

Hochschule Neubrandenburg

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmitteltechnologie

Modul B 45: Bachelorarbeit

Wintersemester 2014

**Bachelorarbeit zur Erlangung des akademischen
Grades Bachelor of Science (B.Sc.)**

**Einführung einer neuen Pasteurisations- und Abfüllanlage zur
Herstellung von Apfelsaft**



Verfasserin: Nadine Zachert

Betreuer der Hochschule: Prof. Dr. Peter Meurer

Betreuer des Unternehmens: Dipl. Ing. Sebastian Jacob

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2014-0730-7

Neubrandenburg, 06. 02. 2015

Abstract

During the processing of fruits flavours as well as the colour and stability of fruit juice are major quality factors regarding the consumer's acceptance. Therefore the raw material, the pasteurization temperature, the presence of oxygen, enzymes and microbiological contaminants are only some important responses. The existence of active substances, for example ascorbic acid, is also decisive for the Quality of apple juice with respect to sensory values of the product. With regard to an intra-corporate production and launch of naturally turbid apple juice a new pasteurization and packaging system (PA 750 RWT-Gas, Voran Maschinen GmbH) was implemented replacing another (PA 180E, Voran Maschinen GmbH). Therefore the process itself was described. Important influencing parameters on quality were documented. To find out effects, the turbidity, refractive index and colour (L*a*b*-system) of apple juice was determined. Furthermore ascorbic acid and ethanol contents were investigated by enzymatic analysis. Safety values like HMF and patulin contents were determined as well as microbiological contaminants like total plate count. In the end these effects are responsible for the sensory quality, which was described by descriptive and preference tests.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Wissenschaft und Technik	3
2.1	Der Apfel	3
2.2	Gesetzliche Regelung	3
2.3	Herstellung von Apfelsaft	4
2.3.1	Haltbarmachung - Pasteurisation	6
2.3.2	Presstechnik	8
2.3.3	Pasteurisationsanlagen	9
2.3.3.1	Betriebsglocke	9
2.3.3.2	Plattenwärmetauscher	10
2.3.3.3	Röhrenwärmetauscher	10
2.3.3.4	Tunnelpasteur	10
2.3.4	Abfülltechnik-/ Anlagen	11
2.4	Bag-in-Box	12
2.5	Mikrobiologische und toxikologische Risiken	13
2.6	Weitere qualitätsbeeinflussende Veränderungen	15
3	Material und Methoden	17
3.1	Material	17
3.2	Methoden	20
3.2.1	Aufbau und Inbetriebnahme der Pasteurisations- und Abfüllanlage (PA750 RWT-Gas, MBF 750)	20
3.2.2	Herstellung des Apfelsaftes mit der Pasteurisationsanlage PA 180E und PA 750 RWT-Gas	22
3.2.3	Bestimmung Produkt- und Prozess-charakteristischer Kennzahlen	25
3.2.3.1	Berechnung PE-Wert für die Anlage PA 750 RWT-Gas	25
3.2.3.2	Berechnung Presssaftausbeute	25
3.2.3.3	Trübungsmessung	25
3.2.3.4	pH-Wert	26
3.2.3.5	Extraktgehalt	26
3.2.3.6	Farbmessung	26
3.2.3.7	Ethanol-Gehalt	28
3.2.3.8	L-Ascorbinsäure	29

3.2.3.9	HMF-Gehalt	30
3.2.3.10	Patulin	30
3.2.3.11	Mikrobiologische Untersuchung	30
3.2.3.12	Sensorik.....	30
4	Ergebnisse	32
4.1	Berechnung des PE-Wertes der Anlage PA 750 RTW-Gas.....	32
4.2	Vergleich der beiden Pasteurisationsanlagen	33
4.3	Ergebnisse – Produkt- und Prozess-charakteristische Kennzahlen	34
4.3.1	Berechnung der Presssaftausbeute.....	34
4.3.2	pH-Wert.....	35
4.3.3	Trübungsmessung	36
4.3.4	Messung des Extraktgehalt.....	37
4.3.5	Farbmessung nach L*a*b* Messung	38
4.3.6	Auswertung der enzymatischen Untersuchung auf Ethanol und Ascorbinsäure.....	40
4.3.7	Auswertung Hydroxymethylfurfural	42
4.3.8	Auswertung Patulin.....	42
4.3.9	Mikrobiologische Auswertung	43
4.3.10	Sensorische Auswertung	44
4.3.10.1	Einfach beschreibende Prüfung und Einstufung des Produktes	45
4.3.10.2	Beliebtheitsprüfung.....	49
5	Diskussion	51
6	Zusammenfassung	57
7	Literaturverzeichnis	58
8	Tabellenverzeichnis	61
9	Abbildungsverzeichnis.....	61
10	Gleichungsverzeichnis	62
11	Anlagenverzeichnis.....	63

Anlagen

Erklärung über die selbstständige Anfertigung der vorliegenden Arbeit

Abkürzungsverzeichnis

AAO	Ascorbatoxidase
A.I.J.N.	Europäischer Fruchtsaftverband (Association of the industry of juices and nectars from fruits and vegetables of the European Union)
BiB	Bag-in-Box
c	Konzentration
d	Schichtdicke [cm]
DGHM	Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie
EVA	Ethylen-Vinylacetat-Copolymer
EVOH	Ethyl-Vinyl-Alkohol
FrSaftErfrischGetrV	Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränke-Verordnung
GC-MSD	Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung
GKZ	Gesamtkeimzahl
HMF	5-(Hydroxymethyl)-furfural
LDPE	Low Density Polyethylen
MG	Molekulargewicht der zu bestimmenden Substanz [g/mol]
MO	Mikroorganismen
MSB	Milchäurebakterien
OPP	Oriented Polypropylen
PA-Folien	Polyamid-Folien
PE	Polyethylen
PET-Folien	Polyethylenterephthalat-Folien
PMS	5-Methylphenaziniummethylsulfat
POD	Peroxidase
PPO	Polyphenoloxidase
v	Probevolumen [ml]
V	Testvolumen [ml]

1 Einleitung

Bei der Verarbeitung von Äpfeln sind Aromen sowie die Farbe und Stabilität des Saftes wertgebende Faktoren. Weiterhin sollte im Hinblick auf die Akzeptanz des Verbrauchers eine gleichbleibende Qualität des Saftes erzielt werden. Die Pasteurisation stellt im Hinblick auf das Thema der Arbeit den entscheidenden Faktor dar. Die bis dahin bestehende Pasteurisationsanlage PA 180E (Vorán Maschinen GmbH) wies in der Handhabung und Kontrollierbarkeit des Prozesses Einschränkungen auf. Es handelte sich hierbei um einen Durchlauferhitzer, dessen Pasteurisationstemperatur nicht regelbar war und deren Temperaturverlauf nicht verfolgt werden konnte. Es war daher nur möglich, die Saftaustrittstemperatur zu erfassen, sodass keine Aussagen zu charakteristischen Größen, wie dem Pasteurisationseffekt, getroffen werden konnten. Abfüllungsbedingt schwankte die Pasteurisationstemperatur. Sie verringerte sich entsprechend mit der Abfüllungsgeschwindigkeit und der damit verbundenen Erhöhung des Volumenstroms. Da mit der beschriebenen Anlage keine konstante Pasteurisation erreicht werden konnte, ist zu vermuten, dass auch der Saft keine kontinuierlich gleichbleibende Qualität hatte. Zudem beinhaltete der Pasteur PA 180E keine Waage für eine mengengenaue Abfüllung des Saftes in Bag-in-Box-Beutel. Das Ziel dieser Arbeit war es also, den Aufbau und die Einführung der Pasteurisationsanlage PA 750 RWT-Gas und der dazugehörigen Abfüllanlage MBF 750 (Vorán Maschinen GmbH) zu begleiten. Es sollte somit herausgestellt werden, dass mit der neuen Anlage ein kontinuierlicherer Pasteurisationsprozess möglich ist, der anhand von grundlegenden Einstellungen und Temperaturlaufzeichnungen bewertbar wird. Im Vergleich zur alten Anlage ist hier die Berechnung des Pasteurisationseffektes möglich. Durch eine geräteinterne Produktrückführung sollte weiterhin gewährleistet werden, dass dem Saft stets eine konstante Wärmemenge zugeführt wird. Technologische Parameter sollten somit konstant gehalten werden. Darüber hinaus besitzt die Abfüllanlage MBF 750 eine Kontrollwaage für eine einheitliche Abfüllung. Aufgrund unterschiedlicher Rohware bei der Herstellung der Säfte mit beiden Anlagen war die Vergleichbarkeit der Produkte im Hinblick auf zu untersuchende Faktoren eingeschränkt. Die thermische Behandlung von Apfelsaft hat einen Einfluss auf verschiedenste Parameter. Zur Prüfung der Qualität werden charakteristische Größen wie die Farbe, Trübung, HMF-Gehalt sowie die Mikrobiologie der Produkte untersucht. Ethanol- und Ascorbinsäure-Gehalte sind weiterhin zur Einhaltung der Fruchtsaftverordnung essentiell. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Qualität des Ausgangsrohstoffes, die bezüglich des Extraktgehaltes und des pH-Wertes, der neben der Pasteurisation für die Produkthaltbarkeit verantwortlich ist, von Bedeutung ist. Durch die

Einführung der neuen Pasteurisationsanlage PA 750 und Abfüllanlage MBF 750 soll – abgesehen von sortenabhängigen Schwankungen – eine konstantere Produktqualität gewährleistet werden, die durch Akzeptanztests sowie deskriptive sensorische Tests belegt werden soll.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Der Apfel

Der Apfel (lat. *Malus domestica*) ist ein Kernobstgewächs, welcher zu der Familie der Rosengewächse gehört. Er besteht aus etwa 10,5 % Zucker und 85% Wasser, welches die Zellen bzw. Zellzwischenräume ausfüllt. Daher wird dieser u.a. als Tafelobst frisch verzehrt, zu Most, Saft oder Apfelwein verarbeitet. Der Zucker setzt sich zusammen aus reduzierenden Zuckern wie Fructose, Glucose und einem geringen Anteil Saccharose. Der restliche Anteil besteht aus Fruchtsäuren, Mineralstoffen, Pektin, Aminosäuren, Pflanzenphenolen und Vitaminen. Äpfel gehören zu den klimakterischen Früchten, da sie nach der Ernte durch Kohlendioxidabgabe weiterreifen. Für eine optimale Lagerung müssen diese daher einer kontrollierten CA-Lagerung (controlled-Atmosphäre) unter regelmäßiger Temperaturkontrolle (1-5°C), definierten Luftfeuchtigkeit (90-95%), niedrigem Sauerstoff- und hohem Kohlendioxidgehalt ausgesetzt sein, um die Reifung zu verlangsamen (Belitz et al., 2008).

2.2 Gesetzliche Regelung

Die Anforderungen zur Herstellung eines Fruchtsaftes werden in Deutschland in der Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränke-Verordnung geregelt. Laut dieser Verordnung ist „Fruchtsaft der gärfähige, aber nicht gegorene Saft aus gesunden, frischen oder durch Kälte haltbar gemachten reifen Früchten, der die charakteristische Farbe, das charakteristische Aroma und den charakteristischen Geschmack der Früchte besitzt, von denen er stammt“ (FrSaftErfrischGetrV, 2004). Der Saft muss bestimmte Mindestanforderungen bezüglich Extrakt, Säure- und Fruchtgehaltgehalt erfüllen. Weiter sind Deklarationsvorgaben und Höchstwerte für Umweltkontaminanten, den Alkohol- und Milchsäuregehalt einzuhalten (Wucherpfeffig et al., 1990). Für diese Arbeit wurden ausschließlich Äpfel aus ökologischem Anbau als Rohstoff für den Apfelsaft eingesetzt. Bio-Lebensmittel werden für ernährungsbewusste Verbraucher immer wichtiger. Die Herkunft des Lebensmittels, eine positivere Ökobilanz und die geringen Pestizid-Rückstände in Obst und Gemüse sind starke Argumente für viele Verbraucher. Auch die Weiterverarbeitung des Rohstoffes ist nur mit zugelassenen Zutaten und vor allem ohne chemische Zusatzstoffe erlaubt. In der EG-Öko-Verordnung sind die zulässigen Verarbeitungshilfsstoffe geregelt (Röhrl und Aufmkolk, 2014). Für die Überprüfung der analytischen Gleichartigkeit werden als Beurteilung und Interpretationshilfe die RSK-Werte vom Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie e.V. als

Richtwerte genutzt. Diese beschreiben die Mindest- und Maximalwerte sowie Schwankungsbreiten für produktabhängige Inhaltsstoffe. Dazu zählen u.a. Zucker, Säuren und Mineralstoffe, woran die Qualität des Fruchtsaftes beschrieben werden kann. Die A.I.J.N.-Code of Practice des Europäischen Fruchtsaftverbandes hat eine Beschreibung des einheitlichen Handelsverbrauchs veröffentlicht, wo neben Qualitätsanforderungen eines Fruchtsaftes auch Beurteilungskriterien zur Verfügung stehen (Belitz et al. 2008).

2.3 Herstellung von Apfelsaft

Nach Anlieferung des Obstes wird dieses gewaschen, sortiert und anschließend zerkleinert. Für die Zerkleinerung werden beispielsweise Obstmühlen, thermische (Thermobreak oder Gefrieren), enzymatische (Maischefermentierung) oder unkonventionelle Verfahren (Ultraschall, Elektropasmolyse) angewandt. Der erzielte Zerkleinerungsgrad ist entscheidend für die nachfolgende Pressung des Obstes. Zu große Fruchtstücke verringern die Saftausbeute beim Pressen, wohingegen eine zu feine Maische die Trennung von festen und flüssigen Bestandteilen erschwert. Zumeist ist die Zerkleinerungsanlage kombiniert mit einer Presse. Der Entsaftungsvorgang erfolgt dann mittels Pressvorgang. Eine geeignete Kombination aus Vorentsaffung, Zerkleinerungsgrad, Schichthöhe und Druck sind Maßgebend für eine optimale Saftgewinnung (Tressler und Joslyn, 1983; Schobinger, 2001). Für die Herstellung von klarem Saft werden die unlöslichen Bestandteile durch Ausfällung getrennt. Diese fallen als Trub beim Klären und Schönen aus oder bleiben als Trester beim Pressen zurück. Wird naturtrüber Saft hergestellt, bleiben die unlöslichen Bestandteile im Saft enthalten. Einige Inhaltsstoffe des Apfels wirken sich negativ auf die Herstellung von Apfelsaft aus. Pektin und gelöste Stärke wirken u.a. wie Schutzkolloide und halten Trubpartikel stabilisierend in Lösung. Wird die Maische mit pektolytischen und amolytischen Enzymen versehen, kann bei der Klärung ein besserer Saftfluss und somit eine höhere Ausbeute erzielt werden. Das Zytoplasma im Apfelpewebe hat einen pH-Wert um 7 und die Vakuole etwa den pH des Saftes. Bei der Zerstörung des Gewebes kommt es zu einem pH-Abfall im Zytoplasma. Dieser Vorgang bewirkt eine Säuredenaturierung und führt zum Löslichkeitsverlust von Plasmaproteinen. Laut Zimmer (1996) bestehen die Trubpartikel eines unbehandelten Saftes aus 35-40 % Protein, 20-40 % Lipiden, 15-25 % Polyphenolen und 5-10 % Zuckern. Daher kann es neben den Stärketrübungen auch zu Komplexen von Stärke mit Pektin, Phenolen und Eiweiß kommen (Zimmer, 1996). Wird die Stärke nicht vollständig abgebaut, kommt es in klaren Säften während der Lagerung zur Kristallisation und starken Trübungen (Töpfer, 1999). Das Ziel dieses Verfahrens ist es, eine hohe Saftausbeute mit nur geringem Anteil an

Feintrubstoffen zu erhalten. Beim Pressen wird zudem der größte Teil an wasserlöslichen Extraktstoffen gewonnen (Schobinger, 2001). Durch Diffusions- und Extraktionsverfahren kann die Ausbeute an Gesamtextrakt durch Wasserzugabe erhöht werden. Der aus Schalenresten und Pektinen bestehende Grobtrub wird vorwiegend über ein Rüttel- oder Bogensieb aus dem gepressten Saft gefiltert. Bei der anschließenden Separierung werden die feinen Trubstoffe in Zentrifugen mit hoher Umdrehung abgeschieden. Der Trub wird dabei aufgrund des höheren Gewichtanteils, nach außen geschleudert (Bäumel et al., 2005). Durch enzymatische und nicht-enzymatische Bräunungsreaktionen können unerwünschte Farbveränderungen entstehen. Für die Farbstabilisierung müssen Phenoloxidasen inaktiviert und zusätzlich unter Sauerstoffausschluss gearbeitet werden, um enzymatische Bräunungsreaktionen zu verhindern. Auch kann das Einbringen von Reduktionsmitteln wie Ascorbinsäure und SO₂ Oxidationsreaktionen vermindern. Um eine Trubstabilisierung zu erreichen, werden die pektolytischen Enzyme des Saftes inaktiviert. Für die Entfernung der Trubstoffe können spezielle Enzymzusammensetzungen zum Pektinabbau, eine mechanische Trubklärung oder auch Schönungs- und Adsorptionsmittel eingesetzt werden (Birus, 2001). Im Fall von Fruchtsaft aus Konzentrat wird der Apfelsaft durch Rückverdünnung mit dem Konzentrat und Trinkwasser hergestellt. Die zuvor durch Eindampfung gewonnenen flüchtigen Aromen werden dem Saft anschließend wieder zugesetzt. Zur Haltbarmachung von Apfelsaft ist die Pasteurisation ein bedeutendes Verfahren. Hierbei müssen MO abgetötet und Enzyme inaktiviert werden, die zur Verschlechterung des Produktes führen können. Für die verschiedenen Apfelsaftsorten muss die Erhitzungsdauer und Temperatur in einem Temperaturbereich zwischen 60-90°C spezifisch abgestimmt werden. Dies bezieht sich im Vergleich zum klaren Apfelsaft auf den Fruchtsaftanteil, wodurch sich durch den erhöhten Enzymgehalt und die mikrobiologische Belastung die Kontaktzeiten verlängern. Direktsäfte werden über Hochtemperatur-Kurzzeitverfahren in Plattenwärmetauschern pasteurisiert und anschließend in sterilen Tanks gelagert oder über Heißabfüllung, Kaltsterilabfüllung oder Berieselungspasteurisation haltbar gemacht (Schobinger, 2001). Der Säuregehalt ist für die Saftverarbeitung von großer Bedeutung. Je saurer dieser ist desto niedriger kann der Saft erhitzt werden und wird somit einer schonenderen Haltbarmachung unterzogen (Heiss und Eichner, 2002).

2.3.1 Haltbarmachung - Pasteurisation

Die Haltbarmachung von Fruchtsäften findet ausschließlich mit Verfahren statt, die auf einer Änderung des Wärmeinhaltes (Pasteurisation, Sterilisation, Gefrierkonservierung) beruhen, die durch Konzentrierung oder Trocknung eine Änderung der Zusammensetzung hervorrufen oder unter Verwendung von inerten Schutzgasen. Welches Verfahren Anwendung findet, ist abhängig von der Zusammensetzung und des mikrobiologischen Abtötungseffektes des zu verarbeitenden Produktes. Der Abtötungseffekt wird bei der Safterstellung verstärkt durch den pH-Wert des Ausgangsstoffes. Verbleibt Trub im Saft und sind hochmolekulare Substanzen, Pektine und Proteine, vorhanden, steigt die Hitzeresistenz der MO. Die Abtötung der MO erfolgt logarithmisch. Die anwesende MO-Art wird dabei in gleichen Zeitabständen bei gleicher Temperatur in den gleichen prozentualen Anteilen abgetötet. Der Dezimalreduktionswert, auch als D-Wert bezeichnet, dient als Messgröße für den Abtötungserfolg einer bestimmten Keimart. Der Wert gibt die Zeit in Minuten an, welche bei einer konstanten Temperatur, die vegetativen Keime oder Sporen einer bestimmten Art um eine Zehnerpotenz reduziert (Dittrich, 1993). Die Keimzahl wird halblogarithmisch aufgetragen, wodurch sich für die jeweilige Temperatur eine Gerade mit entsprechender Steigung ergibt. Die Gerade verläuft umso steiler, je hitzeempfindlicher eine MO-Art ist (Heiss und Eichner, 2002) (vgl. Abbildung 1; Nagl, 19. 01. 2015).

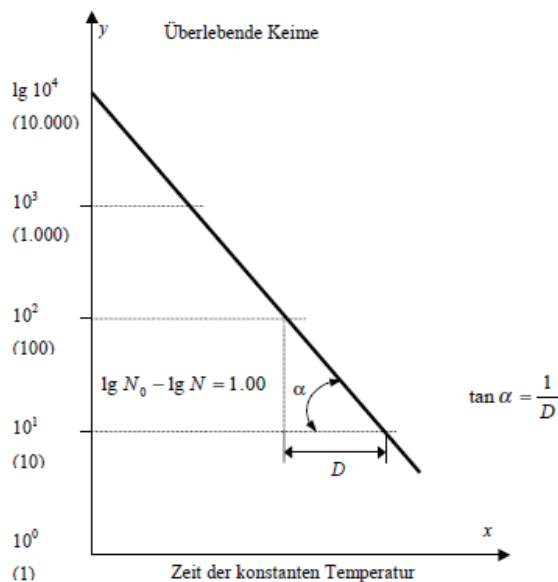


Abbildung 1: Darstellung D-Wert

Der D-Wert wird wie folgt ermittelt:

$$D = \frac{t}{\log D_1 - \log D_2}$$

Gl. 1

Damit eine Aussage über die Auswirkung einer Temperaturveränderung getroffen werden kann, muss der z-Wert mit einbezogen werden. Dieser gibt die Temperatur in °C an, die den D-Wert und somit die Abtötungsgeschwindigkeit der MO um 1/10 reduziert. Je höher der z-Wert ist, desto hitzeresistenter sind die MO im Produkt und umso steiler ist somit die Kurve (Heiss und Eichner, 2002). Der z-Wert wird wie folgt ermittelt:

$$z = \left| \frac{T_1 - T_2}{\log D_2 - \log D_1} \right| \quad \text{Gl. 2}$$

Fruchtsäfte mit einem pH-Wert < 4,5 werden in der Regel pasteurisiert. Das Verfahren wird aufgrund der Hitzeempfindlichkeit des Produktes angewandt. Dennoch sollten Enzyme, die unerwünschte Produktveränderungen hervorrufen, mit in die Berechnung einbezogen werden (Dittrich, 1993). Die Pasteurisationseinheit PE wird als Maß für den erzielten Effekt der Hitzeabtötung herangezogen. Der Wert wird analog zum F-Wert durch Addition der Pasteurisationseinheiten berechnet (Schobinger, 2001). In der Getränkeindustrie gilt für Bier bei einer Bezugsgröße von 60°C folgende Beziehung (Dittrich, 1993):

$$PE = Z \times 1,393^{(t-60)} \quad \text{Gl. 3}$$

$$\text{Pasteurisationseinheiten} = \text{Heißhaltezeit (min)} \times 1,393^{(\text{Pasteurisationszeit}-60)}$$

Für die Fruchtsaftindustrie mit einer Bezugstemperatur von 80°C wird für die Berechnung daher folgende Formel herangezogen (Back, 2000):

$$PE = Z \times 1,2589^{(t-80)} \quad \text{Gl. 4}$$

$$\text{Pasteurisationseinheiten} = \text{Heißhaltezeit (min)} \times 1,2589^{(\text{Pasteurisationszeit}-80)}$$

Eine Heißhaltezeit von 1 Minute bei 80°C entspricht 1PE und bewirkt eine Abtötung von zwei Zehnerpotenzen. Eine Temperaturerhöhung bewirkt einen exponentiellen Anstieg der PE. Wohingegen eine Verdoppelung der Zeit nur zu einer Verdopplung der PE führt. Fruchtsäfte benötigen etwa 5 PE und eine Heißhaltezeit von 15 Sekunden bei 74°C (Dittrich, 1993). Für die Herstellung von Apfelsaft ist die Erhitzungsdauer- und Temperatur durch chemische Nebenreaktionen wie der Maillard-Reaktion oder HMF-Bildung begrenzt. Zudem werden durch den niedrigen pH-Wert vorrangig vegetative MO reduziert. Für die Abtötung vegetativer Keime werden nur niedrige z-Werte benötigt, wodurch die Enzym-Inaktivierung durch Pasteurisation nicht vollständig verläuft. Eine Enzyminaktivierung wird bei einer Temperatur zwischen 80-90°C mit einer Heißhaltezeit von 0,5-2 Minuten erreicht (Innerhofer, 2005; Kessler, 1996). Für Apfelsaft gelten als Leitkeim die Hefen. Von besonderer Bedeutung

zählt hier die Gattung *Saccharomyces cerevisiae* aufgrund ihrer besonders ausgeprägten Fähigkeit Zucker zu Ethanol zu vergären. Vorkommende Schimmelpilzsporen wie *Byssoschlamys fulva* haben bei 90°C einen D-Wert von 12 Minuten mit einem z-Wert von 10. Die Hitzeresistenz variiert zwischen den Stämmen und ist dabei sehr von der Temperatur-, zeit- und medium abhängig. Eine Abtötung sämtlicher Sporen wird zudem erst bei einer Temperatur von 100°C erreicht was zeigt, dass mit einer einfachen Pasteurisation Schimmelpilze nicht abzutöten sind und der Saft lediglich geschädigt wird. Zudem können Schimmelpilze nur durch sogenannte „Schwimmhilfen“, wie Schaumdecken oder mit Gasblasen versehene Fruchtfleischpartikel, an der Oberfläche verbleiben und dadurch aktiv werden. Jene „Schwimmhilfen“ werden jedoch nur durch technische Mängel hervorgerufen, wie z.B. dem Einsaugen von Luft/Gas durch vorhandene Pumpen oder Vorlaufgefäße (Birus, 2001; Schobinger, 2001).

2.3.2 Presstechnik

Dieser Trennungsvorgang kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Für die Entsaftung kommen vorrangig Bandpressen, Korbpressen oder Dekanter zum Einsatz. Für die in dieser Arbeit durchzuführenden Versuche, zur Herstellung von Apfelsaft wurde eine kontinuierlich, vollautomatisch arbeitende Bandpresse genutzt. Diese erzielen im Durchschnitt eine Pressausbeute von 65-75%. Wird überlagertes Tafelobst für den Pressvorgang genutzt, kann die Durchsatzleistung um 20-25% sinken. Weiterhin ist für die anschließende Reinigung der Bänder ein erhöhter Wasserbedarf erforderlich (Schobinger, 2001). Der Saft läuft in der Vorpresszone durch ein Sieb ab. Die Bänder werden anschließend in der Hauptpresszone an einer Hauptwalze umgelenkt, wodurch die Maische zwischen Ober- und Unterband eingeklemmt ist. Die Bänder werden dann an fortlaufend kleiner werdenden Walzen herumgeführt. Während dieses Vorgangs vergrößern sich die Scherkräfte, wodurch der Druck auf die Maische kleingehalten werden kann. Eine hohe Saftausbeute ist einerseits abhängig von der Feinheit der Maische, da durch eine zu feine Maische der Druck gegen das Oberband zu niedrig ist und andererseits zu einem langsamen Pressvorgang führt. Werden für den Pressvorgang hohe Geschwindigkeiten genutzt, verdichtet sich der Presskuchen im äußeren Bereich und der Saftaustritt verringert sich (Bäumel et al., 2005). Für die Erhöhung der Saftausbeute können auch Presshilfsmittel wie Bentonit genutzt werden. Weiterhin ist ein vorheriger enzymatischer Aufschluss möglich. Dabei kommen meist Enzympräparate, die Pektinesterasen beinhalten, zum Einsatz (Bolenz und Röhl, 2010).

2.3.3 Pasteurisationsanlagen

Die Erhitzung des Saftes erfolgt in der Regel durch Pasteurisieren, wobei die mikrobielle und möglich toxische Belastung dezimiert wird. Dazu werden verschiedene Verfahren angewendet wie die Heißeinlagerung von Säften, wobei der Saft in Wärmetauschern erhitzt und ohne Kühlung in Tanks eingelagert wird. Eine schonendere Variante als die Heißeinlagerung ist die Kurzzeiterhitzung. Dabei wird der Saft für etwa 15-30s in einer Heizschlange auf 90-95°C erhitzt. Dieses Verfahren verläuft im Gegenstrom, wodurch der abzukühlende Saft den neu zu erwärmenden Saft erhitzt und somit zur Wärmerückgewinnung dient. Der Saft wird mit Kaltwasser auf 15°C gekühlt und in Tanks oder direkt in Flaschen eingelagert. Des Weiteren werden Plattenwärmetauscher für die Pasteurisation genutzt. Bei diesem Wärmetauscher erfolgt der Wärmeübergang über wärmetauschende Flächen von einer heißen auf eine kalte Flüssigkeit ohne direkten Kontakt mit der Flüssigkeit. Der Saft wird hierbei ebenfalls im Gegenstrom mit heißem Wasser erhitzt. Zudem kommen Durchlauferhitzer in der Saftindustrie zum Einsatz. Diese bestehen aus einem Edelstahlbehälter. In dem Behälter befindet sich eine hohle Spirale im Heißwasserbad, in der der Saft verläuft und auf die notwendige Temperatur gebracht wird (Bäumel et al., 2005).

2.3.3.1 Betriebsglocke

Diese Art von Pasteurisationsanlage besteht aus einem Apparat mit zwei eng beieinander liegenden, verbundenen Aluminiumglocken. Der Saft fließt durch die doppelwandige Glocke. Wird die Glocke in das Heißwasser oder einen dampfbeheizten Behälter gehängt, erfolgt das Beheizen. Mithilfe von Überdruck (2-3bar) wird der zu pasteurisierende Saft in einem ringförmigen Kanal in den unteren Teil der Glocke geleitet und auf den gesamten Bereich verteilt. Durch einen Zu- oder Ablaufhahn wird die Durchflussgeschwindigkeit reguliert, womit auch die Verweildauer des Saftes in der Glocke gesteuert werden kann. Die Austrittstemperatur des Saftes beträgt dabei etwa 72 bis 75°C. Dieser wird heiß eingelagert, was zu Qualitätseinbußen führen kann, da es abhängig von dem zu verwendenden Material, der Größe des Lagerbehälters und der Temperaturdifferenz, Stunden bis zur Abkühlung auf Raumtemperatur dauern kann (Schobinger, 2001).

2.3.3.2 Plattenwärmetauscher

Das KZE-Verfahren wird mithilfe des Plattenwärmetauschers durchgeführt. Die Verteilung des zu erhitzenden Mediums erfolgt über die gesamte Plattenbreite. Die Randzonen haben dabei die gleiche Fließgeschwindigkeit und thermische Belastung wie das restliche Medium. Die Beheizung erfolgt mithilfe von Heißwasser oder Dampf als Energieträger. Das frische Produkt wird im Gegenstrom zum heißen, pasteurisierten Produkt geführt und erwärmt. In der anschließenden Erhitzerzone wird das Getränk im Gegenstrom auf 82-90°C erhitzt und in Form einer eigenen Zone im Plattenwärmetauscher oder eines Röhrenheizhalters in eine Heizhaltezone geleitet. Die produktabhängige Haltezeit beträgt 15-150 Sekunden. Das Getränk wird dann über eine Austauschzone vorgekühlt und nachfolgend in einer Kühlzone auf 20°C rückgekühlt (Birus, 2001).

2.3.3.3 Röhrenwärmetauscher

Röhrenwärmetauscher werden vorrangig für Säfte mit hohem Fruchtfleischanteil, Fruchtpulpen oder Obstmaischen eingesetzt. Die Doppelrohre sind ineinander geschachtelt, wobei sich das zu erhitzende Medium im inneren Rohr dem Heizmedium im Ringspalt im Gegenstromprinzip entgegen fließt. Zumeist werden die Rohre als Bündelrohrwärmetauscher zusammengefasst. Durch das viskos fließende Produkt ist der Wärmeübergang an der Wandung jedoch gering und es kommt aufgrund ungleichmäßiger Turbulenzen zu einer schlechten Vermischung der Komponenten. Eine geringe Verbesserung bringen hingegen die Drallrohrwärmetauscher (Birus, 2001).

2.3.3.4 Tunnelpasteur

Die Tunnelpasteurisation kann sowohl kontinuierlich als auch diskontinuierlich erfolgen. Bei dieser Art der Pasteurisation erfolgt die Haftbarmachung erst nach dem Verschließen der Gebinde. Dieses Verfahren wird vorrangig für kohlenensäurehaltige Getränke eingesetzt. Wird das Produkt innerhalb der Flasche erhitzt, dehnt sich dieses aus, wodurch ein Kopfraum von 3 bis 4% nötig ist. Die Flaschen werden mithilfe von Berieselungswasser im Wasserbecken erhitzt und anschließend mit Frischwasser rückgekühlt. Aufgrund der Möglichkeit zur Wärmerückgewinnung sind dies energiesparende Anlagen (Innerhofer, 2004).

2.3.4 Abfülltechnik-/ Anlagen

Bei der Abfüllung von Fruchtsäften ist es wichtig, das Produkt möglichst Sauerstoffarm abzufüllen. In Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren können bis zu 15% Vol. an Gasen in Obst enthalten sein. Der im Getränk gelöste Sauerstoff ist bereits vor dem Abfüllen in der Flasche vorhanden. Die dadurch herbeigeführten Oxidationsreaktionen führen zu Farb- und Geschmackveränderungen des Getränkes. Der Sauerstoffeintrag in das Produkt ist bereits abhängig von der Sauerstoffbelastung am Füllereinlauf, der Sauerstoffaufnahme während des Füllvorgangs und dem Restgehalt, der sich im Flaschenkopfraum befindet. Die Löslichkeit der Gase ist Abhängig von verschiedenen Einflussfaktoren wie dem Druck, der Temperatur des Produktes, der chemischen Zusammensetzung des Saftes und dessen Viskosität während des Abfüllvorgangs. In Fruchtflechtsäften sind Gase gelöst oder adsorptiv an Fruchtfleischpartikeln gebunden. Das enthaltene Gas wirkt sich sowohl auf die Qualität des entsprechenden Saftes, als auch auf den Produktionsablauf aus. Bei einem hohen Anteil kann es zu Schaumbildung und Dosierproblemen kommen (Schobinger, 2001). Nicht-automatisierte Abfüllanlagen dienen zum gleichzeitigen Abfüllen mehrerer Flaschen. Die Anzahl der Flaschen und Flaschengröße bestimmt die entsprechende Füllleistung. Das abzufüllende Produkt wird in eine Wanne über dem Füllelement gepumpt und über einen Schwimmer manuell gesteuert. Reihenfüller sind vor allem aufgrund des schnelleren Abkühlens bei einer Unterbrechung des Füllvorganges auf unter 78°C für die Kaltabfüllung geeignet bei einer Unterbrechung des Füllvorganges auf unter 78°C. Rundfüller sind vollautomatische Geräte, die regelmäßig mit Flaschen befüllt werden müssen. Für eine Sterilabfüllung wird das Gerät von der Luft abgeschirmt. Dieses Heißabfüllverfahren wird zumeist mit einem Tunnelpasteur durchgeführt. Im Hinblick auf die Hygiene ist dieses Verfahren bezüglich mikrobieller Kontamination dem Kaltabfüllverfahren wegen der nicht zu gewährleistenden Sterilität des Behälters vorzuziehen. Die meisten Fruchtsäfte werden in Wärmetauschern pasteurisiert und warm oder kalt, in Kartons oder Plastikflaschen abgefüllt (Ahmed und Rhaman, 2012).

2.4 Bag-in-Box

Diese Verpackungsart wird vorrangig im Bereich der Weinverpackung und für Produkte wie Milch, Fruchtsäfte oder Fruchtkonzentrate vertrieben. Eine BiB-Verpackung baut sich aus einem flexiblen Mehrschichtbeutel auf, welcher von einem Karton als äußere Verpackung umgeben ist und eine Ausgießeinrichtung oder einem Schraubverschluss besitzt. Die Folienbeutel bestehen aus mehreren Schichten. Im Inneren befindet sich eine lose Schicht, welche mit einem Außenbeutel zusammenschweißt ist. Das Material besteht aus Aluminium/ HDPE oder Polyethylen in Verbindung mit Ethyl-Vinyl-Alkohol oder metallisiertem Polyester. Die Gasdichtigkeit ist durch die Barrierschicht gegeben, wobei die Zwischenschichten den Verbund der einzelnen Bestandteile darstellen. Daraus ergibt sich der für die Verpackung notwendige Synergieeffekt. Die aus PE bestehende innere Folie besitzt eine niedrige Dichte und ist gasdurchlässig. In der Flüssigkeit gebildetes Gas gelangt dadurch in den Zwischenraum der Folien. Er besitzt eine geringe Wasserdampfdurchlässigkeit, eine hohe Gasdiffusion und eine gute Zähigkeit. Die Temperaturgrenze von dem Material liegt bei 80°C. EVOH dient als äußere Sperrschicht und zeichnet sich durch seine mechanische Festigkeit, Elastizität, Glanz, Witterungsbeständigkeit, Klarheit und Abriebfestigkeit aus. Metallisierte Beutel sind stabiler und widerstandsfähiger als transparente. Allerdings bewirkt das starre Gefüge eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber dem zusammenfallen und unkontrollierten Bewegungen während des Transportes. Durch diese Vorgänge können Mikrorisse gebildet werden. Der Zapfhahn aus Polypropylen besteht aus Körper, Kapsel, Kolben und einem Ventil. Das Anschlussstück ist am Beutel befestigt und besteht aus LDPE. Während der Lagerung sollten Brüche oder Knicke in der Verpackung vermieden werden, da dies zum Brechen des Materials und einer Beeinträchtigung der Sperrwirkung führen könnte (Blüml und Fischer, 2009; Bockmeyer, 2013). Nach der Heißabfüllung über einen Kunststoffzapfhahn, erfolgt meist keine Kühlung der BiB-Beutel, wodurch eine Qualitätsminderung des Saftes erfolgen kann. Die Luft wird vor dem Verschließen lediglich herausgestrichen. Durch die lang anhaltende Abkühlung erfolgt die Bildung von HMF, Vitamin C-Verlust und die Farbe kann nachteilig beeinträchtigt werden (Will et al., 2011). Um den fruchtspezifischen Geschmack und die charakteristischen Eigenschaften eines Getränkes aufrechtzuerhalten ist neben der Qualität der zu verarbeitenden Früchte und dem Produktionsprozess auch die Qualität der Verpackung von entscheidender Bedeutung. Die Marktforschungsergebnisse der LfL (2005) zeigten Unterschiede zwischen der halbautomatischen Flaschen- und BiB Abfüllung in Kleinbetrieben auf. Als Vorteil wird in der Arbeit beschrieben, dass die Füllleistung der BiB-Anlagen gegenüber halbautomatischer

Flaschenfüllung höher liegt. Weiter entfällt die aufwändige Flaschenreinigung, allerdings müssen Beutel nach Gebrauch entsorgt werden. Gereinigte Glasflaschen können wiederrum erneut verwendet werden. Zudem werden die Inhaltsstoffe des Saftes vor Licht geschützt und der natürliche Geschmack bleibt erhalten. Der Vorteil des BiB-Systems liegt jedoch in der längeren Haltbarkeit über mehrere Monate des Produktes auch nach Öffnung, da beim Entnehmen des Saftes kein weiterer Sauerstoff in den Beutel gelangt und somit vor erneuter Kontamination weitestgehend geschützt ist. Die Flaschen- oder Kartonfüllung bietet diesen Vorteil nicht. Schon bei erstmaliger Öffnung kann es zu einer Kontamination des Saftes kommen. Auch ist der Glasbruch eine Gefahrenquelle und mit zusätzlichen Sicherheitsauflagen für einen Kleinbetrieb mit unterschiedlichen Produkten verbunden. Weitere Vorteile der BiB-Verpackung für ein Kleinunternehmen bietet zudem der geringe Platzbedarf, da die Kartons gut stapelbar und wiederverwendbar sind (Bäumel et al., 2005).

2.5 Mikrobiologische und toxikologische Risiken

Im Bezug auf die biologische Stabilität von Getränken sind MO zu berücksichtigen, die das Getränk durch Bildung von Stoffwechselprodukten geschmacklich und geruchlich beeinflussen oder durch Trübung und Bodenabsatzbildung beeinträchtigen. Obligate Schädlinge tolerieren den niedrigen pH-Wert, eine anaerobe Atmosphäre, bestimmte Inhaltsstoffe wie Ätherische Öle, Alkohol oder auch einen Mangel an Substrat durch z.B. vorrausgegangene Hefegärung und sind somit die wichtigsten Getränkeschädlinge. Indirekte Schädlinge vermehren sich nicht im Fertiggetränk, verursachen jedoch eine Schädigung im Rohstoff und können so mit in das Getränk gebracht werden. Indikatorkeime stellen keine Gefahr für die Haltbarkeit des Endproduktes dar, treten jedoch dann in Erscheinung wenn die Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen nicht ausreichend oder der Produktionsprozess Fehler aufweist. Sekundär- und Primärkontaminationen können während des Abfüll- und Verschlussvorgangs auftreten und verursachen meist Streukontaminationen in einzelnen Gebinden. Diese Art von MO sind häufig gut angepasste und gefährliche Arten. Der Verderb von Fruchtsäften tritt vorrangig durch das Vorhandensein von psychrotrophen Hefen, Schimmelpilzen und säuretoleranten Bakterien ein. Für Hefen und Schimmelpilze genügt in der Regel eine Einwirkzeit von einer Minute bei 78°C, um einen Abtötungseffekt zu erzielen. Eine Kontamination findet häufig während der Abfüllung statt. Insbesondere eine Schimmelpilzkontamination kann an direkten oder indirekten Kontaktstellen (gereinigte Flaschen, Verschlüsse, Füller, Verschließer) erfolgen. Sekundärkontaminationen durch Milchsäurebakterien, Essigsäurebakterien und Hefen können über Luftströmung oder über

Schwitz-, Tropf- und Sprühwasser vor dem Verschließen in das Getränk gelangen. Solch eine Kontamination findet bei einer Heißabfüllung vor allem dann statt, wenn sich die Getränkeoberfläche zu stark abgekühlt hat und der Effekt der Nachpasteurisation nicht gegeben ist (Blüml und Fischer, 2009). Die bekanntesten getränkeschädigenden Hefen sind die Apiculatushefen und die Gruppe der Kahmhefen. Diese Hefe verwertet den Zucker in alkoholfreien Getränken, wodurch unerwünschte Stoffwechselprodukte wie Essigsäure oder deren Ethylester entstehen. Hefen verursachen Geschmacks- und Geruchsfehler und bei einer hohen CO₂-Produktion kommt es zur Bildung von hohen Drücken und Bombagen. Zudem wird eine hohe Menge an Ethanol gebildet und durch die pektolytische Aktivität einiger Stämme kommt es in fruchttrüben Getränken zur Ausklärung und einer verstärkten Bodensatzbildung (Blüml und Fischer, 2009). Schimmelpilze benötigen zum Wachstum Sauerstoff und können sich daher vorrangig nur in stillen Getränken vermehren. Das Wachstum erfolgt überwiegend an der Flüssigkeitsoberfläche, im Flaschenhals, im Mündungsbereich und in den Verschlüssen. Schimmelpilze werden vorwiegend sekundär durch Kontamination der gereinigten Flaschen mit Konidien in das Produkt gebracht. Insbesondere im Sommer werden die vegetativen Sporen durch Luftkeime übertragen. Da die Flüssigkeitsoberfläche schnell auskühlt, muss zur Stabilisierung des Produktes, während der Heißabfüllung des Getränkes eine Temperatur von mindestens 78°C gewährleistet werden. Schimmelpilze bilden Myzellen und es entsteht zudem ein muffiger Geruch und Bittergeschmack. Sie besitzen ebenfalls pektinolytische Aktivität und geben Pektinesterasen ab, wodurch in Trüben Säften das Pektingerüst abgebaut wird und die Trübungsstabilität irreversibel verloren geht. Während diesem Vorgang bildet sich im Getränk ein Wasserkragen und es findet eine Ausklärung statt, wobei ein voluminöser Bodenansatz entsteht. Die denaturierten, pektinreichen Trubteilchen können auch zu feinen Flöckchen agglomerieren und sich an der Wandung absetzen. Durch ein Aufschütteln kann die Trübung kurzzeitig wiederhergestellt werden, der Vorgang beginnt dann jedoch wieder von Neuem (Blüml und Fischer, 2009). Schimmelpilze bilden Mykotoxine, welche eine hohe Widerstandskraft gegenüber Hitze- und Säurebehandlung aufweisen. In Äpfeln wird vorwiegend Patulin gebildet durch Schimmelpilzarten wie *Aspergillus*, *Penicillium*, *Byssoschlamys* und *Paecilomyces variotii*. In Kernobst wird Patulin im angefaulten Gewebe produziert und überträgt sich in Äpfeln nicht auf das gesunde Gewebe. Dies ist jedoch nicht bei allen Obstarten der Fall, wie u.a. in Bananen. Während der Pasteurisierung von Säften wird Patulin aufgrund der kurzen Hitzeinwirkung nicht inaktiviert, kann aber durch Vergärung oder Schwefelung abgebaut werden (Dittrich, 1993). Säfte sind für Milchsäurebakterien geeignete

Substrate, da sie den vorhandenen Zucker zu Milchsäure vergären und die meisten Stämme für ihre Vermehrung auf Aminosäuren und Vitamine angewiesen sind, welche als Inhaltsstoffe in Saft vorliegen. Sie bauen vorhandene Äpfelsäure und Citronensäure ab und bilden u.a. Milchsäure, Essigsäure und CO₂. Zwar sind sie sehr säuretolerant, jedoch hitzeempfindlicher als Hefen und daher leicht abzutöten. Dennoch kann es durch Sekundärkontamination zur Infektion kommen. Da die Massenvermehrung von Milchsäurebakterien spät und plötzlich eintritt, bleibt eine Infektion meist unbemerkt und verändern den Saft nachteilig (Schobinger, 2001).

2.6 Weitere qualitätsbeeinflussende Veränderungen

Die Farbveränderung von Fruchtsäften während der Lagerung bei Raumtemperatur führt schneller zu Haltbarkeitsbegrenzungen, als die entsprechenden Geschmackseinbußen. Laut Heiss und Eichner (2002) ist die Grenze der Geschmacksänderung bei 5°C Lagerung nach 17 Monaten erreicht und sinkt mit steigender Temperatur. Wird der Saft bei 17°C gelagert beträgt diese Grenze nur noch 8 Monate (Heiss und Eichner, 2002). Durch die Erhitzung des Saftes werden die Zellverbände des Obstes zerstört, wodurch die Biosynthese der originären Aromastoffe gestoppt wird. Dies wird zum einen dadurch begründet, dass die Enzyme partikelgebunden, Temperatur- und pH- abhängig sind und zum anderen durch enzymatisch-oxidative Prozesse und nicht enzymatische Prozesse wie der Maillard-Reaktion. Durch diese Vorgänge kommt es zur Neubildung oder Veränderungen von Aromastoffen, welche das Saftaroma insofern beeinflussen, dass dieser mit dem Aroma der Früchte nicht identisch ist. Aufgrund nichtenzymatischer Reaktionen kommt es zu Braunfärbungen und es entstehen Geruchs- und geschmacksaktive Verbindungen. Auch an der Entstehung von HMF sind diese Reaktionen beteiligt. HMF wird in Abhängigkeit von der Art- und Menge an Aminosäuren sowie dem Fructose Gehalt in der Rohware gebildet. Der vorhandene Zucker und die freien Aminosäuren können im sauren Milieu durch säurekatalysierte Wasserabspaltung zur Bildung von Melanoiden führen, was eine Dunkelfärbung des Saftes verursachen kann. Die HMF-Bildung macht sich in Lebensmitteln durch einen Kochgeschmack bemerkbar und dient als Indikator für die Wärmebelastung von Fruchtsäften (Koch, 1986). Will et. al (2011) untersuchten in Ihrer Arbeit einen entstehenden Qualitätsunterschied zwischen der Heißeinlagerung in BiB-Beuteln und Glas. Die aktiv gekühlten Beutel und Glasflaschen wurden dazu direkt nach der Abfüllung mit kaltem Wasser rückgekühlt und bei 4°C gelagert. Die aktive Kühlung ging trotz Lagerung bei 4°C nur langsam von statten. Die passiv gekühlten Beutel wurden nach der Abfüllung in der Box auf einer Palette gestapelt. In den

Beuteln wurde ein Temperaturlogger hinterlegt, um die Abkühlung aufzuzeichnen. Die Auswertung (vgl. Abbildung 2) zeigte, dass der Sensor die Maximaltemperatur nach 1 Stunde erreichte und selbst nach 24 Stunden noch 50°C aufwies.

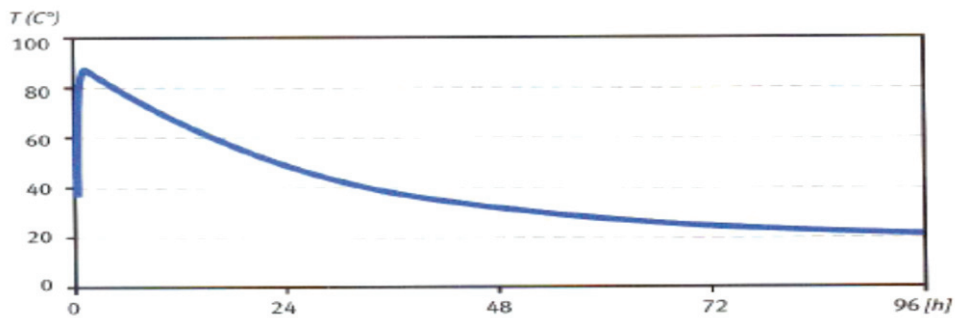


Abbildung 2: Temperaturverlauf nach der Heißfüllung des Apfelsaftes in BiB bei passiver Rückkühlung. (Will et al., 2011)

Erst nach 4 Tagen wurde der Temperatenausgleich zur Umgebung von 20°C erreicht. Hingegen brauchten die in Getränkekisten gelagerten Flaschen nur 6 Stunden für die passive Abkühlung. Weitere Untersuchungen führten sie mit Ascorbinsäure durch. Hierfür wurden 500 mg/l Ascorbinsäure zudosiert und nach 2 Wochen Lagerung sowohl in der passiv als auch aktiv gekühlten Variante gemessen. Wie in Abbildung 3 ersichtlich ist, nimmt die Ascorbinsäure in allen Varianten über die Zeit hin ab.

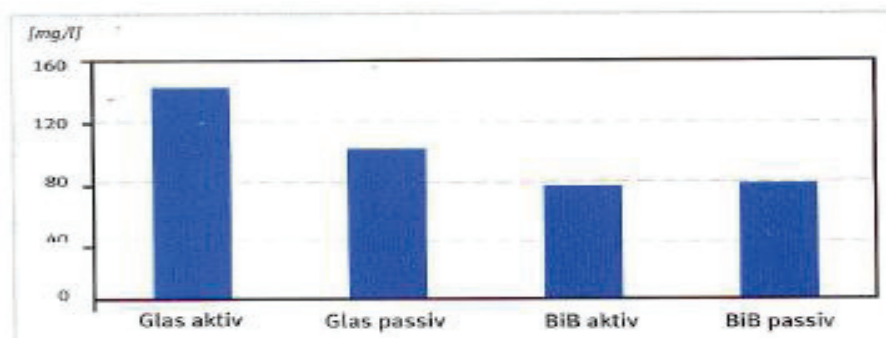


Abbildung 3: Abnahme Ascorbinsäure nach 2 Wochen Lagerung (Will et al., 2011)

Nach 2 Wochen war der Gehalt an Ascorbinsäure in der Bag-in-Box um knapp 60% gesunken und nach weiteren 2 Wochen in allen Varianten um weitere 10%. Der aktiv gekühlte Saft in dem Glas enthielt noch den meisten Anteil der untersuchten Proben. Die Versuche zeigen, dass der Ascorbinsäureverlust, z.T. durch die erhöhte Wärmebelastung in der BiB-Verpackung, deutlich schneller voranschreitet als in einer Glas Verpackung. Die sensorische Bewertung dieser Varianten fiel zudem aufgrund der geschmacklichen Merkmale wie einem Kochgeschmack oder einer Fremdartigkeit negativer bezüglich der passiven Kühlung aus (Will et. al, 2011).

3 Material und Methoden

3.1 Material

Tabelle 1: Verwendete Apfelsorten und Materialien

Rohstoff	Hersteller	Herkunftsland
Seestermüher	Stralsunder Obstgut	Deutschland
Gala	Bio Trading	Italien
Kerngehäuse- verschiedene Sorten	Rolker Ökofrucht	Deutschland
Elstar 1 – aktiv bei 4°C rückgekühlt	Rolker Ökofrucht	Deutschland
Elstar 2 – passiv bei Raumtemperatur gekühlt	Rolker Ökofrucht	Deutschland

Tabelle 2: Geräte für die Saftherstellung

Gerät	Hersteller	Herkunftsland	Daten
Schrägaufzug SA 200 mit Rätzmühle RM 2,2	Voran Maschinen GmbH	Österreich	Spannung: 230/400 V, 50Hz Leistung: 0,37kW Drehzahl: 1400 U/min Förderleistung: 1000 kg/h
Einbandpresse EBP 350	Voran Maschinen GmbH	Österreich	Bandregulierung: 8bar Bandspannung: 3,5bar Druckschalter: 6bar Spannung: 3*400V Leistung: 0,37kW Doppelschneckengetriebemotor Drehzahl: 1400U/min
Saftsammelwanne 65l mit 1mm Grobsieb und Impellerpumpe	Voran Maschinen GmbH	Österreich	Spannung: 50Hz Drehzahl: 2800 U/min Leistung: 0,53kW
Pasteurisanlage PA 180E	Voran Maschinen GmbH	Österreich	Spannung: 400V Drehstrom Leistung: 18kW Abfülleistung: 180-200l/h Wasserbehälter: 100l Saftbehälter: 65l
Pasteurisanlage PA 750 RWT-Gas	Voran Maschinen GmbH	Österreich	<u>Elektrik</u> Spannung: 230V, 50Hz Leistung: 1,1kW <u>Heizbrennstoff Flüssiggas:</u> Leistung Gaskessel: ca. 45 kW Gasverbrauch: ca. 4kg/h Fließdruck: 50mbar Einspritzdruck: 100mbar Impellerpumpe: 30l/min/ p _{max} : 4bar

Gerät	Hersteller	Herkunftsland	Daten
Bag-in-Box Abfüller MBF 750	Voran Maschinen GmbH	Österreich	Spannung: 230V, 50Hz p _{medium} : 3bar Druckluftverbrauch pro Stunde: ca. 100l bei 6bar Volumen Pufferbehälter: 54l 750l/h bei 10l Bags
3 x 33kg Flüssiggas	GOK Regler- und Armaturen- Gesellschaft mbH & Co. KG	Deutschland	Gasverbrauch: ca. 4kg/h Fließdruck: 50mbar Einspritzdruck: 100mbar
3l Bag-in-Box	Firma Syspack	Deutschland	Innenbeschichtung: PE Dicke: 70µm Sauerstoffdurchl.: ≤ 0,2 cc/m ² 24h Außenbeschichtung: EVOH Dicke: 45µm Sauerstoffdurchl.: - Vitop-Hahn: PP
TR 2000	Voran Maschinen GmbH	Österreich	basisches Reinigungsmittel Flüssigkonzentrat
Bio Tec CIP sauer KEG	Voran Maschinen GmbH	Österreich	saures Reinigungsmittel Phosphor- und Salpetersäure Basis
Edelstahltank	Voran Maschinen GmbH	Österreich	530l

3.2 Methoden

3.2.1 Aufbau und Inbetriebnahme der Pasteurisations- und Abfüllanlage (PA750 RWT-Gas, MBF 750)

Die Saftleitung wurde an dem Auffangbehälter des Saftes über eine Impellerpumpe an den Pasteur PA750 angeschlossen. Die entsprechende Zulaufleitung führte von dem Regelventil am Pasteur zu dem Auffangbehälter. Für die Signalübertragung, wenn der Abfüller keinen Saft mehr enthält, wurde der Pasteur mit der Abfüllvorrichtung über ein Steuerkabel verbunden. Die Gasleitung der 3 miteinander verbundenen Gasflaschen wurde anschließend mit dem Gasdruckregler an dem Pasteur verbunden. Um den Heizkreislauf mit Wasser zu befüllen, muss die Entlüftungsschraube auf dem Sicherheitsventil am Heißwasserspeicher geöffnet sein und der Ablasskugelhahn am Heißwasserspeicher geschlossen. An die entsprechende Befüllvorrichtung wurde ein Schlauch für die Wasserversorgung montiert und der Kugelhahn geöffnet, bis der Wasserkreislauf einen Druck von 2bar erreicht hatte. Vor dem Befüllen des Heizkreislaufs wurde dieser entlüftet. Aufgrund der Erstinbetriebnahme des Brenners wurde dieser mithilfe des Bedienfeldes von Hand gestartet und anschließend auf Automatik umgestellt. Wird der Brenner gestartet, muss der Startgasregler soweit herausgedreht werden, bis dieser weich startet und nicht pufft. Anschließend wurde die entsprechende Soll-Temperatur auf 85°C eingestellt. Für die erste Desinfektion der Anlage wurde eine 1 %-ige Reinigungslösung auf Phosphor- und Salpetersäure-Basis für 15 min bei 60°C verwendet und anschließend mit 85°C heißem Wasser 15min durchgespült. Die Abfüllanlage MBF 750 wurde mit einem Schlauch zur Überführung des Saftes mit dem Pasteur verbunden. Die Abfüllanlage enthält dazu einen 54l Puffertank, wohin der Saft nach der Pasteurisation geleitet wird (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Pasteurisations- und Abfüllanlage

Der Tank enthält eine Messsonde; welche ein elektrisches Signal aussendet, wenn im Behälter der maximale Füllstand erreicht ist. Wurde genügend Saft aus dem Tank des Abfüllers entnommen, schaltet sich der Pasteur automatisch wieder ein. Die Waage wurde entriegelt, kalibriert und anschließend das Abfüllgewicht von 2,3kg an der Anlage eingestellt, um die gewünschte Endmenge von etwa 3kg zu erhalten. Durch Drücken der Start-Taste beginnt die automatische Abfüllung der Beutel. Diese werden vorher separat in die dafür vorgesehene Halterung gelegt (vgl. Abbildung 5). Der Saft läuft in den Beutel, wobei das Gewicht von einer geeichten Waage erfasst wird. Die Wiegekomponente ist mit einem Füllventil verbunden, welche den Zulauf des pasteurisierten Saftes steuert und bei Erreichen des vorgegeben Gewichtes stoppt. Der Zapfhahn wird manuell in die Öffnung gedrückt und der Beutel entnommen. Laut Herstellerangaben kann bei der Verwendung von 10l Beuteln 750l/h pasteurisierter Saft abgefüllt werden. Vor Inbetriebnahme des Abfüllers wurde dieser ebenfalls wie oben beschrieben gereinigt (Vorant, Firmeninformation).



Abbildung 5: Abfüllanlage mit BiB-Beutel

Während des Startens der Pasteurisationsanlage PA 750 traten regelmäßig Störmeldungen auf. Dies war der Fall, wenn die Primärtemperatur des Wassers zu hoch oder zu niedrig war und die Temperatur dadurch über den Regler angepasst werden musste. Weiterhin kam es zu einer Brennerstörung durch zu viel Luft in der Gasleitung, welche dann erneut entlüftet werden musste. Durch das Erhitzen des Wasserkreislaufs sank der anfängliche Wasserdruck von 2bar auf ungefähr 0,8bar. Das hatte zur Folge, dass der Wasserstand zu stark sank und die Heizspirale nicht mit genügend Wasser bedeckt war. Durch den vorinstallierten Schutzmechanismus ging der Brenner somit aus. Der Wasserdruck wurde dann auf 3bar korrigiert. Im weiteren Verlauf der Abfüllung kam es immer wieder zu erneuten Störmeldungen, wodurch sich die Anlage selbst ausschaltete und der Heizprozess unterbrochen wurde. Dadurch musste der Abfüllvorgang erneut gestartet werden. Grund dafür war vermutlich wie zuvor erwähnt, die zu langsame Pressung der Äpfel.

3.2.2 Herstellung des Apfelsaftes mit der Pasteurisieranlage PA 180E und PA 750 RWT-Gas

Für die Herstellung von zwei verschiedenen, sortenreinen Chargen Apfelsaft mit dem Pasteur PA 180E wurden 102kg Äpfel der Sorte Seestermüher und 143kg Gala-Äpfel in das Wasserbad des Schrägaufzugs gegeben. Zusätzlich zu den Versuchen wurde eine Positivkontrolle bezüglich des Patulin-Gehaltes durchgeführt. Die Zugabe fauliger Äpfel sollte die vermutete einwandfreie Qualität der hergestellten Apfelsorten belegen, indem eine absichtliche Kontamination erzeugt wurde. Für die weitere Herstellung des naturtrüben Apfelsaftes mit der neu einzuführenden Anlage (s. Fließbild Abbildung 7) wurden 280kg Äpfel der Sorte Elstar verarbeitet. Weiter wurden 294kg des anfallenden Kerngehäuses der Sorte Elstar zu Saft verarbeitet und untersucht. Aufgrund der hohen Menge, die täglich an Kerngehäuse anfällt und der voraussichtlichen zukünftigen Verarbeitung dieser Rückstände wurde das Kerngehäuse aus verschiedenen Sorten ebenfalls für die Herstellung des Saftes herangezogen und untersucht. Das anfallende Kerngehäuse wurde über 6 Stunden hinweg gesammelt und bis zur Verarbeitung kühl gelagert. Die verschiedenen Rohwaren wurden im Vorbehälter der Rätzmühle RM 2,2 gewaschen und über ein Förderband zur Mühle transportiert. Die Rätzmühle enthält ein 10mm Schneidsieb für die Vorzerkleinerung. Die Äpfel werden von einem mehrflügeligen Rotor gegen die Wand geschleudert und am Mantel entlang befördert. Durch die in der unteren Hälfte des Mantels gezähnten Messereinsätze wird das Gut zerkleinert. Anschließend gelangen die zerkleinerten Äpfel in die Bandpresse EBP 350 und werden dort mit 3,5bar gepresst. An der Hauptwalze und den entsprechenden Nebenwalzen wird ein Band umgelenkt und die Maische durch den Walzendruck und Scherkräfte entsaftet. Der Trester wird dann mithilfe eines Abstreifers vom Pressband gelöst und der Presssaft in einer Saftsammelwanne mit vorgeschaltetem Grobsieb (1mm) aufgefangen (vgl. Abbildung 6).

Die Pasteurisieranlage PA 180E besteht aus einem Wasserbehälter mit elektrischer Heizschlange und einem übergeordnetem Behälter für den Fruchtsaft. Der gepresste Trubsaft wird dann über eine Impellerpumpe in den separaten Behälter gepumpt. Wird der Pasteur angeschaltet, erwärmt sich das Wasserbad auf 110°C. Bei Betätigen des Durchflussreglers gelangt der Saft aus dem oberen Tank über einen Schlauch in den Rohrwärmetauscher im Wasserbad. Die Erhitzungstemperatur des Saftes betrug zu Beginn der Abfüllung 90°C und sank im weiteren Prozess auf unter 70°C. Der Temperaturverlauf während der Abfüllung

wurde bei dem Pasteur PA 180 E über eine Thermometer am Saftauslauf verfolgt. Der Saft wurde dann in einen 3l BiB- Beutel mithilfe eines Zapfhahns abgefüllt.



Abbildung 6: Presssaft in Saftsammelwanne

Bei Erreichen der notwendigen Wassertemperatur des Pasteur PA 750 wird der Saft automatisch über eine Impellerpumpe durch den Wärmetauscher gepumpt. Der Saft wurde solange in die Saftsammelwanne rückgeführt bis die vorab eingestellte Temperatur erreicht wurde. Anschließend schaltet die Anlage automatisch auf Abfüllen um. Somit ist eine gleichbleibende Qualität des Saftes gewährleistet. Laut Literaturwerten benötigt Fruchtsaft mindestens 5 PE um ein mikrobiologisch sicheres Produkt zu erhalten (Innerhofer, 2004; Dittrich, 1993). Die Berechnung des erzielten PE-Werts ist in Abschnitt 4.1 dargestellt. Die Abfüllung des Saftes erfolgte hierbei mit dem manuellen BiB-Abfüller MBF 750. Nach Einstellung des Abfüllgewichtes über dem Bedienfeld der Waage wurde ein Beutel in die dafür vorgesehene Vorrichtung eingesetzt (Abbildung 5). Nach dem Absenken des Abfüllhahnes in die Öffnung des Beutels wurde der Abfüllvorgang mit der Start-Taste bestätigt. Bei Erreichen des eingestellten Gewichtes stoppt die Abfüllung der Abfüllanlage MBF 750 automatisch.

Die Abfüllung am Pasteur PA 180E erfolgte über die Anlage an einem Durchflussregler. Dieser besaß keine integrierte Waage und konnte daher nur manuell gesteuert werden. Nach der Abfüllung der Säfte beider Anlagen, wurde der Verschluss in die dafür vorgesehene Öffnung gegeben und der Beutel verschlossen. Vor dem Verschließen des Beutels wurden die Luftblasen größtmöglich heraus gestrichen. Durch das Herausstreichen der Luftblasen kam es

zum Überlaufen des Saftes, wodurch der Beutel gereinigt werden musste. Dazu wurden die Beutel nach der Abfüllung kurz in Wasser getaucht. Aufgrund des Platzmangels im Kühlhaus, mussten die Sorten Seestermüher und Gala, der Anlage PA 180E passiv bei Raumtemperatur, auf einer Palette gekühlt werden. Daher wurde für die Überprüfung, ob die Dauer der Hitzeeinwirkung eine merkbare Auswirkung auf das Endprodukt ausübt, von den Säften der Sorte Elstar der neuen Anlage ein Vergleich zwischen aktiver Kühlung bei 4°C (Elstar 1) und passiver Kühlung (Elstar 2) bei Raumtemperatur aufgestellt. Die gekühlte Variante wurde in einer Box im Kühlhaus für einen Tag gelagert. Der ungekühlte Elstar 2 wurde auf einer Palette in einem separaten Raum ebenfalls für einen Tag zum Herunter kühlen gelagert.

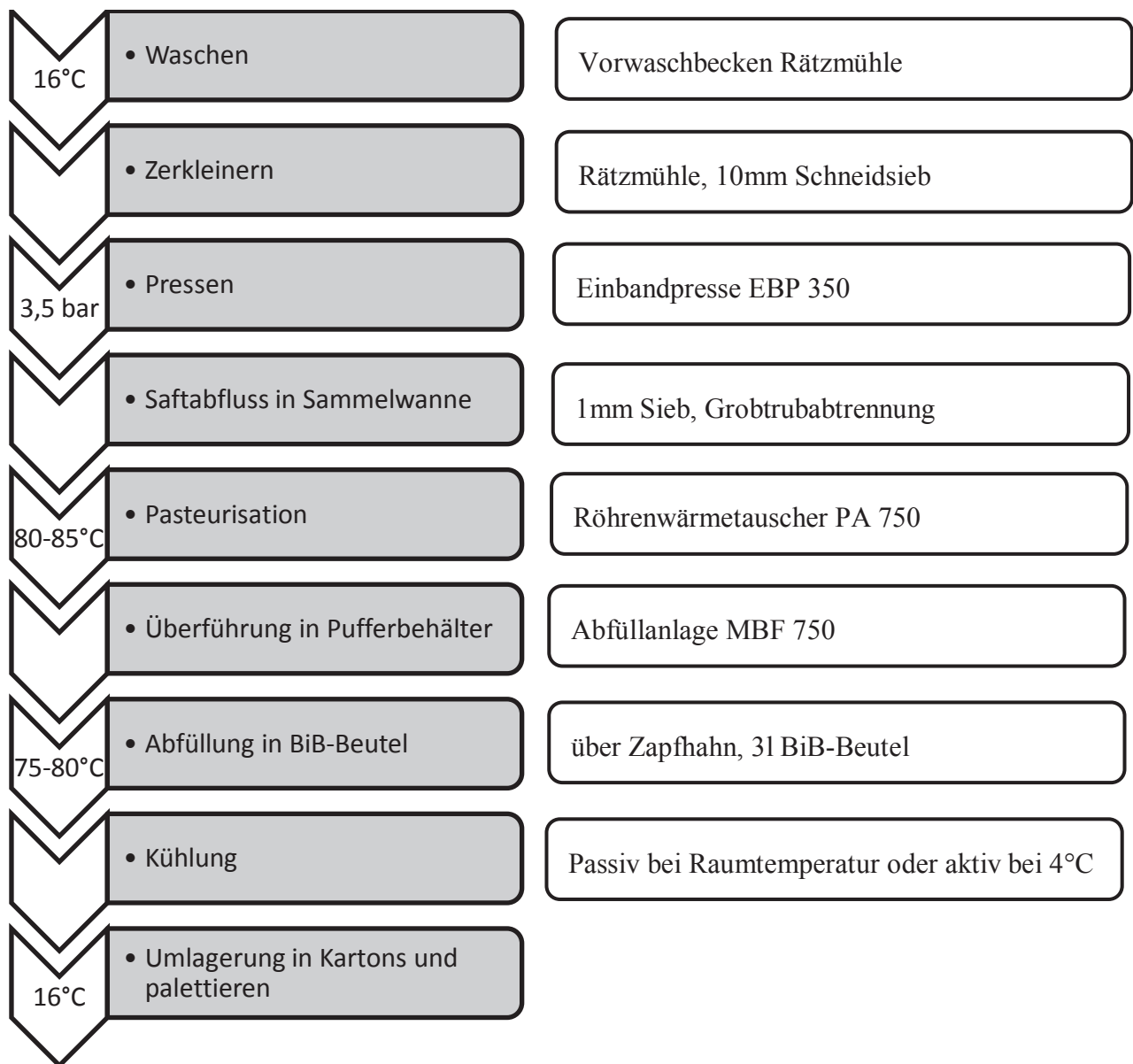


Abbildung 7: Fließbild zur Herstellung von Apfelsaft

3.2.3 Bestimmung Produkt- und Prozess-charakteristischer Kennzahlen

Die Probennahme erfolgte sowohl bei der Pasteurisation mit der Anlage PA180E und PA 750 RWT-Gas während der laufenden Produktion. Dadurch ergab sich der Umstand, dass unterschiedliche Sorten verwendet wurden. Die Sorten Gala und Seestermüher wurden mit der Anlage PA 180E hergestellt, die Übrigen mit der Anlage PA 750 RWT-Gas.

3.2.3.1 Berechnung PE-Wert für die Anlage PA 750 RWT-Gas

Laut Innerhofer (2004) haben Temperaturen zwischen 50 und 70°C keinen großen Einfluss mehr auf den PE-Wert, wirken sich allerdings negativ auf das Fruchtaroma aus. Die Flüssigkeit hat erst am Ende des Rohres beim Saftaustritt die eingestellte Temperatur erreicht. Für die Berechnung des PE-Werts wurde die Aufheiz- und Abkühlphase in dem Pasteur und dem nachgeschalteten Abfüllbehälter herangezogen. Dazu wurde die Temperaturänderung von dem Display der Pasteurisationsanlage (Aufheizphase) und dem Thermometer des Abfüllbehälters (Abkühlphase), in einem Zeitraum von 10min schriftlich dokumentiert. Bei der Bezugstemperatur von 80°C wird für die Berechnung aus Absatz 2.3.1 die Gl. 4 herangezogen.

3.2.3.2 Berechnung Presssaftausbeute

Die Presssaftausbeute wurde durch Wägung der eingesetzten Maische und dem anschließend gewonnenem Saft ermittelt. Der Saft wurde nach der Abfüllung in die 3l BiB-Beutel einzeln abgewogen. Die zu berechnende Angabe erfolgt in Prozent. Produktionsbedingte Verluste wurden nicht mit in die Berechnung einbezogen und zählen daher zum Trester.

$$\text{Presssaftausbeute [\%]} = \frac{\text{Menge Presssaft [kg]}}{\text{Einwaage Maische [kg]}} * 100 \quad \text{Gl. 5}$$

3.2.3.3 Trübungsmessung

Mithilfe der Trübungsmessung (Spectronic 20 Genysys) können die ungelösten, suspendierten Substanzen in einer Flüssigkeit gemessen werden. Die Messung ist abhängig von der Partikelgröße und ob jene im Saft dispergiert oder kolloidal gelöst sind. Aufgrund unterschiedlicher Zusammensetzung der verschiedenen Proben und unterschiedlicher Form, Größe und optischen Eigenschaften der Partikel besteht kein linearer Zusammenhang

zwischen den Ergebnissen (WTW). Die Trübung wurde mit der Streulichtmessung ermittelt und ist in Nephelometrischen Trübungseinheiten (NTU) angegeben. Die zu messenden Proben wurden in einem Wasserbad auf 20°C temperiert, da Temperaturschwankungen die Viskosität und Löslichkeit der Probe beeinflussen können. Die Messung erfolgte direkt nach der Probenahme, um ein Absetzen der Partikel zu unterbinden. Für eine sichere Aussage wurden Dreifachbestimmungen vorgenommen und zu einem Mittelwert zusammengefasst.

3.2.3.4 pH-Wert

Der pH-Wert wurde mit einem pH-Meter 720 der Firma inoLAB ermittelt. Um eine ausreichende Haltbarkeit zu erzielen benötigen Fruchtsäfte einen niedrigen pH-Wert aufgrund der geringen Hitzeeinwirkung während der Pasteurisation. Die Messung der Apfelsäfte erfolgte potentiometrisch, wobei die Proben eine Temperatur von 20 +/-2°C aufwiesen. Das pH-Meter wurde vor jeder Messung, in einer spezifischen Lösung kalibriert und die Elektrode vor der Messung mit entionisiertem Wasser gereinigt.

3.2.3.5 Extraktgehalt

Die Messung des Extraktgehalt (RE 40 Refractometer, Mettler Toledo) wird für die Konzentrationsmessung in der Fruchtsaft-Industrie herangezogen. Die spezifische Dichte, steht im Zusammenhang mit dem Zuckergehalt und wird in ° Brix oder %-Saccharose angegeben. Dieses Messverfahren macht sich die Eigenschaft zu nutzen, dass sich durch die in einer Flüssigkeit gelöste Trockensubstanz der Lichtbrechungsindex der Flüssigkeit ändert. Da die Trockensubstanz außer Zucker noch weitere Substanzen enthält, ist diese Methode als Zuckerangabe ein eher ungenaues Verfahren (Innerhofer, 2005).

3.2.3.6 Farbmessung

Die Farbmessung fand mit dem CHROMA-METER CR-300 der Firma Konica Minolta Optics Incorporated statt. Für die Beurteilung eines Saftes ist die Farbe von großer Bedeutung. Die Farbe wird indirekt mit der Qualität des Rohmaterials, der Behandlungs- und Lagerart assoziiert. Damit eine subjektive Farbwahrnehmung des Betrachters ausgeschlossen ist, wurde die Farbmessung anhand des CIE-Lab-Farbsystem durchgeführt. Die Helligkeit wird mit dieser Methode durch die L-Achse dargestellt. Die a-Achse beschreibt den Rot-Grün-Anteil und die b-Achse den Gelb-Blau-Anteil. Von dem neutral grauen

Koordinatenursprung ausgehend wird die Buntheit mit zunehmender Entfernung von dem Ursprung größer (Völz, 2001). Das L*a*b*-Farbsystem ist wie folgt dargestellt:

L	= Helligkeit (0 = schwarz; 100 = weiß)	ΔL	= + Probe heller / - Probe dunkler
a	= + rot / -grün	Δa	= + Probe roter / - Probe grüner
b	= + gelb / -blau	Δb	= + Probe gelber / - Probe blauer

Für die Ermittlung eines optisch sichtbaren Farbunterschied nach 2 Monaten Lagerung wurde der Farbabstand ΔE berechnet. Als Bezugswert dienten dazu die zuerst untersuchten Proben. Der Abstand zweier Farben wird wie folgt berechnet:

$$\Delta E = [(L^*_{\text{Probe}} - L^*_{\text{Bezug}})^2 + (a^*_{\text{Probe}} - a^*_{\text{Bezug}})^2 + (b^*_{\text{Probe}} - b^*_{\text{Bezug}})^2]^{0,5}$$

$$\Delta E = [(L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{0,5} \quad \text{Gl. 6}$$

Für die Bewertung des Farbunterschiedes wird folgende Gliederung herangezogen:

Tabelle 3: Übersicht Farbwahrnehmung (Hambitzer et al., 2011)

ΔE^*_{ab}	Bewertung des Farbabstands
$\leq 0,2$	nicht wahrnehmbar
0,2-0,5	sehr gering
0,5-1,5	gering
1,5-3,0	deutlich
3,0-6,0	sehr deutlich
6,0-12,0	stark
$> 12,0$	sehr stark

Die temperierten Proben wurden in Reagenzgläser gegeben und die Messung gestartet. Es wurde von jeder Probe eine Dreifachbestimmungen durchgeführt und zu einem Mittelwert zusammengefasst. Die Messungen wurden sowohl nach 2 Wochen als auch nach 2 Monaten Lagerung durchgeführt. Vor Beginn jeder Farbmessung fand eine Kalibrierung mittels Weißabgleich statt.

3.2.3.7 Ethanol-Gehalt

Die Messung von Ethanol fand mit einem Enzymkit (r-Biopharm, BOEHRINGER MANNHEIM, Darmstadt) statt. Durch das vergären der zuckerhaltigen Früchte kann bereits im zu verarbeitenden Most Alkohol gebildet werden und einen Hinweis auf die Anwesenheit von Hefen geben. Fruchtsäfte dürfen nach den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches maximal einen Alkoholgehalt von 3g/l enthalten, was etwa 0,38 Vol% entspricht. Zur Bestimmung von Ethanol in dem Apfelsaft wurde je 1 Ansatz des Leerwertes und 1 Ansatz der Probe hergestellt. Dazu wurde eine Tablette (NADH, ca. 4mg; Aldehyd-Dehydrogenase, ca. 0,8U) in 3ml Kaliumdiphosphat-Puffer (pH 9) Lösung gelöst. Von dem hergestellten Reaktionsgemisch wurden jeweils 3ml (Leerwert und Probe) in eine Küvette gegeben. In die Leerwert Küvette wurde anschließend 0,1ml bidest. Wasser zugegeben. Die Proben-Küvette wurde mit 0,1ml Probelösung versetzt. Die Extinktionen der Lösungen (E_1) wurden anschließend in einem Photometer bei 340nm gemessen. Nach der ersten Messung kam eine weitere Suspension, eine ADH Lösung, mit 0,05ml zu dem Leerwert und der Probe hinzu. Nach Ablauf der Reaktion (ca. 5-10min) wurde erneut die Extinktion von Leerwert und Probe unmittelbar nacheinander gemessen (E_2). Der Ethanol-Gehalt im Apfelsaft wurde wie folgt berechnet:

$$\Delta E = (E_2 - E_1)_{\text{Probe}} - (E_2 - E_1)_{\text{Leerwert}} \quad \text{Gl. 7}$$

$$c = \frac{V \cdot MG}{\varepsilon \cdot d \cdot v \cdot 2 \cdot 1000} * \Delta E \left[\frac{\text{g}}{\text{l}} \right] \quad \text{Gl. 8}$$

Hieraus ergibt sich für Ethanol:

$$c = \frac{3,150 * 46,07}{\varepsilon * 1,00 * 0,100 * 2 * 1000} * \Delta E = \frac{0,7256}{\varepsilon} * \Delta E \left[\frac{\text{g Ethanol}}{\text{l Probelösung}} \right] \quad \text{Gl. 9}$$

ε = Extinktionskoeffizient von NADH bei 340 nm = 6,3 [l * mmol * cm]

$$\text{Prozent}_{\text{Ethanol}} = \frac{C_{\text{Ethanol}} \left[\frac{\text{g}}{\text{l Probelösung}} \right]}{10 * 0,78924 \left[\frac{\text{g}}{\text{ml}} \right]} \quad [\% ; v/v] \quad \text{Gl. 10}$$

3.2.3.8 L-Ascorbinsäure

Für die Messung von L-Ascorbinsäure wurde ein Enzymkit (r-Biopharm, BOEHRINGER MANNHEIM, Darmstadt) verwendet. Für die Messung der L-Ascorbinsäure im Apfelsaft wurden jeweils 2 Proben mit dazugehörigem Probe-Leerwert gemessen. Dazu wurde in jede Küvette 1ml, auf 37°C erwärmter, Natriumphosphat/Citrat-Puffer mit einem pH von 3,5 pipettiert. Desweiteren kamen 0,5ml bidest. Wasser und 0,1ml Probelösung hinzu. Die Proben Küvette wurde anschließend für 6min bei 37°C inkubiert. Der Probe-Leerwert wurde zudem mit einem Ascorbat-Oxidase-Spatel alle 2Minuten für 20Sekunden umgerührt. Nach entfernen des AAO-Spatels wurden die Extinktion der Lösungen bei 578nm gemessen (E_1). Nach Zugabe des Reaktionsgemisches von 0,1ml PMS zu der Leerwert- und Proben Küvette wurden die Lösungen bei 37°C für 15Minuten erwärmt und anschließend erneut die Extinktion gemessen (E_2). Der L-Ascorbinsäure-Gehalt im Apfelsaft wurde wie folgt berechnet:

$$\Delta E = (E_2 - E_1)_{\text{Probe}} - (E_2 - E_1)_{\text{Leerwert}} \quad \text{Gl. 11}$$

$$c = \frac{V * MG}{\varepsilon * d * v * 1000} * \Delta E \left[\frac{g}{l} \right] \quad \text{Gl. 12}$$

Hieraus ergibt sich für L-Ascorbinsäure:

$$c = \frac{2,700 * 176,13}{16,9 * 1,00 * 0,100 * 1000} * \Delta = 281,39 * \Delta E \left[\frac{g \text{ L-Ascorbinsäure}}{l \text{ Probelösung}} \right] \quad \text{Gl. 13}$$

ε = Extinktionskoeffizient von NADH bei 578 nm = 16,9 [l * mmol * cm]

3.2.3.9 HMF-Gehalt

Der Gehalt an HMF in den Säften wurde photometrisch gemäß Methode L 40.00-10/1 nach § 64 LFGB bzw. DIN 10751/1 in einem externen Labor ermittelt. Dies wurde durchgeführt, um zu ermitteln ob ein Unterschied zwischen der teilweise unregelmäßigen Temperaturführung der bereits bestehenden und der neu eingeführten Pasteurisationsanlage besteht und eine Überpasteurisation stattfand.

3.2.3.10 Patulin

Das Mykotoxin Patulin wurde in einem externen Labor über GC-MSD ermittelt. Der Höchstgehalt an Patulin liegt in Apfelsaft bei 50 µg/kg gemäß der A.I.J.N.. Faule Äpfel sind für die Herstellung von Apfelsaft durch die hohe Hitzeresistenz für die weitere Verarbeitung ausgeschlossen (Koch, 1986). Für die durchgeführten Versuche wurde eine Variante hergestellt, in der zusätzlich 1kg faule Äpfel auf 10kg frische Äpfel hinzugegeben wurden. Dies diente zur Überprüfung, ob bereits das Verhältnis von 1:10 einen merkbaren Einfluss auf die mikrobiologische Belastung ausübt. Zusätzlich wurde die Probe auf die Bildung von HMF getestet, um eine Überpasteurisation auszuschließen.

3.2.3.11 Mikrobiologische Untersuchung

Die Säfte wurden nach der Herstellung bei 18°C Raumtemperatur eingelagert und nach jeweils 2 Wochen und 2 Monaten Lagerung in einem externen Labor untersucht. Die Proben wurden auf aerobe mesophile GKZ nach DIN EN ISO 4833 (Spiralplater), Hefen und Schimmelpilze mit Plattengußverfahren gemäß ISO 7954; ISO 6611 und Milchsäurebakterien mithilfe des Spatelverfahrens nach DIN 10109 in einem externen Labor inkubiert und untersucht.

3.2.3.12 Sensorik

Unter Sensorik versteht man die Beschreibung und Beurteilung von Eigenschaften der zu untersuchenden Lebensmittel und Getränke, die mit menschlichen Sinnen wahrgenommen werden können. In der Lebensmittelindustrie findet die Sensorik im Rahmen der Qualitätsprüfung- und Beurteilung Verwendung (Fliedner und Wilhelmi, 1993). Für die Beurteilung der verschiedenen Sorten und ob ein Unterschied zwischen den

Pasteurisationsanlagen vorliegt, wurden die verschiedenen Apfelsaftsorten mithilfe einer einfach beschreibenden Prüfung nach DIN 10964 und einem Beliebtheitstest nach DIN 10950 durchgeführt. Das Panel von 26 Prüfpersonen bestand aus geschulten sowie aus nicht geschulten Personen. Da die Durchführung an zwei Standorten stattfand, wurde durch eine ausführliche Anweisung sichergestellt, dass einheitlich bewertet wurde. Dafür wurde eine Attributen Liste erstellt, aus der die Panelisten auswählen konnten. Die einfach beschreibende Prüfung dient zur Feststellung von Produkt-Merkmalen wie Aussehen, Geruch, Geschmack und Textur/ Konsistenz, welche mit entsprechenden Eigenschaften beschreibend darzustellen sind. Darüber hinaus wurden die verschiedenen Sorten mit den Begriffen vorzüglich, geeignet, verbesserungsbedürftig, ungeeignet und unbrauchbar von 1 für die beste bis 5 für die schlechteste Bewertung zugeordnet, um eine generelle Meinung des Verbrauchers zu erhalten. Die Hedonische Prüfung beurteilt ein Produkt mithilfe subjektiver Wahrnehmung und wird angewandt um die Akzeptanz eines Produktes beim Verbraucher zu ermitteln. Die Bewertung findet anhand einer Hedonischen Skale (Gefallen-Missfallen-Skale) statt. Diese enthält zwei Notenbereiche, die von 9-6 und 4-1 eingestuft werden. Damit ein Produkt als „beliebt“ eingestuft werden kann, müssen 80% der Prüferurteile im Bereich 9-6 liegen (Fliedner und Wilhelmi, 1993). Die Berechnungen des Prüferurteils und Mittelwert fanden nach folgenden Formeln statt:

$$p = \frac{\Sigma \text{ Personen 9 bis 6}}{\text{Anzahl Personen}} * 100 \quad \text{Gl. 14}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Gl. 15}$$

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Gl. 16}$$

4 Ergebnisse

4.1 Berechnung des PE-Wertes der Anlage PA 750 RTW-Gas

Die Berechnung des PE-Wertes der Pasteurisationsanlage PA 750 in Tabelle 4 zeigt, dass der benötigte PE von 5 erreicht wurde. Tatsächlich wurde der Abtötungseffekt mit 22,45 PE überschritten.

Tabelle 4: Berechnung PE-Wert der Anlage PA 750

Messwerte	T in °C	Zeit in min	PE * benötigte Zeit in min
Messwert 1	76	0,5	0,199
Messwert 2	80	1	1
Messwert 3	85	2	6,32
Messwert 4	88	1,5	9,4635
Messwert 5	84	1	2,512
Messwert 6	82	1	1,585
Messwert 7	80	1	1
Messwert 8	75	1	0,316
Messwert 9	70	0,5	0,05
Summe	-	9,5	22,45

Der Pasteur PA 750 erreichte Temperaturen bei 90°C (s. Abbildung 8), aus diesem Grund sollte die Erhitzungstemperatur am Pasteur runter reguliert werden. Eine Temperatur von 80°C könnte dabei genügen.

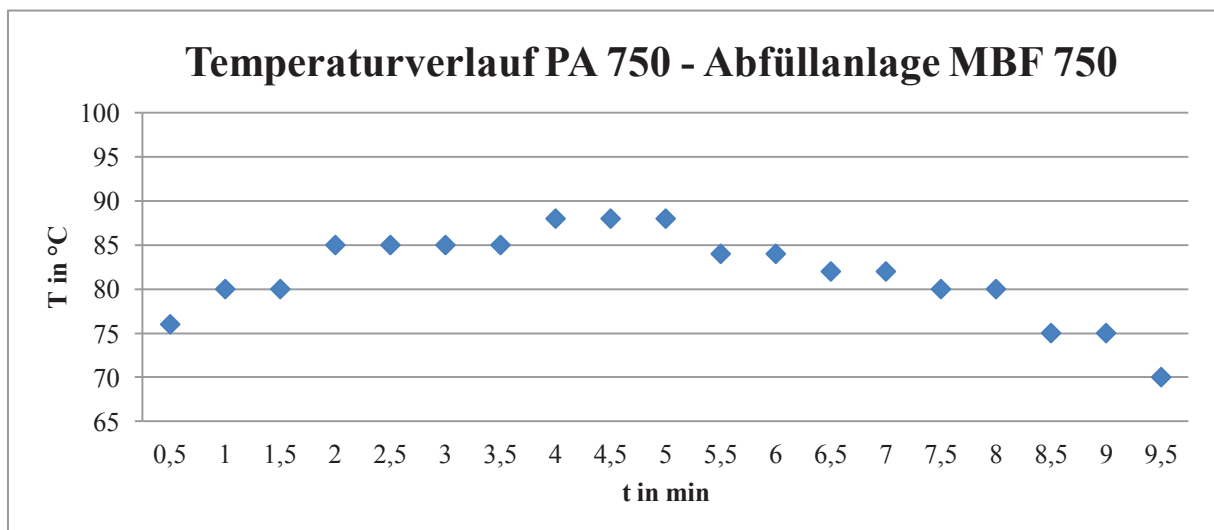


Abbildung 8: Temperaturverlauf von dem PA 750 zur Abfüllanlage MBF 750

Der D-Wert beträgt in Fruchtsaft für Hefen bei 75°C, 4-6 Sekunden (Birus, 2001). Davon ausgehend, dass in 1000l zu pasteurisierenden Saft, mit 10^6 Hefen/ml Ausgangskeimzahl höchstens 1 Hefe/ml bei 3000ml Abfüllung enthalten sein soll, müssen $3 \cdot 10^{12}$ Keime abgetötet werden. Jede dieser Zehnerpotenzen ist dann einen D-Wert von 4 Sekunden lang zu erhitzen. Aus dieser Berechnung ergibt sich eine Pasteurisationszeit von 48 Sekunden bei 75°C. Wird nun der z-Wert von 5 mit einbezogen, ergibt sich bei einer Temperaturerhöhung von 10°C eine Haltezeit von 4,8 Sekunden. Wie in Tabelle 4 ersichtlich wurde der Saft einer längeren Erhitzung ausgesetzt.

4.2 Vergleich der beiden Pasteurisationsanlagen

Bei der Pasteurisationsanlage PA 180 E fand die Haltezeit während der Abkühlung im Beutel statt, wodurch die Temperaturen nicht ermittelt werden konnten. Die Temperatur des Saftes war bei der Anlage PA 180 E von der Geschwindigkeit der Abfüllung abhängig. Je schneller abgefüllt wurde, desto niedriger war die Pasteurisationstemperatur, da hier im Vergleich zur PA 750 das Produkt nicht kontrolliert bis zum Erreichen der 85°C im System verblieb. Es besteht lediglich die Annahme, dass bei einer Abfülltemperatur von 85°C, ein ausreichender PE-Wert erzielt wurde. Bei einer Temperatur unterhalb von 70°C könnte der PE jedoch unter 5 liegen. Die Temperatur des Saftes konnte an der Anlage PA 180 E nur am Saftaustritt über ein Thermometer ermittelt werden, wodurch auch eine ungenaue Messung wahrscheinlich sein könnte.

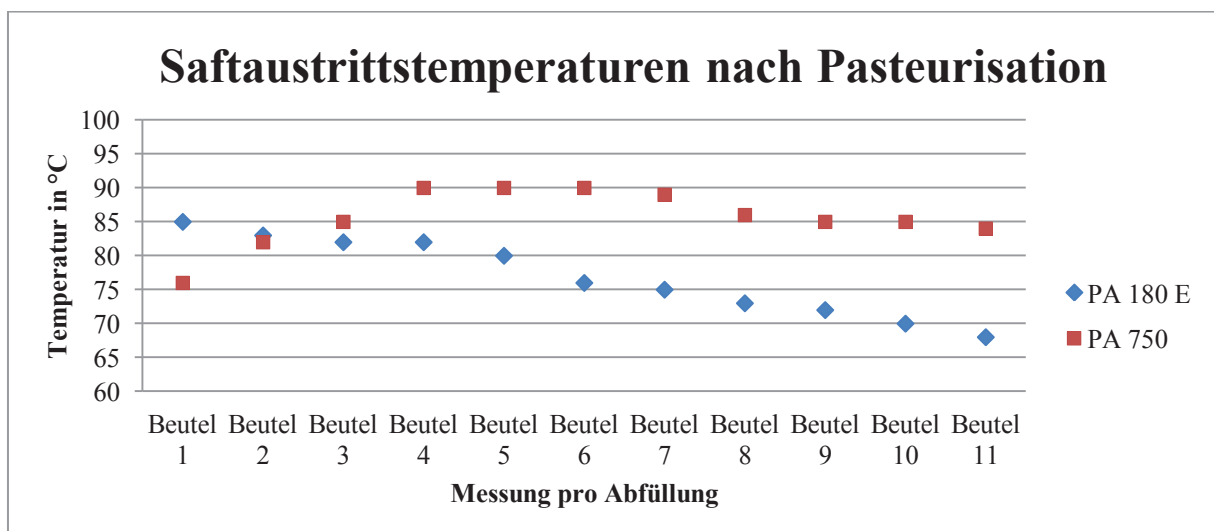


Abbildung 9: Saftaustrittstemperatur des Pasteur PA 180 E und PA 750

Die Heißabfüllung und eine lange Abkühlzeit können zur Qualitätsminderung des Produktes führen. Aus diesem Grund ist nach der Abfüllung eine sofortige Abkühlung des Produktes

erforderlich. Ein Vergleich der Temperaturaufzeichnung am Saftaustritt beider Anlagen ist in der Abbildung 9 dargestellt. Der Temperaturverlauf macht die unterschiedliche Erhitzung beider Pasteurisationsanlagen deutlich und zeigt ein schnelles Sinken der Erhitzungstemperatur mit der Anlage PA 180 E, die während der fortdauernden Abfüllung eintritt. Die Temperaturaufzeichnung zwischen den Abfüllungen des Saftes, bedingt durch das Säubern und Verstauen der Beutel, konnte nicht bei jedem Beutel zeitgleich erfolgen. Trotz einer anfänglichen Störung der Anlage PA 750 RTW-Gas konnte nach einiger Zeit eine kontinuierliche Saftaustrittstemperatur festgestellt werden, was den Vorteil dieser Anlage gegenüber der Anlage PA 180E verdeutlicht. Während der Störung des Systems sind bei der erstgenannten Anlage Schwankungen festgestellt worden (Abbildung 9, BiB - Beutel 1 bis 7), wobei maximal 88°C erreicht wurden. Das bedeutet, dass auch der PE-Wert in diesem Bereich im Vergleich zu dem errechneten Wert (Tabelle 4) erhöht wäre. Läuft die Anlage störungsfrei, stellt sich eine konstante Saftaustrittstemperatur von den beabsichtigten 85°C ein (Abbildung 9, BiB - Beutel 8 bis 11).

4.3 Ergebnisse – Produkt- und Prozess-charakteristische Kennzahlen

4.3.1 Berechnung der Presssaftausbeute

In Abbildung 10 wird die Ausbeute der verschiedenen Apfelsorten dargestellt. Für die Herstellung des Saftes wurden verschiedene Ausgangsmengen der Rohstoffe eingesetzt. Die Ausgangsparameter (Zerkleinerungsgrad, Reifezustand, Pressdruck/-zeit, Schichthöhe) waren bei den Sorten Seestermüher, Gala und Elstar gleich. Jedoch kann es durch die spezifischen Eigenschaften der einzelnen Apfelsorten zu unterschiedlicher Presssaftausbeute kommen.

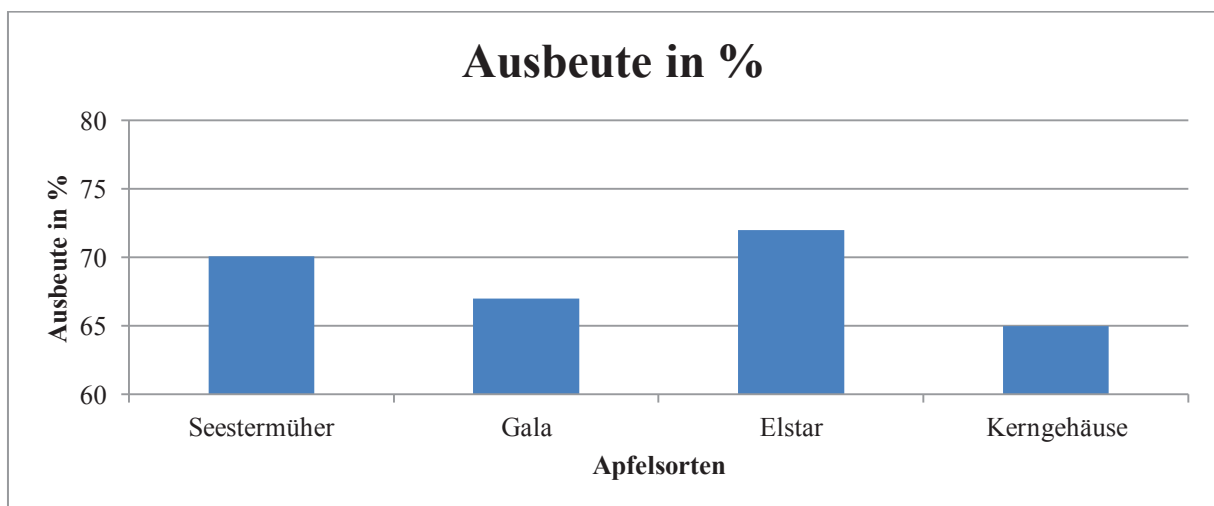


Abbildung 10: Ausbeute verschiedener Apfelsorten

Die Ergebnisse zeigen, dass nach jeweiliger eingesetzter Rohware eine durchschnittliche Saftausbeute von etwa 70% erreicht wurde. Lediglich die Sorte Gala mit 67% und das gepresste Kerngehäuse mit 65% lagen drunter. Dies kann an einem weicheren Fruchtfleisch liegen, insbesondere das Kerngehäuse war nach einer Lagerung von etwa 6 Stunden im Kühlhaus schlecht zu pressen und wies mehr Fruchtfleisch im pasteurisierten Saft auf.

4.3.2 pH-Wert

Die Ergebnisse der pH-Wert Messung sind in der Abbildung 11 dargestellt. Die Wasserstoffionenkonzentration des Mediums ist ein wichtigster physikalischer Einfluss, um einen mikrobiologisch sicheren Saft zu erhalten (Müller und Weber, 1996). Die verschiedenen Sorten besitzen bis auf die Sorte Gala einen pH-Wert unter 4. Insbesondere Seestermüher und Elstar hatten einen niedrigen pH-Wert (Einzelmesswerte siehe Anlage 1, Tabelle 7).

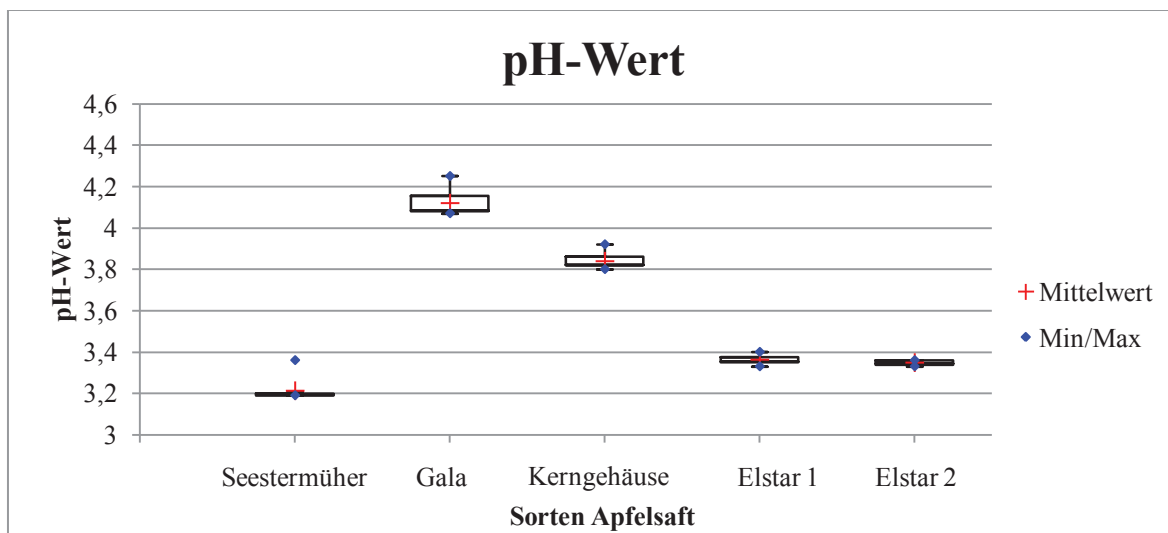


Abbildung 11: Ergebnisse pH-Wert (10 Einzelmesswerte pro Sorte)

Bei dieser Messung zeigen sich sortenabhängige Schwankungen. Es ist zu beobachten dass vergleichsweise milde Sorten wie Gala einen höheren pH-Wert haben als andere. Das zeigt sich auch in den durchgeführten Messungen laut Abbildung 11 sowie der Anlage 1, Tabelle 7. Der gemessene pH-Wert der Säfte ermöglicht die Pasteurisation und somit auch eine geringere Wärmebelastung, wodurch die Inhaltsstoffe des Saftes besser erhalten werden können. Zimmer (1996) untersuchte den Einfluss des pH-Wertes auf die Trübung und zeigte in seiner Arbeit das die Trübung bis zu einem pH 3,5 kontinuierlich ansteigt und dort nahezu konstant verläuft bis zu einem Trübungsrückgang ab pH 2,5. Diese Annahme kann aufgrund unterschiedlich hoher Trübungsmittelwerte (vgl. Abbildung 12) der Sorten Seestermüher und Elstar bei ähnlichem pH-Wert nicht bestätigt werden.

4.3.3 Trübungsmessung

Die entstehende Trübung eines Saftes wird bereits von der genutzten Apfelsorte und dessen Reifegrad bestimmt. Die geringsten Trübungswerte wurden bei den Säften Seestermüher, Gala und dem Kerngehäuse gemessen. Trotz des visuellen Unterschieds der drei Sorten war ein ähnlicher Trübungsmittelwert vorhanden (Einzelmesswerte s. Anlage 2, Tabelle 8). Der Grund für die niedrigeren Trübungswerte des Seestermüher, Gala und Kerngehäuse, könnte das schnelle Absetzen der Trubstoffe sein. Bereits nach kurzer Zeit ist der Saft ausgeklart und der Trub sedimentiert. Im Gegensatz dazu hielt sich der Trub, bis auf einen geringen Absatz bei beiden Elstar Säften in Schwebelage und konnte somit von dem Trübungsmessgerät besser erfasst werden wodurch ein höherer Messwert ermittelt wurde. Eine feinere Partikelgröße und die höhere Erhitzung der Anlage PA 750 und der damit gezielteren Inaktivierung der Enzyme und Pektinstoffe, sind Möglichkeiten für die bessere Trübungsstabilität des Saftes. Die weitere Trubbildung durch enzymatische Vorgänge wird durch die erhöhte Hitzeeinwirkung, unter Einsetzen der thermischen Proteindenaturierung unterbrochen. Zudem schienen die Säfte des Elstar einen höheren Anteil Feintrubpartikel und eine höhere Viskosität zu besitzen, welche Trubstabilisierend wirkt.

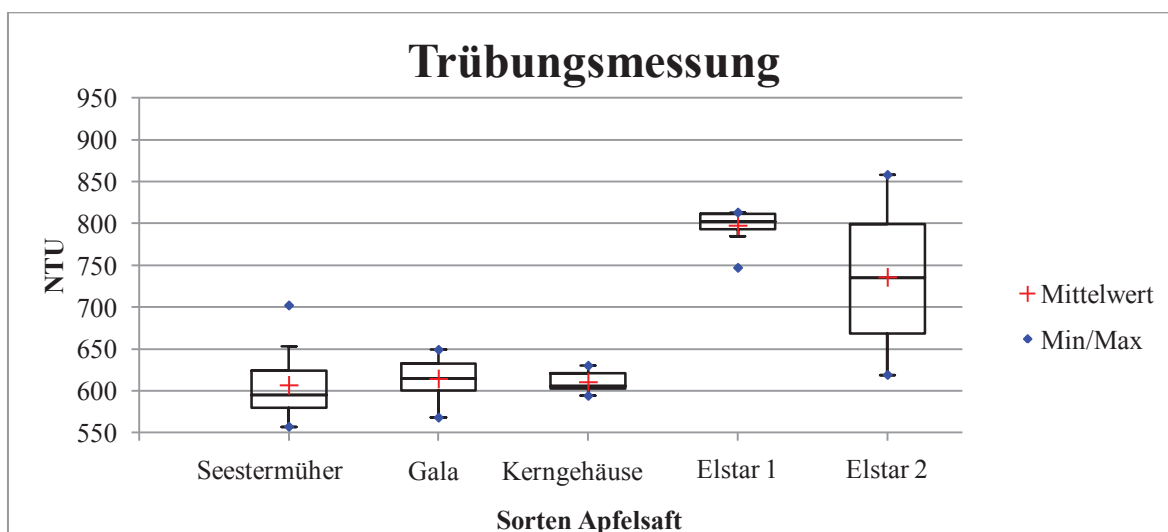


Abbildung 12: Ergebnisse Trübungsmessung (10 Einzelmesswerte pro Sorte)

Die Säfte Seestermüher und Gala wurden mit dem alten Pasteur PA 180E pasteurisiert, daher ist eine geringere Temperatureinwirkung auf den erhitzten Saft ein denkbarer Einfluss der schnellen Sedimentation des Grobtrubs. Bei dem Kerngehäuse hingegen fand die schnellste Absatzbildung mit intensiv brauner Farbe statt. Das Fehlen bedeutender trubstabilisierender Stoffe begründet die Instabilität des Trubes. Das Eintreten enzymatischer Abbauprozesse ist bedeutend für die nachfolgende Trubbildung und setzt mit der Zerstörung des Gewebes ein.

Somit entsteht mehr Trub, je länger die Standzeit des Rohsaftes ist. Der thermisch gebildete Anteil hängt vom Zeitpunkt der Pasteurisation ab und kann nach einer kurzen Standzeit bis 50% ausmachen. Diese thermisch bedingte Trubbildung nimmt mit zunehmender Standzeit des Rohsaftes sukzessive ab. Aufgrund der späten Pasteurisierung des Saftes vom Kerngehäuse ist eine verstärkte Agglomeration der Feintrubpartikel des Saftes vom Kerngehäuse möglich, wodurch es zur erhöhten Bildung von Grobtrubpartikeln kommen kann. Große Partikel streuen das Licht weniger als kleine, wodurch die Trübung geringer erscheint. Zudem sinken diese schneller zu Boden.

4.3.4 Messung des Extraktgehalt

Der gemessene Extraktgehalt in °Brix wird in der folgenden Abbildung 13 dargestellt.

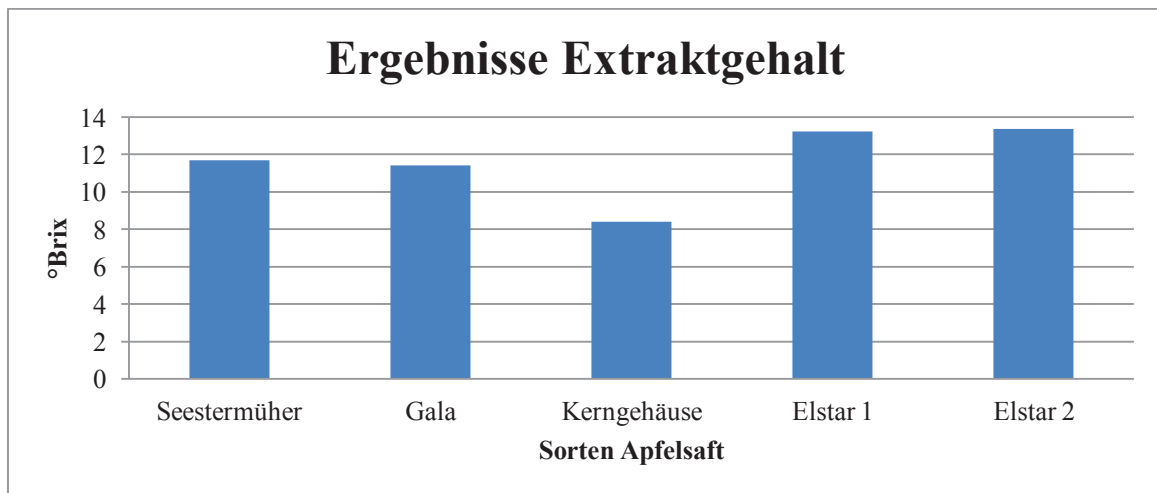


Abbildung 13: Ergebnisse Brix (5 Einzelmesswerte pro Sorte)

Der nährstoffreiche Anteil des Apfels wurde beim Kerngehäuse bereits entfernt, was auch die Refraktionsmessung mit 8,4°Brix widerspiegelt. Laut der Fruchtsaft-VO muss ein wiederhergestellter Fruchtsaft einen Mindestbrixwert von 11,2 haben. Demnach liegt der Extraktgehalt des Saftes unterhalb der Anforderung für wiederhergestellte Säfte aus Konzentraten (FrSafterfrischGetrV, 2004). Der Extraktgehalt von dem passiv gekühlten Elstar (Abbildung 13) beträgt hingegen 13,38 und ist somit auch höher als von dem Seestermüher und Gala (Einzelmesswerte siehe Anlage 3, Tabelle 9). Der mit der Refraktionsmessung verbundene Zuckergehalt ist damit beim Elstar am höchsten, was erklärt warum der Saft viskoser als die anderen Säfte ist. Die Messung des Extraktgehalts spiegelt die Qualität des Saftes wieder, was zeigt, dass der Elstar die beste und der Saft aus dem Kerngehäuse die niedrigste Qualität aufweist.

4.3.5 Farbmessung nach L*a*b* Messung

Die Farbmessung der Säfte erfolgte nach dem L*a*b*- System und wurde nach 2 Wochen (vgl. Abbildung 14) und 2 Monaten (vgl. Abbildung 15) Lagerung durchgeführt.

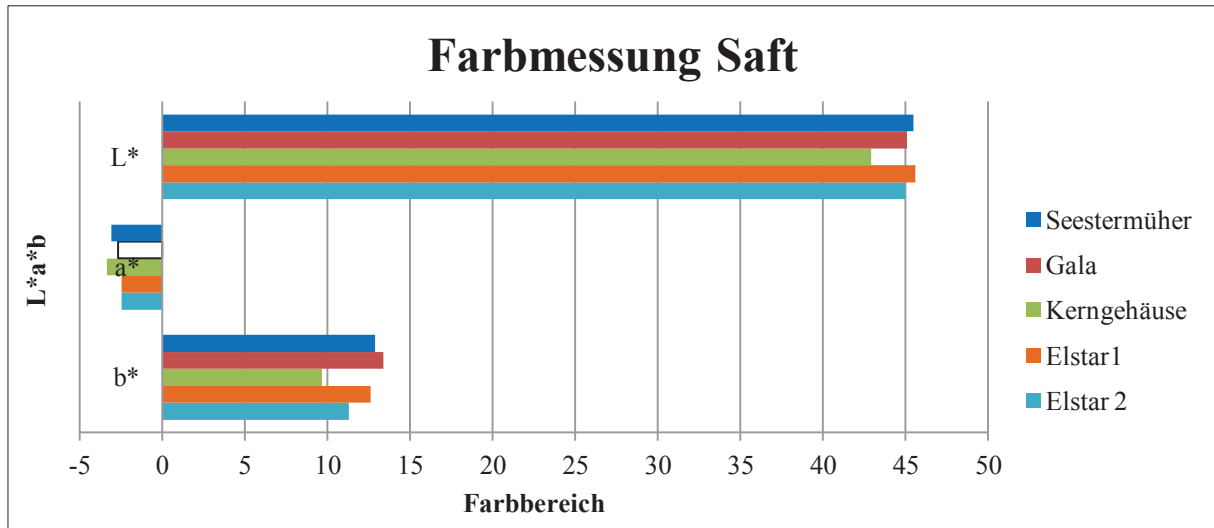


Abbildung 14: Ergebnisse Farbmessung nach 2 Wochen Lagerung

Die Helligkeit L* war bei allen Sorten sehr gering. Seestermüher, Gala und der Saft von dem gekühlten Elstar 1 und ungekühlten Elstar 2 waren geringfügig heller als das Kerngehäuse. Die Messungen zeigten weiterhin, dass der Grünanteil a* im Kerngehäuse höher und der Gelbanteil b* niedriger war, wodurch die etwas geringere Helligkeit und braune Farbe des Saftes zustande kommt. Den höchsten Gelbanteil b* hatten die Sorten Seestermüher, Gala und Elstar 1. Diese hatten auch einen geringeren Grünanteil. Die geringfügig dunklere Farbe des Elstar 2 könnte als Folge der passiven Abkühlung entstanden sein.

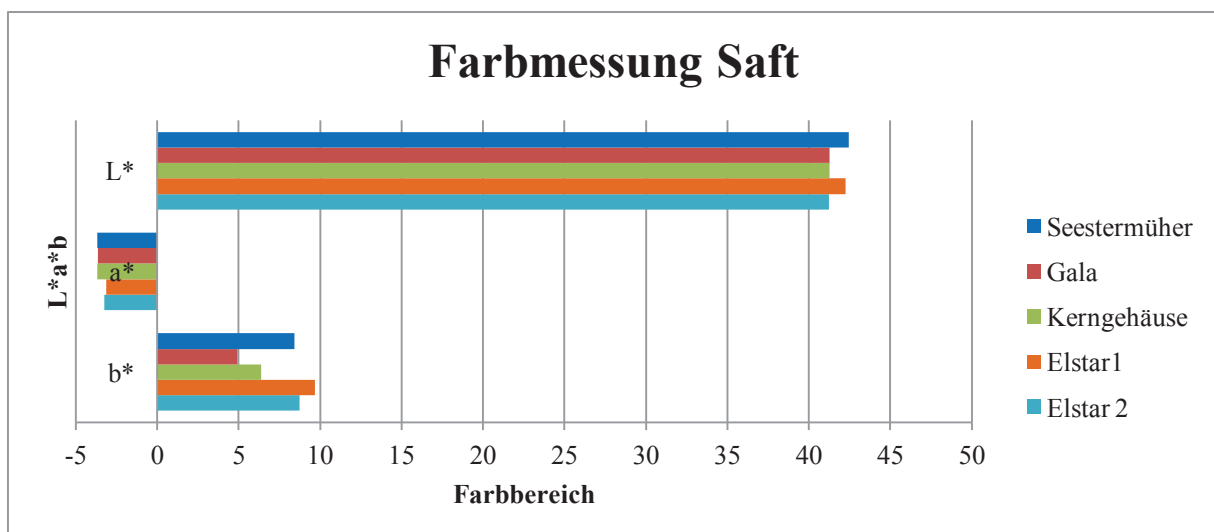


Abbildung 15: Ergebnisse Farbmessung nach 2 Monaten Lagerung

Nach 2 Monaten Lagerung zeigte die Farbmessung bei allen Varianten eine Abnahme der Helligkeit L^* und des Gelbanteils b^* . Daraus resultierend fand eine Zunahme des Grünanteils a^* statt. Diese Farbänderungen wurden auch visuell sichtbar was die Berechnung von ΔE in Tabelle 5 zeigt (Einzelmesswerte siehe Anlage 4, Tabelle 10).

Tabelle 5: Ergebnisse des Farbabstand zwischen 2 Wochen und 2 Monaten Lagerung

Apfelsaftsorten	ΔE	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Seestermüher	5,45	9,18	0,32	20,16
Gala	9,54	14,59	0,88	74,57
Kerngehäuse	3,66	2,72	0,08	10,63
Elstar 1	4,49	11,22	0,42	8,58
Elstar 2	4,59	14,06	0,58	6,50

Während der Lagerung von 2 Monaten fand bei allen Säften eine Farbveränderung statt. Insbesondere der Gala Saft (Anlage PA 180E) hatte eine starke Abnahme der Helligkeit und Zunahme des Grünanteils. Dieser Farbunterschied war auch deutlich durch eine dunkle Trübung beim Aufschütteln des Saftes erkennbar. Bei dem Saft des Kerngehäuses hat die geringste Farbänderung stattgefunden. Gesamt betrachtet dunkelten alle Säfte nach 2 Monaten so stark nach, dass die Farbänderung auch für ein ungeschultes Auge deutlich erkennbar wurde. Insbesondere der Saft von dem Gala und Seestermüher (Anlage PA 180E) wiesen nach 2 Monaten Lagerung die größte Farbveränderung mit einer starken Absatzbildung auf. Dennoch nahm der Gelbanteil der beiden Sorten am meisten zu, wofür die Agglomeration der Trubteilchen und dessen schnellen Absetzen verantwortlich sein kann. Ein Nachdunkeln der Säfte ist hingegen durch den eingebrachten Sauerstoff während der Abfüllung mit dem Pasteur PA 180E und der Abfüllanlage MBF 750 innerhalb der Verpackung möglich. Sind die safteigenen Phenoxidasen (96°C, 15-30s) nicht vollständig inaktiviert, kommt es somit bei der Anwesenheit von Sauerstoff zu weiteren Bräunungsreaktionen.

4.3.6 Auswertung der enzymatischen Untersuchung auf Ethanol und Ascorbinsäure

Die Säfte wurden nach 2 Wochen und 2 Monaten auf Ethanol (Abbildung 16) und Ascorbinsäure (Abbildung 17) untersucht. Die Ergebnisse sind nachfolgend dargestellt.

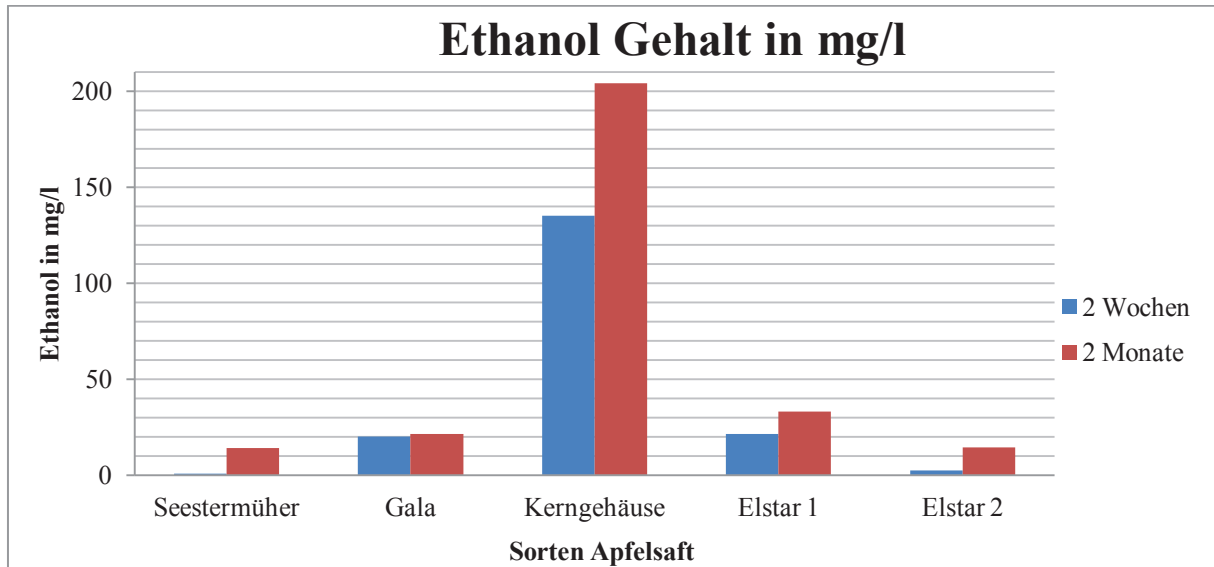


Abbildung 16: Versuchsergebnisse Ethanol Gehalt

Der pasteurisierte Saft von dem Kerngehäuse hat mit 150 mg/l den höchsten Gehalt nach 2 Wochen. Der Wert stieg nach 2 Monaten auf 204 mg/l an. Der erhöhte Ethanol-Gehalt könnte durch vorrangigere Gärung während der Kühlung vor der Verarbeitung zu Saft durch die Reaktion mit Sauerstoff begründet werden. Der Gehalt an Ethanol stieg in allen Säften über die Zeit an. Die Säfte der Sorten Seestermüher und Elstar 2 haben den niedrigsten Wert. Das kann auf kürzere Standzeiten des Rohsaftes und der längeren Wärmeeinwirkung zurückzuführen sein, da beide Säfte passiv bei Raumtemperatur gekühlt wurden. Im Gegensatz zum Elstar 1, der aktiv bei 4°C rückgekühlt wurde. Der Gala wurde zwar auch passiv gekühlt, hat aber einen niedrigeren pH-Wert. Von den produzierten Säften ist zudem eine Verpackung der Sorte Gala nach 3 Wochen Lagerung geplatzt. Dennoch wurde der max. Alkoholgehalt von 3g/l nach den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches in keinem Saft überschritten (Einzelmesswerte siehe Anlage 5, Tabelle 11). Wie in Absatz 4.3.9, Abbildung 21 dargestellt wird, fand in den mikrobiologisch untersuchten Säften kein Wachstum oberhalb der Bestimmungsgrenze der Hefen statt, was eine ausreichende Erhitzung beider Pasteurisationsanlagen widerspiegelt. Daher können für die geringen Mengen Ethanol im Saft (< 500 mg/l) gärschwache Hefen wie *Candida* oder *Hansenula* durch vorigen Befall des Rohstoffes die Ursache sein (Back, 2000).

Der Ascorbinsäuregehalt war nach 2 Wochen Lagerung in dem Seestermüher mit 3,4 mg/l am höchsten (vgl. Abbildung 17). Nach 2 Monaten besaß der Saft noch 2,3 mg/L. In dieser Zeitspanne wurden somit bereits 32,4 % der Ascorbinsäure abgebaut. Das Kerngehäuse hat mit 0,56 mg/l nach 2 Wochen den niedrigsten Wert, was dadurch begründet wird, dass der Hauptteil relevanter Inhaltsstoffe des Apfels entfernt wurde.

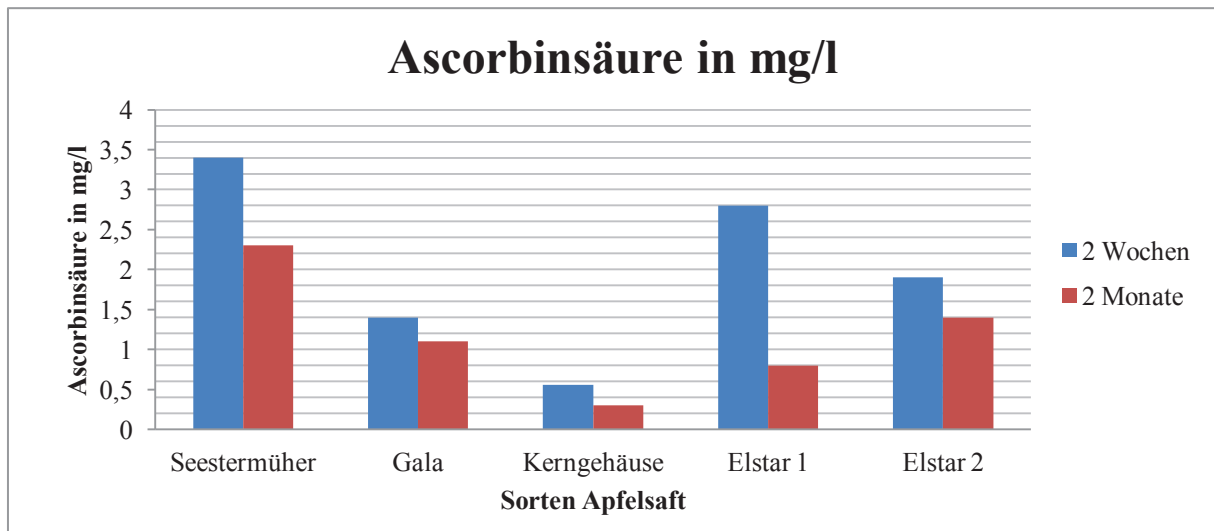


Abbildung 17: Versuchsergebnisse Ascorbinsäure

Der stärkste Abbau von Ascorbinsäure fand im Elstar 1 (Anlage PA 750) mit 71,4 % statt (Einzelmesswerte siehe Anlage 6: Messwerte L-Ascorbinsäure Anlage 6, Tabelle 12). Für die jeweiligen Untersuchungen wurden nicht die gleichen Saftbeutel genutzt. Eine unterschiedliche Pasteurisationstemperatur und Haltezeit in dem Abfüllbehälter könnte daher die Ursache sein. Möglich ist auch, dass noch anwesende Trubteilchen die Photometrische Messung störten.

4.3.7 Auswertung Hydroxymethylfurfural

Die Ergebnisse des zum Nachweis der Überpasteurisation dienenden HMF-Werts sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Laut der A.I.J.N. sollten bei Fruchtsäften HMF-Werte von 20mg/L nicht überschritten werden (Koch, 1986). Wie in Abbildung 18 ersichtlich, wurde der HMF-Gehalt weder in den Säften von der bestehenden Anlage noch von dem neu eingeführten Pasteur überschritten.

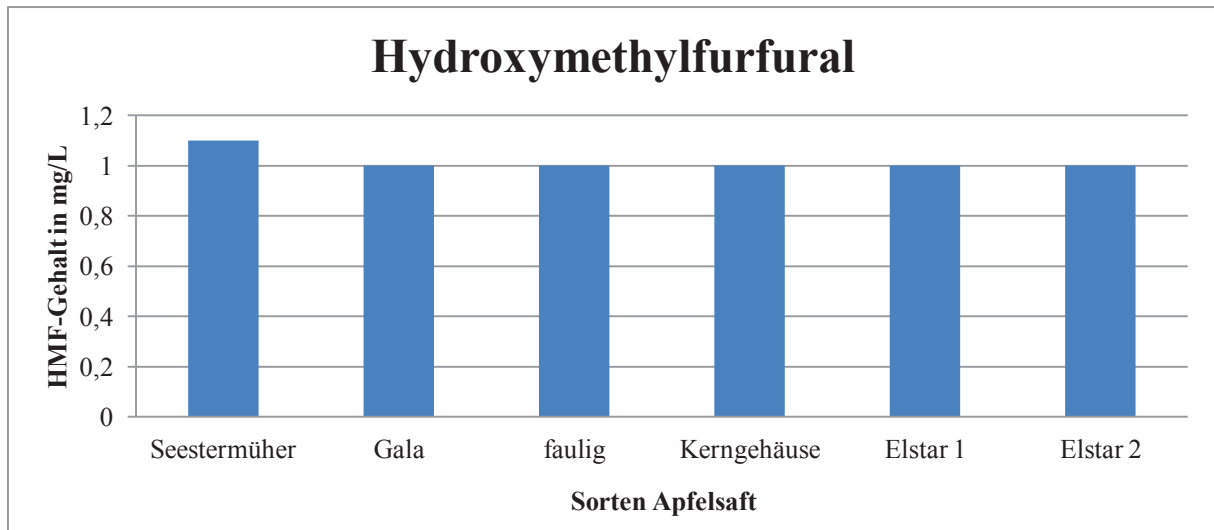


Abbildung 18: Ergebnisse Hydroxymethylfurfural

Die Sorte Seestermüher hatte lediglich einen Wert von 1,1 mg/L, was eine anfängliche HMF-Bildung widerspiegelt. Die Bildung von HMF ist temperaturabhängig und kann bei der Herstellung, Abfüllung und nachfolgenden Einlagerung gebildet werden. Trotz einer hohen Temperaturführung und Heißeinlagerung der Sorten Seestermüher, Gala, Elstar 2 und des Saftes mit fauligen Bestandteilen blieb der HMF-Wert unterhalb der Grenze.

4.3.8 Auswertung Patulin

In der folgenden Abbildung 19 wird ersichtlich, dass die Sorten Seestermüher, Gala (Anlage PA 180E), die beiden Säfte vom Elstar und das Kerngehäuse (Anlage PA 750 RWT-Gas) weniger als 10 µg/L Patulin enthielten. Hingegen ergab der Versuch mit den hinzugefügten faulen Äpfeln einen Patulin Gehalt von 58,6 µg/L, was den Grenzwert von max. 50 µg/L laut der A.I.J.N. überschreitet. Somit war eine Positivkontrolle erfolgreich. Aufgrund der hohen Widerstandskraft gegenüber Hitze und Säure und trotz der langen Abkühlphase der Saftbeutel, wurde auch bei einem Verhältnis von 1:10 (faule : frische) das gebildete Stoffwechselprodukt der Schimmelpilze nachgewiesen.

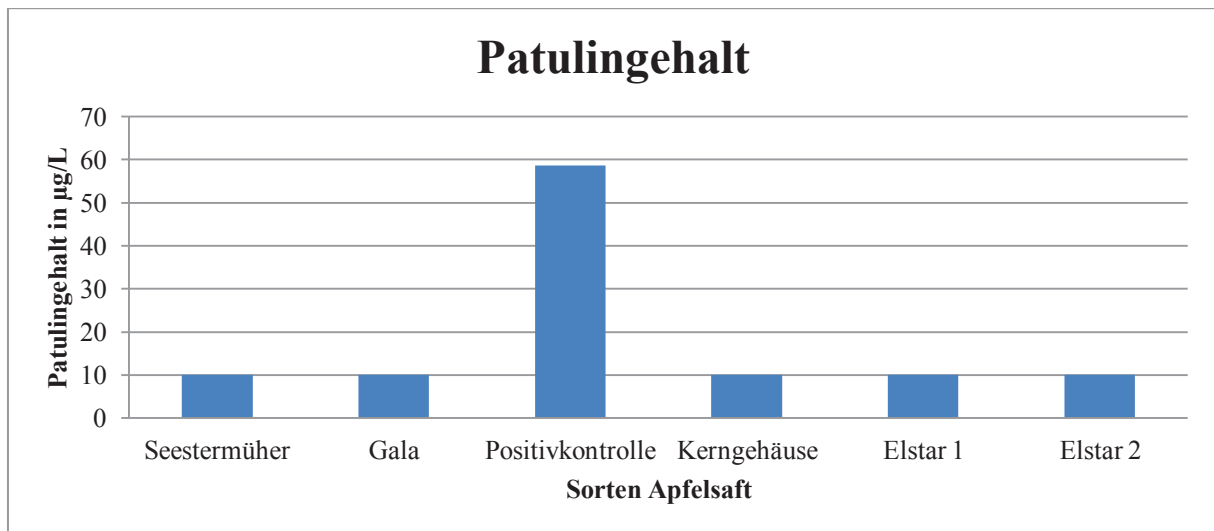


Abbildung 19: Ergebnisse Patulin

4.3.9 Mikrobiologische Auswertung

Die Untersuchung der mikrobiologischen Belastung nach 2 Wochen Lagerung ist in der folgenden Abbildung 20 dargestellt. Die mesophile aerobe GKZ liegt bei allen Säften unter 10 KBE/g und ist somit unter der nachweisbaren Grenze. Hingegen wurde bei der Variante mit den faulen Äpfeln ein Wachstum von 45 KBE/g festgestellt. An Hefen, Schimmelpilze und Milchsäurebakterien wiesen alle Säfte, die mit der bestehenden und neuen Anlage produziert wurden, unter 100 KBE/g im Saft auf und lagen somit unterhalb des Richtwertes.

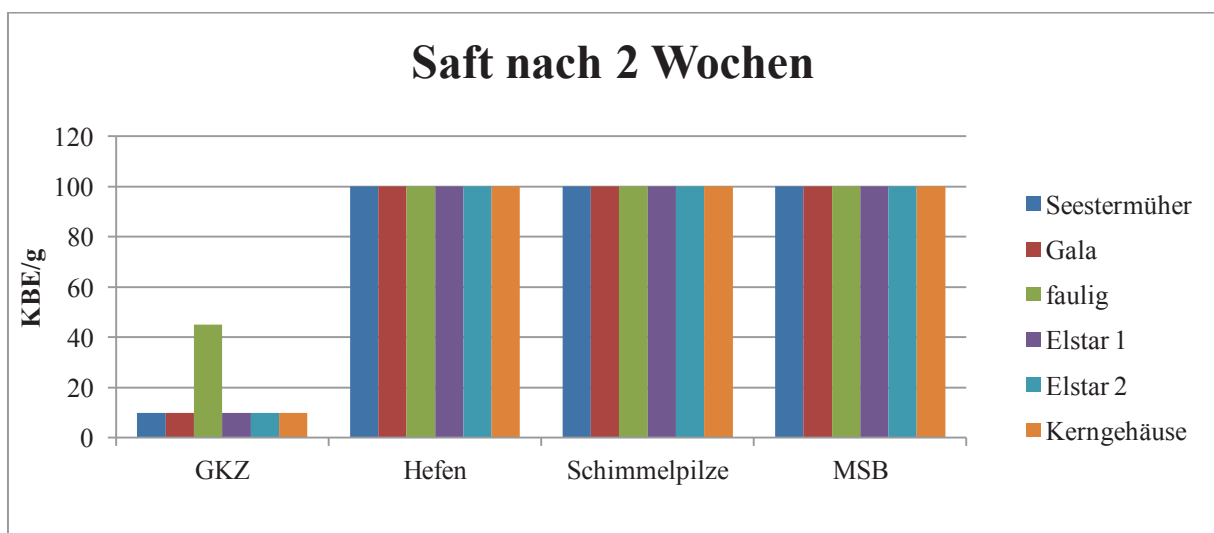


Abbildung 20: Mikrobiologische Ergebnisse nach 2 Wochen

Die Variante mit den faulen Äpfeln wurde nach 2 Monaten Lagerung nicht erneut untersucht, da bereits bei der ersten Untersuchung eine erhöhte Belastung an MO festgestellt wurde. Die Ergebnisse vom Seestermüher und Gala - mit der Bestehenden Anlage produziert - zeigen,

dass die Sorte Gala bereits nach 2 Monaten eine GKZ von 27 KbE/g Saft hat. Der pH-Wert dieser Sorte (vgl. Abbildung 11) war mit 4,17 höher als die anderen Säfte. Durch den höheren pH-Wert dieser Sorte müsste der Saft vermutlich einer höheren Wärmebelastung ausgesetzt werden. Der Seestermüher hingegen wies auch nach 2 Monaten kein Wachstum oberhalb des Richtwertes der untersuchten MO auf.

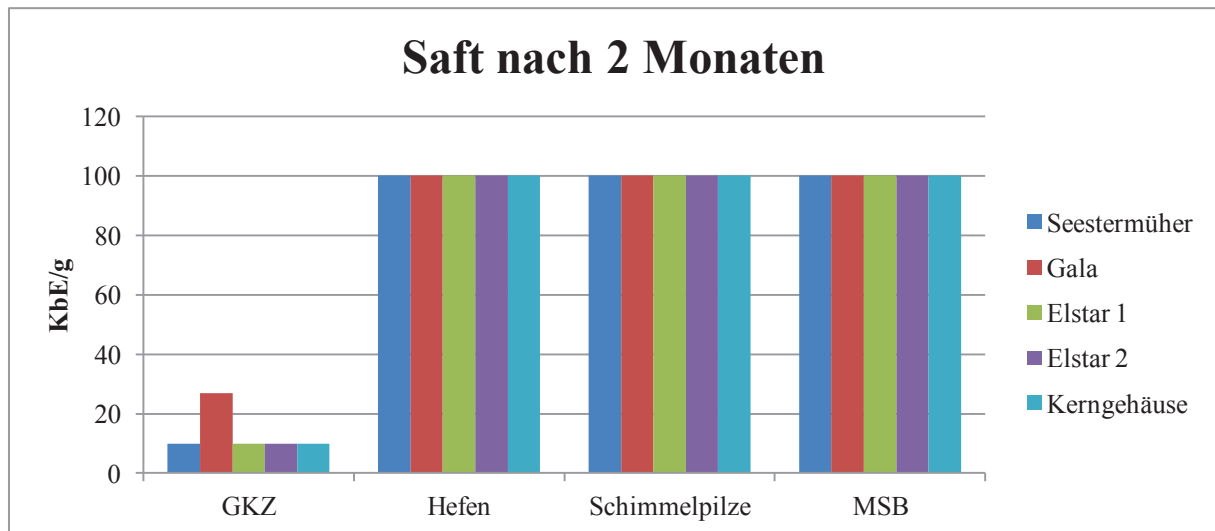


Abbildung 21: Mikrobiologische Ergebnisse nach 2 Monaten

Die Sorten Elstar 1, 2 und der Saft von dem Kerngehäuse wurden mit der neu einzuführenden Anlage erhitzt und abgefüllt und enthielten auch nach 2 Monaten Lagerung bei sämtlichen Untersuchungen weniger als 10 KbE/g MO.

4.3.10 Sensorische Auswertung

Die Ergebnisse der Sensorischen Auswertung zeigen, dass allein die Sorte des Apfels einen erheblichen Unterschied in der Bewertung ausmacht. Dieser Einfluss, bezogen auf die verwendeten Pasteurisationsanlagen und den damit beeinflussten Eigenschaften des Trubgehaltes und der Farbe, wird ebenfalls ersichtlich. Auch der Reifegrad der Sorte spielt hierbei eine wesentliche Rolle. Neben der Tatsache, dass der Seestermüher sehr sauer und Gala sehr süß ist, besaßen beide einen starken Trubabsatz, der vermutlich durch die geringere Hitzeeinwirkung begünstigt wurde, da die beiden Sorten – bestehende Anlage – und der Saft von dem Elstar – neu eingeführte Anlage – den gleichen Pressbedingungen und Standzeiten ausgesetzt waren. Folglich lässt sich vermuten, dass der Pasteur PA 750 RWT-Gas durch intensivere Hitzeeinwirkung, einen besseren Einfluss auf den gebildeten Feintrubanteil und der damit verbundenen Trubstabilisierung besitzt. Die nachfolgende Auswertung der einfach

beschreibenden Prüfung (Absatz 4.3.10.1) und Beliebtheitsprüfung (Absatz 4.3.10.2) zeigt, welchen Einfluss diese Eigenschaften auf die bewertende Resonanz ausüben.

4.3.10.1 Einfach beschreibende Prüfung und Einstufung des Produktes

Die einfach beschreibende Prüfung wurde wie in Absatz 3.2.3.12 erläutert, durchgeführt (Beschreibungen s. Anlage 7, Tabelle 13). Die aktiv und passiv gekühlten Säfte des Elstar zeichneten sich vor allem durch einen harmonisch wirkendes Zucker-/ Säure- Verhältnis mit arttypischen Eigenschaften aus und hatten daher eine positive Tendenz der Beschreibungen. Seestermüher war zwar arttypisch fruchtig, aber besaß eine unharmonische Säure und wies eine starke Absatzbildung auf. Der Gala wies ebenfalls einen erhöhten Trubabsatz auf und wurde vorwiegend als süß und wässrig, mit einem Beigeschmack von Birne bewertet. Der Saft aus dem Kerngehäuse hatte von allen Varianten die meisten negativen Beschreibungen. Vorwiegend wegen der zu braunen Farbe, des wässrigen; unangenehmen Geschmacks und belegenden Mundgefühls. Aber auch bei der Handelsware wurden die Attribute Geschmack und Mundgefühl für unzureichend empfunden.

Die unterschiedlichen Säfte wurden anschließend auf ihre Eignung anhand der Einschätzung der Panelisten geprüft. Durch die Verwendung einer 5-Punkt-Skala ergibt sich der in Abbildung 22 dargestellte Zusammenhang.

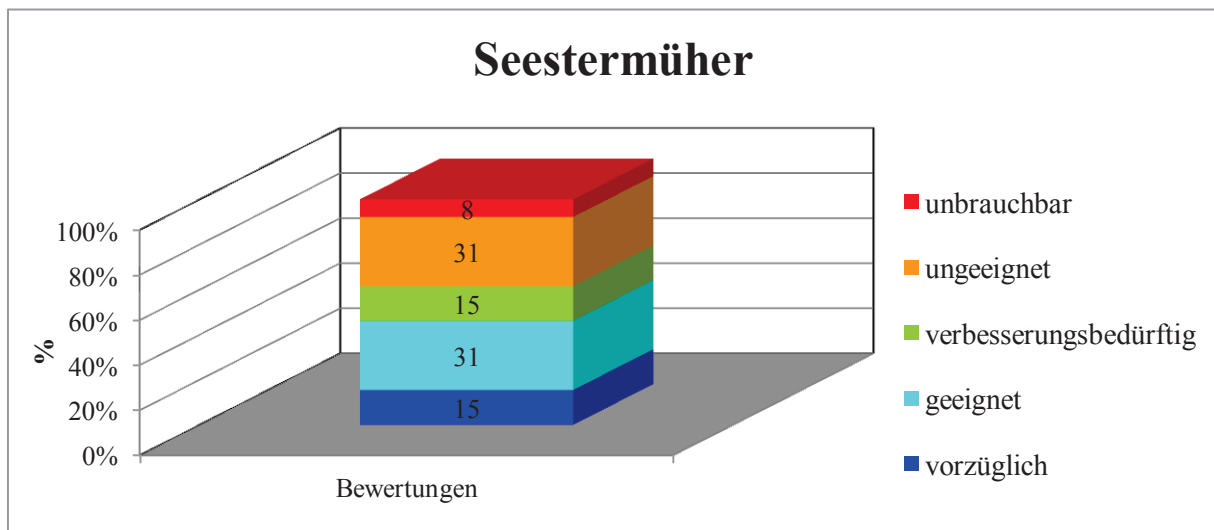


Abbildung 22: Qualitätsbeurteilung Seestermüher

Die Sorte Seestermüher wurde zumeist als zu sauer empfunden wodurch ein adstringierendes Mundgefühl zustande kam. Dennoch bewerteten 31 % diese Sorte als geeignet. Aufgrund des teilweise starken Trubabsatz und somit intensiven Nachgeschmacks wurde diese Sorte jedoch von der Mehrheit der Prüfpersonen als negativ eingestuft.

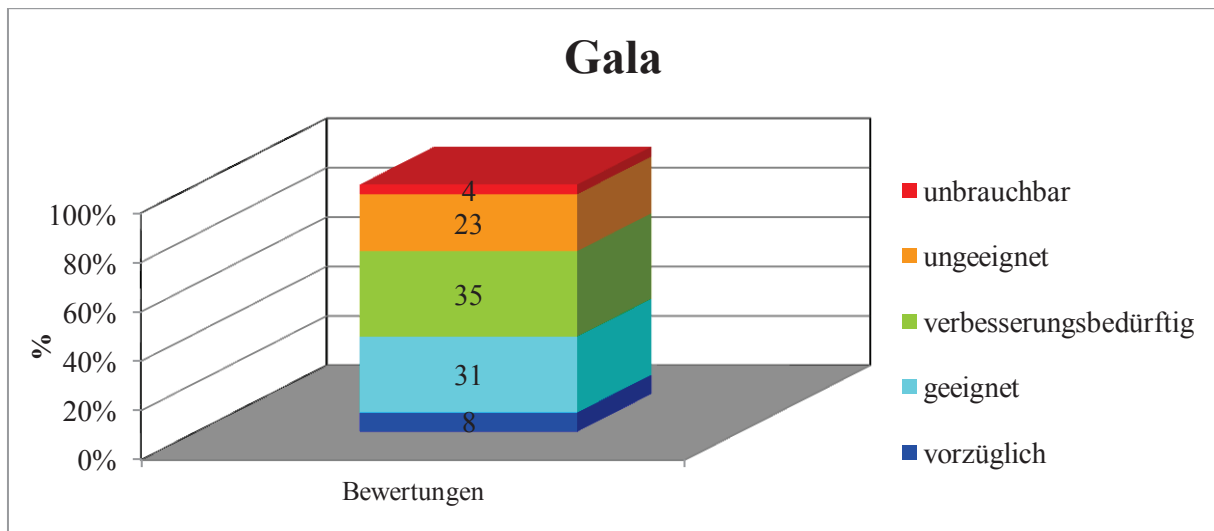


Abbildung 23: Qualitätsbeurteilung Gala

Der Saft der Sorte Gala (Abbildung 23) hingegen wurde aufgrund seiner stark empfundenen Süße, dem intensiven Geschmack nach Birne und daraus resultierenden geringen Apfelgeschmack von 35% als verbesserungsbedürftig und mit 23% als ungeeignet eingestuft.

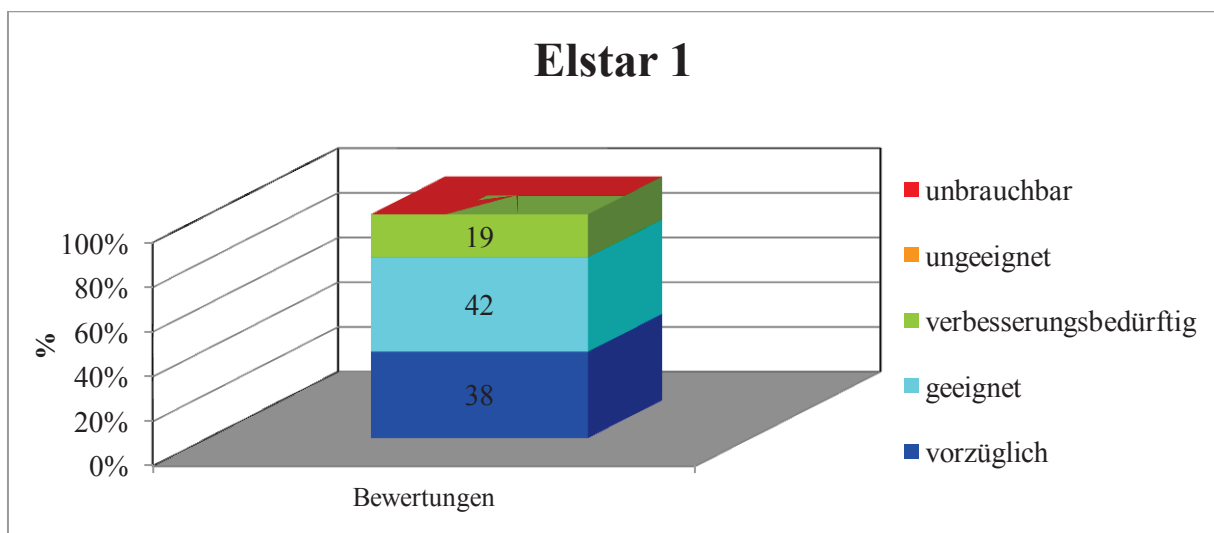


Abbildung 24: Qualitätsbeurteilung Elstar 1

Der direkt nach der Pasteurisation gekühlte Elstar (Abbildung 24) hingegen wurde mit 38% als vorzüglich, 42% geeignet und nur von 19% als verbesserungsbedürftig eingeordnet. Diese Bewertung wurde mit der Beschreibung begründet, dass der Saft eine ausgewogene Süße und Säure enthielt. Des Weiteren wurde er durch eine ansprechende gold-gelbe Farbe mit angenehmen Trub und einem gut ausgeprägten Apfelgeschmack beschrieben

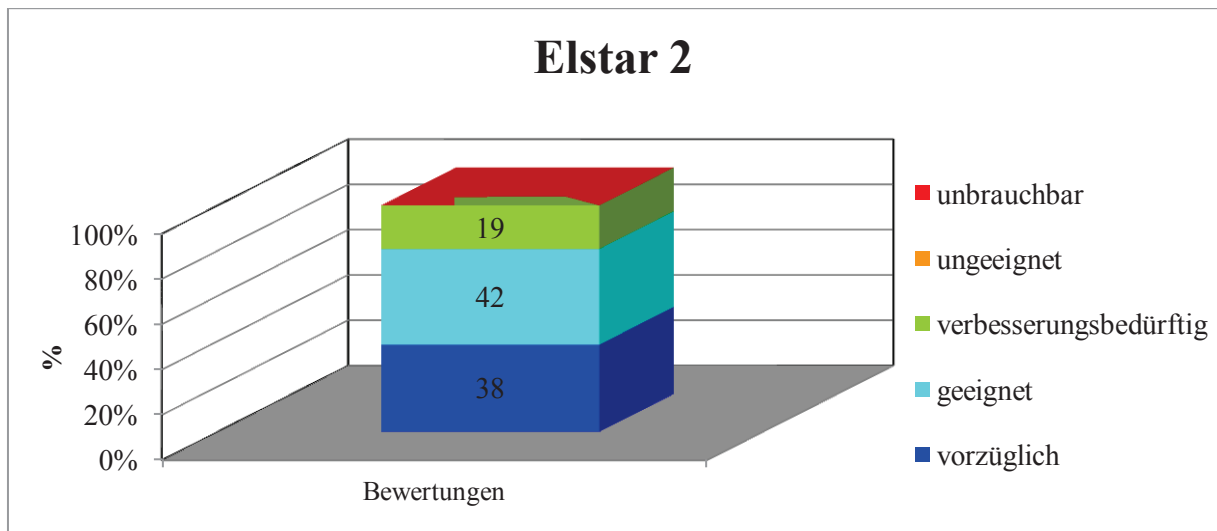


Abbildung 25: Qualitätsbeurteilung Elstar 2

Diese Beschreibung traf ebenso auf die ungekühlte Variante derselben Sorte zu und wurde gleich bewertet (Abbildung 25). Dies zeigt, dass die unterschiedliche Abkühlphase der Elstar Säfte hier kein Einfluss auf die Akzeptanz hat.

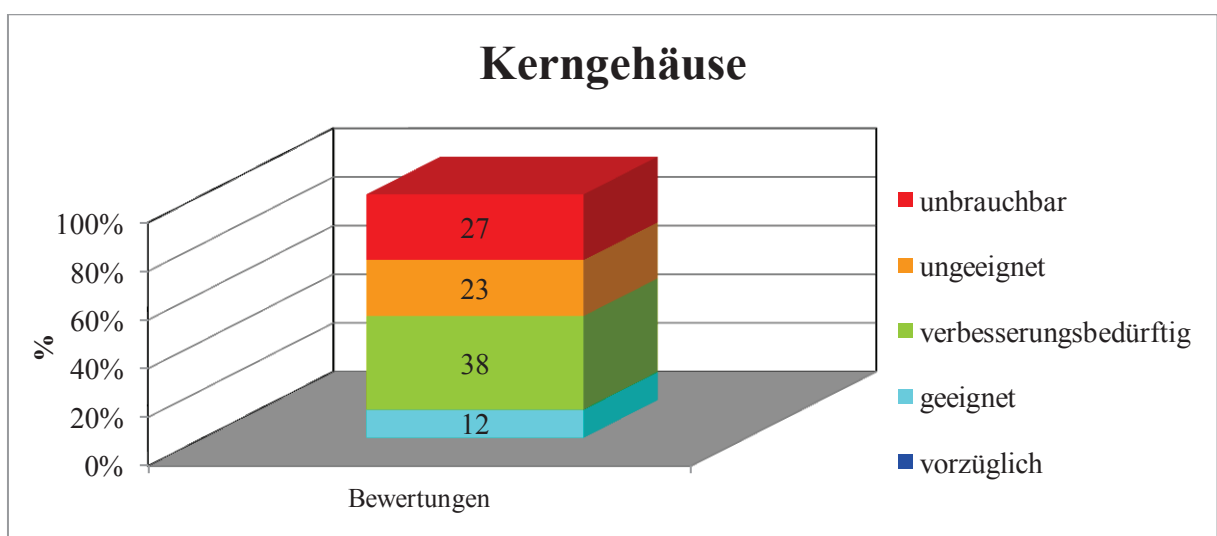


Abbildung 26: Qualitätsbeurteilung Kerngehäuse

Der Saft aus dem Kerngehäuse (Abbildung 26) wurde von 12% als geeignet bewertet. Insgesamt befanden 27% den Saft als unbrauchbar und 23% bewerteten den Saft mit verbesserungsbedürftig. Diese negative Einstufung wurde durch die Prüfpersonen so begründet, dass der Saft eine zu dunkle Farbe aufwies sowie einen dumpfen und teilweise wässrigen Geschmack hatte. Weiter wurde das Mundgefühl als pelzig und belegend beschrieben.

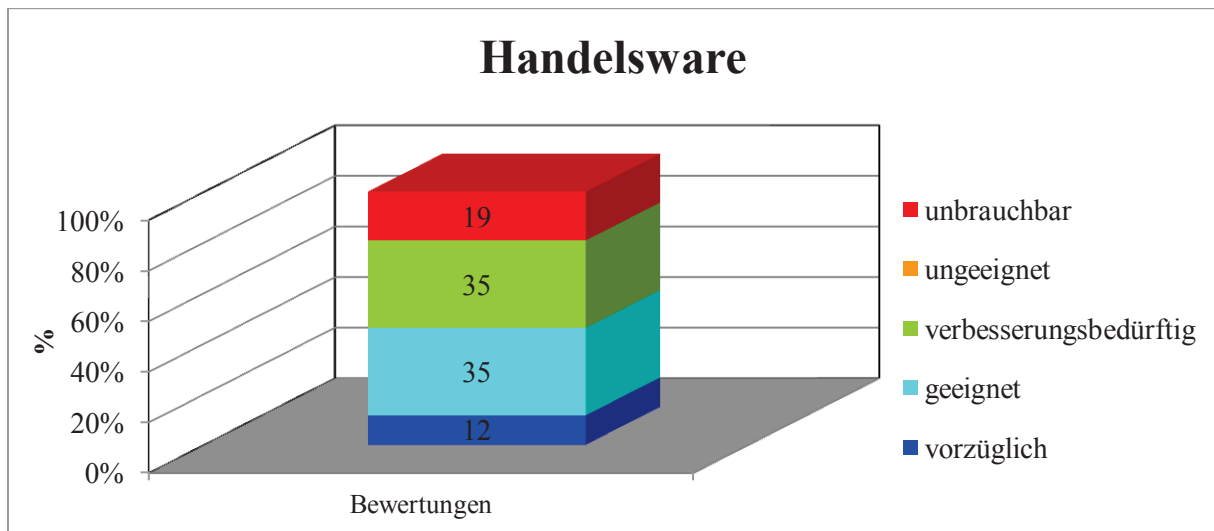


Abbildung 27: Qualitätsbeurteilung Handelsware

Die zum Vergleich herangezogene Handelsware (Abbildung 27) wurde teilweise als zu süß mit geringem Apfelgeschmack, künstlicher Farbe und einem pelzig-belegenden Mundgefühl bewertet. Aus diesem Grund fanden auch bei der gekauften Variante 35%, dass dieser verbesserungsbedürftig ist und 19% stuften ihn als unbrauchbar ein. Als geeignet und vorzüglich wurde der Saft von den Prüfpersonen aufgrund eines arttypischen und süß-sauren belebenden Geschmacks und der klaren bräunlich-goldenen Farbe bewertet. Auch der nicht vorhandene Absatz durch die in Schweben gehaltenen Trubstoffe wurde als positiv eingestuft.

4.3.10.2 Beliebtheitsprüfung

Von den Bewertungen des Panels wurde der Mittelwert, also die durchschnittliche Akzeptanz der Produkte errechnet und in der folgenden Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Mittelwertbildung und Standardabweichung

Bewertung	Seester- müher	Gala	Kern- gehäuse	Elstar 1	Elstar 2	Handels- ware
Anzahl Prüfer	26					
Mittelwert	5,54	5,50	4,31	7,65	7,35	5,77
Standardabweichung	2,27	2,55	2,13	1,26	1,47	2,23

Die Mittelwertbildung zeigte erneut, dass der Saft der Sorte Elstar die höchste Präferenz mit der geringsten Standardabweichung besitzt. Der Seestermüher- und Gala-Saft sowie die Handelsware sind bezüglich der Ergebnisse in Tabelle 6 ähnlich zueinander bewertet worden. Demnach liegt die Beliebtheit der Säfte Seestermüher und Gala nahe der Handelsware. Der aus dem Kerngehäuse hergestellte Saft besitzt den geringsten Mittelwert. Daraus lässt sich erschließen, dass der Saft hauptsächlich im unteren Bereich der Skale eingestuft wurde. Das Ergebnis wird ebenfalls in Abbildung 28 bestätigt. Wird von Produkten nur der Mittelwert für eine Aussage der Präferenz gebildet, kann die Gefahr bestehen, dass der Konsument standardisiert wird, da jede Kategorie gleich behandelt wird. Die Ergebnisse in % der hedonischen 9-Punkt-Skale sind in der nachfolgenden Abbildung 28 dargestellt. Worauf die Mittelwertbildung bezogen auf die Sorte Elstar schon hinwies, wird in Abbildung 28 ebenfalls wiedergespiegelt. Lediglich dieser Saft hat eine Bewertung über 80% im Bereich von 9-6 erreicht. Der gekühlte Saft wurde mit 96% geringfügig besser eingestuft als der ungekühlte mit 92%. Die Anzahl der Nennungen, die unterhalb 66% liegen, werden nach dem hedonischen Bewertungsschema nicht akzeptiert und das Produkt und/oder das Konzept sollte bezüglich einer besseren Qualität überarbeitet werden. Die hinzugezogene Handelsware wurde im Bereich 9-6 nur mit 54% eingeordnet. Mit der Begründung, dass dieser einen zu süßen und künstlichen Geschmack hat, ordneten 31% der Prüfer den im Mißfallen-Bereich von 4-1 ein. Den restlichen 15% hat dieser Saft weder gefallen noch mißfallen. Ähnlich wurden Gala und Seestermüher bewertet. Ersterer wurde geschmacklich als zu süß und der letztgenannte als zu sauer eingestuft aber auch der starke Absatz beider Sorten wurde negativ gewertet. Von den negativen Bewertungen ausgehend ist der Gala-Saft im Vergleich zu dem

Seestermüher und der Handelsware am schlechtesten bewertet worden. Diese Beurteilung spiegelt Tabelle 6 ebenfalls wieder, da der Gala den geringsten Mittelwert der drei verglichenen Sorten aufweist. Der Saft aus dem Kerngehäuse wurde mit 54% in den Mißfallen-Bereich eingeordnet und hat so auch den geringsten Zuspruch von allen untersuchten Säften bekommen. Die Bewertungen der Beliebtheitsprüfung von den einzelnen Säften ist in Anlage 8 in Tabelle 14 dargestellt.

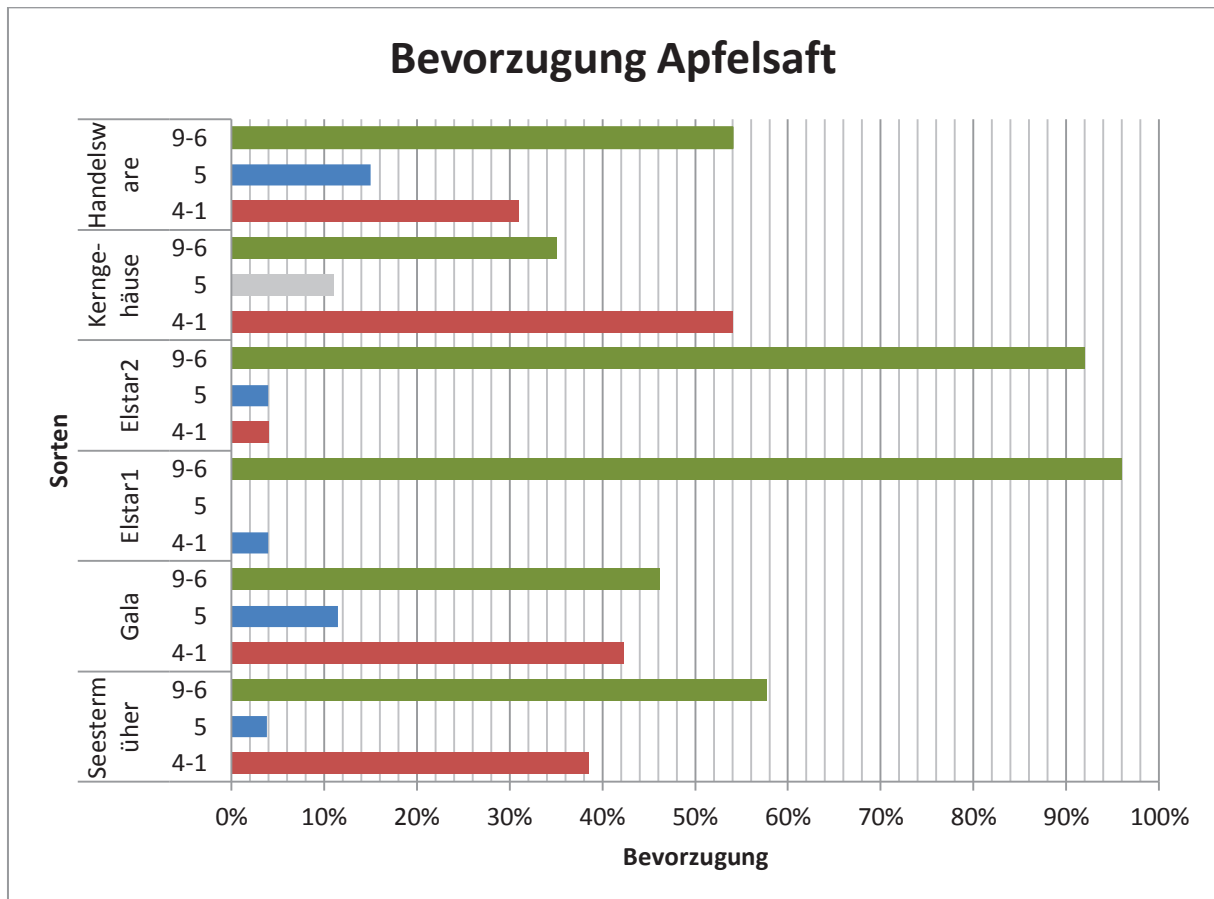


Abbildung 28: Auswertung Beliebtheitsprüfung

5 Diskussion

Fazit.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass eine definierte Temperaturführung für den Pasteurisationsprozess entscheidend ist. Es konnte bewiesen werden, dass mit der Einführung der neuen Anlage eine gleichbleibende Pasteurisationstemperatur bei störungsfreier Produktion erreicht werden kann. Vergleichend wurde herausgestellt, dass die Anlage PA 750 RWT-Gas sowie die dazugehörige Abfüllanlage MBF 750 deutliche Vorteile im Bezug auf technologische Parameter hat. Weitere Optimierungsmöglichkeiten werden im Folgenden genannt.

Vorgelagerte Prozesse.

Während der Produktion des Saftes wurde festgestellt, dass eine gleichzeitige Pressung und Pasteurisation des Saftes zu viel Zeit in Anspruch nimmt. Was sich hierbei als problematisch herausstellte war die Geschwindigkeit des Pressens. Durch die erhöhte Viskosität reifer Äpfel kann es zu Press- und Klärschwierigkeiten während der Produktion kommen. Dies wurde auch bei der Verarbeitung vom Kerngehäuse, wo bereits Oxidationsvorgänge stattgefunden haben, ersichtlich und erschwerte zeitweilig die Pressung. Um diesem zusätzlichen Zeitaufwand entgegen zu wirken wurde ein 530l Tank aus Edelstahl hinzugezogen. Die Äpfel wurden dann von der Nachtschicht bis zur darauffolgenden Frühschicht vorgepresst und in dem Tank gelagert. Jedoch wies auch diese Durchführung einen Nachteil auf, da der Tank nicht gekühlt ist und über die gesamte Zeit in der Produktion stand. Auch wurde der gepresste Saft von der oberen Öffnung über einen Schlauch zugeführt, wodurch der Tank nicht geschlossen war. Vor allem in den Sommermonaten könnte das zu einer erhöhten mikrobiologischen Belastung und sensorischen Beeinträchtigung durch die steigende Wärmebelastung und einer erhöhten Zahl an Pollen und Schimmelsporen die über die Luft hinzu geführt werden, beitragen. Diese Probleme sind ebenso relevant für die Saftwanne (s. Abbildung 6), in die der frisch gepresste Saft hineinläuft, bevor er in den Tank gepumpt wird. Innerhalb der Saftwanne besteht eine besonders große, nicht abgedeckte Oberfläche, die der Kontamination von Keimen über die Luft mitgetragener Partikel und Oxidationsreaktionen ausgesetzt ist. Auf längere Sicht wäre es sinnvoll, eine (semi-) kontinuierliche Produktion anzustreben. Anzuraten wäre hier eine direkte Überführung des Saftes nach der Pressung über ein Vakuum in einen sauerstoffdichten Tank. Auch eine zusätzliche Kühlung des Tanks wäre vorteilhaft.

Pasteurisation und Abfüllung des Apfelsaftes – PA 180E (integrierte Abfüllvorrichtung).

Für die manuelle Abfüllung eines 3l Beutels wurden 38s benötigt, bei einer kontinuierlichen Abfüllung sinkt die Temperatur des Saftes von anfänglichen 90°C auf unter 70°C. Bezüglich der Infektanten und Enzyme, die durch eine Pasteurisation abzutöten bzw. zu inaktivieren sind, ist eine Aufrechterhaltung der Qualität und Gewährleistung eines mikrobiologisch sicheren Apfelsaftes bei Temperaturen unter 70°C nicht möglich. Damit die Temperatur bei 80°C gehalten werden konnte, musste die Abfüllgeschwindigkeit auf 1.15min gedrosselt werden. Desweiteren schwankte das Abfüllgewicht, da keine Waage in die Abfüllvorrichtung integriert ist. Enthält der Beutel zu viel Inhalt, passt dieser somit nicht mehr in den Umkarton. Die zu Beginn dieser Arbeit bestehenden Probleme der unzureichenden Erhitzung zeigten sich wie zu erwarten bei der praktischen Umsetzung, was die Anschaffung sowie Inbetriebnahme der neuen Pasteurisationsanlage PA 750 RWT-Gas und Abfüllanlage MBF 750 rechtfertigte.

Pasteurisation und Abfüllung des Apfelsaftes – PA 750 RWT-Gas, MBF 750.

Die neue Pasteurisationsanlage PA 750 garantiert über einen kontrollierten Temperaturverlauf eine ausreichende Pasteurisation (s. Absatz 4.1, Tabelle 4). Die größten Vorteile sind hierbei die Kontrollierbarkeit über ein steuerbares Temperaturprogramm sowie die standardisierte Abfüllung. Auch aus Gründen der Verlustvermeidung sowie die laut der Verordnung über Fertigpackungen anzugebende Menge ist ein definiertes Abfüllgewicht und das daraus abzuleitende Füllvolumen zwingend notwendig. Die verschiedenen Untersuchungen der Säfte haben gezeigt, dass eine hinreichende Erhitzung mit der neuen Pasteurisationsanlage PA 750 stattgefunden hat und auch durch die nachfolgende Haltezeit in der Abfüllanlage MBF 750 ein mikrobiologisch sicheres Produkt hergestellt werden konnte. Einbußen in der Qualität könnten hauptsächlich durch noch nicht optimierte Prozesse – wie zum Beispiel längere Standzeiten, offene Behälter, das Einbringen von Sauerstoff bei der Abfüllung – vor und nach der Pasteurisation hervorgerufen werden. Während der Pasteurisation stieg die voreingestellte Temperatur von 85°C auf etwa 90°C, womit der Saft einer höheren Wärmeeinwirkung ausgesetzt war. Laut Birus (2001) verhalten sich der Geschmack und das Aussehen eines Saftes mit 90°C Abfüllungstemperatur ohne Rückkühlung nach einer Stunde Lagerzeit wie ein Saft, der ein Jahr lang unter normalen Bedingungen gelagert wurde. Daher könnte der produzierte Saft einer minderen Qualität entsprechen, sofern er überhitzt wird. Weiterhin sollte die Fülltemperatur bei der Pasteurisationstemperatur liegen, dies war jedoch nicht möglich, da der pasteurisierte Saft in den Saftbehälter geleitet wird und dort aufgrund längerer Standzeiten in dem Behälter durch die manuelle Abfüllung abkühlt. Kam der frisch

pasteurisierte Saft hinzu, glich sich die Temperatur wieder aus, was sich ohne Vorpressung jedoch erschwerte. Als problematisch kann dabei die Gefährdung bezüglich einer Sekundärkontamination durch schnelle Abkühlung der Getränkeoberfläche innerhalb des Abfüllbehälters betrachtet werden. Der Effekt der Nachpasteurisation ist dadurch unzureichend und das Produkt kann über Luftströmung, durch Tropf-, Schwitz- oder Sprühwasser während der Abfüllung kontaminiert werden (Back, 2000). Mithilfe des vorgepressten Saftes in dem zusätzlichen Tank konnte hingegen eine annähernd gleichbleibende Temperatur um 85°C, durch regelmäßig neu zulaufendes Produkt erreicht werden. Bei der Verwendung von BiB-Beuteln sollte der Saft allerdings nicht über 80°C Pasteurisationstemperatur abgefüllt werden, da der Kunststoffbeutel für diese Temperatur nicht ausgelegt ist. In Zukunft sollten die Schwankungsbreiten der Temperatur des Pasteurs PA 750 RWT-Gas erfasst werden, damit die Temperatur am Saftauslauf nicht über 85°C steigt, um eine produktschonende Herstellung und verpackungskonforme Abfüllung zu erreichen. Um den Temperaturverlauf genau zu verfolgen, wäre eine Log-Aufzeichnung von der Abfüllung bis hin zur vollständigen Abkühlung sinnvoll.

Mithilfe der integrierten Waage der Abfüllanlage wurde jeder Beutel mit 3,04 Liter abgefüllt. Ein Problem stellte die Kontamination der Außenseite der Beutel durch Schäumen bei der Abfüllung dar. Die Beutel mussten folglich mit Wasser gereinigt werden, was einen hohen Zeitaufwand mit sich brachte. Es wäre hier eine Waschstraße mit selbstreinigendem Wasserkreislauf zu empfehlen. Auch wäre eine vollautomatische Abfüllanlage mit anschließender Reinigung sinnvoll, um Zeit und Kosten zu sparen. Das Schäumen deutet weiterhin auf einen erhöhten Sauerstoffeintrag hin. Dieser könnte für Verderbniserreger förderlich sein. In der Praxis setzt man in größerem Maßstab Entgaser, Entlüftungssysteme durch Vakuumpumpen, ein (Blüml und Fischer, 2009). Werden die fruchteigenen Enzyme nicht ausreichend inaktiviert, kommt es durch einen erhöhten Sauerstoffanteil zu weiteren aeroben Reaktionen und dem Abbau von Saftinhaltsstoffen während der Lagerung. Durch die ausreichende Pasteurisationstemperatur der Anlage PA 750, sollte eine enzymatische sowie mikrobiologische Beeinträchtigung durch vegetative Keime gering sein.

Sensorik.

Will et al. (2011) berichteten in Ihrer Arbeit (s. Absatz 2.6, Seite 16) über eine negativere sensorische Bewertung des passiv gekühlten BiB-Saftes. Die sensorische Beurteilung von dem Elstar-Saft zeigte hingegen, dass beide Varianten gleichermaßen gut bewertet wurden. Lediglich die Farbmessung wies Unterschiede in der Bräunungsintensität auf, der gekühlte

Elstar Saft war dabei geringfügig heller und weniger braun. Mögliche Farb- und Aromaveränderungen während der Lagerung können aber auch durch anwesenden Sauerstoff hervorgerufen werden. Bei einer Sauerstoffdurchlässigkeit von 0,02 ml/ Tag in einer 1l Packung können pro Monat 9 mg/l Ascorbinsäure abgebaut werden. Die Verpackung sollte dennoch eine geringe Sauerstoffdurchlässigkeit aufweisen, damit der Sauerstoff im Kopfraum und der im Saft gelöste Sauerstoff durch die Permeation ausgeglichen werden kann (Heiss und Eichner, 2002). Empfehlenswert wäre es daher Tests mit verschiedenen Folienmaterialien durchzuführen. Dadurch kann überprüft werden, welche Art von Beutel die Qualität des Saftes über die Lagerzeit am besten aufrechterhält.

Qualitätsbestimmend ist auch das Zucker-Säure-Verhältnis einer Sorte. Das durchschnittliche Verhältnis von Zucker und Säure einer Apfelsorte in g/l beträgt 12:1 bis 18:1. Diese Angaben sind sortenbedingt, da das Zucker-Säure-Verhältnis in einer säurearmen Sorte wie dem Golden Delicious auf über 20 ansteigen kann. Die zukünftig geplante Verarbeitung verschiedener Sorten kann für den Verbraucher irritierend sein, da nicht nur bekannte Sorten vermarktet werden. Viele Fruchtsafthersteller bringen daher einen Verschnitt verschiedener Sorten auf den Markt, um die Säfte konsumgerecht zu machen. Für die zukünftige Produktion von sortenreinen Apfelsäften sollte darauf geachtet werden, dass diese ein ausgewogenes Zucker-Säure-Verhältnis und einen möglichst hohen Reifegrad besitzen. Zuletzt Genanntes ist wichtig, da durch unreife Äpfel eine unharmonische Säure entsteht. Das wurde auch bei der sensorischen Verkostung der Sorte Seestermüher bestätigt, da diese Sorte von Natur aus einen höheren Säuregehalt aufweist und zusätzlich in einem eher unreifen Zustand verarbeitet wurde. Ein Entfernen von Stärkekörnern könnte zudem vorteilhaft sein, um die Bildung kolloidal gelöster Stärke zu verhindern. Diese kann im weiteren Verlauf der Lagerung einen Grauschleier bilden. Der Vorgang findet vor allem bei unreifen Äpfeln statt (Schobinger, 2001). Der Einsatz eines Separators zur Abtrennung der Stärke wäre denkbar (Schnürer, 2010; Schwarz, 2012). Außer die Säfte Elstar 1 und 2 wiesen alle Proben daher auch einen starken und mit der Zeit gräulich werdenden Absatz auf, der als sensorisch störend empfunden wurde. Im Fall des aus dem Kerngehäuse hergestellten Saftes zeigen sich anhand der sensorischen Bewertungen die schlechtesten Ergebnisse (vgl. Absatz 4.3.10). Guadagni et al. (1971) zeigten, dass sich in der Schale vom Apfel mehr Aromastoffe befinden als in dem Kerngehäuse bzw. dem Fruchtfleisch (Guadagni et al., 1971). Dies begründet auch, warum der Saft einen überwiegend wässrigen Geschmack hatte und nicht das volle Fruchtaroma ausbildete. Wie in Absatz 3.2.3.3, Seite 25 beschrieben, blieb der Trub nicht in Schwebung und setzte sich daher schnell ab, wodurch der gemessene Trübungswert geringer war als von den

Elstar Säften. Die Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränkerverordnung besagt, dass der aus der Frucht gewonnene Brix-Wert nicht verändert werden darf, ausgenommen bei der Verarbeitung von Verschnitten. Der gemessene Wert von 8,4 im Kerngehäuse war somit geringer als die Anforderungen der VO von einem Wiederhergestellten Apfelsaft aus Konzentrat von 11,2 (FrSafterfrischGetrV, 2004). Für die weitere Saftproduktion aus dem Kerngehäuse, wäre es daher empfehlenswert, zusätzliche Versuche zur Optimierung durchzuführen. Dafür könnte eine Mischung von ganzen Äpfeln und Kerngehäuse für die Aufwertung des Nährwertes, des Brix-Gehaltes und der sensorischen Aspekte von Nutzen sein. Sollten weitere Testversuche mit unterschiedlichen Mischungsverhältnissen durchgeführt werden, ist eine sensorische Analyse zu empfehlen, um zu untersuchen, wie sich die Qualität und der Genusswert des Apfelsaftes verhalten.

Einfluss auf Farb- und Trübentstehung.

Schnürer (2010) fand in seiner Arbeit heraus, dass der Saft der Sorte Elstar aufgrund seiner niedrigen Viskosität und Basisstabilität zu einer schlechten Trübungsstabilität neigt. Diese Annahme wurde jedoch nicht von dem produzierten Saft der Sorte Elstar (Anlage PA 750) bestätigt. Der Saft (Elstar 1) wies einen etwas höheren Trübungsmittelwert auf was durch die aktive Rückkühlung begründet werden kann, da dieser Vorgang einen geringen Trübungsanstieg bewirkt. Der entstandene Feintrub wurde in dem Saft besser in Schwebe gehalten. Es bildete sich anscheinend weniger Grobtrub, welcher sich am Boden absetzt und die Trübungsmessung somit erschwert was bei den anderen Säften der Fall war. Diesem kann unter anderem durch Zusatz von Ascorbinsäure entgegengewirkt werden, da die Trübungsstabilität durch Verhinderung der Phenolkomplexierung steigt (Zimmer, 1996). Ebenso wäre der Einsatz eines Separators für die Grobtrubabtrennung vor der Pasteurisation sinnvoll um einen trübungsstabilen Saft zu erhalten. Genovese et al. (1994) fanden in ihrer Arbeit heraus, dass eine geringere Trübung durch eine Dampfbehandlung bei niedrigen Temperaturen (65-70°C für 15-20s) während der Zerkleinerung der Äpfel durch die Inaktivierung von nativer Pectinase, die u.a. für die Agglomeration verantwortlich ist, erreicht werden kann. Zudem erzielte dieses Verfahren eine Verbesserung von Farbe und Aroma im Endprodukt (Genovese et al., 1997). Hingegen zeigte Zimmer (1996), dass Erhitzungstemperaturen bei 50°C die beste sensorische Bewertung mit guter Trübungsstabilität und Farbe stattgefunden hat. Je höher die eingesetzte Temperatur der Maischeerhitzung desto schlechter war die Pressung. Die Trübung und Trübungsstabilität nimmt zwar mit der Erhöhung der Erhitzung zu, aber die Farbe des Saftes verändert sich hingegen zu extrem hell und weißlich mit leichtem Graustich. Diese Varianten wurden daher

auch als apfeluntypisch angesehen (Zimmer, 1996). Für eine zukünftige Optimierung des Endproduktes wäre die Erhitzung der Maische neben einem Ascorbinsäure-Zusatz eine wirksame Methode, um eine Erhaltung der Trübungsstabilität und Farbaufhellung zu bewirken. Dennoch ist zu sagen, dass sich mit der Maischeerhitzung ein Mehraufwand und auch höhere Kosten ergeben, zudem stellt sich durch eine mögliche schlechtere Entsaftung auch eine geringere Saftausbeute ein, die gerade bei der Verarbeitung von Kerngehäuse kaum tragbar ist. Auch eine Entgasung der Maische für den Erhalt hellerer Säfte und daher notwendigen Maischeführung in geschlossenem Raum, damit keine weiteren Reaktionen mit Sauerstoff möglich sind, wäre mit erhöhtem Aufwand und Kosten verbunden. Zudem wird durch den Vorgang der Entgasung die Trübungsstabilität nicht beeinflusst, sondern eher durch den erhöhten mechanischen Aufschluss gesteigert. Durch eine gewisse Standzeit der Maische ist ein ähnlicher Effekt durch den Gewebeaufschluss zu erzielen. Die Möglichkeit des Ascorbinsäure-Zusatzes wäre laut EG Öko Basis VO aus technologischen Gründen zur Stabilisierung der Farbe möglich und wäre aus betrieblicher Sicht die beste Variante zur Steigerung der Endqualität. Zimmer (1996) setzte bereits zur Maische Ascorbinsäure hinzu und stellte eine Intensivierung der Trübung fest. Dennoch sind dazu auch höhere Mengen nötig, da mehr PPO vorhanden ist wodurch es zur verstärkten chemischen Bräunung während der Lagerung kommt, zudem verbleibt ein großer Teil der Ascorbinsäure im Trester. Die Trübungsintensität wird bei der Zugabe im Saft hingegen nur wenig beeinflusst, führt aber zu einer gewünschten Stabilisierung durch verringerte Polyphenolkomplexierung. Hinzu kommt das durch die Ascorbinsäure-Anwendung, der relative Anteil der Säure- und Hitzedenaturierung an der sekundären Trubbildung steigt und somit die Trubteilchen möglicherweise sedimentationsstabiler, als die Ausfällung der Polyphenolkomplexierung sind (Zimmer, 1996). Daher wäre die Anwendung der Ascorbinsäure zum Rohsaft für die Verarbeitung des Kernobstes zukünftig zu empfehlen. Weitere Versuche wären daher mit verschiedenen Anteilen an Ascorbinsäure zum pasteurisierenden Saft notwendig, um auch eine Auswirkung auf die Nachbräunung festzustellen.

6 Zusammenfassung

Die Inbetriebnahme des Pasteur 750 RWT-Gas erfolgte unter einigen Störmeldungen, die behoben werden konnten. Die Pasteurisation des Saftes zeigte einige Schwachstellen in der Durchführung auf. Der Pasteurisationseffekt lag mit $PE = 23$ deutlich über dem empfohlenen Wert von $PE = 5$. Dabei gilt es, die Temperatur Schwankungsbreiten in Zukunft genau zu dokumentieren und dem zu produzierenden Getränk anzupassen, sodass auch Energie eingespart werden kann. Der erhitzte Fruchtsaft wird nach der Produktion in den Pufferbehälter der Abfüllanlage MBF 750 gepumpt und kühlt dort langsam ab. Davon ausgehend, dass die Säfte am Start des Abfüllvorgangs noch die Ausgangstemperatur von 85°C enthalten, besitzt der Saft eine zu hohe Temperatur für den BiB-Beutel. Dadurch kann der Saft in seiner Qualität negativ beeinflusst werden. Weitere Qualitätsmängel wies die Produktion bezüglich der Farbstabilität, enthaltenen Fruchtstücken und einer instabilen Trübung mit entstehendem Grauschleier auf. Maßnahmen für die Steigerung der Endqualität des Fruchtsaftes wären daher u. a. mit einer Dampfbehandlung bei niedrigen Temperaturen, der Anwendung von Ascorbinsäure zur Stabilisierung der Farbe und Trübung sowie einer Filterung des Saftes vor der Pasteurisation zu treffen. Ein wichtiger Schritt für die Erhaltung der Farbe und einer Trübungsstabilität ist die Kühlung des BiB-Beutels am Ende des Produktionsablaufs. Eine Möglichkeit dafür stellt eine Berieselung mit Kaltwasser dar. Ein zusätzlicher Effekt, der damit erzielt werden könnte, wäre zudem die Reinigung kontaminierter Saftbeutel. Ein wichtiger Einflussfaktor der Endqualität bringt jedoch die eingebrachte Rohware mit sich. Das ist die Grundvoraussetzung, auf die die Technologie in Bezug auf die Trübungsintensität- und Stabilität, sowie die Farbe oder dem Nährwertgehalt aufbauen kann. Generell kann man davon ausgehen, dass die Verteilung von Nährstoffen partiellen Schwankungen unterliegt, was diese Werte sowie die Untersuchung verschiedener Saftbeutel derselben Sorte belegen. Das Kerngehäuse besitzt wie zu erwarten die niedrigsten Ascorbinsäure-Werte. Die Konsumenten legen indes immer größeren Wert auf eine nachhaltige, energieoptimierte Produktion mit regionalen Produkten und zeigen ein erhöhtes Bewusstsein für eine gesundheitsfördernde Ernährungsweise. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll bei der Verarbeitung des Kerngehäuses zu Saft ein nährstofforientiertes Mischungsverhältnis zu schaffen und dem Verbraucher somit einen qualitativ hochwertigeren Saft zur Verfügung zu stellen.

7 Literaturverzeichnis

[FertigPackV, 1981] Verordnung über Fertigverpackungen: § 22 FertigPackV–Füllmengenanforderungen bei Kennzeichnung nach Gewicht oder Volumen, Stand: 11. Dezember 2014.

[FrSaftErfrischGetrV, 2001] Verordnung über Fruchtsaft, einige ähnliche Erzeugnisse, Fruchtnektar und koffeinhaltige Erfrischungsgetränke, Stand: 23. 10. 2013

Ahmed, J.; Rahman, M. S.: Pages: Handbook of Food Process Design. Blackwell Publishing Ltd., S. 335–361, 2012.

Back, W.: Farbatlas und Handbuch der Getränkebiologie Teil II. Fachverlag Hans Carl: Nürnberg, 2000.

Bäumel, E.; Reinsch, G.; Dr. Sutor, P.: Erzeugung von Apfelsaft in Bayern. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): München, 2005.

Birus T.: Moderne Apfelsaft-Technologie: Das Fruchtsaft-Fachbuch für den Praktiker. Fachverlag Flüssiges Obst GmbH: Schönborn, 2001.

Blüml, S.; Fischer, S.: Handbuch der Fülltechnik: Grundlagen und Praxis für das Abfüllen flüssiger Produkte. 2. Auflage. Behr's Verlag: Hamburg, 2009.

Bolenz, S.; Röhl, P.: Erhöhung der Presssaftausbeute durch zerkleinerungstechnisch optimierte Maischestrukturierung. FLÜSSIGES OBST, 08/ 2010.

Busch-Stockfisch, M (Hrsg.); Rummel, C.: Einfach beschreibende Prüfung - Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung. Behrs-Verlag, 2002.

Dittrich, H. H.: Mikrobiologie der Lebensmittel Getränke. Behr's Verlag GmbH & Co.: Hamburg, 1993.

Elß, S.: Studien über technologiebedingte Veränderungen der Aromaprofile von Fruchtsäften. Doktorarbeit. Julius-Maximilian-Universität Würzburg: Würzburg, 2007.

Fliedner, I.; Wilhelmi, F: Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. 2. Auflage. Behr's Verlag GmbH & Co.: Hamburg, 2003.

Forgacs, J.; Ruth W. A.; Tanner, F. W.: Examination of canned Apple juice. Departments of Horticulture and Bacteriology: Illinois, 1944.

Genovese, D. B.; Elustondo, M. P.; Lozano, J. E.: Color and cloud stabilization in Cloudy Apple juice by steam heating during crushing. *Journal of food science* 62 (6), 1997.

Guadagni, D. G.; Bomben, J. L.; Harris, J. G.: Recovery and Evaluation of Aroma Development in Apple Peels. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (22), S. 115-119, 1971.

Heiss, R.; Eichner, K.: *Haltbarmachen von Lebensmitteln*. 4. Auflage. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 2002.

Innerhofer, G.: *Das große Buch der Obstverarbeitung*. Österr. Agrarverl., 2005.

Koch, J.: *Handbuch der Lebensmitteltechnologie: Getränkebeurteilung*. Eugen Ulmer GmbH & Co.: Stuttgart, 1986.

Krapfenbauer, G.; Kinner, M.; Samann, H.; Gössinger, M.: Einfluss der thermischen Stabilisierung naturtrüber Säfte auf qualitative und sensorische Parameter. *Mitteilungen Klosterneuburg* 56, S. 235-250, 2006.

Min, S.; Jin, Z. T.; Min, S. K.; Yeom, H.; Zhang, Q. H.: Commercial-scale pulsed electric field processing of orange juice. *Journal of Food Science* 68 (4), S. 1265-1271, 2003.

Nagl, G.: *Haltbarmachung von Lebensmitteln*. FH Mikrobiologie und Hygiene. nagl.netzreport.com/dokumente/fh/04fh.pdf, WS 2003/2004, 19. 01. 2015.

Nagl, G.: Leitfaden für die Vorlesung Mikrobiologie und Hygiene. FH Mikrobiologie und Hygiene. nagl.netzreport.com/dokumente/fh/01fh.pdf, WS 2003/2004. 19.01.2015.

Röhrl, A.; Aufmkolk, T.: *Bio-Lebensmittel*. planet-wissen.de/alltag_gesundheit. 10. 11. 2014, 15. 01. 2015.

Schnürer, M.: *Untersuchung zur Konglomeratbildung in Naturtrüben Apfelsäften*. Diplomarbeit. LFZ für Wein- und Obstbau Klosterneuburg: Wien, 2010.

Schobinger, U.: *Frucht- und Gemüsesäfte: Technologie, Chemie, Mikrobiologie, Analytik, Bedeutung, Recht*. 3. Auflage. Eugen Ulmer GmbH & Co.: Stuttgart, 2001.

Schwarz, C.: *Trübungsstabilität von Weizenbier*. Doktorarbeit. Technische Universität München, Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie: München, 2012.

Su, S. K.; Wiley, R. C.: Changes in apple juice flavor compounds during processing. *Journal of Food Science* 63(4), S. 688-691, 1998.

- Töpfer, A.: Entwicklung einer Screeningmethode zum Nachweis von Fruchtsaft-Verfälschungen mittels Fruchtsäure-Aminosäure-Fingerprints durch Gaschromatographie-Massenspektrometrie am Beispiel von Apfelsaft. Doktorarbeit. Technische Universität Berlin: Berlin, 1999.
- Tressler, D. K.; Joslyn, M. A.: Fruit and Vegetable Juice Processing Technology. 3. Auflage. Avi Publishing Company: Westport, Connecticut, 1983.
- Völz, H. G.: Industrielle Farbprüfung: Grundlagen und Methoden. 2. Auflage. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA: Weinheim, 2001.
- Will, F.; Fröhling, B.; Ludwig, M.; Dietrich, H.: Qualitätsunterschiede von naturtrüben Apfelsaft und Brombeernektar nach Heißfüllung in Bag-in-Box und Glas. FLÜSSIGES OBST, 11/ 2011.
- Wolter, C.: Quantitative Evaluierung von Aromastoffen in Apfelsaft. 1. Auflage. Cuvillier Verlag: Göttingen, 2011.
- WTW: Bestimmung der Trübung. https://www.omnilab.de/tl_files/Omnilab_2011/Downloads/Infomaterial_Anwenderberichte/Elektrochemie/TURB_D.pdf. OMNILAB Laborzentrum GmbH & Co. KG.: Bremen, 2011; 05.01.2015.
- Ziegler, H.: Flavourings-Production, Composition, Applications, Regulations. 2. Auflage. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA: Weinheim, 2007.
- Zimmer, E.: Zusammensetzung, physikalische Eigenschaften und Entstehung der Trubpartikel in naturtrüben Apfelsäften sowie Einfluss von Herstellungstechnologie und Rohware auf Trübung und Trübungsstabilität. Doktorarbeit. Institut für Oenologie und Getränkforschung der Forschungsanstalt Geißenheim: Gießen, 1996.

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Apfelsorten und Materialien	17
Tabelle 2: Geräte für die Saftherstellung	18
Tabelle 3: Übersicht Farbwahrnehmung (Hambitzer et al., 2011).....	27
Tabelle 4: Berechnung PE-Wert der Anlage PA 750.....	32
Tabelle 5: Ergebnisse des Farbabstand zwischen 2 Wochen und 2 Monaten Lagerung	39
Tabelle 6: Mittelwertbildung und Standardabweichung	49
Tabelle 7: Versuchsergebnisse pH-Wert	64
Tabelle 8: Versuchsergebnisse der Trübungsmessung in NTU	65
Tabelle 9: Ergebnisse der Refraktionsmessung	66
Tabelle 10: Ergebnisse Farbmessung	67
Tabelle 11: Messwerte Ethanol.....	68
Tabelle 12: Messwerte L-Ascorbinsäure	69
Tabelle 13: Beschreibungen der einfach beschreibenden Prüfung	70
Tabelle 14: Sensorische Beurteilung	72

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung D-Wert.....	6
Abbildung 2: Temperaturverlauf nach der Heißfüllung des Apfelsaftes in BiB bei passiver Rückkühlung. (Will et al., 2011).....	16
Abbildung 3: Abnahme Ascorbinsäure nach 2Wochen Lagerung (Will et al., 2011)	16
Abbildung 4: Pasteurisations- und Abfüllanlage	20
Abbildung 5: Abfüllanlage mit BiB-Beutel.....	21
Abbildung 6: Presssaft in Saftsammelwanne.....	23
Abbildung 7: Fließbild zur Herstellung von Apfelsaft.....	24
Abbildung 8: Temperaturverlauf von dem PA 750 zur Abfüllanlage MBF 750	32
Abbildung 9: Saftaustrittstemperatur des Pasteur PA 180 E und PA 750	33

Abbildung 10: Ausbeute verschiedener Apfelsorten.....	34
Abbildung 11: Ergebnisse pH-Wert (10 Einzelmesswerte pro Sorte).....	35
Abbildung 12: Ergebnisse Trübungsmessung (10 Einzelmesswerte pro Sorte)	36
Abbildung 13: Ergebnisse Brix (5 Einzelmesswerte pro Sorte)	37
Abbildung 14: Ergebnisse Farbmessung nach 2 Wochen Lagerung.....	38
Abbildung 15: Ergebnisse Farbmessung nach 2 Monaten Lagerung.....	38
Abbildung 16: Versuchsergebnisse Ethanol Gehalt	40
Abbildung 17: Versuchsergebnisse Ascorbinsäure	41
Abbildung 18: Ergebnisse Hydroxymethylfurfural.....	42
Abbildung 19: Ergebnisse Patulin	43
Abbildung 20: Mikrobiologische Ergebnisse nach 2 Wochen.....	43
Abbildung 21: Mikrobiologische Ergebnisse nach 2 Monaten.....	44
Abbildung 22: Qualitätsbeurteilung Seestermüher	45
Abbildung 23: Qualitätsbeurteilung Gala	46
Abbildung 24: Qualitätsbeurteilung Elstar 1	46
Abbildung 25: Qualitätsbeurteilung Elstar 2	47
Abbildung 26: Qualitätsbeurteilung Kerngehäuse	47
Abbildung 27: Qualitätsbeurteilung Handelsware	48
Abbildung 28: Auswertung Beliebtheitsprüfung	50

10 Gleichungsverzeichnis

Gl. 1: Gleichung zur D-Wert Berechnung	6
Gl. 2: Gleichung zur z-Wert Berechnung	7
Gl. 3: Gleichung zur PE-Wert Berechnung für Bier bei 60°C.....	7
Gl. 4: Gleichung zur PE-Wert Berechnung für Fruchtsaft bei 80°C.....	7
Gl. 5: Gleichung für die Berechnung der Presssaftausbeute	25
Gl. 6: Gleichung für die Berechnung des Farbabstands	27

Gl. 7: Gleichung für die Berechnung des Extinktionskoeffizienten des Ethanol	28
Gl. 8: Gleichung für die Berechnung der Ethanol-Konzentration	28
Gl. 9: Gleichung für die Berechnung der Ethanol-Konzentration	28
Gl. 10: Gleichung für die Berechnung den Ethanol-Prozent Gehalt	28
Gl. 11: Gleichung für die Berechnung des Extinktionskoeffizienten der Ascorbinsäure	29
Gl. 12: Gleichung für die Berechnung die Ascorbinsäure-Konzentration	29
Gl. 13: Gleichung für die Berechnung die Ascorbinsäure-Konzentration	29
Gl. 14: Gleichung für die Berechnung des Prüferurteils	31
Gl. 15: Gleichung zur Mittelwertberechnung	31
Gl. 16: Gleichung zur Standardabweichung	31

11 Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Versuchsergebnisse pH-Wert.....	64
Anlage 2: Versuchsergebnisse der Trübungsmessung in NTU	65
Anlage 3: Ergebnisse der Refraktionsmessung.....	66
Anlage 4: Ergebnisse Farbmessung	67
Anlage 5: Messwerte Ethanol	68
Anlage 6: Messwerte L-Ascorbinsäure	69
Anlage 7: Ergebnisse einfach beschreibende Prüfung	70
Anlage 8: Ergebnisse Beliebtheitstest	72

Anlagen

Anlage 1: Versuchsergebnisse pH-Wert

Tabelle 7: Versuchsergebnisse pH-Wert

	Seestermüher	Gala	Kerngehäuse	Elstar 1	Elstar 2
pH-Wert	3,2	4,18	3,83	3,38	3,33
	3,19	4,08	3,8	3,33	3,36
	3,36	4,25	3,92	3,4	3,36
	3,21	4,09	3,87	3,4	3,34
	3,2	4,17	3,82	3,36	3,34
	3,19	4,08	3,82	3,35	3,36
	3,19	4,07	3,82	3,35	3,36
	3,19	4,08	3,81	3,35	3,35
	3,2	4,08	3,87	3,34	3,34
	3,19	4,11	3,82	3,36	3,34
Anzahl	10	10	10	10	10
Mittelwert	3,21	4,12	3,84	3,36	3,45
Standardabweichung	0,05	0,06	0,04	0,02	0,01

Anlage 2: Versuchsergebnisse der Trübungsmessung in NTU

Tabelle 8: Versuchsergebnisse der Trübungsmessung in NTU

	Seestermüher	Gala	Kerngehäuse	Elstar 1	Elstar 2
Trübungsmessung in NTU	557	589	630	798	824
	702	568	624	785	818
	605	598	626	747	858
	568	633	605	791	650
	630	630	599	813	619
	653	637	602	799	649
	582	649	594	813	734
	594	620	606	809	725
	596	608	606	806	743
	579	610	611	812	736
Anzahl	10	10	10	10	10
Mittelwert	606,6	614,2	610,3	797,3	735,6
Standardabweichung	43,96	24,62	12,25	20,13	80,40

Anlage 3: Ergebnisse der Refraktionsmessung

Tabelle 9: Ergebnisse der Refraktionsmessung

	Seestermüher	Gala	Kerngehäuse	Elstar 1	Elstar 2
°Brix	11,7	11,4	8,4	13,3	13,4
	11,7	11,4	8,4	13,3	13,4
	11,7	11,4	8,4	13,2	13,3
	11,6	11,5	8,4	13,2	13,4
	11,7	11,4	8,4	13,2	13,4
Anzahl	5	5	5	5	5
Mittelwert	11,68	11,42	8,4	13,24	13,38
Standardabweichung	0,045	0,045	0,000	0,055	0,045

Anlage 4: Ergebnisse Farbmessung

Tabelle 10: Ergebnisse Farbmessung

	Farbwerte nach 2 Wochen			Farbwerte nach 2 Monaten		
	L*	a*	b*	L*	a*	b
Seestermüher	46,59	-2,84	12,9	42,25	-3,72	8,1
	46,6	-2,84	12,93	42,68	-3,63	8,75
	43,27	-3,61	9,14	42,42	-3,65	8,4
Mittelwert	-3,10	-3,10	12,91	42,44	-3,67	8,42
Gala	46,9	-2,29	13,27	38,75	-3,66	4,02
	46,83	-2,17	13,51	38,55	-3,63	4,18
	41,27	-3,64	6,45	41,22	-3,62	6,63
Mittelwert	45,11	-2,70	12,91	41,29	-3,64	4,94
Kerngehäuse	43,52	-3,23	9,72	41,35	-3,61	6,36
	43,52	-3,24	9,7	41,29	-3,66	6,47
	41,75	-3,65	7,21	41,22	-3,7	6,36
Mittelwert	42,94	-3,37	9,66	41,29	-3,66	6,40
Elstar 1	45,86	-2,13	12,56	42,56	-3,01	9,8
	45,98	-2,23	12,38	42,6	-3,21	9,56
	44,92	-3,02	12,92	41,56	-3,12	9,7
Mittelwert	45,59	-2,46	12,62	42,24	-3,11	9,69
Elstar 2	41,41	-3,15	-3,01	41,41	-3,15	8,79
	40,38	-3,09	-3,21	40,38	-3,09	8,47
	41,9	-3,45	-3,12	41,9	-3,45	8,93
Mittelwert	41,23	-3,23	-3,11	41,23	-3,23	8,73

Anlage 5: Messwerte Ethanol

Berechnungsbeispiel für Seestermüher:

$$\Delta E = (0,073)_{\text{Probe}} - (0,063)_{\text{Leerwert}}$$

$$\Delta E = 0,005$$

$$c = \frac{3,150 * 46,07}{6,3 * 1,00 * 0,100 * 2 * 1000} * \Delta E = \frac{0,7256}{6,3} * 0,005 \left[\frac{\text{g Ethanol}}{\text{l Probelösung}} \right]$$

$$c = 0,00058 \text{g/l}$$

$$\text{Prozent}_{\text{Ethanol}} = \frac{0,00058 \left[\frac{\text{g}}{\text{l Probelösung}} \right]}{10 * 0,78924 \left[\frac{\text{g}}{\text{ml}} \right]} \text{ [%; v/v]}$$

$$\text{Prozent}_{\text{Ethanol}} = 0,0005\%; \text{ v/v}$$

Tabelle 11: Messwerte Ethanol

	Seestermüher	Gala	Kerngehäuse	Elstar 1	Elstar 2
Messwerte nach 2 Wochen					
$L_2 - L_1$	0,063	0,22	0,057	0,064	0,051
$E_2 - E_1$	0,073	0,045	1,81	0,251	0,071
ΔE	0,005	0,175	1,175	0,187	0,02
Ethanol in g/l	0,00058	0,0202	0,1353	0,0215	0,0023
Ethanol in %; v/v	0,00007	0,0026	0,0171	0,0027	0,0003
Messwerte nach 2 Monaten					
$L_2 - L_1$	0,049	0,045	0,057	0,058	0,065
$E_2 - E_1$	0,171	0,221	1,81	0,345	0,189
ΔE	0,122	0,187	1,772	0,287	0,124
Ethanol in g/l	0,0141	0,0215	0,2041	0,0331	0,0143
Ethanol in %; v/v	0,0018	0,0027	0,0259	0,0042	0,0018

Anlage 6: Messwerte L-Ascorbinsäure

Berechnungsbeispiel für Seestermüher:

$$\Delta E = (0,037)_{\text{Probe}} - (0,025)_{\text{Leerwert}}$$

$$\Delta E = 0,012$$

$$c = \frac{2,700 * 176,13}{16,9 * 1,00 * 0,100 * 1000} * \Delta E = 0,2814 * 0,012 \left[\frac{\text{g} - \text{Ascorbinsäure}}{\text{l} \text{ Probeflösung}} \right]$$

$$c = 0,0034 \text{g/l}$$

Tabelle 12: Messwerte L-Ascorbinsäure

	Seestermüher	Gala	Kerngehäuse	Elstar 1	Elstar 2
Messwerte nach 2 Wochen					
$L_2 - L_1$	0,025	0,011	0,03	0,039	0,04
$E_2 - E_1$	0,037	0,006	0,032	0,049	0,033
ΔE	0,012	0,005	0,002	0,01	0,007
Ascorbinsäure e in g/l	0,0034	0,0014	0,000563	0,0028	0,0019
Messwerte nach 2 Monaten					
$L_2 - L_1$	0,027	0,011	0,027	0,004	0,014
$E_2 - E_1$	0,019	0,015	0,028	0,007	0,009
ΔE	0,008	0,004	0,001	0,003	0,005
Ascorbinsäure e in g/l	0,0023	0,0011	0,0003	0,0008	0,0014

Anlage 7: Ergebnisse einfach beschreibende Prüfung

Tabelle 13: Beschreibungen der einfach beschreibenden Prüfung

Kriterien	Beschreibungen	Summe der Beschreibungen					
		Seester- müher	Gala	Kern- gehäuse	Elstar 1	Elstar 2	Handels -ware
Aussehen	gold-gelb	6	7	-	6	6	7
	braun-gelb	4	1	4	1	-	8
	gelb	5	2	-	4	7	2
	arttypisch	8	4	2	4	3	2
	nicht arttypisch	-	-	3	1	-	2
	naturtrüb	11	11	4	13	8	5
	zu braun	2	-	17	-	-	1
	zu trüb	2	1	8	1	2	-
	starker Absatz	11	7	4	1	1	-
	wässrig/ farbarm	1	1	-	3	6	3
Geruch	intensiv n. Apfel	2	-	-	3	2	1
	säuerlich	5	1	1	4	5	5
	süß	2	9	3	8	5	1
	aromatisch- fruchtig	14	8	4	13	14	6
	arttypisch	5	4	2	3	5	7
	schwach n. Apfel	3	-	1	2	3	1
	wenig aromatisch	1	3	5	-	-	2
	ausdruckslos	3	3	7	1	4	2
	leicht nach Birne	-	1	-	1	1	-
	stechend/ unangenehm	-	-	6	-	-	6

Kriterien	Beschreibungen	Summe der Beschreibungen					
		Seester- müher	Gala	Kernge- häuse	Elstar 1	Elstar 2	Handels- ware
Geschmack	sauer	8	-	3	5	2	7
	süß	1	13	2	10	4	4
	süß-säuerlich	2	-	-	7	11	3
	intensiv n. Apfel	2	-	-	2	1	-
	arttypisch- fruchtig	10	6	2	13	9	8
	harmonisch	2	4	-	3	3	1
	Birne	-	6	-	2	3	-
	fade/ wässrig	2	9	16	2	3	3
	fermdartig	3	4	5	1	3	9
	zu sauer	11	-	1	-	2	3
Mund- gefühl	belebend	1	-	-	2	1	1
	angenehm	2	11	3	7	3	2
	arttypisch	9	8	4	22	13	12
	dick flüssig	-	2	2	-	-	-
	adstringierend	13	-	7	2	3	6
	belegend	3	4	8	1	3	7
	bitter	1	-	1	-	-	-
	fremdartig	-	-	-	-	-	3
	wässrig	-	1	5	-	-	-
	Partikel stark merkbar/ körnig	-	2	1	-	-	-
Summe		155	131	116	101	147	136
Anzahl Prüfer		26					

Anlage 8: Ergebnisse Beliebtheitstest

Tabelle 14: Sensorische Beurteilung

Bewertung	See- stermüher		Gala		Kern- gehäuse		Elstar 1		Elstar 2		Handels- ware	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
9	1	57,7	2	46,2	-	34,6	7	96,2	4	92,3	2	53,8
8	5		8		2		10		5			
7	5		1		2		4		5			
6	4		1		5		4		2			
5	1	3,8	3	11,5	3	11,5	-	-	1	3,8	4	15,4
4	6	38,5	6	42,3	4	53,8	1	3,8	-	3,8	5	30,8
3	1		1		4		-		1			
2	1		2		3		-		-			
1	2		2		3		-		2			
Anzahl Prüfer	26											
Mittelwert	5,54		5,5		4,31		7,65		7,35		5,77	
Standard- abweichung	2,27		2,55		2,13		1,26		1,47		2,23	

Erklärung über die eigenständige Anfertigung dieser Arbeit

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

Ort, Datum

Unterschrift