87	23,47	25,92	1,53
pH- Wert	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,78	-

Messwerte der Hauptversuche:

Selbst hergestellte Varianten

Apfelsorte			Elstar (E)								
Variante	E 1		-	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	47,85	47,58	48,05	47,31	48,31	47,82	0,39		
	440	Tage	42,29	41,95	42,11	42,06	42,05	42,09	0,12		
a*- Wert	5	Tage	-1,44	-1,22	-1,48	-1,18	-1,81	-1,43	0,25		
	440	Tage	-0,71	-0,61	-0,53	-0,55	-0,60	-0,60	0,07		
b*- Wert	5	Tage	11,19	11,15	11,31	11,07	10,92	11,13	0,14		
	440	Tage	10,71	10,66	10,69	10,65	10,51	10,64	0,08		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,36	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	2,91	-		
Extinktion	5	Tage	0,12370	0,12630	0,12610	0,12740	0,12640	0,12598	0,00137		
Variante	E 2		0,050	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	47,07	47,05	48,00	48,14	48,15	47,68	0,57		
	440	Tage	43,34	42,76	42,63	43,15	43,19	43,01	0,30		
a*- Wert	5	Tage	-2,42	-2,35	-2,74	-2,73	-2,74	-2,60	0,19		
	440	Tage	-0,93	-0,92	-0,80	-0,93	-0,84	-0,88	0,06		
b*- Wert	5	Tage	9,36	9,35	9,53	9,60	9,49	9,47	0,11		
	440	Tage	10,68	9,79	9,99	10,04	9,80	10,06	0,36		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,58	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,24	-		
Extinktion	5	Tage	0,09120	0,09200	0,09120	0,09160	0,08920	0,09104	0,00108		
Variante	E 3		-	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	48,18	47,69	47,38	47,67	48,37	47,86	0,41		
	440	Tage	42,80	42,57	42,74	42,61	42,77	42,70	0,10		
a*- Wert	5	Tage	-2,03	-1,88	-1,95	-2,12	-2,25	-2,05	0,15		
	440	Tage	-1,90	-1,96	-1,75	-1,92	-1,71	-1,85	0,11		
b*- Wert	5	Tage	11,36	11,54	11,17	11,25	12,01	11,47	0,33		
	440	Tage	10,56	10,13	10,62	10,24	10,70	10,45	0,25		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,44	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,07	-		
Extinktion	5	Tage	0,11640	0,11610	0,11640	0,11710	0,11660	0,11652	0,00037		

Apfelsorte			Elstar (E) Wiederholung (Wdh)								
Variante	E 1 Wdh		-	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	47,45	47,16	47,29	47,34	46,92	47,23	0,20		
	440	Tage	41,65	41,24	41,73	41,84	41,43	41,58	0,24		
a*- Wert	5	Tage	-1,79	-1,94	-2,10	-2,11	-2,18	-2,02	0,16		
	440	Tage	-1,22	-1,09	-1,03	-1,30	-0,98	-1,12	0,13		
b*- Wert	5	Tage	10,50	10,52	10,80	9,94	9,56	10,26	0,50		
	440	Tage	9,66	9,56	10,18	9,56	9,88	9,77	0,26		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,37	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	2,88	-		
Extinktion	5	Tage	0,11500	0,11550	0,11600	0,11660	0,11670	0,11596	0,00072		
Variante	E 2 Wdh		0,050	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	49,94	49,85	50,40	50,59	50,72	50,30	0,39		
	440	Tage	44,62	44,75	44,72	44,72	44,85	44,73	0,08		
a*- Wert	5	Tage	-3,31	-3,32	-3,67	-3,70	-3,79	-3,56	0,23		
	440	Tage	-1,72	-1,54	-1,66	-1,74	-1,78	-1,69	0,09		
b*- Wert	5	Tage	11,54	11,78	11,86	11,94	11,93	11,81	0,16		
	440	Tage	11,16	11,56	11,26	11,35	11,02	11,27	0,20		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,67	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,24	-		
Extinktion	5	Tage	0,11270	0,11320	0,11360	0,11280	0,11300	0,11306	0,00036		
Variante	E 3 Wdh		-	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	50,13	49,40	47,88	48,97	47,82	48,84	0,99		
	440	Tage	43,67	43,67	43,60	43,94	43,95	43,77	0,17		
a*- Wert	5	Tage	-2,08	-2,07	-1,56	-1,79	-1,62	-1,82	0,24		
	440	Tage	-1,38	-1,34	-1,41	-1,51	-1,75	-1,48	0,16		
b*- Wert	5	Tage	12,60	12,44	12,15	11,89	11,33	12,08	0,50		
	440	Tage	11,52	11,49	11,31	11,12	11,34	11,36	0,16		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,49	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,03	-		
Extinktion	5	Tage	0,11830	0,12080	0,11990	0,12110	0,12140	0,12030	0,00125		

Apfelsorte			Elstar (E)							
Variante	E 4		-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
			1	2	3	4	5			
L*- Wert	5	Tage	46,73	46,52	46,88	46,09	46,60	46,56	0,30	
	440	Tage	43,60	43,26	42,47	42,38	42,63	42,87	0,53	
a*- Wert	5	Tage	-2,42	-2,32	-2,23	-2,05	-2,37	-2,28	0,15	
	440	Tage	-1,16	-1,05	-0,54	-0,82	-0,84	-0,88	0,24	
b*- Wert	5	Tage	9,53	9,65	10,07	9,63	9,77	9,73	0,21	
	440	Tage	11,37	11,71	11,42	10,62	10,66	11,16	0,49	
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,60	-	
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,22	-	
Extinktion	5	Tage	0,09530	0,09590	0,09550	0,09580	0,09600	0,09570	0,00029	
Variante	E 5		0,050	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
			1	2	3	4	5			
L*- Wert	5	Tage	48,87	48,16	48,00	48,66	48,21	48,38	0,37	
	440	Tage	41,08	41,30	41,17	40,94	40,95	41,09	0,15	
a*- Wert	5	Tage	-1,62	-1,53	-1,57	-1,61	-1,68	-1,60	0,06	
	440	Tage	-0,09	-0,24	-0,39	-0,18	-0,12	-0,20	0,12	
b*- Wert	5	Tage	10,51	9,63	10,65	10,63	10,31	10,35	0,42	
	440	Tage	10,51	10,74	9,70	10,06	10,16	10,23	0,40	
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,41	-	
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,00	-	
Extinktion	5	Tage	0,09590	0,09640	0,09790	0,09720	0,09730	0,09694	0,00079	
Variante	E 6		0,025	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
			1	2	3	4	5			
L*- Wert	5	Tage	47,19	46,99	47,43	47,80	47,89	47,46	0,39	
	440	Tage	43,15	42,98	43,32	43,44	43,19	43,22	0,17	
a*- Wert	5	Tage	-3,07	-2,91	-3,13	-3,23	-2,86	-3,04	0,15	
	440	Tage	-1,77	-1,64	-1,88	-2,09	-2,14	-1,90	0,21	
b*- Wert	5	Tage	8,28	9,00	9,02	9,80	10,38	9,30	0,81	
	440	Tage	10,55	10,83	11,06	11,08	10,53	10,81	0,27	
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,43	-	
	440	Tage	-	-	-	-	-	2,99	-	
Extinktion	5	Tage	0,09800	0,09910	0,10000	0,09980	0,10040	0,09946	0,00094	

Apfelsorte			Elstar (E)								
Variante	E 7		-	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	46,08	47,15	47,05	46,94	47,19	46,88	0,46		
	440	Tage	42,30	42,20	41,84	41,57	41,80	41,94	0,30		
a*- Wert	5	Tage	-1,80	-2,12	-2,14	-2,21	-2,35	-2,12	0,20		
	440	Tage	-1,59	-1,47	-1,39	-1,36	-1,63	-1,49	0,12		
b*- Wert	5	Tage	10,40	11,04	10,63	10,11	10,07	10,45	0,40		
	440	Tage	9,89	9,88	9,56	9,21	8,85	9,48	0,45		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,54	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,09	-		
Extinktion	5	Tage	0,11190	0,11290	0,11440	0,11420	0,11370	0,11342	0,00103		
Variante	E 8		0,025	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	46,88	46,20	46,37	46,44	46,85	46,55	0,30		
	440	Tage	42,13	42,26	42,03	41,91	42,17	42,10	0,13		
a*- Wert	5	Tage	-1,25	-1,29	-1,38	-1,16	-1,43	-1,30	0,11		
	440	Tage	-0,41	-0,24	-0,31	-0,38	-0,23	-0,31	0,08		
b*- Wert	5	Tage	8,99	8,77	8,33	8,94	8,75	8,76	0,26		
	440	Tage	9,63	10,59	9,98	9,91	10,18	10,06	0,36		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,51	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,05	-		
Extinktion	5	Tage	0,10640	0,10620	0,10790	0,10700	0,10620	0,10674	0,00073		
Variante	E 9		-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	46,57	47,26	47,00	47,06	46,36	46,85	0,37		
	440	Tage	42,78	42,69	42,41	42,91	42,52	42,66	0,20		
a*- Wert	5	Tage	-1,26	-1,60	-1,74	-2,13	-1,40	-1,63	0,34		
	440	Tage	-1,87	-2,21	-1,78	-2,39	-2,26	-2,10	0,26		
b*- Wert	5	Tage	10,84	11,37	10,91	10,17	10,86	10,83	0,43		
	440	Tage	10,80	9,95	10,15	9,79	9,78	10,09	0,42		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,78	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,45	-		
Extinktion	5	Tage	0,09270	0,09560	0,09530	0,09420	0,09380	0,09432	0,00117		

Apfelsorte			Elstar (E)								
Variante	E 10		0,050	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	49,25	49,65	51,31	49,99	49,56	49,95	0,80		
	440	Tage	43,74	44,05	43,76	43,98	43,94	43,89	0,14		
a*- Wert	5	Tage	-3,41	-3,44	-3,77	-3,65	-3,78	-3,61	0,18		
	440	Tage	-1,69	-1,80	-1,71	-1,80	-1,82	-1,76	0,06		
b*- Wert	5	Tage	11,05	10,54	10,18	10,70	10,96	10,69	0,35		
	440	Tage	11,28	11,33	11,26	11,29	11,29	11,29	0,03		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,76	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,38	-		
Extinktion	5	Tage	0,06700	0,07080	0,06830	0,06910	0,06850	0,06874	0,00138		
Variante	E 11		0,050	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	46,96	47,08	47,34	47,23	47,86	47,29	0,35		
	440	Tage	42,60	42,03	42,29	42,95	42,30	42,43	0,35		
a*- Wert	5	Tage	-2,76	-2,79	-3,00	-2,67	-2,63	-2,77	0,14		
	440	Tage	-1,45	-1,39	-1,42	-1,63	-1,57	-1,49	0,10		
b*- Wert	5	Tage	8,28	8,76	9,10	8,96	9,65	8,95	0,50		
	440	Tage	10,27	9,82	10,09	10,31	10,05	10,11	0,20		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,46	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	2,99	-		
Extinktion	5	Tage	0,09730	0,09810	0,09940	0,09680	0,09720	0,09776	0,00103		
Variante	E 12		0,025	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	47,72	47,67	47,17	47,91	46,87	47,47	0,43		
	440	Tage	40,82	41,07	40,98	41,19	41,37	41,09	0,21		
a*- Wert	5	Tage	-3,02	-2,97	-3,01	-3,20	-2,66	-2,97	0,20		
	440	Tage	-0,26	-0,48	-0,51	-0,55	-0,58	-0,48	0,13		
b*- Wert	5	Tage	8,80	8,82	8,66	8,95	8,68	8,78	0,12		
	440	Tage	9,92	10,02	9,77	9,69	9,82	9,84	0,13		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,56	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,14	-		
Extinktion	5	Tage	0,07870	0,07930	0,07960	0,08050	0,08250	0,08012	0,00148		

Apfelsorte			Elstar (E)								
Variante	E 13		0,025	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	48,91	49,48	48,56	49,63	49,89	49,29	0,55		
	440	Tage	44,55	44,30	43,90	44,08	44,13	44,19	0,25		
a*- Wert	5	Tage	-3,40	-3,70	-3,52	-3,74	-3,74	-3,62	0,15		
	440	Tage	-2,33	-2,21	-2,23	-2,38	-2,37	-2,30	0,08		
b*- Wert	5	Tage	11,51	11,12	10,51	10,94	11,45	11,11	0,41		
	440	Tage	10,87	10,84	10,47	10,31	10,00	10,50	0,37		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,86	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,48	-		
Extinktion	5	Tage	0,10030	0,09910	0,10200	0,10140	0,10010	0,10058	0,00114		
Variante	E 14		0,050	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	49,13	49,75	50,40	49,35	48,89	49,50	0,59		
	440	Tage	42,20	42,49	42,21	42,60	42,36	42,37	0,17		
a*- Wert	5	Tage	-3,08	-3,30	-3,44	-3,38	-3,49	-3,34	0,16		
	440	Tage	-0,49	-0,40	-0,65	-0,73	-0,68	-0,59	0,14		
b*- Wert	5	Tage	10,98	10,86	10,68	10,10	9,75	10,47	0,53		
	440	Tage	10,40	10,88	10,25	10,21	10,05	10,36	0,32		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,51	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,06	-		
Extinktion	5	Tage	0,07760	0,07750	0,07870	0,07820	0,07890	0,07818	0,00063		
Variante	E 15		-	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	47,25	49,39	47,83	47,05	47,87	47,88	0,92		
	440	Tage	43,66	43,37	43,81	43,77	44,12	43,75	0,27		
a*- Wert	5	Tage	-2,14	-2,59	-1,83	-1,73	-2,44	-2,15	0,37		
	440	Tage	-2,06	-1,77	-1,68	-1,50	-1,97	-1,80	0,22		
b*- Wert	5	Tage	10,27	10,48	11,17	11,13	10,83	10,78	0,40		
	440	Tage	10,88	10,78	11,54	10,80	10,98	11,00	0,31		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,60	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,17	-		
Extinktion	5	Tage	0,10420	0,10460	0,10500	0,10610	0,10660	0,10530	0,00101		

Apfelsorte			Elstar (E) mit Stickstoff (N ₂)								
Variante	E 7 N ₂		-	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	50,99	50,62	49,31	50,24	50,63	50,36	0,64		
	440	Tage	41,95	42,05	42,03	41,93	41,80	41,95	0,10		
a*- Wert	5	Tage	-3,24	-3,24	-2,66	-3,16	-3,22	-3,10	0,25		
	440	Tage	-0,69	-0,66	-0,75	-0,75	-0,71	-0,71	0,04		
b*- Wert	5	Tage	10,61	10,37	10,22	10,11	10,87	10,44	0,31		
	440	Tage	10,45	10,42	10,23	10,37	10,18	10,33	0,12		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,44	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,01	-		
Extinktion	5	Tage	0,08450	0,08730	0,08690	0,08870	0,08590	0,08666	0,00157		
Variante	E 8 N ₂		0,025	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	51,27	50,23	50,32	49,65	49,74	50,24	0,65		
	440	Tage	44,25	44,13	44,23	43,57	43,77	43,99	0,30		
a*- Wert	5	Tage	-1,71	-1,65	-1,72	-1,78	-1,63	-1,70	0,06		
	440	Tage	-0,14	-0,53	-0,70	-0,51	-0,39	-0,45	0,21		
b*- Wert	5	Tage	12,62	12,49	12,55	12,14	11,89	12,34	0,31		
	440	Tage	12,50	12,03	11,84	11,31	11,54	11,84	0,46		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,53	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,09	-		
Extinktion	5	Tage	0,13100	0,13270	0,13180	0,13340	0,13310	0,13240	0,00099		
Variante	E 9 N ₂		-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
			1	2	3	4	5				
L*- Wert	5	Tage	50,13	48,60	48,44	48,29	48,60	48,81	0,75		
	440	Tage	45,63	45,72	46,01	46,40	45,45	45,84	0,37		
a*- Wert	5	Tage	-2,77	-2,36	-2,47	-2,56	-2,68	-2,57	0,16		
	440	Tage	-2,11	-1,91	-2,01	-2,28	-1,81	-2,02	0,18		
b*- Wert	5	Tage	11,01	11,02	10,64	10,04	10,38	10,62	0,42		
	440	Tage	12,29	12,36	12,98	12,83	12,61	12,61	0,30		
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,78	-		
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,42	-		
Extinktion	5	Tage	0,10710	0,10820	0,10740	0,10790	0,10860	0,10784	0,00060		

Apfelsorte			Elstar (E) mit Stickstoff (N ₂)							
Variante	E 10 N ₂		0,050	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
			1	2	3	4	5			
L*- Wert	5	Tage	49,51	50,21	51,04	51,89	50,47	50,62	0,90	
	440	Tage	43,70	43,55	43,50	43,55	43,59	43,58	0,08	
a*- Wert	5	Tage	-2,99	-3,31	-3,45	-3,37	-3,21	-3,27	0,18	
	440	Tage	-1,82	-1,86	-1,98	-2,01	-1,87	-1,91	0,08	
b*- Wert	5	Tage	10,98	10,76	11,16	11,13	10,64	10,93	0,23	
	440	Tage	10,80	11,00	10,78	10,77	10,65	10,80	0,13	
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,70	-	
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,35	-	
Extinktion	5	Tage	0,06960	0,07050	0,07210	0,07180	0,07150	0,07110	0,00103	
Apfelsorte			Royal Gala (RG)							
Variante	E 11 N ₂		0,050	Ascorbin- säure in %	0,500	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
			1	2	3	4	5			
L*- Wert	5	Tage	49,72	50,10	49,70	48,96	49,10	49,52	0,47	
	440	Tage	43,46	43,51	43,11	43,25	43,02	43,27	0,21	
a*- Wert	5	Tage	-2,71	-2,59	-2,83	-2,70	-2,75	-2,72	0,09	
	440	Tage	-0,64	-0,85	-0,93	-1,25	-1,07	-0,95	0,23	
b*- Wert	5	Tage	11,00	10,71	10,21	10,24	10,46	10,52	0,33	
	440	Tage	11,26	10,71	10,64	10,30	10,54	10,69	0,35	
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,46	-	
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,05	-	
Extinktion	5	Tage	0,09440	0,09400	0,09530	0,09540	0,09660	0,09514	0,00101	

Apfelsorte			Royal Gala (RG)							
Variante	RG 5		0,050	Ascorbin- säure in %	0,050	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation		Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
			1	2	3	4	5			
L*- Wert	0	Stunden	46,87	46,22	46,39	46,54	46,52	46,51	0,24	
	2	Stunden	46,46	46,78	46,54	46,30	46,13	46,44	0,25	
	4	Stunden	48,32	47,75	48,33	48,30	47,71	48,08	0,32	
a*- Wert	0	Stunden	-4,83	-4,61	-4,74	-4,75	-4,84	-4,75	0,09	
	2	Stunden	-4,49	-4,41	-4,38	-4,31	-3,98	-4,31	0,20	
	4	Stunden	-4,63	-4,52	-4,69	-4,65	-4,57	-4,61	0,07	
b*- Wert	0	Stunden	10,43	11,28	11,32	12,10	11,42	11,31	0,59	
	2	Stunden	10,45	10,82	11,35	11,36	11,57	11,11	0,46	
	4	Stunden	12,20	12,18	12,71	12,16	11,93	12,24	0,29	
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	2,97	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	2,96	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	2,97	-	

Apfelsorte		Royal Gala (RG)								
Variante	RG 7	-	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	0	Stunden	45,54	45,01	45,17	45,34	45,31	45,27	0,20	
	2	Stunden	45,50	45,04	45,11	44,82	44,38	44,97	0,41	
	4	Stunden	46,00	45,78	45,38	46,57	45,78	45,90	0,44	
a*- Wert	0	Stunden	-2,77	-2,59	-2,62	-2,80	-2,52	-2,66	0,12	
	2	Stunden	-2,61	-2,35	-2,12	-1,99	-1,87	-2,19	0,30	
	4	Stunden	-1,45	-2,30	-2,35	-2,67	-2,29	-2,21	0,45	
b*- Wert	0	Stunden	11,92	12,16	12,47	12,24	12,43	12,24	0,22	
	2	Stunden	12,20	10,81	11,31	11,70	11,44	11,49	0,51	
	4	Stunden	13,86	12,46	12,58	13,76	13,13	13,16	0,65	
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	3,27	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	3,26	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	3,28	-	
Variante	RG 8	0,025	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	0	Stunden	48,76	48,84	48,34	48,30	47,79	48,41	0,42	
	2	Stunden	49,11	48,47	48,15	48,71	48,84	48,66	0,37	
	4	Stunden	48,32	48,10	48,85	49,09	49,14	48,70	0,47	
a*- Wert	0	Stunden	-4,16	-4,39	-4,37	-4,43	-4,20	-4,31	0,12	
	2	Stunden	-3,98	-4,11	-3,94	-3,93	-3,80	-3,95	0,11	
	4	Stunden	-4,20	-4,15	-4,11	-4,23	-4,23	-4,18	0,05	
b*- Wert	0	Stunden	13,52	14,18	14,07	13,56	13,64	13,79	0,31	
	2	Stunden	14,52	14,00	13,95	14,46	14,17	14,22	0,26	
	4	Stunden	13,74	13,92	14,51	14,61	14,71	14,30	0,44	
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	3,13	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	3,13	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	3,13	-	
Variante	RG 9	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %	
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	0	Stunden	46,31	46,67	46,52	46,69	46,77	46,59	0,18	
	2	Stunden	45,94	45,97	46,45	46,98	46,92	46,45	0,50	
	4	Stunden	45,42	45,00	45,84	44,96	44,93	45,23	0,39	
a*- Wert	0	Stunden	-2,09	-2,48	-1,96	-2,48	-2,43	-2,29	0,25	
	2	Stunden	-2,55	-2,42	-2,44	-2,72	-2,79	-2,58	0,17	
	4	Stunden	-2,17	-2,12	-2,66	-2,30	-2,19	-2,29	0,22	
b*- Wert	0	Stunden	14,03	13,34	13,59	13,28	13,80	13,61	0,31	
	2	Stunden	12,13	13,18	12,99	13,32	13,57	13,04	0,55	
	4	Stunden	12,31	12,79	12,56	12,67	12,66	12,60	0,18	
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	3,95	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	3,96	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	3,96	-	

Apfelsorte		Royal Gala (RG) mit Natriumsulfit Na ₂ SO ₃								
Variante	RG 17	-	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	0,048	Natrium- sulfit in %	
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	0	Stunden	48,86	48,87	49,31	49,08	49,20	49,06	0,20	
	2	Stunden	49,80	49,72	49,77	50,14	49,50	49,79	0,23	
	4	Stunden	48,80	48,89	49,39	49,44	49,17	49,14	0,29	
a*- Wert	0	Stunden	-5,09	-5,02	-5,11	-5,09	-5,13	-5,09	0,04	
	2	Stunden	-5,36	-5,30	-5,43	-5,56	-5,47	-5,42	0,10	
	4	Stunden	-5,23	-5,09	-5,24	-4,95	-4,86	-5,07	0,17	
b*- Wert	0	Stunden	11,40	12,10	11,51	11,79	11,86	11,73	3,37	
	2	Stunden	13,11	12,63	12,96	12,60	13,00	12,86	3,35	
	4	Stunden	11,80	11,34	11,91	11,31	10,93	11,46	3,37	
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	3,37	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	3,35	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	3,37	-	
Variante ohne	RG 18 Zucker	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	0,050	Natrium- sulfit in %	
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	0	Stunden	49,65	49,78	49,70	49,56	49,97	49,73	0,16	
	2	Stunden	49,67	49,49	48,65	48,57	48,70	49,02	0,52	
	4	Stunden	-3,65	-3,87	-3,61	-3,81	-3,85	-3,76	0,12	
a*- Wert	0	Stunden	-4,12	-4,08	-3,88	-3,73	-3,77	-3,92	0,18	
	2	Stunden	15,26	15,28	15,76	14,62	14,69	15,12	0,47	
	4	Stunden	14,56	14,99	12,94	13,44	14,18	14,02	0,83	
b*- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	4,16	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	4,16	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	-	-	
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	-	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	-	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	-	-	
Variante	RG 19	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	0,060	Natrium- sulfit in %	
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	0	Stunden	50,71	50,73	50,58	50,71	50,21	50,59	0,22	
	2	Stunden	49,65	49,79	49,38	49,16	49,13	49,42	0,29	
	4	Stunden	48,82	48,94	48,30	47,99	48,29	48,47	0,40	
a*- Wert	0	Stunden	-5,56	-5,43	-5,49	-5,36	-5,56	-5,48	0,09	
	2	Stunden	-4,71	-4,71	-4,61	-5,18	-5,18	-4,88	0,28	
	4	Stunden	-5,42	-5,33	-5,15	-4,94	-5,11	-5,19	0,19	
b*- Wert	0	Stunden	13,31	13,35	13,50	13,24	13,67	13,41	0,17	
	2	Stunden	11,36	11,33	11,19	12,11	12,19	11,64	0,47	
	4	Stunden	12,37	12,13	11,01	11,85	11,47	11,77	0,54	
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	4,16	-	
	2	Stunden	-	-	-	-	-	4,15	-	
	4	Stunden	-	-	-	-	-	4,17	-	

Apfelsorte		Royal Gala (RG) mit Natriumsulfit Na ₂ SO ₃							
Variante	RG 20	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	0,120	Natrium- sulfit in %
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
		1	2	3	4	5			
L*- Wert	0 Stunden	48,65	48,49	48,57	48,80	48,71	48,64	0,12	
	2 Stunden	49,32	48,70	49,49	49,12	49,00	49,13	0,30	
	4 Stunden	48,87	48,92	48,79	48,88	48,87	48,87	0,05	
a*- Wert	0 Stunden	-5,42	-5,50	-5,54	-5,61	-5,64	-5,54	0,09	
	2 Stunden	-5,22	-5,27	-5,30	-5,32	-5,50	-5,32	0,11	
	4 Stunden	-5,33	-5,29	-5,20	-5,32	-5,44	-5,32	0,09	
b*- Wert	0 Stunden	11,63	11,46	11,46	11,70	12,36	11,72	0,37	
	2 Stunden	12,69	12,89	12,29	11,34	12,52	12,35	0,60	
	4 Stunden	11,81	12,40	11,98	12,27	12,27	12,15	0,24	
pH- Wert	0 Stunden	-	-	-	-	-	4,43	-	
	2 Stunden	-	-	-	-	-	4,38	-	
	4 Stunden	-	-	-	-	-	4,38	-	
Variante	RG 21	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	0,240	Natrium- sulfit in %
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
		1	2	3	4	5			
L*- Wert	0 Stunden	47,39	47,45	47,36	47,02	46,92	47,23	0,24	
	2 Stunden	48,48	48,12	48,57	48,45	48,63	48,45	0,20	
	4 Stunden	47,82	47,38	47,59	47,32	46,71	47,36	0,42	
a*- Wert	0 Stunden	-5,62	-5,47	-5,57	-5,45	-5,41	-5,50	0,09	
	2 Stunden	-5,53	-5,41	-5,58	-5,53	-5,55	-5,50	0,06	
	4 Stunden	-5,69	-5,48	-5,47	-5,53	-5,45	-5,54	0,10	
b*- Wert	0 Stunden	11,64	12,29	12,41	11,21	10,91	11,69	0,66	
	2 Stunden	13,60	13,01	12,73	13,36	13,28	13,20	0,34	
	4 Stunden	11,88	11,87	11,36	11,23	12,47	11,76	0,49	
pH- Wert	0 Stunden	-	-	-	-	-	5,68	-	
	2 Stunden	-	-	-	-	-	5,74	-	
	4 Stunden	-	-	-	-	-	5,67	-	
Variante	RG 22	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	0,480	Natrium- sulfit in %
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
		1	2	3	4	5			
L*- Wert	0 Stunden	42,65	43,24	43,28	43,12	42,76	43,01	0,29	
	2 Stunden	45,25	45,89	46,01	46,09	45,63	45,77	0,34	
	4 Stunden	43,75	43,07	43,16	43,57	43,77	43,46	0,33	
a*- Wert	0 Stunden	-4,66	-4,66	-4,71	-5,00	-4,87	-4,78	0,15	
	2 Stunden	-4,74	-5,14	-5,15	-5,26	-5,00	-5,06	0,20	
	4 Stunden	-4,90	-4,73	-4,72	-4,77	-4,81	-4,79	0,07	
b*- Wert	0 Stunden	9,25	9,87	9,31	9,97	9,46	9,57	-	
	2 Stunden	12,71	12,98	13,15	12,93	12,59	12,87	-	
	4 Stunden	10,41	9,72	9,87	10,47	10,39	10,17	-	
pH- Wert	0 Stunden	-	-	-	-	-	5,68	-	
	2 Stunden	-	-	-	-	-	5,74	-	
	4 Stunden	-	-	-	-	-	5,67	-	

Apfelsorte		Royal Gala (RG) mit Natriumsulfit Na ₂ SO ₃							
Variante	RG 23	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	0,950	Natrium- sulfit in %
Mess- parameter	bis zur Pas- teurisation	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
		1	2	3	4	5			
L*- Wert	0	Stunden	42,06	41,74	41,71	41,43	41,76	41,74	0,22
	2	Stunden	42,23	42,36	41,93	42,05	41,97	42,11	0,18
	4	Stunden	42,30	41,27	42,26	41,04	41,15	41,60	0,62
a*- Wert	0	Stunden	-4,26	-4,22	-4,14	-4,11	-4,17	-4,18	0,06
	2	Stunden	-4,10	-4,09	-3,94	-4,14	-4,07	-4,07	0,08
	4	Stunden	-4,17	-3,88	-4,10	-3,88	-3,83	-3,97	0,15
b*- Wert	0	Stunden	9,94	9,17	9,31	9,37	9,11	9,38	0,33
	2	Stunden	10,35	10,28	10,07	10,18	10,29	10,23	0,11
	4	Stunden	9,68	8,64	9,60	8,82	9,54	9,26	0,49
pH- Wert	0	Stunden	-	-	-	-	-	6,67	-
	2	Stunden	-	-	-	-	-	6,62	-
	4	Stunden	-	-	-	-	-	6,54	-

Apfelsorte		Golden Delicious (GD)							
Variante	GD 8	0,025	Ascorbin- säure in %	0,250	Zitronen- säure in %	0,300	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfit in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
		1	2	3	4	5			
L*- Wert	5	Tage	50,89	51,09	49,84	48,96	48,88	49,93	1,04
	440	Tage	45,29	44,66	44,60	45,19	46,06	45,16	0,59
a*- Wert	5	Tage	-2,82	-2,97	-2,77	-2,73	-2,98	-2,85	0,12
	440	Tage	-1,46	-0,76	-1,49	-1,62	-1,82	-1,43	0,40
b*- Wert	5	Tage	13,65	13,72	13,27	13,37	12,22	13,25	0,60
	440	Tage	12,54	12,92	12,53	12,76	13,04	12,76	0,23
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,51	-
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,07	-

Apfelsorte		Golden Delicious (GD)							
Variante	GD 9	-	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	-	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfit in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
		1	2	3	4	5			
L*- Wert	5	Tage	49,51	49,95	48,50	49,07	49,69	49,34	0,57
	440	Tage	42,65	42,53	42,66	42,58	42,75	42,63	0,08
a*- Wert	5	Tage	-3,01	-3,20	-2,67	-3,19	-3,20	-3,05	0,23
	440	Tage	-2,54	-2,53	-2,27	-2,44	-2,83	-2,52	0,20
b*- Wert	5	Tage	13,28	13,67	13,00	12,83	13,20	13,20	0,32
	440	Tage	11,17	11,18	11,55	10,91	10,82	11,13	0,29
pH- Wert	5	Tage	-	-	-	-	-	3,82	-
	440	Tage	-	-	-	-	-	3,47	-

Apfelsorte		Golden Delicious (GD)							
Variante	GD 10	0,050	Ascorbin- säure in %	-	Zitronen- säure in %	0,150	Äpfel- säure in %	-	Natrium- sulfid in %
Mess- parameter	Messung nach Her- stellung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung	
		1	2	3	4	5			
L*- Wert	5 Tage	48,94	49,71	50,47	50,72	49,52	49,87	0,72	
	440 Tage	43,05	43,15	43,14	43,51	43,23	43,22	0,18	
a*- Wert	5 Tage	-3,41	-3,67	-3,67	-3,66	-3,26	-3,53	0,19	
	440 Tage	-1,99	-1,77	-1,60	-1,62	-2,00	-1,80	0,19	
b*- Wert	5 Tage	11,23	11,56	11,63	11,56	12,07	11,61	0,30	
	440 Tage	11,25	11,39	11,64	11,43	10,82	11,31	0,31	
pH- Wert	5 Tage	-	-	-	-	-	3,75	-	
	440 Tage	-	-	-	-	-	3,38	-	

Produkte aus dem Handel

Produkt aus dem Handel								
Produkt	H 1	Bio- Apfelmus						
Firma: Spreewaldkonserve Golßen GmbH		Zutaten:	Äpfel, Zucker, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure					
		Herstellung:	September 2011		Mindesthaltbarkeitsdatum:	September 2014		
Mess- parameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	17.06.2013	43,89	43,80	43,84	43,83	43,98	43,87	0,07
a*- Wert		-2,62	-2,57	-2,60	-2,63	-2,72	-2,63	0,06
b*- Wert		11,26	11,20	11,15	11,16	11,25	11,20	0,05
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,36	-
Produkt	H 2	Apfelmus						
Firma: Netto Marken- Discount AG & Co. KG		Zutaten:	Äpfel, Glukose- Fruktose- Sirup, Zucker, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure, Säuerungsmittel Zitronensäure					
		Herstellung:	-		Mindesthaltbarkeitsdatum:	September 2016		
Mess- parameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	17.06.2013	45,79	45,79	45,72	45,76	45,82	45,78	0,04
a*- Wert		-4,25	-4,25	-4,20	-4,22	-4,28	-4,24	0,03
b*- Wert		10,94	11,02	10,95	10,96	10,99	10,97	0,03
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,55	-

Produkt aus dem Handel								
Produkt	H 3	BIO Apfelmus gezuckert						
Firma: real,- Handels GmbH		Zutaten:	Äpfel, brauner Rohrzucker, Säuerungsmittel Zitronensäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure					
		Herstellung:	Dezember 2012		Mindesthaltbarkeitsdatum:		Dezember 2016	
Messparameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardabweichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	17.06.2013	45,57	45,54	45,50	45,53	45,53	40,47	0,03
a*- Wert		-5,28	-5,25	-5,27	-5,33	-5,25	-3,69	0,03
b*- Wert		11,72	11,71	11,72	11,75	11,62	10,20	0,05
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,46	-
Produkt	H 4	Apfelmus Extra Qualität						
Firma: HAK B.V.		Zutaten:	Äpfel 90 %, Zucker (Gesamtzuckergehalt 19 %), Zitronensaft, Antioxidationsmittel Vitamin C					
		Herstellung:	-		Mindesthaltbarkeitsdatum:		2014	
Messparameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardabweichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	17.06.2013	44,20	44,21	44,21	44,17	44,20	44,20	0,02
a*- Wert		-3,65	-3,71	-3,67	-3,64	-3,69	-3,67	0,03
b*- Wert		10,52	10,64	10,62	10,72	10,71	10,64	0,08
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,49	-
Produkt	H 5	Apfelkompott mit Stücken gezuckert						
Firma: Spreewaldkonserve Golßen GmbH		Zutaten:	Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Äpfelsäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure					
		Herstellung:	Februar 2012		Mindesthaltbarkeitsdatum:		Februar 2015	
Messparameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardabweichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	17.06.2013	39,82	39,46	39,31	39,41	39,31	39,46	0,21
a*- Wert		-3,33	-3,32	-3,21	-3,27	-3,15	-3,26	0,08
b*- Wert		6,26	6,13	5,79	6,12	5,79	6,02	0,22
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,28	-

Produkt aus dem Handel								
Produkt	H 6	Apfelkompott mit Stücken stark gezuckert						
Firma: Netto Marken- Discount AG & Co. KG		Zutaten:	90 % Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Äpfelsäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure					
		Herstellung:	Februar 2012		Mindesthaltbarkeitsdatum:	Februar 2015		
Mess- parameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	09.07.2013	42,66	42,16	42,66	43,28	42,41	42,63	0,42
a*- Wert		-4,80	-4,76	-4,85	-5,16	-4,94	-4,90	0,16
b*- Wert		8,44	8,21	8,42	8,99	7,96	8,40	0,38
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,24	-
Produkt	H 7	Bio- Apfelmus gezuckert						
Firma: Netto Marken- Discount AG & Co. KG		Zutaten:	93 % Äpfel, Zucker, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure					
		Herstellung:	-		Mindesthaltbarkeitsdatum:	Oktober 2015		
Mess- parameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	09.07.2013	44,95	45,15	45,03	44,91	44,95	45,00	0,10
a*- Wert		-3,84	-3,88	-3,89	-3,86	-3,97	-3,89	0,05
b*- Wert		11,89	11,91	11,82	11,81	11,78	11,84	0,06
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,47	-
Produkt	H 8	Apfelmus mit Vitamin C Kalt gerieben						
Firma: Spreewaldkonserve Golßen GmbH		Zutaten:	Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Äpfelsäure, 30 mg Vitamin C je 100 g					
		Herstellung:	März 2012		Mindesthaltbarkeitsdatum:	März 2015		
Mess- parameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardab- weichung
		1	2	3	4	5		
L*- Wert	26.03.2012	45,77	45,67	45,71	45,44	45,34	45,59	0,19
a*- Wert		-6,44	-6,42	-6,51	-6,36	-6,28	-6,40	0,09
b*- Wert		9,97	10,00	10,12	9,74	9,61	9,89	0,21
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,48	-

Produkt aus dem Handel										
Produkt	H 9	Oberlausitzer Apfelmus								
Firma: Lausitzer Fruchteverarbeitung GmbH		Zutaten:	Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Zitronensäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure							
		Herstellung:	-				Mindesthaltbarkeitsdatum:	Dezember 2014		
Messparameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardabweichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	26.03.2012	46,29	46,16	45,89	45,96	46,14	46,09	0,16		
a*- Wert		-4,83	-4,89	-4,69	-4,71	-4,75	-4,77	0,08		
b*- Wert		10,29	10,50	10,18	10,13	10,20	10,26	0,15		
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,34	-		
Produkt	H 10	Fitini Apfelmus								
Firma: Spreewaldkonserve Golßen GmbH		Zutaten:	Äpfel, Säuerungsmittel Äpfelsäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure, Süßstoffe Natrium- Cyclamat und Saccharin- Natrium							
		Herstellung:	Dezember 2011				Mindesthaltbarkeitsdatum:	Dezember 2015		
Messparameter	Datum der Messung	Messung					Mittelwert	Standardabweichung		
		1	2	3	4	5				
L*- Wert	26.03.2012	49,24	48,82	49,44	49,01	49,15	49,13	0,23		
a*- Wert		-6,17	-6,09	-6,27	-6,14	-6,15	-6,16	0,07		
b*- Wert		13,02	12,95	13,21	12,98	13,25	13,08	0,14		
pH- Wert		-	-	-	-	-	3,38	-		

Sensorische Beurteilung

Apfelsorte Elstar										
Variante	E 3	-	Ascorbinsäure in %	0,500	Zitronensäure in %	-	Äpfelsäure in %			
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	6	1	7	3	2	3	2	6	1	3,44
Geruch	6	6	8	9	9	6	9	6	6	7,22
Geschmack	7	8	7	7	7	4	7	5	7	6,56
Textur	5	9	5	6	6	4	7	6	6	6,00
Beliebtheit	6	3	3	6	5	3	5	6	2	4,33
Ø Note	3,0	5,4	6,0	6,2	5,8	4,0	6,0	5,8	4,4	5,51

Apfelsorte Elstar													
Variante	E 4		Ascorbinsäure in %			Zitronensäure in %			Äpfelsäure in %				
Merkmal	Prüfer									Mittelwert			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Farbe	8	2	3	8	8	3	7	2	1	4,67			
Geruch	5	8	8	8	6	7	6	5	6	6,56			
Geschmack	9	8	7	6	6	5	3	6	8	6,44			
Textur	9	9	7	8	6	7	7	8	6	7,44			
Beliebtheit	9	8	6	8	6	5	4	5	5	6,22			
Ø Note	8,0	7,0	6,2	7,6	6,4	5,4	5,4	5,2	5,2	6,27			
Apfelsorte Elstar													
Variante	E 5		0,050		Ascorbinsäure in %		0,500		Zitronensäure in %		0,300	Äpfelsäure in %	
Merkmal	Prüfer									Mittelwert			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Farbe	5	4	4	6	5	6	5	4	4	4,78			
Geruch	7	4	4	8	6	7	6	5	7	6,00			
Geschmack	7	7	7	9	3	8	7	7	7	6,89			
Textur	7	9	7	8	3	2	3	6	6	5,67			
Beliebtheit	4	1	5	7	3	3	2	5	1	3,44			
Ø Note	6,0	5,0	5,4	7,6	4,0	5,2	4,6	5,4	5,0	5,36			
Apfelsorte Elstar													
Variante	E 9		-			Ascorbinsäure in %		-		Zitronensäure in %		-	Äpfelsäure in %
Merkmal	Prüfer									Mittelwert			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Farbe	7	9	7	3	8	7	8	7	5	6,78			
Geruch	7	7	8	7	5	6	7	7	6	6,67			
Geschmack	9	8	8	7	7	3	5	8	8	7,11			
Textur	5	7	5	8	5	5	2	6	6	5,44			
Beliebtheit	9	6	3	6	6	3	4	6	4	5,22			
Ø Note	7,4	7,4	6,2	6,2	6,2	5,0	5,2	6,8	5,8	6,24			
Apfelsorte Elstar													
Variante	E 10		0,050		Ascorbinsäure in %		-		Zitronensäure in %		0,150	Äpfelsäure in %	
Merkmal	Prüfer									Mittelwert			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Farbe	7	9	7	9	7	9	7	8	6	7,67			
Geruch	9	7	6	7	8	7	7	8	7	7,33			
Geschmack	8	8	7	9	8	6	5	9	7	7,44			
Textur	8	9	8	9	7	8	8	7	8	8,00			
Beliebtheit	5	8	4	8	6	6	4	7	7	6,11			
Ø Note	7,4	8,2	6,4	8,4	7,2	7,2	6,2	7,8	7,0	7,31			

Apfelsorte Elstar										
Variante	E 12	0,025	Ascorbinsäure in %	0,500	Zitronensäure in %	-	Äpfelsäure in %			
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4,56
Geruch	9	6	5	7	6	7	9	6	7	6,89
Geschmack	7	8	7	7	7	8	6	7	7	7,11
Textur	9	6	6	7	6	5	6	7	7	6,56
Beliebtheit	6	3	5	5	6	6	4	6	1	4,67
Ø Note	7,2	5,4	5,4	6,2	5,8	6,2	6,0	6,2	5,2	5,96
Apfelsorte Elstar										
Variante	E 13	0,025	Ascorbinsäure in %	-	Zitronensäure in %	-	Äpfelsäure in %			
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	9	9	9	8	8	9	9	9	8	8,67
Geruch	9	6	8	9	8	7	7	8	8	7,78
Geschmack	7	8	8	8	7	8	8	9	8	7,89
Textur	8	9	9	9	5	8	8	9	8	8,11
Beliebtheit	6	7	7	8	4	7	4	8	8	6,56
Ø Note	7,8	7,8	8,2	8,4	6,4	7,8	7,2	8,6	8,0	7,80
Apfelsorte Elstar mit Sickstoff										
Variante	E 9 N₂	-	Ascorbinsäure in %	-	Zitronensäure in %	-	Äpfelsäure in %			
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	7	8	9	9	2	9	3	8	5	6,67
Geruch	8	8	8	9	6	7	8	5	7	7,33
Geschmack	8	8	7	8	3	8	5	3	8	6,44
Textur	7	9	7	9	7	8	2	7	7	7,00
Beliebtheit	5	8	6	9	3	7	4	5	3	5,56
Ø Note	7,0	8,2	7,4	8,8	4,5	7,8	4,4	5,6	6,0	6,60
Apfelsorte Elstar mit Stickstoff										
Variante	E 10 N₂	0,050	Ascorbinsäure in %	-	Zitronensäure in %	0,150	Äpfelsäure in %			
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	8	6	5	9	5	7	8	6	3	6,33
Geruch	8	7	9	9	6	7	6	7	6	7,22
Geschmack	8	8	7	9	5	6	4	9	6	6,89
Textur	8	8	7	9	3	7	8	9	7	7,33
Beliebtheit	6	7	8	9	3	6	4	8	5	6,22
Ø Note	7,6	7,2	7,2	9,0	4,4	6,6	6,0	7,8	5,4	6,80

Apfelsorte Golden Delicious										
Variante	GD 9	-	Ascorbinsäure in %	-	Zitronensäure in %	-	Äpfelsäure in %			
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	2	1	3	3	7	3	8	8	2	4,11
Geruch	2	6	3	7	6	6	3	2	3	4,22
Geschmack	2	8	5	8	2	7	1	2	8	4,78
Textur	8	6	4	8	6	7	8	4	4	6,11
Beliebtheit	1	2	3	6	4	6	1	2	3	3,11
Ø Note	3,0	4,6	3,6	6,4	5,0	5,8	4,2	3,6	4,0	4,47

Apfelsorten Golden Delicious										
Variante	GD 10	0,050	Ascorbinsäure in %	-	Zitronensäure in %	0,150	Äpfelsäure in %			
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	8	3	8	8	3	3	4	8	1	5,11
Geruch	8	7	3	9	7	8	7	7	3	6,56
Geschmack	2	5	3	9	5	7	5	5	2	4,78
Textur	9	8	8	8	7	7	7	9	7	7,78
Beliebtheit	1	1	4	8	5	6	1	5	1	3,56
Ø Note	5,6	4,8	5,2	8,4	5,4	6,2	4,8	6,8	2,8	5,56

Produkt aus dem Handel										
Produkt	H 8	Zutaten: Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Äpfelsäure, 30 mg Vitamin C je 100 g								
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	9	9	9	9	9	3	9	9	9	8,33
Geruch	9	8	4	3	6	3	2	7	8	5,56
Geschmack	9	9	9	2	5	5	1	6	3	5,44
Textur	2	3	8	6	5	2	7	8	3	4,89
Beliebtheit	9	8	8	5	2	1	1	7	6	5,22
Ø Note	7,6	7,4	7,6	5,0	5,4	2,8	4,0	7,4	5,8	5,89

Produkt aus dem Handel										
Produkt	H 9	Zutaten: Äpfel, Zucker, Säuerungsmittel Zitronensäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure								
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	7	8	9	8	9	3	8	8	2	6,89
Geruch	8	8	7	7	5	8	3	7	8	6,78
Geschmack	8	9	8	8	1	9	2	7	4	6,22
Textur	2	3	4	3	2	7	2	8	3	3,78
Beliebtheit	8	8	8	8	4	6	4	8	6	6,67
Ø Note	6,6	7,2	7,2	6,8	4,2	6,6	3,8	7,6	4,6	6,07

Produkt aus dem Handel										
Produkt	H 10		Zutaten: Äpfel, Säuerungsmittel Äpfelsäure, Antioxidationsmittel Ascorbinsäure, Süßstoffe Natrium- Cyclamat und Saccharin- Natrium							
Merkmal	Prüfer									Mittelwert
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Farbe	8	9	9	8	9	2	9	9	7	7,78
Geruch	3	6	7	7	4	7	2	9	3	5,33
Geschmack	3	8	7	3	1	6	2	9	2	4,56
Textur	2	3	7	6	2	6	2	8	6	4,67
Beliebtheit	2	7	6	6	2	4	4	9	1	4,56
Ø Note	3,6	6,6	7,2	6,0	3,6	5,0	3,8	8,8	3,8	5,38

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum

Unterschrift