



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmitteltechnologie

Wintersemester 2011/2012

Herstellung verschiedener Erdbeerkonfitüren mit Hilfe eines neuartigen Labormischers

Bachelorarbeit

Verfasser: Jeanie Wolf

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis2012-0005-5

Betreuer: Prof. Dr. Peter Meurer
Prof. Dr. Eckhardt Schulz

Neubrandenburg, der 14.02.2011

Abstract

The aim of this bachelor thesis was producing different strawberry jams with the new universal machine Somakon MP5. The intent was to proportion pectin quantity and to improve recipe and process parameters of strawberry jam and sugar reduced strawberry jam. During former practical trainings produced jams were often excessive soft and tasted too sweet.

First pectin quantity was checked. It has been suggested that soft texture was caused by the wrong dispersion of pectin solutions.

Thereupon selected recipes were produced with universal machine Somakon MP5. The main problem was long processing times due to reaching the dry matter by evaporating the jam.

Texture and colour were measured of all produced jams.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Stand der Wissenschaft und Technik	7
2.1	Lebensmittelrechtliche Bestimmungen	7
2.2	Industrielle Herstellung von Konfitüre	8
2.2.1	Mögliche Herstellprozesse und Aufbau einer Vakuumkochanlage	8
2.2.2	Der Verdampfungsprozess	11
2.3	Wichtige Qualitätsmerkmale bei der Herstellung von Konfitüren	13
2.4	Hoch- und niedrigveresterte Pektine	14
2.5	Aufbau und Funktionsweise des Labormischers Somakon MP5	15
3	Material und Methoden	18
3.1	Versuchsplanung	18
3.2	Geräte und Rohstoffe	20
3.3	Durchführung der Vorversuche	21
3.4	Durchführung der Technikumsversuche	23
3.5	Analytische Methoden	25
3.5.1	Textur Analyse	25
3.5.2	Farbmessung	26
4	Ergebnisse	28
4.1	Auswertung der Vorversuche	28
4.2	Auswertung der Technikumsversuche	30
4.2.1	Versuchsreihe 1 bis 3	30
4.2.2	Verdampfungsversuch	37

4.3	Ergebnisse und Auswertung der Textur Analyse	40
4.3.1	Konfitüre extra	40
4.3.2	Zuckerreduzierte Konfitüre	43
4.4	Ergebnisse und Auswertung der Farbmessung	45
5	Diskussion	48
6	Zusammenfassung	53
7	Literaturverzeichnis	54
8	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	56
9	Anhang	58

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen, Symbole und Abkürzungen

Symbol	Bezeichnung	Einheit
ΔE	Farbabstand	-
l	Länge	mm
m	Masse	kg, g
p	Druck	bar, mbar
t	Temperatur	°C
V	Volumen	ml, l
\dot{V}	Volumenstrom	m ³ /h
v	Geschwindigkeit	mm/s
	Trockensubstanz	Brix

Abkürzungen

Fa.	Firma
k.A.	keine Angabe
KonfV	Konfitürenverordnung
MW	Mittelwert
s	Standardabweichung
TR	Technikumsversuch zuckerreduzierte Konfitüre
TS	Trockensubstanz
TX	Technikumsversuch Konfitüre extra
V	Versuch
VR	Vorversuch zuckerreduzierte Konfitüre
VX	Vorversuch Konfitüre extra

1 Einleitung

Die Herstellung von Konfitüren, Marmeladen und Fruchtaufstrichen hat eine lange Tradition und wurde ursprünglich zur Haltbarmachung von Obst genutzt. Diese so mit Zucker haltbargemachten Erzeugnisse gehörten zu den ersten Konserven. Die erste Marmelade, eine Bitterorangenmarmelade, wurde im 18. Jahrhundert in Schottland erfunden. In den 1870er Jahren wurden dann erstmals auch aus anderen Früchten als Orangen Jam, Gelee und Marmelade industriell hergestellt (Mollenhauer, 1988).

Was früher zur Konservierung diente, ist heute eine Lebensmittelverarbeitungsmethode, die bestimmte chemische, physikalische und sensorische Anforderungen erfüllen soll. Um eine hohe Akzeptanz beim Verbraucher zu erreichen, muss eine Konfitüre einen fruchttypischen Geschmack besitzen und eine bestimmte Konsistenz, weder zu fest noch zu weich, aufweisen. Diese Eigenschaften werden von vielen Faktoren beeinflusst. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Rezepturzusammensetzung, die Fruchtrohstoffe, der Pektintyp und die Herstellungsmethode.

Zur Herstellung von Konfitüre im Praktikum für Studierende des 5. Semesters Lebensmitteltechnologie wurde bisher die Stephan Universalmaschine UM/SK 44E verwendet. Da diese jedoch sehr störanfällig ist, wurde ein neuartiger Labormischer der Firma Somakon angeschafft. Die im Praktikum hergestellten Konfitüren hatten außerdem, trotz gleicher Rezepturen, schwankende Festigkeiten und gelierten in den meisten Fällen gering bis gar nicht. Desweiteren wurde die Konfitüre extra von den Studierenden als zu süß beurteilt.

Ziel der Bachelorarbeit ist es, verschiedene Erdbeerkonfitüren unter Verwendung des neuen Labormischers der Firma Somakon herzustellen. Dabei sollen außerdem die Rahmenbedingungen, wie die Pektinmenge, die Herstellung einer Pektinlösung, Produktions- und Rezepturparameter überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Dazu werden die Festigkeit mit Hilfe einer Texturmessung und die Farbe der hergestellten Erdbeerkonfitüre untersucht. Am Ende soll die Durchführung am neuen Labormischer und zwei Rezepturen, für eine Konfitüre extra und eine zuckerreduzierte Variante, so herausgearbeitet werden, dass ein Praktikum zur Herstellung von Konfitüre für Studierende des 5. Semesters Lebensmitteltechnologie ausführbar ist und ein Produkt vergleichbar mit einer industriell hergestellten Konfitüre entsteht.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Lebensmittelrechtliche Bestimmungen

In der Konfitürenverordnung sind die rechtlichen Rahmenbedingungen für Konfitüre, Konfitüre extra, Gelee, Gelee extra, Marmelade und Maronenkrem festgelegt. Wichtige Kriterien für die Unterscheidung sind der Fruchtgehalt, die Verarbeitungsform der Früchte (ob passiert oder als Fruchtsaft eingesetzt) und der Gesamtzuckergehalt bzw. die Trockensubstanz. Demnach muss eine Erdbeerkonfitüre extra rechtlich mindestens 450 Gramm Früchte in Form von Pülp oder Fruchtmark auf 1 000 Gramm Enderzeugnis enthalten und mindestens eine Trockensubstanz von 55 % besitzen. Es ist zu beachten, dass Konfitüre eine „streichfähige Zubereitung“ sein soll. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass ein zu flüssiges Produkt keine Konfitüre ist.

Außer den Früchten dürfen noch Zuckerarten (laut Zuckerartenverordnung), Trinkwasser und Pektin eingesetzt werden. Es ist also rechtlich zulässig, dass eine Konfitüre extra Glucosesirup enthält. Außerdem kann zum Süßen einer Erdbeerkonfitüre extra Honig oder Saft aus roten Früchten eingesetzt werden. Die eingesetzten Früchte dürfen vor der Verarbeitung wärme- oder kältebehandelt werden, d.h. gefrorene Früchte dürfen zur Herstellung verwendet werden.

Die in der Konfitürenverordnung von 1982 enthaltene Sonderregelung für brennwertverminderte Konfitüren ist mit der Änderung von 2008 entfallen. Trotzdem kann laut Nährwertkennzeichnungsverordnung die Bezeichnung „brennwertreduzierte Konfitüre“ oder „brennwertreduzierte Konfitüre extra“ verwendet werden, wenn die Herstellungsanforderungen und Mindestmengen an Fruchtanteilen von Konfitüre bzw. Konfitüre extra eingehalten wurden. Außerdem muss der Brennwert dieser Konfitüre mindestens 30 % unter dem Brennwert einer vergleichbaren herkömmlichen Konfitüre liegen. Um jedoch von der Regel ausgenommen zu werden, dass die Erzeugnisse eine Trockensubstanz von mindestens 55 % besitzen müssen, muss der Zucker ganz oder teilweise durch Süßungsmittel laut Zusatzstoff-Zulassungsverordnung ersetzt werden (KonfV, 2012; Zipfel/Rathke, 2011).

2.2 Industrielle Herstellung von Konfitüre

2.2.1 Mögliche Herstellprozesse und Aufbau einer Vakuumkochanlage

Konfitüre wird eingekocht, um ein haltbares Endprodukt und die gewünschte Soll-Trockensubstanz zu erhalten. Beides steht miteinander in Verbindung: Je größer die Trockensubstanz, desto kleiner die Wasseraktivität und somit ungeeigneter als Lebensraum für Mikroorganismen. Durch die Temperatureinwirkung werden außerdem sich auf den Früchten befindliche Bakterien, Hefen und Schimmelpilze abgetötet und Enzyme deaktiviert. Das Kochverfahren dient außerdem dem Zuckeraustausch zwischen Medium und Frucht, so dass das Auswässern der Früchte im fertigen Produkt verhindert wird.

Es werden zwei Verfahren der industriellen Herstellung von Konfitüre unterschieden: Das Kochen im offenen Kessel bei Atmosphärendruck und das Kochen im geschlossenen Vakuumkessel. Ersteres wird nur noch selten und oft in kleineren Herstellerbetrieben sowie im handwerklichen Bereich angewendet. Dieses Verfahren des Eindampfens geht langsam vonstatten, außerdem führen die anhaltend hohen Temperaturen zu ungewünschten Qualitätsverlusten, z.B. werden mit dem Wasserdampf leichtflüchtige Aromakomponenten ausgetragen. Der Vorteil des Vakuumkochverfahrens besteht in der niedrigen Kochtemperatur und kurzen Kochzeiten, dadurch werden die Rohstoffe möglichst wenig strapaziert. Es besteht außerdem die Möglichkeit, dass die leichtflüchtigen Aromen durch Brüdenrückgewinnung wieder ins Produkt überführt werden können.

Um die Kochzeiten relativ kurz zu halten, empfiehlt es sich außerdem, Konfitüren in kleineren Chargen herzustellen. Längere Kochzeiten führen zu Inversion der Saccharose, was wiederum zur Maillard-Reaktion der freigesetzten Fructose und Glucose führt. Die daraus resultierenden Farbveränderungen und der Karamellgeschmack sind unerwünscht.

Optimal hat ein Kochkessel für die Herstellung von Konfitüre eine flache Bauweise, was zu einer großen Oberfläche führt. Die daraus resultierende große Verdampfungsfläche ergibt eine verringerte Kochzeit. Ein langsam laufendes Ankerrührwerk ermöglicht eine gute Durchmischung, verhindert das Anbrennen an der Kesselwand und vor allem werden die Früchte mechanisch nur wenig beansprucht und sie bleiben teilweise erhalten. Die Kochkessel können außerdem mit automatischen Dosieranlagen z.B. für die Pektinlösung, sowie einem Prozessrefraktometer und einer pH-Messkette ausgestattet sein um die Herstellung und Prozesskontrolle zu erleichtern. In den Abbildungen 1 und 2 sind als Beispiel zwei Anlagen

der Firma ConsulteC Engineering aus Lage für die Fruchtverarbeitung und Konfitürenherstellung zu sehen



Abbildung 1: Vakuumverdampfer Typ ZVAG (ConsulteC Engineering, 2012)

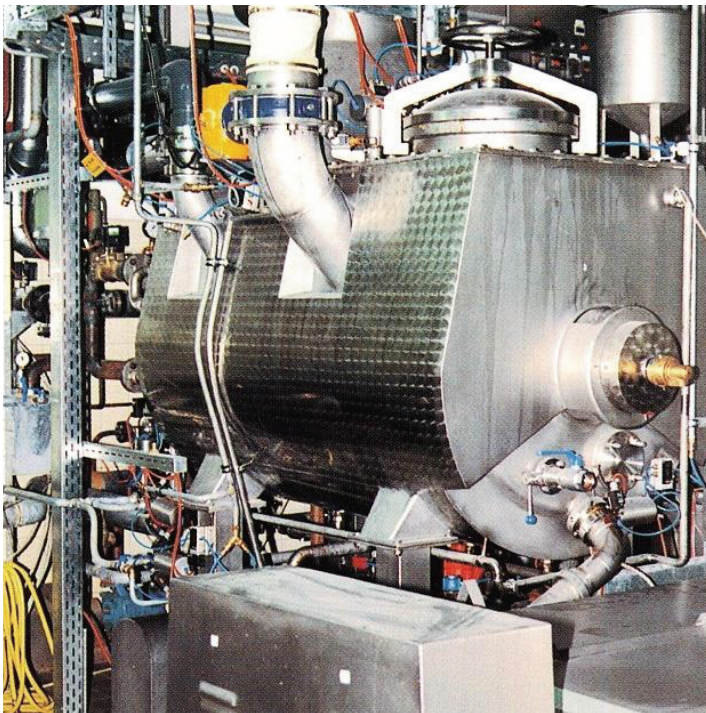


Abbildung 2: Vakuumverdampfer Typ LVAG (ConsulteC Engineering, 2012)

Der Vakuumverdampfer in Abbildung 1 ist leicht schräg angebracht, damit im Kessel unterschiedliche Füllstandshöhen erreicht werden, was zu einer besseren Wirksamkeit des Rührwerkes führt. In Abbildung 2 ist eine Anlage zu sehen, die durch die breite Bauweise eine große Verdampfungsfläche besitzt. Zur Erzeugung des Vakuums werden in den Anlagen

im Normalfall Flüssigkeitsringvakuumpumpen mit einem entsprechend konstruiertem Kondensator eingesetzt. Das Eindampfen erfolgt durch eine kontinuierliche Messung der Trockensubstanz mittels eines elektronischen Refraktometers vollautomatisch.

In der Abbildung 3 ist eine industrielle Vakuumkochanlage schematisch dargestellt, die im Folgenden zusammen mit der Herstellung näher erläutert wird.

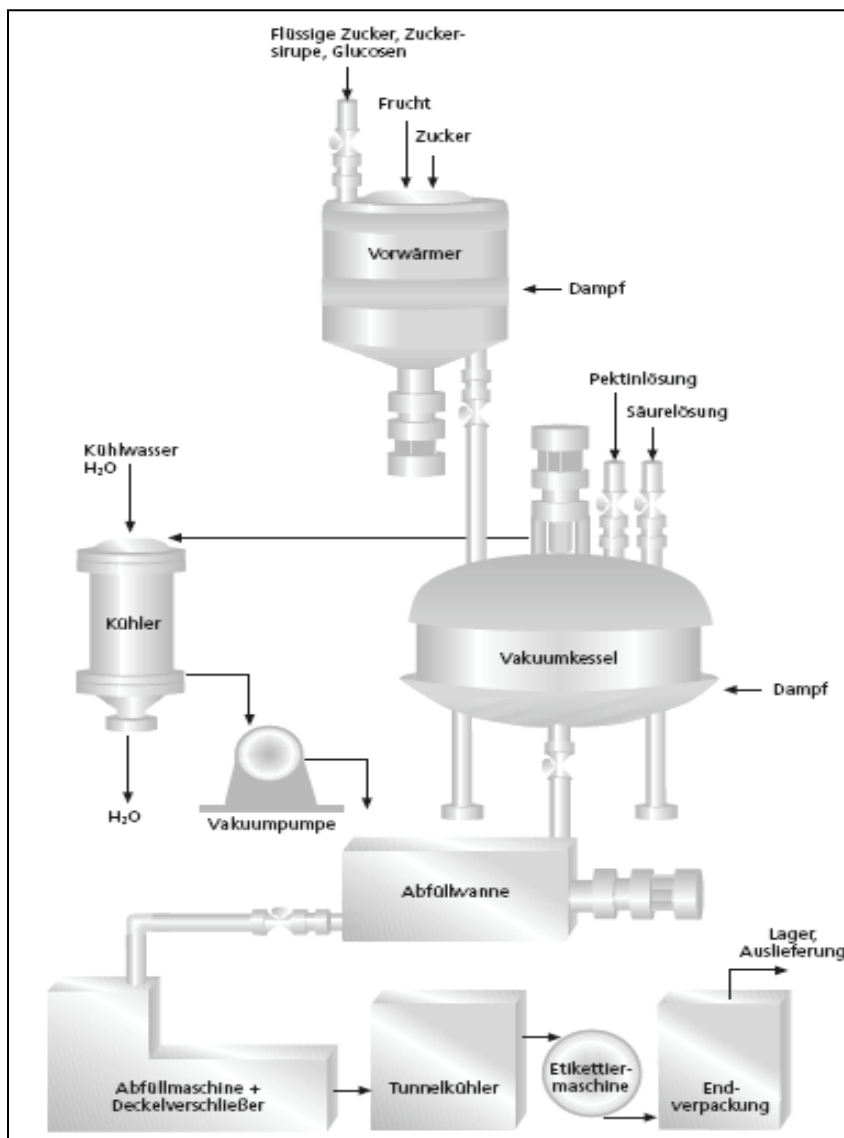


Abbildung 3: Industrielle Vakuumkochanlage (Herbstreith & Fox, o. Jahr)

Zuerst werden im Vorwärmer die Früchte mit dem Zucker gemischt und auf ca. 80 °C erhitzt. Danach wird die Zuckerfruchtmischung im Vakuumkochkessel eingedampft, mit der Pektinlösung versetzt und dann auf die Endtrockensubstanz eingedampft. Zum Schluss wird die Säure zudosiert und die fertige Konfitüre noch einmal erhitzt, da nur bei einer Temperatur zwischen 80 und 85 °C eine keimfreie Abfüllung gewährleistet wird und eine Vorgelierung

des Pektins verhindert werden kann. Aus dem Vakuumkochkessel wird die Konfitüre in eine beheizbare Abfüllwanne gepumpt, aus der die Abfüllmaschine gespeist wird. Um eine Kontamination mit Keimen auszuschließen, sollten auf alle Fälle sterile Gläser verwendet werden, die z.B. durch UV-Bestrahlung oder mit heißem Dampf behandelt wurden. Außerdem kann nach dem Einfüllen der Konfitüre eine Kopfraumbedampfung oder alternativ eine Pasteurisation der verschlossenen Gläser sinnvoll sein. Am Ende durchlaufen die Gläser einen Tunnelkühler, in dem diese durch Berieselung mit kaltem Wasser abgekühlt werden.

Neben der Art der industriellen Herstellung, ob mit oder ohne Vakuum, der Bauweise des Kessels und dem Aufbau der Kochanlage spielt die Einbringungstechnik des Pektins eine entscheidende Rolle bei der Herstellung einer qualitativ hochwertigen Konfitüre. Da es wichtig ist, dass sich das Pektin im Produktansatz gut verteilt, sollte eine geeignete Einbringungstechnik gewählt werden. Da bei der trockenen Einarbeitung von Pektin eine Gefahr der Verklumpung besteht und dies zu einer unvollständigen Gelierung des Endproduktes führen kann, ist das Einbringen einer zuvor hergestellten homogenen Pektinlösung sehr sinnvoll. Das Pektinpulver wird dabei mit Hilfe eines schnell laufenden Rührwerkes in den Sog des heißen Wassers dosiert und gelöst. Es können Pektinlösungen mit einer Konzentration von 5 – 10 % hergestellt werden. Die Löslichkeit des Pektins hängt von der Wassertemperatur ab, wobei die optimale Temperatur größer 80 °C ist. Bei einem Absinken der Temperatur unter 50 °C kann es, sobald der Gelierbereich des jeweiligen Pektins erreicht ist, zur unerwünschten Vorgelierung kommen (Fellows, 2009; Heiss, 2004; Herbstreith & Fox, 1999; Herbstreith & Fox, o. Jahr; Schuchmann, 2005).

2.2.2 Der Verdampfungsprozess

Beim Verdampfen werden unter Hitzeeinwirkung Wasser und/oder andere leicht flüchtige Komponenten aus flüssigen Lebensmitteln unter Ausnutzung der unterschiedlichen Dampfdrücke entfernt. Eine Flüssigkeit geht in den Dampfzustand über, nachdem ihre Oberfläche die vom Druck abhängige Sättigungstemperatur erreicht hat. Beim Eindampfen wird ein Teil des Wassers durch Sieden aus flüssigen Lebensmitteln verdampft. Dieser Prozess kommt in der Lebensmittelverarbeitung häufig zum Einsatz. Ziel dabei ist meist eine Erhöhung der Trockensubstanz, wie z.B. bei Konfitüre oder Tomatenmark, Ziel kann aber auch eine Verringerung des Gewichts und Volumens sein um Lager- und Transportkosten zu

sparen, wie es z.B. bei Fruchtsaftkonzentraten angewendet wird. Im Allgemeinen wird von Eindampfen gesprochen, wenn eine konzentrierte Lösung das Ziel dieses Prozesses ist.

Das Verdampfen kann unter Atmosphärendruck oder unter Vakuum stattfinden, im Folgenden wird nur das Verdampfen bzw. Eindampfen unter Vakuum berücksichtigt, da dies bei der Herstellung von Konfitüre von Bedeutung ist.

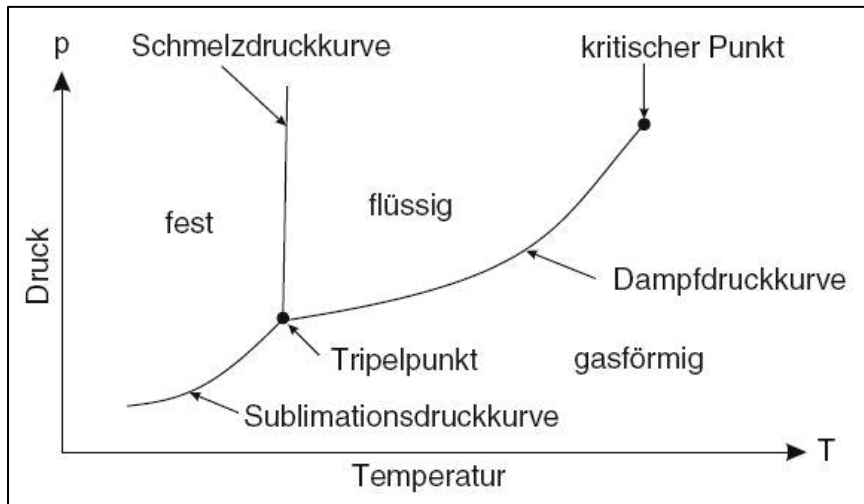


Abbildung 4: Dampfdruckkurve im Phasendiagramm eines reinen Lösungsmittels (Böckh, 2009)

Die Abbildung 4 zeigt eine Dampfdruckkurve aus der abgelesen werden kann, bei welchem der Temperatur zugeordnetem Druck eine reine Flüssigkeit zu siedeln bzw. ein reiner Dampf zu kondensieren beginnt. Beim Eindampfen unter Vakuum wird ausgenutzt, dass die Siedetemperatur bei sinkendem Druck ebenfalls abnimmt und so das Produkt niedrigeren Temperaturen ausgesetzt wird: Bei einem Druck von 0,40 bar absolut siedet Wasser bei 76 °C, bei einem Druck von 0,47 bar bei 80 °C. Wenn bei konstantem Druck die Siedetemperatur erreicht ist, wird die weiterhin zugeführte Wärme als Verdampfungsenthalpie zur Änderung des Aggregatzustandes genutzt. Die Verdampfungsenthalpie ist dabei die Energie, die bei konstanter Temperatur und konstantem Druck zum Phasenwechsel einer bestimmten Menge Flüssigkeit benötigt wird. Die Energiemenge ist druckabhängig und wird mit sinkendem Druck größer.

Folgende Faktoren können die Leistungsfähigkeit eines Verdampfungsprozesses beeinflussen: die Temperaturdifferenz zwischen Medium und dem zu konzentrierenden Stoff, die Heizflächen, die Menge des Inhaltes und die Flüssigkeitsoberfläche. Eine große Temperaturdifferenz wirkt sich positiv auf die Verdampfungsleistung aus. Die

Temperaturdifferenz kann entweder durch Erhöhung des Drucks (und somit der Temperatur) des Mediums Dampf oder durch Reduzierung der Siede-Temperatur der Flüssigkeit, was durch Anlegen eines Vakuums erreicht wird, vergrößert werden. Die Heizflächen sollten möglichst frei von Verschmutzungen oder Ablagerungen sein, da diese meist einen schlechten Wärmeübergangskoeffizienten aufweisen und somit die Heizleistung reduzieren. Zu diesem Zweck erweist sich ein Abstreifer als nützlich, der ein Anbrennen an Kesselwände und somit eine Verschmutzung der Heizflächen verhindert. Eine große Flüssigkeitsoberfläche zum Ausdampfen ist ebenfalls vorteilhaft.

Zu beachten ist auch, dass die Viskosität einiger Lebensmittel erheblich ansteigt, wenn deren Trockensubstanz zunimmt. Das erschwert das Aufsteigen von Blasen und Wasserdampf kann somit schlechter entweichen, was den Verdampfungsvorgang wesentlich beeinflusst.

Um den gewählten Druck im Verdampfer bzw. Kessel konstant zu halten, wird eine Vakuumpumpe verwendet, die die Luft und den Wasserdampf im Kopfraum absaugt. Außerdem wird so verhindert, dass der Wasserdampf an den unter der Siedetemperatur befindlichen Bauteilen wieder kondensiert.

In der Industrie werden für diesen Zweck hauptsächlich Flüssigkeitsringvakuumpumpen eingesetzt, die für Ansaugvolumenströme von bis zu 20 000 m³/h konstruiert werden können. Die Ansaugdrücke, die mit diesen Pumpen erreicht werden können, sind abhängig von der Temperatur der zugeführten Betriebsflüssigkeit und können bis zu 33 mbar betragen. Der Nachteil bei Verwendung dieser Art von Pumpen besteht darin, dass der geförderte Wasserdampf mit der Betriebsflüssigkeit in Berührung kommt und sich mit ihr vermischt. Aus diesem Grund wird ein Kondensator zwischen Verdampfer bzw. Kessel und Pumpe geschaltet, so wird der Wasserdampf vor Erreichen der Pumpe wieder kondensiert und in ihm enthaltene Aromen können evtl. zurückgewonnen werden (Böckh, 2009; Fellows, 2009; Hemming, 2008; Segebrecht, 1993).

2.3 Wichtige Qualitätsmerkmale bei der Herstellung von Konfitüren

Aroma, Farbe, Geschmack, Konsistenz, Synärese, Vorgelierung und Fruchtverteilung sind die Merkmale, die im Wesentlichen die Qualität von Konfitüre und Fruchtaufstrichen bestimmen. Zum größten Teil hängen diese von der Auswahl der Früchte und des Pektins ab. Für Aroma, Geschmack und Farbe sind vor allem die eingesetzten Früchte und der Zucker verantwortlich.

Die Konsistenz wird mehr oder weniger von der Fruchtsorte mit unterschiedlichem Eigenpektin- und Calciumgehalt beeinflusst. Da bei Früchten mit geringem Eigenpektingehalt die Kochzeit nicht ausreicht, um das Pektin löslich und gelierfähig zu machen, wird zusätzlich Pektin eingesetzt, um Konsistenz und Textur gezielt zu beeinflussen und Schwankungen von Charge zu Charge zu vermeiden (Heiss, 2004; Drögemöller, 2011).

Eine Vorgelierung der Konfitüre ist unerwünscht, da diese zu einer zu geringen Festigkeit und zu Synärese führen kann und sollte beim Herstellprozess auf alle Fälle vermieden werden. Die Säure, die Calciumionen und das Pektin mit seiner spezifischen Geliertemperatur und Gelierzeit beeinflussen die Vorgelierung. Vorgelierung tritt auf, wenn eine zu niedrige Abfülltemperatur für das Produkt gewählt wurde. Wenn die Temperatur der Konfitüre unter die Geliertemperatur des Pektins fällt, kann es auch bei Säurezugabe zu einer Vorgelierung kommen. Aus diesem Grund erfolgt die Zugabe der Säure am Ende des Kochprozesses, wenn die Temperatur oberhalb der Geliertemperatur des Pektins liegt (Herbstreith & Fox, 2007).

Ein weiteres wichtiges Kriterium für eine hohe Qualität einer Konfitüre ist die Fruchtverteilung. Die Früchte sollen im Produkt gut verteilt sein und weder aufschwimmen noch sich am Glasboden absetzen. Wenn die Früchte eine geringere Dichte als die umgebende Flüssigkeit besitzen, „schwimmen“ sie oben auf, bei einer höheren Dichte setzen sie sich am Boden ab. Abhängig ist die Fruchtverteilung von der Viskosität, besonders der Fließgrenze zum Zeitpunkt der Abfüllung. Um Fruchtaufschwimmen zu verhindern, muss der Fruchtaufstrich beim Erreichen der Abfülltemperatur eine definierte Fließgrenze besitzen (Endress und Pirker, 2009). Um ein Fruchtaufschwimmen von vornherein zu verhindern, empfiehlt es sich, die Früchte vor der Verwendung in Zucker einzulegen.

2.4 Hoch- und niedrigveresterte Pektine

Pektin spielt bei der Herstellung von Konfitüren und Fruchtaufstrichen eine texturgebende Rolle und soll freies Wasser immobilisieren. Die Ausbildung eines Gels mit optimalen Eigenschaften ist abhängig vom Mengenverhältnis der Bestandteile Frucht, Zuckerarten, Wasser, Säure und Pektin.

Pektin ist ein Polysaccharid, welches natürlicher Bestandteil des pflanzlichen Zellgerüsts ist. Mit großem technischem Aufwand wird Pektin aus Pflanzen gewonnen, die einen hohen Pektingehalt im pflanzlichen Gewebe aufweisen z.B. Äpfel und Zitrusfrüchte. Aufgebaut ist das Pektin aus D-Galakturonsäuremolekülen, die α -1-4-glykosidisch miteinander zur Polygalakturonsäure verknüpft sind. Die Carboxylgruppen sind teilweise mit Methanol verestert. Liegt ein Veresterungsgrad über 50 % vor, wird von hochverestertem Pektin, bei einem Veresterungsgrad unter 50 % von niedrigverestertem Pektin gesprochen. Außerdem gibt es noch amidierte Pektine, die mit Hilfe von Ammoniak entestert werden und somit ein Teil der Estergruppen gegen Amidgruppen ausgetauscht werden.

Die Ausbildung eines stabilen Gels ist auf verschiedene chemische Vorgänge zurückzuführen: Durch Zucker werden die Pektinmoleküle dehydratisiert, was eine Annäherung der Polymerketten zur Folge hat und eine Vernetzung durch Wasserstoffbrückenbindungen ermöglicht. Der niedrige pH-Wert bewirkt die Bildung von undissoziierten Carboxylgruppen, sodass die Ketten sich nicht mehr elektrostatisch abstoßen. Bei hochveresterten Pektinen, die bei einer Trockensubstanz höher als 55 % eingesetzt werden, hängt die Gelbildung hauptsächlich von der Trockensubstanz und dem pH-Wert ab, es findet kaum eine Reaktion mit Calciumionen statt. Niedrigveresterte Pektine sind dagegen in der Lage bei Anwesenheit von Calciumionen zu gelieren: Die Pektinketten lagern sich über Calciumbrücken zusammen und können somit unabhängig von pH-Wert und Trockensubstanz gelieren (Baltes, 2007; Belitz et. al., 2001; Herbstreith & Fox, o. J.).

2.5 Aufbau und Funktionsweise des Labormischers Somakon MP5

Der Labormischer MP5 der Firma Somakon dient zum Mischen und Dispergieren von Produktmengen im Labor- bzw. Technikumsmaßstab. Der Mischbehälter mit Doppelmantel erfasst ein Volumen von 5 Litern, dessen Temperatur durch Dampf oder andere Medien geregelt werden kann. In Abbildung 5 ist der Mischer mit seinen einzelnen Komponenten dargestellt.

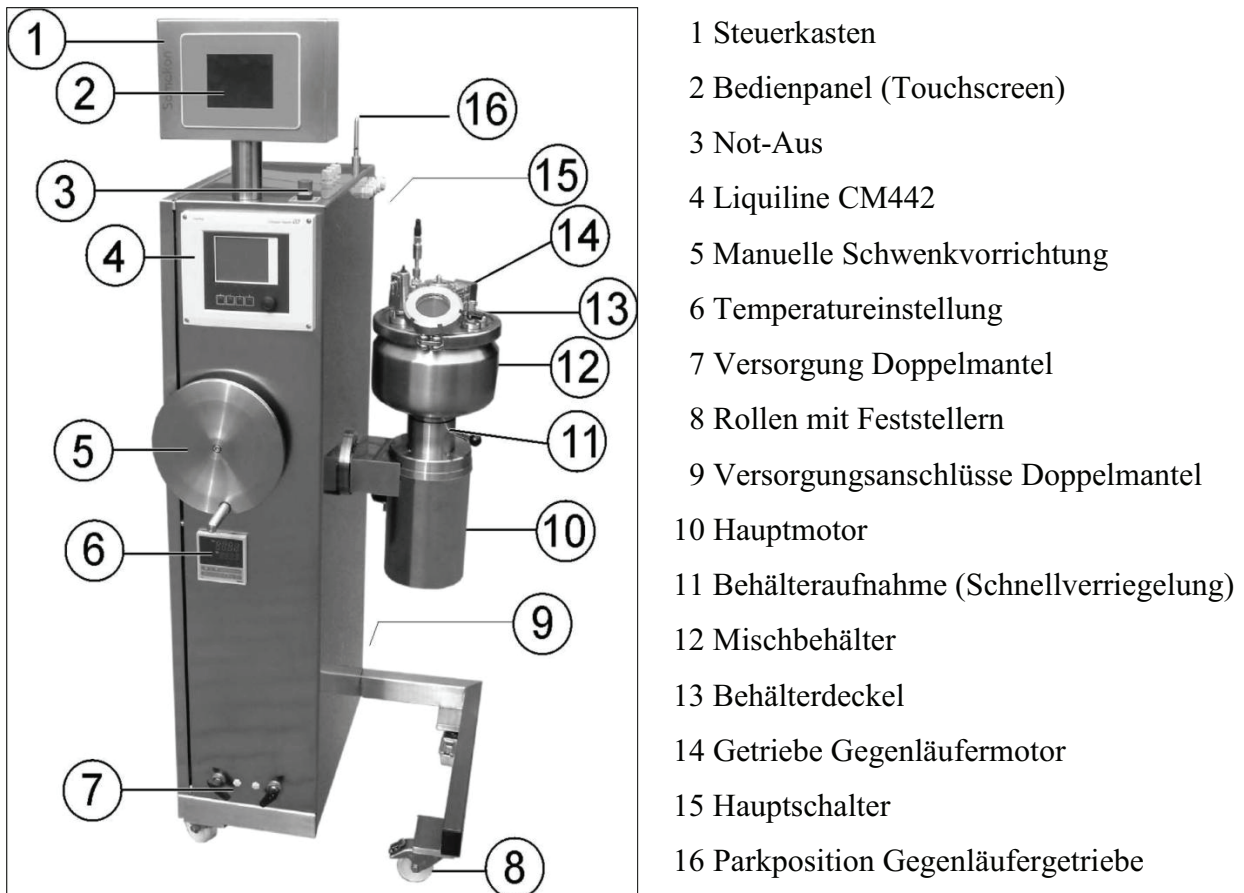


Abbildung 5: Labormischer MP5 der Firma Somakon mit Bezeichnung der einzelnen Teile (Fa. Somakon, 2011)

Der Mischer besteht aus einem Maschinenschrank, an dem der Mischbehälter mit Hauptmotor, der das Mischwerkzeug antreibt, angebracht ist. Zur Steuerung des Labormischers dient ein Bedienpanel mit Touchscreen auf dem Maschinenschrank. Mit Hilfe der manuellen Schwenkvorrichtung kann der Mischbehälter in Schräglage versetzt werden, was den Mischvorgang unterstützt oder der Entleerung des Behälters dient. Liquiline CM442 ist ein Multiparameter-Controller mit zwei Messkanälen, mit dem die pH-Wert-Messung gesteuert wird. Die gewünschte Temperatur wird am zugehörigen Display eingestellt und automatisch durch das angeschlossene Medium geregelt. Die momentane Ist-Temperatur wird in diesem Display ebenfalls angezeigt.

Zum Mischbehälter gehören der Deckel und die TriClamp Klammer, welche für optimale Abdichtung sorgt. Die optimale Anbringung wird durch einen Magnetsicherheitsschalter gewährleistet. Ohne Freigabe des Schalters können die Mischwerkzeuge und die Vakuumpumpe nicht in Betrieb genommen werden.

Innen am Deckel ist ein zentrisch angeordnetes Abstreiferwerkzeug befestigt. Auf dem Deckel ist ein abnehmbares Getriebe aufgesetzt, welches den Abstreifer gegenläufig zum Mischwerkzeug bewegt. Zum Befüllen, zur Probenahme und zum Entleeren muss das Schauglas entfernt werden. Desweiteren befinden sich Anschlüsse für das Belüftungsventil, den Temperaturmessfühler, die pH-Sonde und die Halterung der Lampe am Deckel. In der Abbildung 6 ist der Deckel im betriebsbereiten Zustand zu sehen.

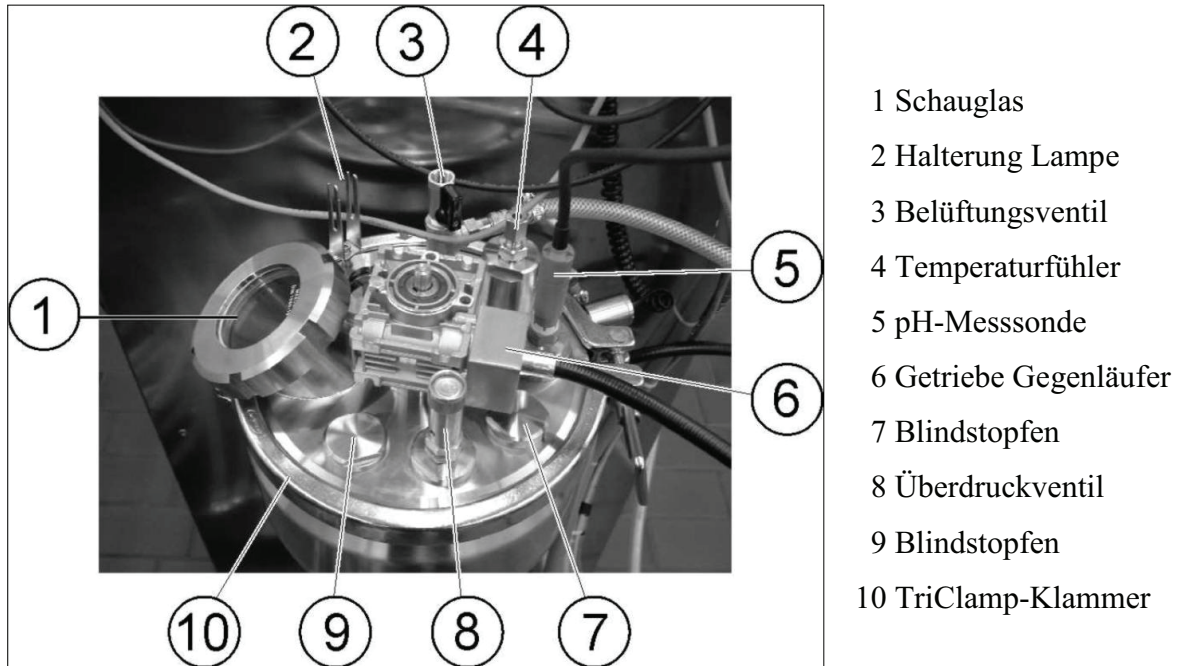


Abbildung 6: Deckel des Labormischers MP5 mit Bezeichnung der Teile (Fa. Somakon, 2011)

Das Vakuum wird durch eine Membranvakuumpumpe des Typs Vacuubrand Membranpumpe MZ2NT mit einem Nennsaugvermögen von rund $2 \text{ m}^3/\text{h}$ erzeugt, die im Maschinenschrank eingebaut ist. Mit der Pumpe kann ein Vakuum von theoretisch bis zu 7 mbar absolut erreicht werden. An der der Abbildung 5 abgewandten Seite befindet sich noch ein Feststoffabscheider für den Luftstrom dieser Pumpe.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsplanung

Um das Haupt- und die Nebenziele zu erreichen, müssen verschiedene Versuchsreihen durchgeführt werden.

Zuerst sollen Konfitüren in Vorversuche als Handkochungen im Kochtopf ohne Vakuum hergestellt werden. Dabei werden die Praktikumsrezepturen der Konfitüre extra und der zuckerreduzierten Konfitüre zubereitet, um die Tauglichkeit der Rezepturen zu überprüfen und eine Grundlage für weitere Rezepturanpassungen zu erhalten. Wichtig hierbei ist vor allem die Beurteilung der Festigkeit um diese durch Verminderung oder Erhöhung des Pektins gezielt anzupassen. Außerdem soll eine neue Rezeptur einer Konfitüre extra mit einer Trockensubstanz von 60 Brix erprobt werden. Alle Rezepturen enthalten einen Masseanteil an Erdbeeren von 50 %. Bei der Rezepturerstellung wurde angenommen, dass die Erdbeeren eine mittlere Trockensubstanz von 10 % besitzen.

Um die Rezepturen besser unterscheiden zu können, wurden durchgehend folgende Bezeichnungen verwendet: V an erster Stelle bedeutet Vorversuch, ein T an erster Stelle bezeichnet den Technikumsversuch, das folgende X steht für Konfitüre extra bzw. das folgende R bezeichnet die zuckerreduzierte Konfitüre. Danach folgt die Rezepturnummer. Wurden mehrere Versuche einer Rezeptur durchgeführt, werden diese als Versuch 1, Versuch 2 usw. benannt. In Tabelle 1 sind die Rezepturen für die Vorversuche zusammengestellt.

Tabelle 1: Rezepturen der Vorversuche für Konfitüre extra und zuckerreduzierte Konfitüre

Rezeptur	Trockensubstanz [Brix]	Zucker [%]	Wasser [%]	Pektin [%]	Zitronensäure [%]	Tricalciumcitrat [%]
VX01	63	57,0	---	0,5	0,5	---
VX02	63	56,7	---	0,8	0,5	---
VX03	60	53,7	---	0,8	0,5	---
VX04	60	53,9	---	0,6	0,5	---
VR01	30	23,5	25,0	1,0	0,3	0,07
VR02	30	23,3	25,0	1,2	0,3	0,07

Für die Konfitüren mit hoher Trockensubstanz wird ein hochverestertes und für die zuckerreduzierten Konfitüren ein niedrigverestertes Pektin eingesetzt. Es wird immer Pektin

gleicher Charge verwendet. Bei den Versuchen VX01 und VR01 handelt es sich um die Praktikumsrezepturen. Da bei den letzten Praktikumsversuchen die Konfitüre eine zu weiche Textur aufwies, wurden Rezepturen mit höheren Pektingehalten erstellt. Aufgrund der Ergebnisse der Texturanalyse wurde die Rezeptur VX04 erstellt. Da diese eine geringere Trockensubstanz als Rezeptur VX01 besitzt, wurde die Pektinmenge um 0,1 % angehoben.

Die Planung der Technikumsversuche mit dem Labormischer baut auf die Ergebnisse der Vorversuche auf. Dabei werden verschiedene Versuchsreihen geplant. Die Versuchsreihe 1 beinhaltet die Umsetzung der ausgewählten Vorversuche im Technikumsmaßstab. Besonders wichtig ist die Durchführung am neuen Labormischer und deren Möglichkeiten und Grenzen. Zum Vergleich soll ebenfalls eine Konfitüre in der Stephan Universalmaschine UM/SK 44E hergestellt werden. Die Prozesszeit und -parameter werden in einem Datenblatt aufgenommen. Die Auswertung dieser Versuchsreihe soll Aufschluss über die Tauglichkeit des Labormischers zur Herstellung von Konfitüre und über die Unterschiede in Festigkeit und Farbe zwischen unter Vakuum und unter Normaldruck hergestellter Konfitüre geben.

In der Versuchsreihe 2 sollen Rezepturen erstellt und umgesetzt werden, die zu einer in Fruchtigkeit und Süße ausgewogenen Konfitüre führen. Dazu wird die Trockensubstanz von 63 Brix der Praktikumsrezeptur auf 60 Brix abgesenkt. Außerdem soll in den Versuchen Saccharose zu einem bestimmten Anteil durch Glucosesirup ersetzt werden, da Glucose im Vergleich zu Saccharose eine geringere Süßkraft besitzt. Die Trockensubstanz der verwendeten Glucose wurde mit Hilfe des Handrefraktometers auf ca. 80 % bestimmt. In Tabelle 2 finden sich die zur Versuchsreihe 2 erstellten Rezepturen.

Tabelle 2: Rezepturen einer Konfitüre extra mit 60 Brix, mit und ohne Glucosesirup

Rezeptur	Zucker [%]	Glucosesirup [%]	Pektin [%]	Zitronensäure [%]
TX04	53,9	0	0,6	0,5
TX05	46,0	10,0	0,6	0,5
TX06	41,9	15,0	0,6	0,5

Versuchsreihe 3 beinhaltet den Versuch anhand der Rezeptur TX04, inwieweit sich eine spätere Zugabe des Pektins auf die Festigkeit der Konfitüre auswirkt. Hintergrund dabei ist, dass es zwei Arten der Durchführung gibt: Zum einen kann die Pektinlösung nach Erreichen der Zieltemperatur von 80 °C und vor Anlegen des Vakuums zudosiert werden, wie es in den

restlichen Versuchen aufgrund von Erfahrungswerten auch durchgeführt wird. Zum Anderen kann die Konfitüre erst auf eine bestimmte Trockensubstanz unter Vakuum eingedampft werden und die Pektinlösung wird so zudosiert, dass die Zieltrockensubstanz von 60 bzw. 63 Brix mit der Zugabe erreicht wird. Letztere Variante gilt als schonender für das Pektin, d.h. dass die so hergestellte Konfitüre fester sein sollte, da das Pektin weniger durch Hitze beansprucht wird. Der Versuch soll zeigen, inwieweit diese Annahme stimmt.

3.2 Geräte und Rohstoffe

Abbe-Refraktometer NAR-1T (Fa. Atago)

Chroma-Meter CR-300 (Fa. Minolta)

Hand-Refraktometer N-2E (Fa. Atago)

Hand-Refraktometer 2111 (Fa. Kübler)

Labormischer MP5 (Fa. Somakon)

pH-Meter

Stephan UM/SK 44E

Texture Analyser TA.XT 2i, Messwerkzeug P/0,5 (1/2" Ø delrin AOAC for gelatine; Fa. Stable Micro Systems Ltd.)

Einstichthermometer - TTX 100 type T (Fa. ebro Electronic)

Ultra Turrax T25 (Fa. IKA)

Gläser

Gummischaber

Messbecher

Probenbecher

Sieb

Verschlussdeckel aus Weißblech

Waage

Erdbeeren (Ursprungsland China, Lieferant: Uwe Jobmann GmbH)

Glucosesirup 52° (Hanseatische Zuckerraffinerie GmbH & Co. KG; MHD: 30.06.2013; TS: 80 %)

Pektin

Tabelle 3: Übersicht der beiden eingesetzten Pektintypen

Pektintyp	Hersteller	Rohstoff	Veresterungsgrad	Lot.-Nr.
Classic AF 401	Herbstreith & Fox	Apfel	62 %	1 11 05 187
Classic AF 703	Herbstreith & Fox	Apfel	39 %	0 11 07 601

Saccharose (Nordzucker AG)

Tricalciumcitrat, reinst (Applichem GmbH, Charge: 3R02150)

Zitronensäure, wasserfrei (Carl Roth GmbH + Co. KG Karlsruhe, Charge: 340156459)

3.3 Durchführung der Vorversuche

Nachfolgend wird die Herstellung der Vorversuche beschrieben, die jeweils auf 1 Kilogramm Endprodukt ausgelegt sind.

Zuerst werden die gefrorenen Früchte, der Zucker, und eventuell Wasser bei zuckerreduzierter Konfitüre, zusammen in einen Topf eingewogen. Es wird erhitzt, um den Zucker zu lösen und die Früchte aufzutauen. Bei der zuckerreduzierten Konfitüre wird Tricalciumcitrat abgewogen und ebenfalls sofort dazu gegeben. Wenn die Früchte-Zucker-Mischung kocht, wird das Pektin mit Hilfe des Ultra-Turrax in heißem Wasser in einen Messbecher gelöst und dann in die Lösung im Topf dispergiert. Danach wird kristalline Zitronensäure zugegeben und der pH-Wert gemessen. Falls sich dieser nicht im gewünschten Bereich befindet, kann noch Zitronensäure zudosiert werden. Die Trockensubstanz wird mit einem Handrefraktometer gemessen und, falls nötig, mit heißem Wasser auf den gewünschten Wert eingestellt. Die fertige Konfitüre wird bei ca. 80 °C in Gläser abgefüllt und mit einem Deckel verschlossen. Zur Vorbereitung der Texturanalyse werden ca. 300 ml der fertigen Konfitüre durch ein feinmaschiges Sieb gestrichen und heiß in sechs kleine Probenbecher gefüllt.

Der Ablauf der Vorversuche ist übersichtlich in den Verfahrensfließbildern in Abbildung 7 für Konfitüre extra und in Abbildung 8 für die zuckerreduzierte Konfitüre dargestellt.

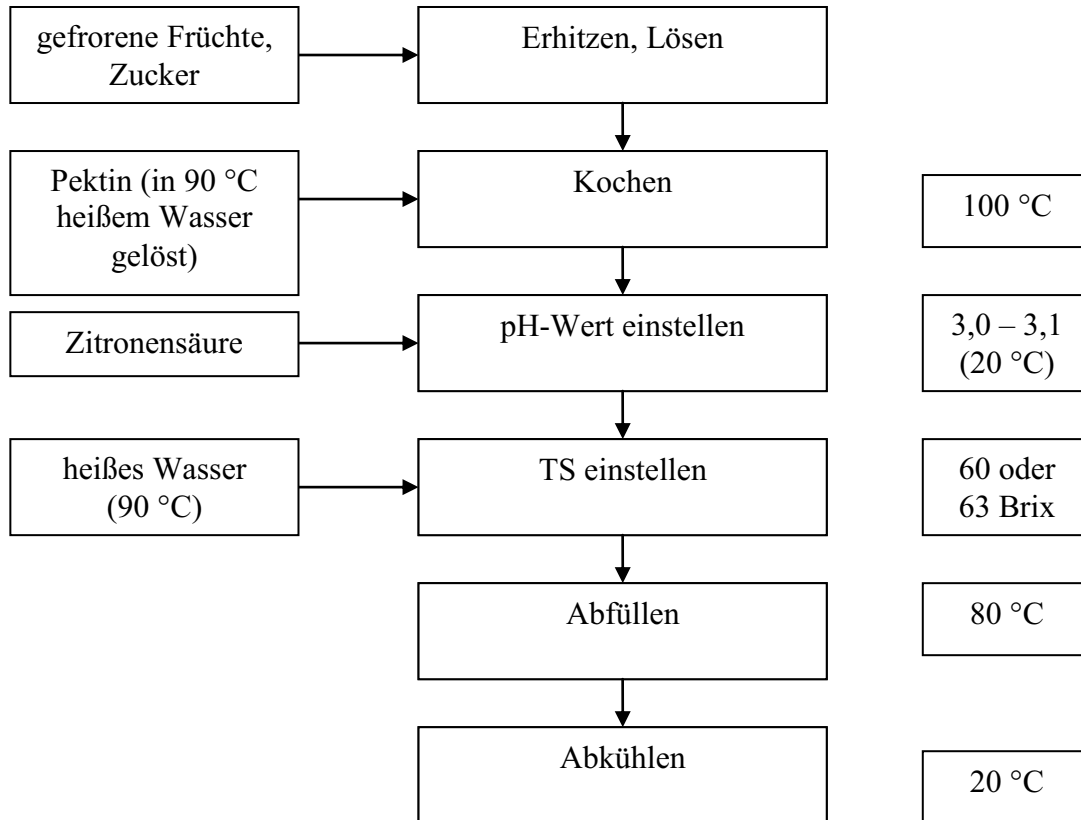


Abbildung 7: Verfahrensfließbild zur Konfitüre extra mit 60 bzw. 63 Brix

Bei allen Versuchen wird die gleiche neuartige Variante zur Herstellung der Pektinlösung angewendet. Im Praktikum wurde das Pektin mit der 5-fachen Menge an Zucker vermischt und dies im 80 °C heißen Wasser zu einer 5%igen Pektinlösung verrührt. Danach wurde die Pektinlösung bis zur Verwendung bei einer Temperatur zwischen 55 - 75 °C gehalten. In diesen Versuchen wird das Pektinpulver ohne Zucker in ca. 80 – 90 °C heißem Wasser mit Hilfe eines Ultra-Turrax gelöst. Die Pektinlösung wird dabei frisch hergestellt und sofort zum Produktansatz gegeben. Die hohen Drehzahlen des Ultra-Turrax gewährleisteten eine gute Lösung des Pektinpulvers.

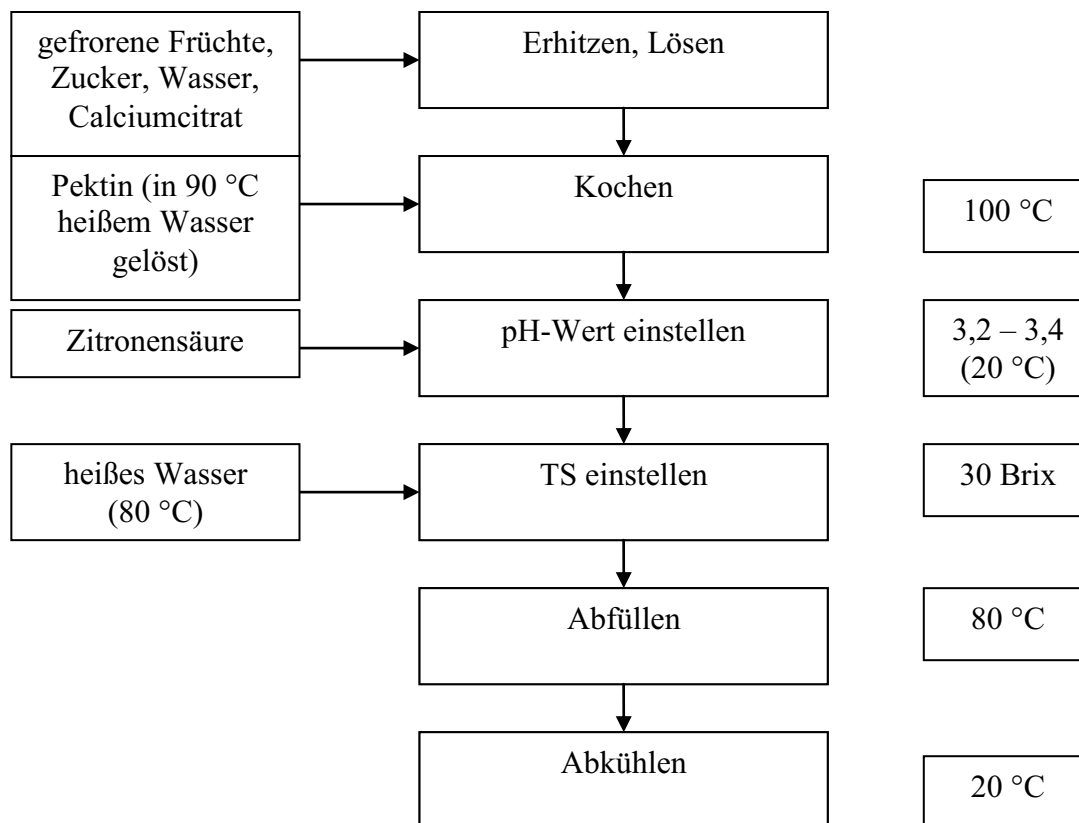


Abbildung 8 : Verfahrensfliessbild zu den Vorversuchen der zuckerreduzierten Variante

3.4 Durchführung der Technikumsversuche

Nachfolgend wird die Herstellung der Technikumsversuche im Labormischer MP5 beschrieben, die jeweils auf 2 Kilogramm Endprodukt ausgelegt sind.

Zuerst werden die gefrorenen Früchte und danach der Zucker über die Öffnung am Deckel in den Behälter des Mixers gegeben. Dabei sollte der Hauptmotor auf mind. 100 Umdrehungen pro Minute eingeschaltet sein, damit sich Zucker und Früchte im Behälter gut verteilen. Nach der Befüllung kann der Abstreifer ebenfalls eingeschaltet werden. Es wird nun mittels Dampf (beheizter Doppelmantel) langsam erhitzt, um den Zucker zu lösen und die Früchte aufzutauen. Während des Aufheizens wird die Pektinlösung hergestellt, indem das benötigte Pektin mit einer ausreichenden Menge an heißem Wasser mittels Ultra-Turrax homogenisiert wird. Wenn die Früchte-Zucker-Mischung eine Temperatur von ca. 80 °C erreicht hat, wird die Pektinlösung über die Öffnung am Deckel zu dosiert. Die Konfitüre wird nun unter Vakuum und Dampfzufuhr bis zur Erreichung der gewünschten Trockensubstanz eingedampft. Der pH-Wert des Produktes wird nach dem Eindampfen mit

Hilfe von kristalliner Zitronensäure eingestellt. Die fertige Konfitüre wird dem Labormischer entnommen, bei ca. 80 °C in Gläser abgefüllt und mit einem Deckel verschlossen. Zur Vorbereitung der Texturanalyse wird ein Teil der fertigen Konfitüre durch ein feinmaschiges Sieb gestrichen und heiß in sechs kleine Probenbecher gefüllt.

Der Ablauf der Vorversuche ist übersichtlich in den Verfahrensfleßbildern in Abbildung 9 für Konfitüre extra und in Abbildung 10 für die zuckerreduzierte Konfitüre dargestellt.

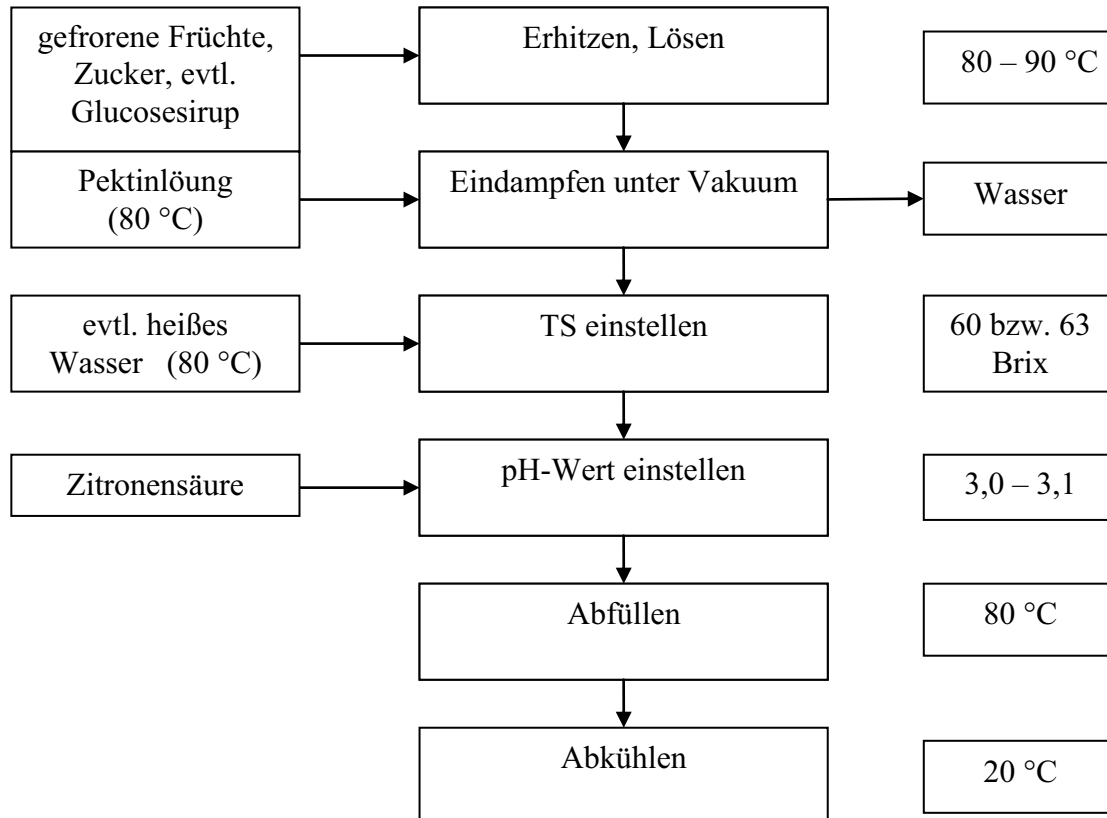


Abbildung 9: Verfahrensfleßbild zur Herstellung von Konfitüre extra im Labormischer MP5 und Stephan UM/SK 44E

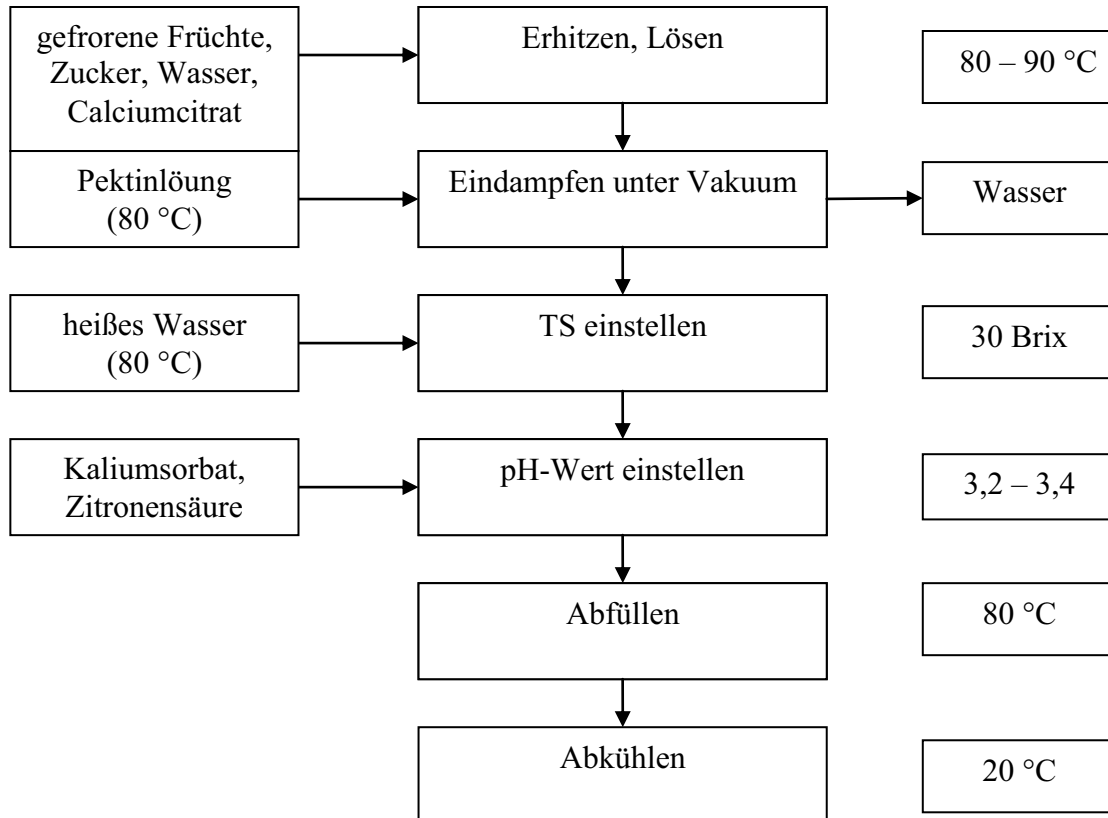


Abbildung 10: Verfahrensfließbild zur Herstellung von zuckerreduzierter Konfitüre im Labormischer MP5

3.5 Analytische Methoden

3.5.1 Textur Analyse

Für die Texturanalyse wird der Texture Analyser TA.XT 2i der Firma Stable Micro Systems verwendet bestehend aus einer Arbeitsplattform, einem beweglichen Messarm mit integrierter Kraftzelle und variablen Prüfkörpern. Die Daten werden mit Hilfe der Software TEE 32 (Version 5.1.2.0) aufgenommen. Bei allen Messungen wurde eine 5-Kilogramm-Messzelle verwendet. Als Prüfkörper wurde ein zylindrischer Plexiglaskörper mit einem Durchmesser von 12,7 mm ausgewählt (P/0,5 delrin AOAC for gelatine). Das von der Firma Stable Micro Systems empfohlene Messwerkzeug für stückige Produkte, „Multi Puncture Probe“, erzeugt nur bedingt reproduzier- und vergleichbare Ergebnisse (Hrouda, 2007).

Um reproduzierbare Ergebnisse bei der Texturmessung zu erhalten, wird ein Teil der Konfitüre für die Texturmessung durch ein feines Sieb gestrichen, um keine störenden

Fruchstücke in der Probe zu haben. So können große Schwankungen zwischen den Messwerten aufgrund im Becher ungleichmäßig verteilter Fruchstücke vermieden werden.

Die Probe für die Texturmessung wird vor Beginn der Messung mittig auf die Arbeitsplattform des Texture Analysers gestellt. Bei der Texturanalyse wird der Prüfkörper mit einer konstanten Geschwindigkeit über eine festgelegte Teststrecke bewegt. Wenn der Prüfkörper die Oberfläche der Probe erreicht, beginnt die Messung. Die Ergebnisse werden grafisch als Zeit-Kraft-Kurve durch die Analysesoftware dargestellt und die Festigkeit wird als Fläche unter der Kurve automatisch ermittelt. Die Kurve gibt Aufschluss über Gelfestigkeit und Textureigenschaften eines Gels. Außerdem wird die maximal aufgebrachte Kraft aufgezeichnet, die der Prüfkörper benötigt, um das Gel zu brechen.

Für alle Messungen wurden die in der Tabelle 4 aufgeführten Einstellungen gewählt.

Tabelle 4: Messeinstellungen des Texture Analysers TA.XT 2i

Parameter	Einstellungen
Test Art	Kraftmessung durch Druck
Vorschubgeschwindigkeit in mm/s	2,00
Testgeschwindigkeit in mm/s	1,00
Rückgeschwindigkeit in mm/s	2,00
Weg in mm	20,00
Auslösewert	Auto (Kraft)
Auslösekraft in g	10,00
Weg (vor Test) in mm	2,00
Stopp Aufzeichnung bei	Start Position

Die Proben werden immer einen Tag nach der Herstellung gemessen. Jede Probe wird nur einmal zu Messzwecken verwendet. Insgesamt werden pro Konfitüre jeweils fünf Messungen durchgeführt.

3.5.2 Farbmessung

Der Farbeindruck wird beeinflusst durch die Art der Lichtquelle, das individuelle Farbempfinden, den Objekthintergrund und die Betrachtungsweise bzw. den Blickwinkel. Farben können anhand der Merkmale Farbton, Helligkeit und Sättigung klassifiziert werden.

Um Farben „messen“ zu können, wurden Farbmesssysteme entwickelt, die die Farbe eines Objektes mit Hilfe von Zahlenwerten kennzeichnen. Die bekanntesten Farbsysteme sind das Yxy-Farbsystem und der L*a*b*-Farbraum. L* gibt Aufschluss über die Helligkeit, a* und b* charakterisieren gleichzeitig den Buntton und die Buntheit einer Farbe.

Für die Farbmessung wird das Chroma-Meter CR-300 der Firma Minolta verwendet. Es wurde mit dem L*a*b*-Farbraum gearbeitet, da dieser den Vorteil hat, in der besseren Übereinstimmung zwischen geometrischem und empfundenem Farbabstand zu liegen. Die Messbereiche umfassen für die Farbkoordinate a* Zahlenwerte von +60 (rot) bis -60 (grün), für die Farbkoordinate b* Zahlenwerte von +60 (gelb) bis -60 (blau) und für die Helligkeit von 0 (schwarz) bis 100 (weiß).

Vor einer Messreihe wird das Chroma-Meter mit Standardweiß kalibriert. Alle Proben werden von oben, ohne dass sich zwischen Messgerät und Probe noch eine Schicht befindet, im Probenbehälter vermessen. Für jede hergestellte Konfitüre werden drei Messungen durchgeführt und dann der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Mittels der Gleichung 1 kann außerdem der Farbabstand zwischen zwei Farben berechnet werden.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad (\text{Gl. 1})$$

Ein Farbabstand bis 1 ist kaum bzw. nur für das geübte Auge sichtbar, bis zu einem Wert von 4 ist ein Farbunterschied wahrnehmbar, der aber noch relativ gering und vom Betrachter tolerierbar ist. Ab einem Farbunterschied von 5 wird vom Betrachter eine andere Farbe wahrgenommen (Liebmann, 2003; Tscheuschner, 2004).

4 Ergebnisse

4.1 Auswertung der Vorversuche

Im Rahmen der Vorversuche wurden vier Rezepturen Konfitüre extra und zwei Rezepturen zuckerreduzierter Konfitüren hergestellt. In der Tabelle 5 sind die vorgegebenen und gemessenen Werte für die Trockensubstanz und den pH-Wert aufgelistet.

Tabelle 5: Soll-Ist-Vergleich der Vorversuche

Rezeptur	TS Soll [Brix]	TS Ist [Brix]	pH-Wert Soll	pH-Wert Ist	Pektinkonz. [%]
VX01	63,0	64,5	3,0 – 3,1	3,08	0,5
VX02	63,0	64,5	3,0 – 3,1	3,01	0,8
VX03	60,0	62,0	3,0 – 3,1	3,00	0,8
VX04	60,0	60,5	3,0 – 3,1	3,01	0,6
VR01	30,0	32,0	3,2 – 3,4	3,25	1,0
VR02 V1	30,0	33,5	3,2 – 3,4	3,25	1,2
VR02 V2	30,0	30,5	3,2 – 3,4	3,20	1,2

Schwankungen der Trockensubstanz von 1 bis 1,5 Brix sind tolerierbar und auf die Ungenauigkeit der Handrefraktometer zurückzuführen. Die Konfitüre wurde während der Herstellung nur mit den Handrefraktometern im jeweiligen Brix-Bereich gemessen und bei Erreichen der Soll-Trockensubstanz abgefüllt. Am nächsten Tag wurden die Proben, die auch zur Texturmessung verwendet wurden, zur Kontrolle mit einem Laborrefraktometer nachgemessen. Bei Abweichungen von 2 und mehr Brix sollten die Versuche wiederholt werden, um repräsentative Ergebnisse bei der Texturanalyse zu erhalten.

Der pH-Wert spielt bei der Gelierung ebenfalls eine große Rolle und sollte sich auf alle Fälle im angegebenen Bereich befinden. Dies war bei allen Versuchen der Fall.

Alle hergestellten Konfitüren gelierten ausreichend fest, wobei die Konfitüren VX02 und VX03 sogar zu fest und zu gummiartig wurden. Der beschriebene Mangel, dass die Konfitüren bei den Praktikumsversuchen zu weich wurden, konnte nicht festgestellt werden. Es lässt sich also eine falsche bzw. zu geringe Dosierung des Pektins ausschließen. Der Fehler kann in der Art der Dosierung und Einbringung des Pektins gesucht werden.

Da 0,8 % Pektin bei einer Trockensubstanz von 60 Brix zu einem gummiartigen Produkt führt, wurde Rezeptur VX04 mit einem Pektinanteil von 0,6 % entwickelt. Die Rezepturen VX01, VX04, VR01 und VR02 führten zu einem angenehm streichfähigem Produkt. Aussagekräftiger zum Thema Festigkeit ist die Texturmessung. Die Ergebnisse werden in Punkt 4.3 zusammen mit den Ergebnissen der im Technikum hergestellten Konfitüren besprochen und verglichen.

Der Versuch zur zuckerreduzierten Konfitüre VR02 wurde wiederholt, da die Trockensubstanz zu hoch ist und außerhalb des Schwankungsbereiches liegt. Außerdem ergab die Texturanalyse widersprüchliche Ergebnisse (dazu mehr unter 4.4), so dass angenommen wurde, dass die Pektinmenge falsch eingewogen wurde.

Aufgrund der Abweichung von 2 Brix zum Sollwert hätte auch die Rezeptur VX03 wiederholt werden müssen. Da jedoch entschieden wurde, die Rezeptur wegen der gummiartigen Textur nicht weiter in den Technikumsversuchen zu verwenden, wurde auf eine Wiederholung verzichtet. Es wird davon ausgegangen, dass 0,8 % Pektin eine zu hohe Dosierung ist. Es wird auch die Konfitüre VX02 mit der gleichen Pektinkonzentration von weiteren Versuchen ausgenommen. Die Konfitüre VX02 hatte außerdem einen stark karamellisierten Geruch und eine deutlich dunklere Farbe als die anderen. Wahrscheinlich wurde sie zu Beginn zu stark erhitzt, so dass sie leicht am Topfboden anbrannte. Eine Wiederholung des Versuches wurde wegen der hohen Pektindosierung in der Rezeptur nicht durchgeführt.

Bei allen Kochungen unter Atmosphärendruck war eine starke Schaumbildung zu beobachten. Sobald das Kochgut zu sieden begann, bildete sich eine Schaumschicht an der Oberfläche. Der Schaum wurde geringer, aber verschwand im Verlauf der Herstellung nicht vollständig. Die Konfitüren und die Proben hatten nach der Abfüllung eine stabile „Schaumkrone“. Dem Schaum hätte eventuell mit einem geeigneten Schaumdepressor entgegen gewirkt werden können. Um auf solche Mittel, die dann ebenfalls in der Zutatenliste auftauchen müssten, zu verzichten, kann der Schaum auch abgeschöpft werden. Probleme mit Schaum begegnet man in der Regel bei der Herstellung unter Vakuum nicht oder nur selten.

Der Herstellprozess dauerte ca. 20 Minuten bei zuckerreduzierter Konfitüre bis höchstens 40 Minuten bei Konfitüre extra.

Aus den Ergebnissen dieser Versuche wurden folgende Rezepturen für einen Technikumsversuch ausgewählt: VX01, VX04, VR01 und VR02. Bei der Rezeptur VX01 handelt es sich um die ursprüngliche Praktikumsrezeptur und sie soll zu Vergleichszwecken

hergestellt werden. VX04 ist die Rezeptur, auf deren Grundlage die Versuchsreihe 2, Verringerung der Süße, aufbaut. Aufgrund der Ergebnisse der Texturmessung wurde entschieden, beide zuckerreduzierten Rezepturen im Technikumsmaßstab umzusetzen, um mit Hilfe weiterer Ergebnisse einen Grund für die Schwankungen auszumachen.

4.2 Auswertung der Technikumsversuche

4.2.1 Versuchsreihe 1 bis 3

In der Tabelle 6 sind die ausgewählten und durchgeführten Versuche der Versuchsreihe 1 dargestellt.

Tabelle 6: hergestellte Rezepturen der Versuchsreihe 1 für Konfitüre extra und zuckerreduzierte Konfitüre

Rezeptur	Trockensubstanz [Brix]	Zucker [%]	Wasser [%]	Pektin [%]	Zitronensäure [%]	Tricalciumcitrat [%]
TX01	63	57,0	---	0,5	0,55	---
TX04	60	53,9	---	0,6	0,55	---
TR01	30	23,5	25,0	1,0	0,30	0,07
TR02	30	23,3	25,0	1,2	0,30	0,07

Die Rezeptur TX04 wurde jeweils im Somakon Labormischer und im Stephan hergestellt. Während der Herstellung wurden in einem selbst erstellten Datenblatt die Prozessparameter protokolliert. Da beim Somakon Labormischer eine Temperaturdifferenz zwischen der Anzeige für den Ist-Wert am Fenster für die Temperatureinstellung und der Anzeige „Produkttemperatur“ am Bedienpanel sichtbar wurde, wurde die Temperatur zusätzlich mit einem Thermometer nachgemessen, wenn kein Vakuum anlag.

Zum Zeitpunkt der Herstellung der Konfitüren war das Einbaumodul für die pH-Sonde noch nicht geliefert, sodass die pH-Wert-Entwicklung nicht mit aufgenommen werden konnte, sondern nach Zugabe von Zitronensäure manuell gemessen wurde.

Im Protokoll wurde ebenfalls festgehalten, zu welchem Zeitpunkt Pektin und Zitronensäure zugegeben wurden. In Tabelle 7 sind die hergestellten Konfitüren mit den Werten der Trockensubstanz und des pH-Wertes einen Tag nach der Herstellung aufgelistet.

Tabelle 7: Soll-Ist-Vergleich der in Versuchsreihe 1 hergestellten Konfitüren

Rezeptur	TS Soll [Brix]	TS Ist [Brix]	pH-Wert Soll	pH-Wert Ist
TX01	63,0	64,0	3,0 – 3,1	3,01
TX04 V1	60,0	60,0	3,0 – 3,1	3,01
TX04 V3	60,0	60,5	3,0 – 3,1	3,02
TR01	30,0	31,5	3,2 – 3,4	3,20
TR02	30,0	31,5	3,2 – 3,4	3,21

Trockensubstanz und der pH-Wert lag bei allen durchgeführten Versuchen in akzeptierbaren Schwankungsbereichen.

Bei der Handhabung des Somakon Labormischers haben sich folgende Erkenntnisse ergeben: Das Befüllen des Labormischers erfolgt am besten bei geschlossenem Deckel durch das geöffnete Schauglas, welches dann als Einfüllstutzen fungiert. Es empfiehlt sich die Verwendung eines Trichters, um das Befüllen zu erleichtern. Während des Einfüllens sollte das Mischwerkzeug auf geringer Drehzahl laufen, damit eine relativ gleichmäßige Verteilung von Zucker und Erdbeeren innerhalb des Mischbehälters gewährleistet wird. Um größere Mengen zu verarbeiten, wäre es besser, die Erdbeeren vorher anzutauen, da sie im gefrorenen Zustand ein sehr großes Volumen einnehmen, was den Mischbehälter mit ca. zwei Kilogramm Rohware ausfüllt. Es sollte aber auch nicht mit geringeren Mengen als zwei Kilogramm gearbeitet werden, da nach der Verflüssigung der Temperaturfühler nicht mehr ausreichend weit ins Produkt eintaucht. Das Abstreiferwerkzeug sollte beim Befüllen vorerst noch ausgeschaltet sein, da das Getriebe zu wenig Kraft hat, um die Früchte zu bewegen.

Es sollte langsam auf 80 °C hochgeheizt werden, damit starke Hitze am Rand nicht zum Anbrennen führen kann. Sobald die Früchte leicht angetaut sind, kann auch der Abstreifer angeschaltet werden.

Beim Anlegen des Vakuums ist ein starkes Schäumen zu beobachten. Um ein Übersäumen zu verhindern, sollte das Vakuum auch nur in kleinen Schritten auf den gewünschten Wert erhöht werden, gegebenenfalls kann auch das Falschlufventil leicht geöffnet werden. Die Pumpe sollte auf keinen Fall Schaum ansaugen, da dies zu Verunreinigungen führen kann.

Das Schauglas wurde zusätzlich mit einem Wischer ausgestattet, da es permanent beschlägt und so die Sicht auf das Produkt behindert wird.

Um das Produkt am Ende zu entnehmen, wird das Sichtfenster entfernt und der Behälter in Schräglage versetzt. Das Mischwerkzeug und der Abstreifer sollten dabei rotieren, so wird das Produkt gut aus dem Behälter ausgebracht.

Als problematisch erwies sich beim Verschließen des Deckels die so genannte „Deckelabfrage“, da diese nur in einem sehr engen Bereich freigegeben wird. Außerdem konnte festgestellt werden, dass, entgegen der Annahme, trotz nicht freigegebener Deckelabfrage das Mischwerkzeug in Betrieb genommen werden kann. Um eine Verletzungsgefahr zu vermeiden, sollte dies unbedingt geändert werden. Das einzige, was bei nicht freigegebener Deckelabfrage nicht funktioniert, ist die Vakuumpumpe.

Die Versuche mit dem Somakon Labormischer dauerten von 40 Minuten bei der zuckerreduzierten Konfitüre bis 110 Minuten bei der Konfitüre extra. In der Abbildung 11 sind die Prozessparameter Temperatur und Druck über die Prozesszeit des kürzesten Versuches dargestellt.

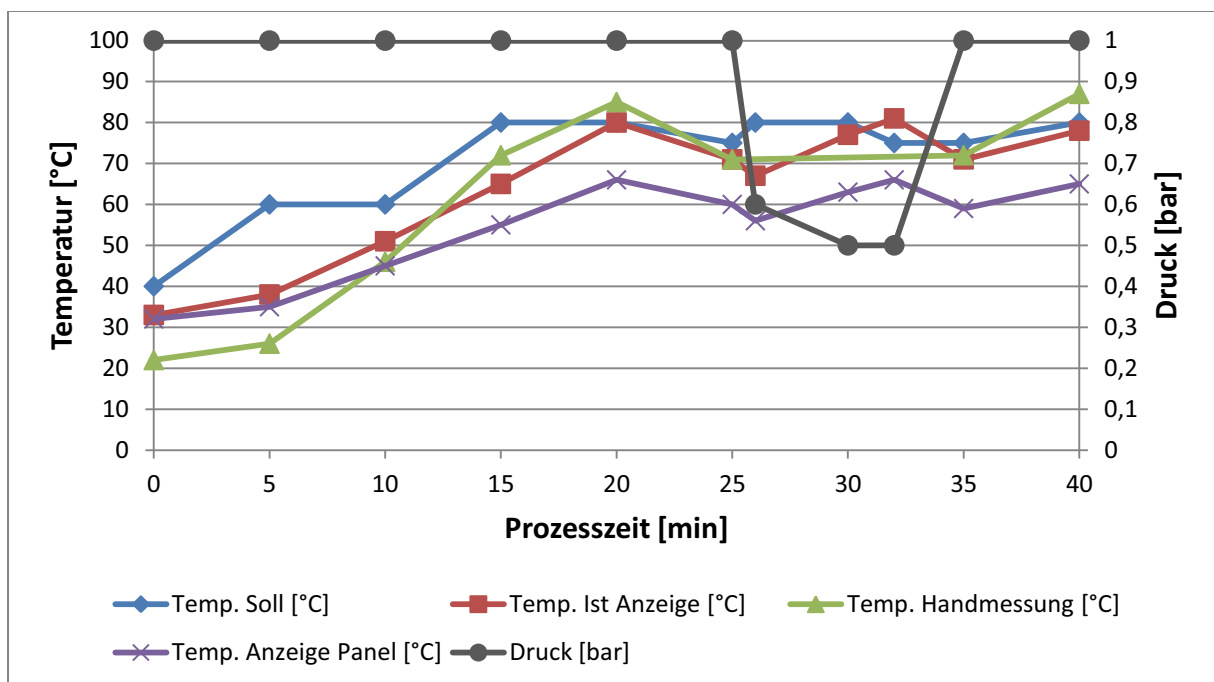


Abbildung 11: Prozessparameter über die Prozesszeit von TR02

Hergestellt wurde in dem Fall die zuckerreduzierte Konfitüre mit 30 Brix. Die Soll-Temperatur wurde am Fenster für die Temperatureinstellung eingestellt, wo auch gleichzeitig die Ist-Temperatur abgelesen werden konnte. Bei „Temperatur Anzeige Panel“ handelt es sich um die Temperatur, die als Produkttemperatur im Bedienpanel angegeben wurde. Es ist zu

erkennen, dass die Temperatur des Panels deutlich unter der angezeigten Ist- und der per Hand gemessenen Temperatur liegt. Außerdem wird aus dem Diagramm ersichtlich, dass der Kurvenverlauf der angezeigten Produkttemperatur sehr ähnlich dem Kurvenverlauf der Ist-Temperatur ist und die Temperaturdifferenz prinzipiell ansteigt: Je höher der Temperaturbereich, desto höher auch die Temperaturdifferenz. Durch die starken Abweichungen von bis zu 15 °C kann die angezeigte Produkttemperatur nicht für die Prozesskontrolle herangezogen werden. Die per Hand gemessene Temperatur liegt, außer während der ersten 10 Minuten des Prozesses, etwas über der angezeigten Ist-Temperatur, im Mittel um die 5 °C. Das Vakuum wurde von Minute 26 bis Minute 35 angelegt. In dieser Zeit von 9 Minuten stieg die Trockensubstanz von anfänglich 29 Brix auf 31 Brix an, d.h. es wurden 4,4 ml pro Minute verdampft.

Die Abbildung 12 beinhaltet dieses Diagramm für den kürzesten Prozess einer Konfitüre extra. Es handelt sich hierbei um die Rezeptur 4 Versuch 1, welcher 70 Minuten dauerte.

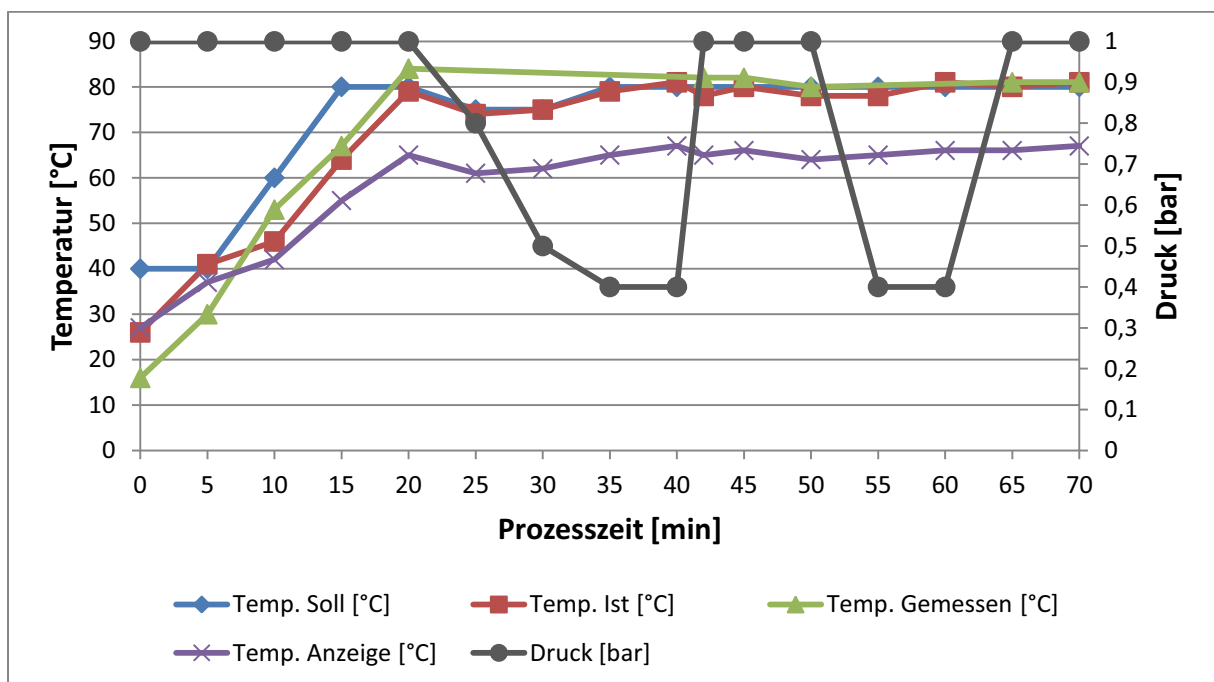


Abbildung 12: Prozessparameter über die Prozesszeit von TX04 V1

Die Bezeichnungen der Temperaturen sind analog zur Abbildung 11. Hier lässt sich ebenfalls wieder die gleiche Abweichung zwischen der angezeigten Produkttemperatur des Panels und der angezeigten Ist-Temperatur ausmachen und sie ist ebenfalls in den niedrigeren Temperaturbereichen kleiner, die größte Abweichung sind auch hier 15 °C. Die Differenz zwischen der per Hand gemessenen und der angezeigten Ist-Temperatur ab 10 Minuten

beläuft sich auf ca. 3 °C und ist hier somit etwas niedriger als bei dem vorher beschrieben Versuch. Die Trockensubstanz betrug nach Zugabe der Pektinlösung (ca. 200 ml) nach 20 Minuten ca. 45 %. Danach wurde die Vakuumpumpe eingeschaltet und das Vakuum schrittweise auf 0,4 bar absolut eingestellt. Nach 22 Minuten unter Vakuum wurde dieses gebrochen, eine Trockensubstanz von 56 % gemessen und die Zitronensäure zudosiert. Es wurde noch einmal ein Druck von 0,4 bar absolut für 15 Minuten angelegt. Die Konfitüre wurde dann mit einer Trockensubstanz von 59,5 % entnommen. Für eine insgesamt auszudampfende Wassermenge von ca. 300 ml wurden 37 Minuten unter Vakuum benötigt, was folglich ca. 8 ml Wasser pro Minute entspricht. Dabei sollte aber nicht außer Acht bleiben, dass auch schon Wasser unter Atmosphärendruck verdampft ist und so die tatsächlich unter Vakuum verdampfte Wassermenge noch kleiner ist.

Die gleiche Rezeptur wurde auch in der Stephan Universalmaschine UM/SK 44E hergestellt (Abbildung 13).

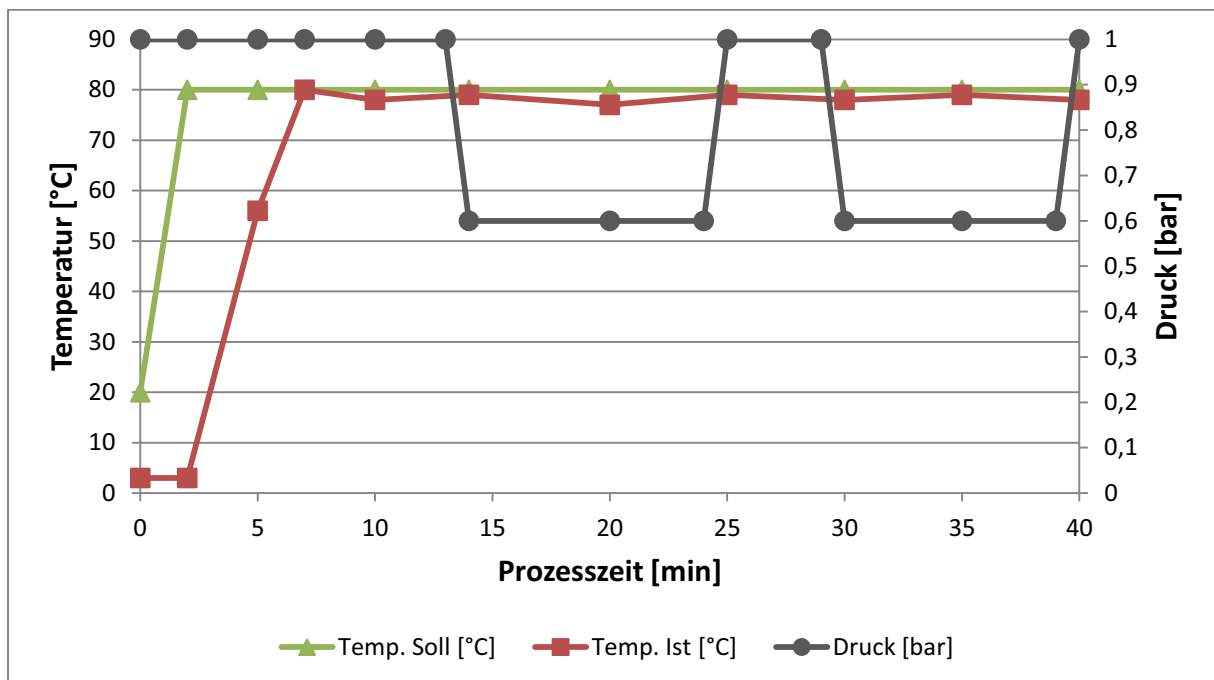


Abbildung 13: Prozessparameter über die Prozesszeit von TX04 V3 mit der Stephan Universalmaschine

In der Stephan Universalmaschine wurde die Ist-Temperatur nicht noch einmal überprüft, da dafür jedes Mal der Deckel hätte entfernt werden müssen, was wiederum zu Temperaturschwankungen führt und einen immensen Aufwand bedeutet. Insgesamt dauerte die Herstellung 40 Minuten, wobei insgesamt 21 Minuten bei einem Druck von 0,4 bar

absolut eingekocht wurde. In einer Minute wurden also ca. 14,3 ml ausgedampft, wenn das unter Atmosphärendruck verdunstete Wasser auch hier vernachlässigt wird.

In der Versuchsreihe 2 sollten Rezepturen erstellt und umgesetzt werden, die zu einer in Fruchtigkeit und Süße ausgewogenen Konfitüre führen. Da die Konfitüre nur mit Zucker immer als zu süß bewertet wurde, ist versucht worden, die Süße durch eine geringere Trockensubstanz und den Einsatz von Glucosesirup zu mindern. In Tabelle 8 sind die für die Versuchsreihe 2 hergestellten Konfitüren aufgelistet mit den Werten der Trockensubstanz und des pH-Wertes einen Tag nach der Herstellung.

Tabelle 8: Soll-Ist-Vergleich der in Versuchsreihe 2 hergestellten Konfitüren

Rezeptur	TS Soll [Brix]	TS Ist [Brix]	pH-Wert Soll	pH-Wert Ist	Anteil Glucose- sirup [%]
TX01	63,0	64,0	3,0 – 3,1	3,01	0
TX04	60,0	60,0	3,0 – 3,1	3,01	0
TX05	60,0	59,5	3,0 – 3,1	3,04	10,0
TX06	60,0	60,0	3,0 – 3,1	3,03	15,0

Die Konfitüren wurden von 3 Personen verkostet und anhand der Fruchtigkeit, Süße und Konsistenz beurteilt und untereinander verglichen. Dabei wurde die Annahme bestätigt, dass die Rezeptur 1 sehr süß und wenig fruchtig ist. Im Vergleich zu Rezeptur 1 war Rezeptur 4 mit der geringeren Trockensubstanz etwas weniger süß, besaß eine angenehmere und weniger feste Konsistenz, aber wurde auch als zu wenig fruchtig beurteilt. Von den selbst hergestellten Produkten wurde Rezeptur 6 favorisiert, da diese weniger süß und fruchtiger als die anderen wahrgenommen wurde. Störend wurde bei Rezeptur 6 die feste Konsistenz beurteilt. Es sollte auch festgestellt werden, was die selbsthergestellten Konfitüren von einer industriell hergestellten Konfitüre extra unterscheidet. Gegen die vier selbst hergestellten Konfitüren wurde ein Industrieprodukt verkostet, indem ebenfalls Glucosesirup zum Einsatz kommt und welches eine Trockensubstanz von 61,5 Brix besitzt. Insgesamt reichten die selbst hergestellten Konfitüren nicht an die industriell hergestellte Konfitüre heran, die vor allem viel fruchtiger ist und eine angenehm streichfähige Konsistenz besitzt.

Einen ausschlaggebenden Einfluss auf den Geschmack und die Fruchtigkeit der Konfitüre hat die Rohware. So kann mit verschiedenen Erdbeersorten ein ganz unterschiedlicher

Geschmack erreicht werden. Der Geschmack der Frucht wird natürlich auch durch die Wachstumsbedingungen und durch den Reifegrad beeinflusst, so dass sich sogar der Geschmack innerhalb der gleichen Sorte unterscheiden kann. Es wäre also zu empfehlen, dass die Rohware für weitere Versuche gezielt ausgewählt wird, z.B. aromatischere Erdbeeren ausgesucht werden. Eine interessante Alternative wäre auch, die Rezeptur so zu verändern, dass mehr Frucht und weniger Zucker eingesetzt wird. Dadurch muss die Konfitüre aber aufgrund einer niedrigeren Anfangstrockensubstanz stärker eingekocht werden. Denkbar wäre auch anstatt einer reinen Erdbeerkonfitüre eine Mischung mit anderen Früchten herzustellen, z.B. zusätzlich rote Johannisbeeren und Himbeeren einzusetzen. Da die Früchte säuerlicher als Erdbeeren sind, könnte so auch eine zu süße Konfitüre verhindert werden.

Einfluss auf den Geschmack kann auch die lange Kochzeit im Somakon Labormischer haben. Durch chemische und physikalische Prozesse können sich Aromastoffe verflüchtigen oder sogar inaktivieren.

Um eine aussagekräftige Schlussfolgerung zum Geschmack zu ziehen, hätte ein sensorisches Panel mit einer sensorischen Prüfung herangezogen werden müssen. Darauf wurde jedoch verzichtet, da die Herstellmethode noch nicht zufriedenstellend ausgereift war.

Die Versuchsreihe 3 sollte Aufschluss darüber geben, ob eine spätere Pektinzugabe die Festigkeit des Gels beeinflusst. Von allen Versuchen war dieser der mit der längsten Prozesszeit von 110 Minuten (Abbildung 14).

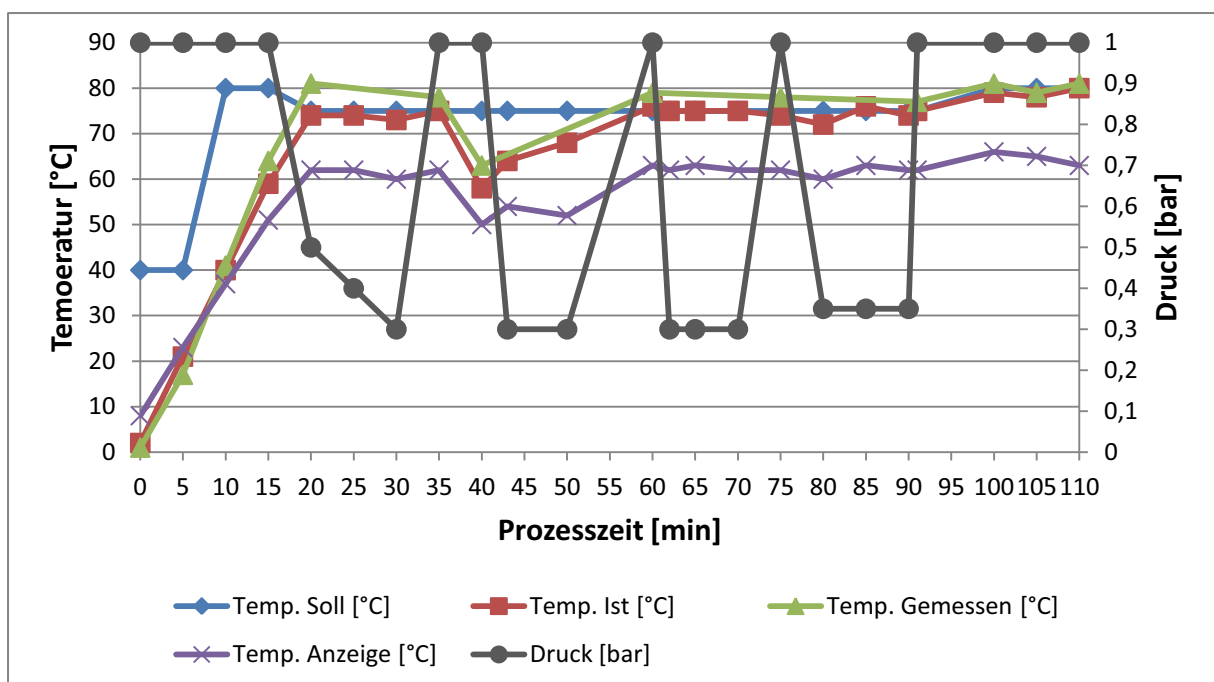


Abbildung 14: Prozessparameter über die Prozesszeit von TX04 V2

Die Trockensubstanz betrug zu Beginn 57 Brix. Es war geplant, die Zutaten bis 65 Brix eindampfen zu lassen und dann das Pektin zuzugeben. Da nach 91 Minuten (41 Minuten unter Vakuum) die Trockensubstanz gerade einmal 5 % gestiegen war, wurde beschlossen, die Pektinlösung einzubringen und nach guter Durchmischung noch einmal zu messen. Überraschenderweise wurden dann 61 Brix gemessen. Also wurde der Prozess nach Zugabe von Zitronensäure und noch etwas Wasser, um 60 Brix Endtrockensubstanz zu erreichen, beendet. Die Messung der Trockensubstanz am nächsten Tag mit dem Abbe-Refraktometer ergaben 59,5 Brix. Es stellt sich nun die Frage, ob die Messung mit dem Handrefraktometer fehlerhaft war und die tatsächliche Trockensubstanz nach 91 Minuten doch höher lag. Ein Grund für die fehlerhafte Messung könnte sein, dass sich der Bereich von 62 bis 65 Brix bei dem einen Handrefraktometer im oberen, bei dem anderen Refraktometer im unteren Messbereich befunden hat. An den Randbereichen kann es zu Messungenauigkeiten kommen. Für den Temperaturabfall bei Minute 40 ist ein Festfahren des Abstreifers verantwortlich. Der Prozess und die Prozesszeit wurde gestoppt und der Abstreifer repariert, dazu musste der Dampf zur Beheizung des Rührkessels abgestellt werden. Glücklicherweise befand sich noch kein Pektin im Produkt, da Temperaturen von 60 °C schon zur Vorgelierung geführt hätten. In der Versuchsreihe 3 wurden aufgrund der langen Prozesszeit keine Versuche mehr durchgeführt. Da aufgrund der zunehmenden Viskosität sich bei höheren Trockensubstanzen das Wasser nur noch schwer ausdampfen lässt, ist es zweckmäßiger, die Pektinlösung möglichst früh mit in den Prozess zu geben. Die Texturmessung ergab auch keinen Vorteil in einer späten Zugabe der Texturmessung. Mehr dazu unter Punkt 4.3.1.

4.2.2 Verdampfungsversuch

Da für die Herstellung einer Charge von 2 kg Konfitüre im Somakon Labormischer im Vergleich zur Stephan Universalmaschine extrem lange Prozesszeiten benötigt werden, wurde beschlossen, einen Verdampfungsversuch durchzuführen. Zum direkten Vergleich wurde dieser ebenfalls bei der Stephan Universalmaschine durchgeführt. Dazu wurden jeweils 2 kg Wasser eingewogen und auf 80 °C erhitzt. Bei Erreichen der Temperatur wurde ein Druck von 0,4 bar absolut eingestellt und die Zeit gestoppt. Nach 30 Minuten wurde die Masse an Wasser, die im Kessel verblieben ist, ausgewogen und so die verdampfte Wassermenge ermittelt. Es wurde in beiden Maschinen eine Doppelbestimmung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Ergebnisse der Verdampfungsversuche im Somakon Labormischer und in der Stephan Universalmaschine

	ausgedampfte Wassermenge 1 [g]	ausgedampfte Wassermenge 2 [g]	Mittelwert [g]	Mittelwert [kg/h]
Somakon Labormischer	206,5	210,5	208,5	0,417
Stephan Universalm.	873,0	809,3	841,2	1,682

Es konnte festgestellt werden, dass die Stephan Universalmaschine 4-mal so schnell Wasser wie der Somakon Labormischer verdampft. In der Stephan Universalmaschine befindet sich eine Flüssigkeitsringvakuumpumpe des Typs LEM 25 hergestellt von der Firma Sterling SIHI GmbH. Der Pumpenkennlinie der Betriebsanleitung kann entnommen werden, dass eine solche Pumpe mit einer Leistung von 50 Hz einen Ansaugvolumenstrom von $24 \text{ m}^3/\text{h}$ (mit wasserdampfgesättigter Luft, $20 \text{ }^\circ\text{C}$) besitzt. Die Vacuubrand Membranpumpe MZ2NT des Somakon Labormischers besitzt dagegen nur ein Nennsaugvolumen von $2 \text{ m}^3/\text{h}$. Um dies mit den aufgenommenen Werten vergleichen zu können, müssen diese zuvor noch umgerechnet werden. Dabei wird angenommen, dass die Dichte von gesättigtem Wasserdampf bei 0,4 bar und $76 \text{ }^\circ\text{C}$ $0,252 \text{ kg/m}^3$ ist (Dampftabelle) und ein genau so beschaffener Dampf von den Pumpen abgesaugt wurde. Dann ergibt sich für das tatsächliche Ansaugvolumen für die Membranpumpe ein Wert von $1,65 \text{ m}^3/\text{h}$ und für die Flüssigkeitsringvakuumpumpe ein Wert von $6,68 \text{ m}^3/\text{h}$. Die theoretischen und praktischen Werte der Ansaugvolumenströme sind in Tabelle 10 noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 10: theoretische und praktische Werte der Ansaugvolumenströme

	Ansaugvolumen- strom theor. [m^3/h]	Wassermasse theor. ¹ [kg/h]	Ansaugvolumen- strom prakt. ¹ [m^3/h]	Wassermasse prakt. ¹ [kg/h]
Somakon Labormischer	2,0	0,504	1,65	0,417
Stephan Universalm.	24,0	6,048	6,68	1,682

¹ Druck = 0,4 bar absolut, Temperatur = $76 \text{ }^\circ\text{C}$

Der theoretische und praktische Wert der Membranpumpe des Somakon Labormischers weichen lediglich um $0,35 \text{ m}^3/\text{h}$. Bei der Flüssigkeitsringvakuumpumpe ist eine größere Abweichung ermittelt worden. Es sollte aber beachtet werden, dass die Pumpe auch nur so viel Wasserdampf abziehen kann, wie auch entsteht. Außerdem wird bei der Flüssigkeitsringvakuumpumpe die durch das Falschluffventil einströmende Luft ebenfalls mit abgesaugt. Diese Luft wird jedoch bei der Berechnung des Ansaugvolumenstromes nicht berücksichtigt. Der limitierende Faktor bei dem Somakon Labormischer ist also das Nennsaugvolumen der Membranpumpe, bei der Stephan Universalmaschine ist der limitierende Faktor die entstehende Wasserdampfmenge.

4.3 Ergebnisse und Auswertung der Textur Analyse

4.3.1 Konfitüre extra

Die für die Texturmessung vorbereiteten Proben wurden jeweils einen Tag nach der Herstellung gemessen. Insgesamt wurden pro Konfitüre fünf Messungen durchgeführt, wobei für jede Messung ein Probenbecher verwendet wurde.

In Abbildung 15 ist die Festigkeit, mit den dazugehörigen Standardabweichungen, der Konfitüre extra in einem Diagramm dargestellt. Die gruppierten Balken gehören zu einer Rezeptur. Die mit V als ersten Buchstaben bezeichneten Rezepturen wurden im Vorversuch hergestellt, die mit T als ersten Buchstaben bezeichneten Rezepturen wurden im Technikum hergestellt. In den folgenden Diagrammen ist die Bezeichnung analog.

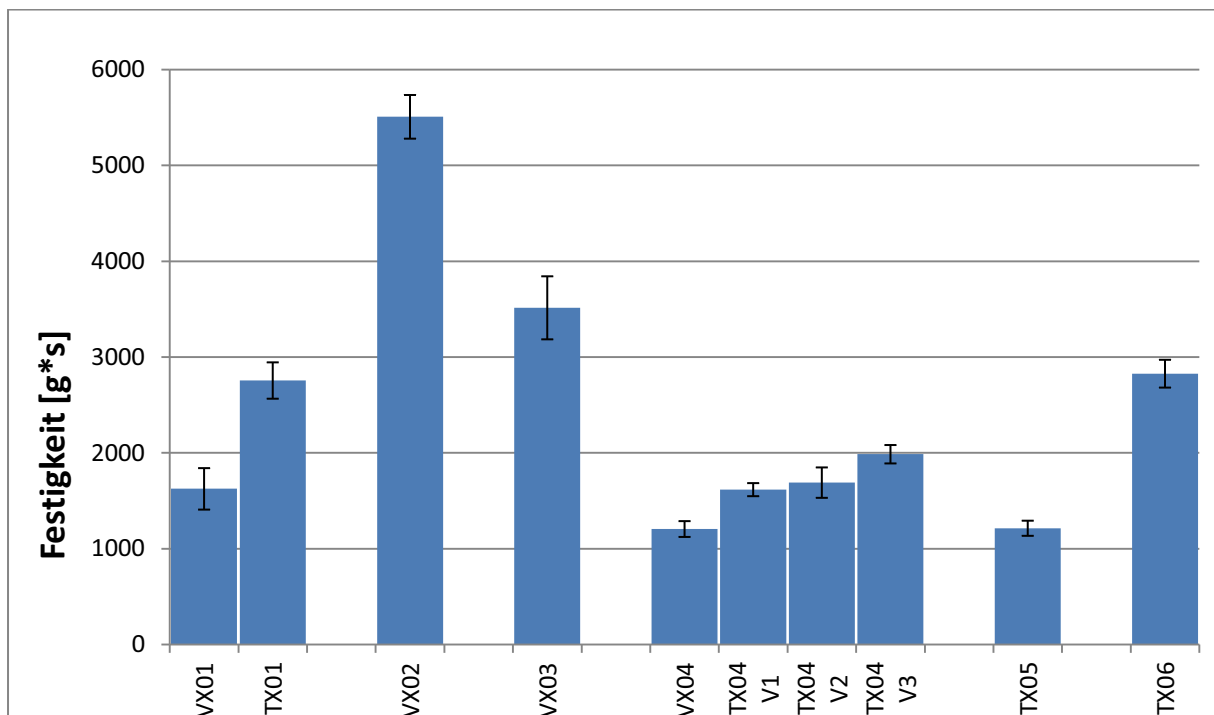


Abbildung 15: Festigkeit mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten Konfitüren extra

Es lässt sich erkennen, dass die Vorversuche im Vergleich zu den zugehörigen Technikumsversuchen eine geringere Festigkeit aufweisen. Dies lässt sich durch die höheren Temperaturen (ca. 100 °C) bei der Herstellung von Konfitüre unter Atmosphärendruck erklären. Dadurch wird das Pektin stärker strapaziert und es verringert seine Gelierfähigkeit. Bei der Rezeptur 1 ist dieser Unterschied mit 1131 g*s Differenz größer als bei Rezeptur 4 (ca. 400 bis 700 g*s). Bei den Rezepturen 2 und 3, die durch die sensorische Wahrnehmung

schon als deutlich zu fest beurteilt wurden, zeigen sich erwartungsgemäß bei der Texturanalyse auch sehr hohe Festigkeitswerte. Mit den gewählten Einstellungen lässt sich also die Aussage treffen, dass Konfitüren dieser Rezeptur mit dem verwendeten Pektin oberhalb eines Festigkeitswertes von 3000 g*s nach eigenem Ermessen inakzeptabel sind, da sie wenig bis keine Streichfähigkeit besitzen und sehr spröde Gele ausbilden.

Interessant ist der Vergleich innerhalb der Rezeptur 4. Der Unterschied, zwischen Versuch 1 und Versuch 2 bestand darin, dass bei Versuch 2 das Pektin später zugegeben wurde. Es sollte dabei herausgefunden werden, ob der Zeitpunkt der Pektindosierung eine Rolle bei der Festigkeit spielt. Bei Versuch 1 befand sich das Pektin ca. 50 Minuten und bei Versuch 2 ca. 15 Minuten bei Temperaturen über 80 °C im Produktansatz. Der minimale Unterschied lässt die Vermutung zu, dass der Zeitpunkt der Pektindosierung im Gegensatz zu den Temperaturen keine Rolle spielt. Um die Vermutung zu stützen, hätten mehrere Versuche durchgeführt und ausgewertet werden müssen.

Versuch 3 wurde als einziger Versuch in der Stephan Universalmaschine durchgeführt. Die Bedingungen bezüglich Vakuum und Temperatur waren annähernd gleich gewählt, nur die gesamte Herstellungszeit war kürzer. Insgesamt war das Pektin bei dem Versuch ca. 30 Minuten hohen Temperaturen von ca. 80 °C ausgesetzt. Allerdings ist zu bemerken, dass die manuelle Steuerung der Temperatur zu einer Temperaturschwankung zwischen 75 und 81 °C geführt hat. Durch die fehlerhafte Temperaturmessung in der Somakon Universalmaschine, ist davon auszugehen, dass die Konfitüre zeitweise Temperaturen von bis zu 90 °C oder sogar mehr ausgesetzt war. Der Temperaturunterschied könnte die Ursache für die höhere Festigkeit der Konfitüre aus Versuch 3 sein.

Rezeptur 4 und 5 weisen eine nahezu identische Festigkeit auf. Die Rezepturen sind auch identisch in der Pektinmenge, Rezeptur 5 enthält aber weniger Saccharose, dafür aber 10 % Glucosesirup. Rezeptur 6 enthält 15 % Glucose und rund 42 % Saccharose. Es kann jedoch nicht begründet werden, warum die Festigkeit dieser Konfitüre so untypisch hoch ist. Der Einfluss von Glucose auf die Festigkeit von Konfitüren und das Gelierverhalten von Pektin müsste dazu genauer untersucht werden.

Die Standardabweichung war mit 329 g*s bei Rezeptur 3 am größten (Variationskoeffizient von 9 %) und bei Versuch 1 der Rezeptur 4 mit 68 g*s (Variationskoeffizient von 4 %) am kleinsten. Die hohe Standardabweichung bei Rezeptur 3 lässt sich durch eine eventuell

aufgetretene Vorgelierung während des Siebens in einigen der Proben erklären. Eine Vorgelierung führt wiederum zu einer geringeren Festigkeit.

In Abbildung 16 ist die jeweils maximal gemessene Kraft festgehalten, die der Prüfkörper benötigt hat, um sich in die Konfitüre zu pressen. Dieser Wert entspricht der Bruchstärke bzw. Bruchfestigkeit, d.h. wie viel Kraft benötigt wird, um das Gel zu brechen. Diese ist ein Indiz dafür, wie die Gele beim ersten Anstechen oder Kauen sensorisch empfunden werden.

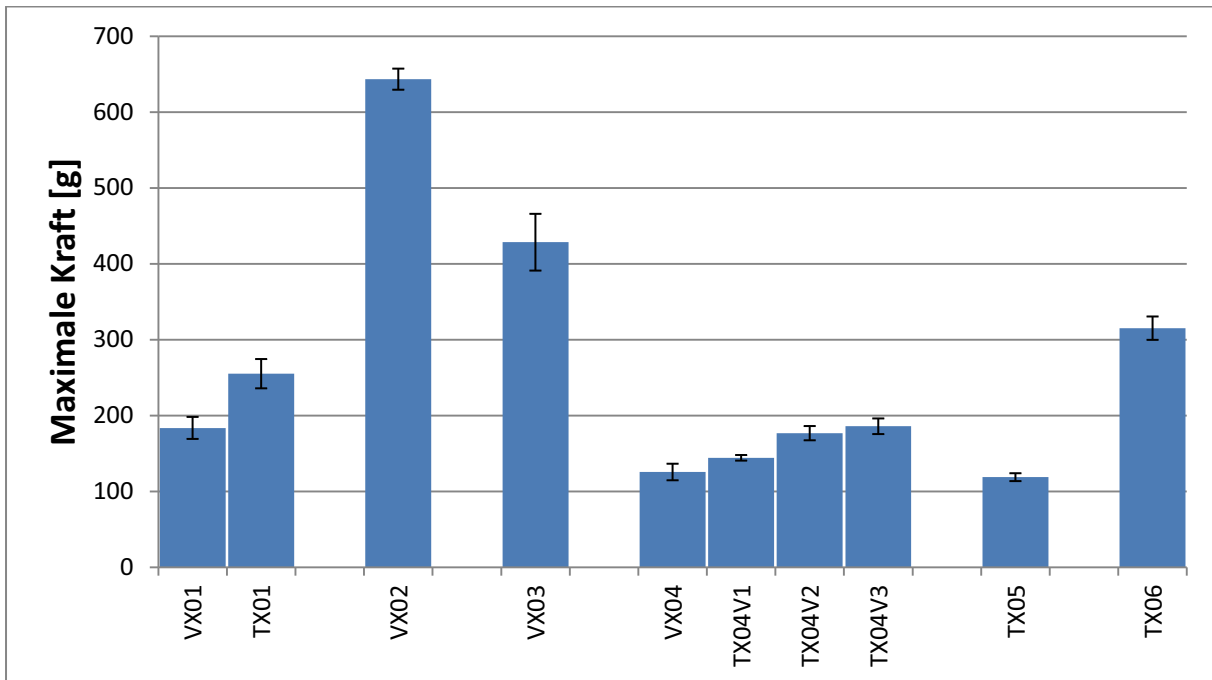


Abbildung 16: maximal gemessene Kraft mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten Konfitüren extra

Das Diagramm ist analog zum Diagramm über die Festigkeit. Einzig die Abstände zueinander unterscheiden sich vom anderen Diagramm. Die größte Bruchstärke mit 643 g besitzt Rezeptur 2, die kleinste Bruchstärke besitzt Rezeptur 5 mit 119 g. Die Standardabweichung ist hier wie bei der Auswertung zur Festigkeit bei Rezeptur 3 mit 37 g (Variationskoeffizient von 9 %) am höchsten und bei Versuch 1 der Rezeptur 4 mit 4 g (Variationskoeffizient von 3 %) am kleinsten.

4.3.2 Zuckerreduzierte Konfitüre

In Abbildung 17 ist die Festigkeit der zuckerreduzierten Konfitüre in einem Diagramm mit dazugehörigen Standardabweichungen dargestellt. Die Proben wurden genau wie bei der Konfitüre extra einen Tag nach der Herstellung gemessen.

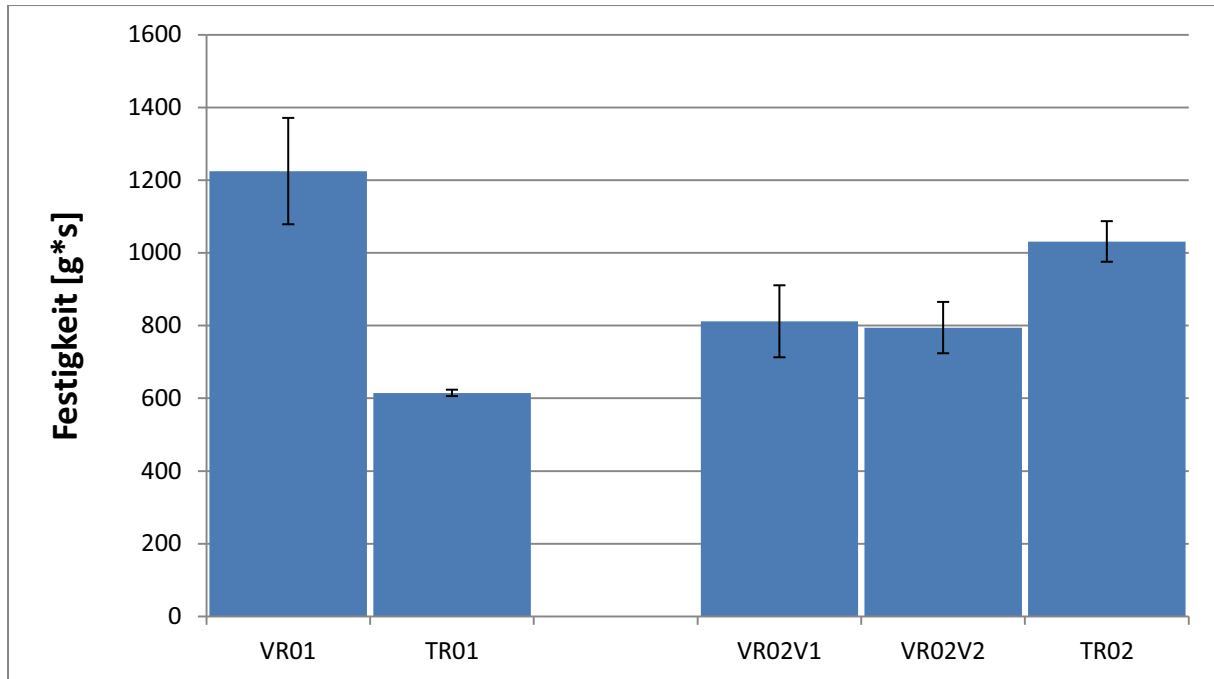


Abbildung 17: Festigkeit mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten zuckerreduzierten Konfitüren

Die größte Festigkeit hat hier die Rezeptur 1 mit 1225 g*s, hergestellt im Vorversuch und die kleinste Festigkeit hat ebenfalls Rezeptur 1 mit 615 g*s, hergestellt im Technikum. Entgegen der Erwartung ist es bei der zuckerreduzierten Konfitüre bei der Rezeptur 1 nicht der Fall, dass die im Vorversuch hergestellte Konfitüre weicher als die im Technikum hergestellte Konfitüre ist. Jedoch entspricht die Rezeptur 2 dieser Erwartung. Bei der Rezeptur 2 wurde auch erst davon ausgegangen, dass bei der Einwaage des Pektins ein Fehler begangen wurde, da die Festigkeit trotz 0,2 % mehr Pektin im Gegensatz zur Rezeptur 1 geringer ist und wurde deshalb wiederholt. Außerdem war die Trockensubstanz bei Versuch 1 mit 33,5 Brix zu hoch. Die Wiederholung zeigt aber eine nahezu identische Festigkeit zum ersten Versuch, so dass ein Fehler ausgeschlossen werden kann. Es lässt eher vermuten, dass beim Vorversuch der Rezeptur 1 ein Fehler unterlaufen ist. Eventuell wurde zu viel Calciumcitrat oder Pektin eingewogen, was zu höheren Festigkeitswerten führen würde. Die Herstellung dieser Rezeptur hätte wiederholt werden müssen. Der Technikumsversuch der Rezeptur 1 hat eine geringere Festigkeit als alle Versuche mit Rezeptur 2, so wie es erwartungsgemäß sein sollte.

Sensorisch zu weich erwies sich Konfitüre TR01, es ist deshalb eine Pektinkonzentration von 1,2 % bei einer Herstellung im Technikum zu empfehlen. Die zuckerreduzierten Konfitüren der Rezeptur 2 waren alle streichfähig und nicht zu weich.

Abbildung 18 zeigt die maximale Kraft, die der Prüfkörper benötigt hat, um sich in die Konfitüre zu pressen. Auch hier wurde die Standardabweichung mit angegeben.

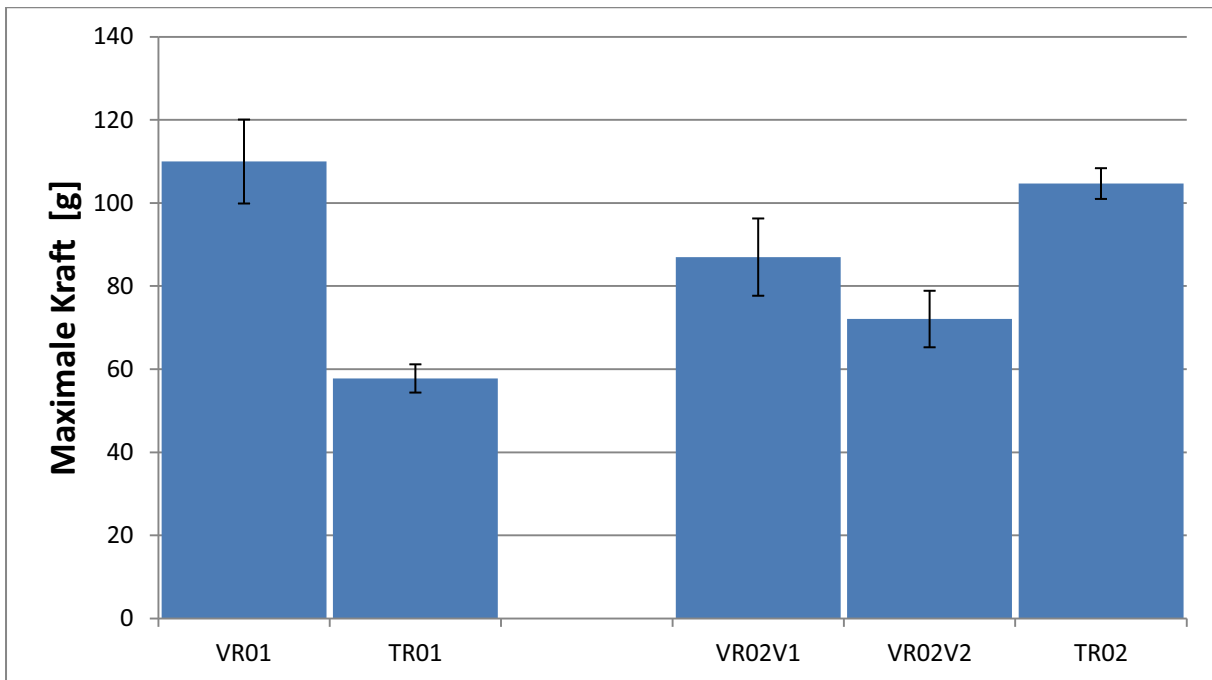


Abbildung 18: maximal gemessene Kraft mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten zuckerreduzierten Konfitüren

Die Bruchstärke der Rezeptur VR01 ist mit 110 g die höchste, dicht gefolgt von Rezeptur TR02 mit 105 g. Obwohl die beiden im Vorversuch hergestellten Konfitüren der Rezeptur 2 eine fast identische Festigkeit besaßen, unterscheiden sich ihre Bruchstärken um 15 g. Die Standardabweichung beider Messungen mit 9 bzw. 7 g liegt relativ hoch.

Es fällt auf, dass die zuckerreduzierten Konfitüren alle einen wesentlich geringeren Festigkeitswert als die Konfitüren extra besitzen. Bei beiden Konfitüren handelt es sich um völlig unterschiedliche Gelstrukturen. Pektine können abhängig von ihren Eigenschaften elastisch-viskose oder elastisch-spröde Texturen ausbilden. Dies ist wiederum abhängig vom verwendeten Rohstoff zur Pektinherstellung, dem Veresterungsgrad des Pektins, aber auch von den Einflussgrößen pH-Wert, Calciumkonzentration und Trockensubstanz. Das sensorische Festigkeitsempfinden beim Löffeln oder Verstreichen ist abhängig vom Verhältnis von elastischen zu viskosen Eigenschaften. Elastisch-viskose Gele besitzen eine

relativ niedrige Bruchfestigkeit, aber beim weiteren Eindringen in das Gel muss kontinuierlich Kraft aufgebracht werden, um die Kräfte des inneren Zusammenhaltes zu überwinden. Dies führt zu einem weichen, glatten Mundgefühl. Bei elastisch-spräden Gelen hingegen muss mehr Kraft aufgebracht werden, um die Bruchfestigkeit zu überwinden, allerdings zerbrechen dann die Gelstrukturen in kleinere Fragmente ohne weiteren Zusammenhalt und deshalb wird kaum noch Kraft aufgebracht, um weiter in das Gel einzudringen. Dies macht die Konfitüre etwas rauher im Mundgefühl. Die zuckerreduzierten Konfitüren weisen ein elastisch-sprödes Gel auf und können deshalb nicht direkt mit den elastisch-viskosen Gelen der Konfitüren extra verglichen werden.

4.4 Ergebnisse und Auswertung der Farbmessung

Die Mittelwerte der Farbwerte der einzelnen Konfitüre extra Rezepturen sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Es wurde der Farbabstand zwischen der im Vorversuch und der im Technikum hergestellten Konfitüre errechnet.

Tabelle 11: Farbwerte der einzelnen Konfitüre extra Rezepturen und Farbabstand ΔE

Rezeptur	Farbwert			Farbabstand ΔE
	L*	a*	b*	
VX01	30,08	1,04	1,01	11,7
TX01	19,34	5,70	1,61	
VX02	26,74	4,93	3,03	-
VX03	30,42	2,83	2,04	-
VX04	17,77	10,58	3,01	6,9
TX04 V1	21,34	5,31	0,45	
TX04 V2	30,22	1,42	0,27	
TX04 V3	27,42	6,69	5,68	10,8
TX05	23,87	4,45	0,96	-
TX06	31,49	1,54	0,22	-

Der Farbabstand zwischen dem Vorversuch und dem Technikumsversuch ist bei Rezeptur 1 und 4 größer als 5, d.h. dass ein deutlich sichtbarer Farbunterschied besteht. Durch die höheren Temperaturen bei den Vorversuchen wäre anzunehmen, dass diese einen niedrigeren

L*-Wert besitzen, also dunkler sind. Dies ist bei Rezeptur 4 der Fall, bei Rezeptur 1 ist der L*-Wert des Vorversuches aber deutlich höher. Auch wurde bei Rezeptur VX02 visuell eine dunklere Farbe wahrgenommen als bei VX01 und VX03. Dies lässt sich anhand der Farbmessung nicht bestätigen, da der L*-Wert nur geringfügig kleiner ist.

Tabelle 12: Farbwerte der einzelnen zuckerreduzierten Konfitüren und Farbabstand ΔE

Rezeptur	Farbwert			Farbabstand
	L*	a*	b*	ΔE
VR01	25,60	4,63	2,14	
TR01	27,17	7,76	3,56	3,8
VR02 V1	29,65	2,91	2,16	13,9
VR02 V2	20,90	7,59	2,35	8,4
TR02	23,03	13,85	7,50	

In Tabelle 12 sind die Farbwerte und der Farbabstand der zuckerreduzierten Konfitüren zusammengestellt. Die Farbe des Vorversuches und des Technikumsversuches der Rezeptur 1 sind sich ähnlich, sie haben nur einen geringen Farbunterschied. Bei Rezeptur 2 sind die Farbunterschiede höher.

Wenn die Farben in einem geeigneten Programm wiedergegeben werden würden, würden, wie vielleicht erwartet, keine roten Farbtöne entstehen. Die Farbkoordinaten a* und b* befinden sich im positiven Bereich, d.h. für a* im Bereich Rot und für b* im Bereich Gelb. Jedoch sind die Zahlenwerte sehr niedrig. Je höher der Zahlenwert, eine umso größere Sättigung besitzt die Farbe. Die gemessenen Farbwerte befinden sich eher im grauen Bereich. Grund dafür könnte sein, dass durch die hohe Schichtdicke des, fürs menschliche Auge durchsichtig roten Gels die Lichtstrahlung zu sehr gestreut hat und nicht ausreichend Lichtstrahlung zurückgestrahlt wurde, um von der Photozelle aufgenommen zu werden. Bei allen Messungen aller Konfitüren war die Schichtdicke aber annähernd gleich, was die Ergebnisse untereinander vergleichbar macht.

Eine Empfehlung für erneute Farbmessungen wäre, die Konfitüre wenige Millimeter dick auf einem weißen Stück Papier auszustreichen und dann mit dem Farbmessgerät von oben zu messen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass bei allen Proben die Schichtdicke annähernd gleich ist, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Die Farbwerte lassen nicht, wie erhofft, eine Aussage darüber zu, ob Konfitüren mit einer längeren Zubereitungszeit eine dunklere Farbe durch stärkeres Karamellisieren haben bzw. ob durch die höheren Temperaturen bei den in den Vorversuchen hergestellten Konfitüren stärkeres Karamellisieren und dadurch eine dunklere Farbe sichtbar ist.

Um besser vergleichen zu können, hätten mehrere Versuche zu gleichen Rezepturen und z.B. verschiedenen Zubereitungszeiten durchgeführt werden müssen. Dann hätte der Farbabstand zu einem Standard in Abhängigkeit von der Zubereitungszeit bestimmt werden können. Bei solchen Versuchen müssen die Erdbeeren auch unbedingt aus ein und derselben Charge stammen, da die Farbe des Endproduktes auch immer stark von der Farbe des Rohstoffes, in dem Fall der Erdbeeren, abhängig ist.

5 Diskussion

Insgesamt ergaben sich bei den Versuchen einige Probleme bei der Herstellung von Konfitüre mit dem neu angeschafften Somakon Labormischer. Es wurde sich daraufhin näher mit diesem Labormischer beschäftigt und Vergleiche zu der bis dahin verwendeten Anlage, der Stephan Universalmaschine, angestellt. Vor allem fiel gleich zu Beginn der Versuche auf, dass sich für die Prozesskontrolle die angezeigte Produkttemperatur nicht verwenden ließ. Als Grund für die hohe Temperaturdifferenz der angezeigten Produkttemperatur stellte sich ein Programmierfehler heraus. Bei dem Thermometer handelt es sich um ein Widerstandsthermometer, welche die Änderung des elektrischen Widerstandes von Materialien bei Änderung der Temperatur zur Messung nutzen. Anhand der gemessenen Spannung kann die Temperatur berechnet werden. Anstatt des auf dem Thermometer angegebenen Messbereiches von -50 bis 200 °C war ein Messbereich von -40 bis 160 °C eingestellt und somit die Umrechnung fehlerhaft. Das Problem wurde inzwischen vom Hersteller behoben. Die im Bedienpanel angezeigte Produkttemperatur kann also bei zukünftigen Versuchen zur Prozesskontrolle herangezogen werden.

Auch das Problem, dass bei fehlender Freigabe der Deckelabfrage das Mischwerkzeug läuft, ist auf einen Programmierfehler zurückzuführen und wird vom Hersteller durch Softwareaktualisierung behoben.

Das Hauptproblem war jedoch die geringe Verdampfungsleistung. Der Somakon Labormischer ist in dem dargestellten Aufbau nicht für die Herstellung von Konfitüre geeignet, da durch die geringe Saugleistung der Pumpe das Verdampfen sehr langsam von statten geht. Die durch die Pumpe abgeführte Wassermenge ist abhängig von dem eingestellten Druck und Temperatur und der daraus resultierenden Dichte des gesättigten Wasserdampfes. Je niedriger der Druck, desto niedriger auch die Dichte des gesättigten Dampfes. Folglich wird weniger Wassermasse abtransportiert. Voraussetzung dafür ist, dass im Kessel genügend Wasserdampf produziert wird. Bei der Stephan Universalmaschine ergab sich dieses Problem nicht, da weniger Wasserdampf entstanden ist, als laut Ansaugleistung abtransportiert werden kann.

Verbesserung der Leistung des Somakon Labormischers könnte ein Kondensator bringen. Wenn gesättigter Wasserdampf mit der Kühlspirale in Kontakt kommt, kondensiert er, da ihm die für den Phasenwechsel nötige Energie entzogen wird. Der Wasserdampf muss so im Luftstrom der Pumpe nicht weiter mittransportiert werden. Durch die Verflüssigung nimmt

das Volumen stark ab. Im günstigsten Fall kondensiert der Wasserdampf komplett, sodass die Vakuumpumpe nur die Luft absaugt, die durch Undichtigkeiten in das System eintritt. Die Kondensation beeinflussende Faktoren sind die Temperatur der Kühlspirale, der Volumenstrom an Kühlwasser und der Länge der Kühlspirale bzw. der damit im Zusammenhang stehenden Kondensationsoberfläche.

Der neue Versuchsaufbau des Somakon Labormischers mit Kondensator ist in Abbildung 19 zu sehen. Bei dem Kondensator handelt es sich um einen Graham-Kondensator aus Glas der mittels eines Laborthermoastats gekühlt wird.



Abbildung 19: Aufbau des Somakon Labormischers mit Graham-Kondensator

In neuen Versuchen kann überprüft werden, inwieweit eine Verbesserung der Verdampfungsleistung mit dem Kondensator erreicht wird.

Nachteilig ist, dass durch einen Glaskondensator immer die Gefahr von Glasbruch besteht. Gegenüber anderen Materialien besteht aber der Vorteil, dass der Prozess des Kondensierens so sichtbar ist. Insgesamt ist der Versuchsaufbau in der Form viel komplexer und nimmt deutlich mehr Raum ein. Bevor das Produkt entnommen werden kann, muss der Kondensator vom Gerät entfernt werden und da er keine eigene Halterung besitzt und sehr heiß ist, besteht die Gefahr, dass er beim Entfernen fallengelassen wird. Außerdem wäre es für die

Prozesskontrolle sinnvoll, wenn der Kolben zum Brüdenauffangen eine Volumenmessskala besitzen würde.

Eine andere Lösung wäre eine leistungsstärkere Membranpumpe einzubauen, z.B. mit einem Nennsaugvolumen ab $7 \text{ m}^3/\text{h}$, die damit dem tatsächlichen Absaugvolumen von rund $7 \text{ m}^3/\text{h}$ der Vakuumpumpe in der Stephan Universalmaschine entsprechen würde. Dann könnte eventuell auch auf den Kondensator verzichtet werden. Um jedoch die Möglichkeit zu haben, die ausgedampfte Wassermenge aufzufangen und in eine Stoffbilanz mit einzubeziehen, ist ein Kondensator unerlässlich.

Ein direkter Vergleich zwischen dem Somakon Labormischer und der Stephan Universalmaschine ergeben folgende Erkenntnisse: Einfüllung der Rohstoffe und Entnehmen des Produktes ist beim Somakon Labormischer einfacher, da das Schauglas als Einfüllstutzen fungiert und zum Entnehmen der Kessel in Schräglage versetzt werden kann. Bei der Stephan Universalmaschine muss der gesamte Deckel zum Befüllen entfernt werden. Beim Einbringen kleinerer Mengen Flüssigkeit, z.B. der Pektinlösung, kann der dafür vorgesehene lange und schmale Einfüllstutzen genutzt werden, bei dem aber die Gefahr besteht, dass Rückstände darin zurückbleiben und nicht komplett in den Produktansatz gelangen. Ein weiterer Nachteil der Stephan Universalmaschine ist die manuelle Temperatursteuerung. Desweiteren muss beim Entleeren der gesamte noch heiße Kessel entfernt werden, was bei unsachgemäßer Handhabung zu Verbrennungen führen kann.

Ohne Einsatz des Kondensators beim Somakon Labormischer ist jedoch die Stephan Universalmaschine zur Herstellung von Konfitüre geeigneter, da durch die bessere Verdampfungsleistung die Herstellzeit wesentlich geringer ist. Außerdem ist kein komplizierter Aufbau mit Kondensator notwendig. Ob der Somakon Labormischer mit Kondensator an die Verdampfungsleistung der Stephan Universalmaschine heranreicht, sollte durch geeignete Versuche überprüft werden.

Trotz der langen Herstellzeiten wurden im Rahmen dieser Arbeit Konfitüren mit einer festen, Textur hergestellt. Bei den im Praktikum hergestellten Konfitüren kam es allerdings häufig zu einer viel zu weichen Textur. Der Grund ist aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Art der Einbringung des Pektins zu suchen. Möglich wäre, dass das Pektinpulver schlecht im Wasser gelöst und/oder die Temperatur zu niedrig gehalten wurde, so dass die Gelierfähigkeit des Pektins nicht vollständig ausgenutzt werden konnte und/oder eine Vorgelierung auftrat.

Es ist nicht unbedingt notwendig, wie im Praktikum durchgeführt, das Pektin in einer Saccharoselösung zu lösen. Um eine sehr gut dispergierte Pektinlösung zu erstellen, wird empfohlen, das Pektinpulver mittels eines Ultra Turrax in ca. 200 ml (bei hochverestertem Pektin) bzw. 400 ml (bei niedrigveresterten Pektin) kochenden Wasser zu lösen. Der schnell laufende Rührer und heißes Wasser mit einer Temperatur über 80 °C begünstigen eine gute Löslichkeit des Pektins. Außerdem sollte die Pektinlösung frisch kurz vor der Verwendung hergestellt und gleich in den Produktansatz gegeben werden. So wird ein unnötig langes Heißhalten verhindert, das möglicherweise die Geliereigenschaften des Pektins vermindert und die Gefahr verringert, dass die Pektinlösung durch eine zu niedrige Temperatur vorgeliert.

Bei der zuckerreduzierten Konfitüre wird eine Pektinmenge von 1,2 % empfohlen, da die Konfitüre mit 1,0 % Pektin bei der Herstellung im Technikum eine relativ weiche Textur aufwies. Um ein Produkt mit etwas weniger sprödem und mehr viskosem Gel zu erhalten, kann mit der Verminderung der Calciumkonzentration Einfluss genommen werden. In wie weit sich jedoch die Verminderung der Calciumkonzentration bei diesem Pektin auswirkt und ob dann nicht ein Produkt mit viel zu weicher Textur entsteht, sollte vorher in Versuchen untersucht werden. Allgemein lässt sich aber die Aussage treffen, dass weniger Calcium zu weniger spröden Gelen führt.

Bei der Konfitüre extra wird eine Trockensubstanz von 60 % und eine Pektinmenge von 0,6 % empfohlen. Das favorisierte Produkt enthält außerdem einen 15 %-tigen Anteil an Glucosesirup in der Rezeptur. Um ein in Fruchtigkeit und Süße ausgeglichenes Produkt zu erhalten, sollte hochwertigere Fruchtrohware eingesetzt werden, da diese den Geschmack hauptsächlich beeinflusst. Eine Variante wäre außerdem zusätzlich zu Erdbeeren Johannisbeeren und/oder Himbeeren einzusetzen und so eine Mischkonfitüre herzustellen. Eine andere Variante wäre, mehr Frucht weiter einzukochen und so weniger Zucker einzusetzen. Dabei sollte jedoch die Zeit, die dann zum Verdampfen benötigt wird, beachtet werden und nicht zu lange andauern, da ansonsten durch Abbau von Aroma und Farbe dem gewünschten Effekt wieder entgegen gewirkt wird.

Bei den im Rahmen dieser Arbeit hergestellten Konfitüren handelt es sich nicht um stückige Produkte, da die Erdbeeren durch das im Somakon Labormischer befindliche Mischwerkzeug zerstört wurden. Um ein stückiges Produkt zu erhalten, sollte ein anderes Mischwerkzeug eingesetzt werden. Nachteilig ist hierbei auch, dass keine Drehzahlen kleiner 100 Umdrehungen pro Minute eingestellt werden konnten. Für die industrielle

Konfitürenherstellung werden langsam laufende Rührwerkzeuge verwendet, um die Fruchtstücken schonend zu behandeln. Bei weiteren Versuchen könnte aber untersucht werden, ob es möglich ist, das Mischwerkzeug nach dem Auftauen der Erdbeeren abzustellen und dass Abstreiferwerkzeug ausreicht, um eine gute Durchmischung zu erreichen.

Um den Einfluss Rohware zu verringern, hätte zu Beginn von den vorhandenen Erdbeeren ein Mischmuster erstellt werden sollen. Auch hätten Farbmessungen an der Rohware durchgeführt werden sollen, um diese als Vergleich zu den Farbwerten der hergestellten Konfitüren heranziehen zu können. Dann hätte eventuell abgeschätzt werden können, inwieweit die Rohware und die Herstellzeit Einfluss auf die Farbe haben.

6 Zusammenfassung

Ziel der Bachelorarbeit war es, verschiedene Erdbeerkonfitüren unter Verwendung des neuen Labormischers MP5 der Firma Somakon herzustellen. Bezogen wurde sich dabei auf das Praktikum zur Herstellung von Konfitüre im Modul „Technologie der Gemüse, Früchte, Öle“, wo zur Herstellung die Stephan Universalmaschine UM/SK 44E verwendet wurde. Der Prozess sollte für eine Konfitüre extra und eine zuckerreduzierte Konfitüre auf den neu angeschafften Labormischer übertragen werden.

Da die Konfitüre aus dem Praktikum häufig eine zu weiche Textur aufwies und als „zu süß“ beurteilt wurde, sollte die Pektinmenge, die Herstellung einer Pektinlösung sowie Produktions- und Rezepturparameter überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

Zur Überprüfung, ob die Pektinmenge eine ausreichende Festigkeit garantiert, wurden Vorversuche mit unterschiedlichen Pektindosierungen im 1-kg-Maßstab in Form von Kochversuchen unter Atmosphärendruck durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass eine zu geringe Pektindosierung kein Grund für die zu weiche Textur war.

Die Herstellung von ausgewählten Rezepturen sollte dann im Somakon Labormischer unter Vakuum erfolgen. Als Hauptproblem stellte sich dann die geringe Verdampfungsleistung des Labormischers heraus, die zu sehr langen Prozesszeiten führte. Eine Herstellung von Konfitüre im Somakon Labormischer ohne Kondensator wird aufgrund der langen Prozesszeit und der damit hohen Beanspruchung der Rohwaren nicht empfohlen.

Um eine weniger süße Konfitüre extra zu erhalten wurde die Trockensubstanz abgesenkt und einen Teil der Saccharose durch Glucose ersetzt. Das Ziel, geschmacklich an eine industriell hergestellte Konfitüre heranzureichen, wurde nicht erreicht. Auch muss der Prozess im Somakon Labormischer noch so weit verbessert werden, dass eine Konfitüre mit Fruchtstückchen hergestellt werden kann.

Bei allen hergestellten Konfitüren wurden sowohl Textur- als auch Farbmessungen durchgeführt.

7 Literaturverzeichnis

Baltes, W.: Lebensmittelchemie. 6. Auflage. Berlin: Springer, 2007.

Becker, E.: Membranpumpen mit mechanischem Membrantrieb für Gase. 1. Auflage. Essen: Vulkan, 1997.

Belitz, H.-D.; Grosch, W.; Schieberle, P.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 5. Auflage. Berlin: Springer, 2001.

Böckh, P.; Wetzel, T.: Wärmeübertragung: Grundlagen und Praxis. 3. Auflage. Heidelberg: Springer, 2009.

Drögemöller, S.: Konsistenzbeeinflussende Prozessparameter bei der Herstellung von Fruchtaufstrichen mit niederveresterten amidierten Pektinen. Masterarbeit Lebensmitteltechnologie. Beuth Hochschule für Technik Berlin. 2011.

Endress, H.-U.; Pirker, A.; Schols, H. A. et al: Pectins and Pectinases. 1. Auflage. Wageningen: Academic Publishers, 2009.

Fellows, P. J.: Food processing technology: principles and practice. 1. Auflage. Boca Raton: CRC, 2009.

Heiss, R. et al: Lebensmitteltechnologie: Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung. 6. Auflage. Berlin: Springer, 2003.

Herbstreith & Fox: Anwendungstechnische Information: Einbringungstechniken von Pektin in den Produktansatz. 1. Auflage, 1999.

Herbstreith & Fox: Konfitüren, Gelees und Marmeladen. 1. Auflage, o. Jahr.

Herbstreith & Fox: Konfitüren und andere Fruchtaufstriche. 2. Auflage, o. Jahr.

Herbstreith & Fox: Pektin. Das Naturprodukt. 1. Auflage, o. Jahr.

Herbstreith & Fox: Niederveresterte, amidierete Pektine. 1. Auflage, 2007.

Hrouda, S.: Vergleich von instrumentellen und sensorischen Methoden der Texturanalyse zur Qualitätssicherung von Fruchtaufstrichen. Diplomarbeit. Hochschule Neubrandenburg. 2007.

Knochenhauer, H.: Früchteverarbeitung und Kochkessel.

www.consultec-wolff.de. 10.01.2012

Konfitürenverordnung (Stand 12.01.2012)

Liebmann, C. C.; Welsch, N.: Farben: Natur, Technik, Kunst. 1. Auflage. Heidelberg: Spektrum, 2003.

Mollenhauer, H. P.: Von Omas Küche zur Fertigpackung – aus der Kinderstube der Lebensmittelindustrie. 1. Auflage. Gernsbach: Katz, 1988.

Schuchmann, H.; Schuchmann, H. P.: Lebensmittelverfahrenstechnik: Rohstoffe, Prozesse, Produkte. 1. Auflage. Weinheim: Wiley-VCH, 2005.

Segebrecht, U.: Flüssigkeitsringvakuumpumpen und Flüssigkeitsringkompressoren: Technik und Anwendung. 1. Auflage. Landsberg: Moderne Technik, 1993.

Somakon: Vorläufige Betriebsanleitung MP5. 2011

Sterling SIHI GmbH: Katalog Flüssigkeitsringvakuumpumpen.

<http://www.sterlingsihi.com/cms/de/home/produkte-und-service.html>. 2012; 06.01.2012

VACUUBRAND GMBH + CO KG: Membranpumpe MZ 2 NT

<http://www.vacuubrand.com/de-pageID809.php>. 2011; 06.01.2012

8 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1: Vakuumverdampfer Typ ZVAG (ConsulteC Engineering, 2012)	9
Abbildung 2: Vakuumverdampfer Typ LVAG (ConsulteC Engineering, 2012)	9
Abbildung 3: Industrielle Vakuumkochanlage (Herbstreith & Fox, o. Jahr)	10
Abbildung 4: Dampfdruckkurve im Phasendiagramm eines reinen Lösungsmittels (Böckh, 2009)	12
Abbildung 5: Labormischer MP5 der Firma Somakon mit Bezeichnung der einzelnen Teile (Fa. Somakon, 2011)	16
Abbildung 6: Deckel des Labormischers MP5 mit Bezeichnung der Teile (Fa. Somakon, 2011)	17
Abbildung 7: Verfahrensfließbild zur Konfitüre extra mit 60 bzw. 63 Brix	22
Abbildung 8 : Verfahrensfließbild zu den Vorversuchen der zuckerreduzierten Variante	23
Abbildung 9: Verfahrensfließbild zur Herstellung von Konfitüre extra im Labormischer MP5 und Stephan UM/SK 44E	24
Abbildung 10: Verfahrensfließbild zur Herstellung von zuckerreduzierter Konfitüre im Labormischer MP5	25
Abbildung 11: Prozessparameter über die Prozesszeit von TR02	32
Abbildung 12: Prozessparameter über die Prozesszeit von TX04 V1	33
Abbildung 13: Prozessparameter über die Prozesszeit von TX04 V3 mit der Stephan Universalmaschine	34
Abbildung 14: Prozessparameter über die Prozesszeit von TX04 V2	36
Abbildung 15: Festigkeit mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten Konfitüren extra	40
Abbildung 16: maximal gemessene Kraft mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten Konfitüren extra	42
Abbildung 17: Festigkeit mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten zuckerreduzierten Konfitüren	43
Abbildung 18: maximal gemessene Kraft mit Standardabweichung der in Vorversuchen und im Technikum hergestellten zuckerreduzierten Konfitüren	44
Abbildung 19: Aufbau des Somakon Labormischers mit Graham-Kondensator	49

Tabelle 1: Rezepturen der Vorversuche für Konfitüre extra und zuckerreduzierte Konfitüre	18
Tabelle 2: Rezepturen einer Konfitüre extra mit 60 Brix, mit und ohne Glucosesirup	19
Tabelle 3: Übersicht der beiden eingesetzten Pektintypen	21
Tabelle 4: Messeinstellungen des Texture Analysers TA.XT 2i	26
Tabelle 5: Soll-Ist-Vergleich der Vorversuche	28
Tabelle 6: hergestellte Rezepturen der Versuchsreihe 1 für Konfitüre extra und zuckerreduzierte Konfitüre	30
Tabelle 7: Soll-Ist-Vergleich der in Versuchsreihe 1 hergestellten Konfitüren	31
Tabelle 8: Soll-Ist-Vergleich der in Versuchsreihe 2 hergestellten Konfitüren	35
Tabelle 9: Ergebnisse der Verdampfungsversuche im Somakon Labormischer und in der Stephan Universalmaschine	38
Tabelle 10: theoretische und praktische Werte der Ansaugvolumenströme	38
Tabelle 11: Farbwerte der einzelnen Konfitüre extra Rezepturen und Farbabstand ΔE	45
Tabelle 12: Farbwerte der einzelnen zuckerreduzierten Konfitüren und Farbabstand ΔE	46
Tabelle 13: Rezepturen der Konfitüren extra (pH-Wert-Bereich 3,0 – 3,1)	60
Tabelle 14: Rezepturen der zuckerreduzierten Konfitüren (TS 30 %, pH-Wert-Bereich 3,2 – 3,4)	60
Tabelle 15: Übersicht der Daten der hergestellten Konfitüren	61

9 Anhang

Anhang 1: Auzug aus der Konfitürenverordnung (VO Nr. 4240 LFGB, Verkündungsstand: 12.01.2012)Anlage 1 (zu den §§ 1 bis 4) Erzeugnisse
Abschnitt I Verkehrsbezeichnungen, Herstellungsanforderungen

Verkehrsbezeichnung Herstellungsanforderungen

1. Konfitüre extra Konfitüre extra ist die streichfähige Zubereitung aus Zuckerarten, nicht konzentrierter Pülpe aus einer oder mehreren Fruchtarten und Wasser. Konfitüre extra von Hagebutten sowie kernlose Konfitüre extra von Himbeeren, Brombeeren, schwarzen Johannisbeeren, Heidelbeeren und roten Johannisbeeren darf jedoch ganz oder teilweise aus nicht konzentriertem Fruchtmark hergestellt werden. Konfitüre extra von Zitrusfrüchten darf aus der in Streifen und oder in Stücke geschnittenen ganzen Frucht hergestellt werden.
- Aus Mischungen der nachstehenden Früchte mit anderen Früchten darf keine Konfitüre extra hergestellt werden: Äpfel, Birnen, nicht steinlösende Pflaumen, Melonen, Wassermelonen, Trauben, Kürbisse, Gurken, Tomaten.
- Die für die Herstellung von 1 000 g Enderzeugnis verwendete Menge Pülpe oder Fruchtmark beträgt mindestens
- a) 350 g bei roten Johannisbeeren, Vogelbeeren, Sanddorn, schwarzen Johannisbeeren, Hagebutten und Quitten,
 - b) 250 g bei Ingwer,
 - c) 230 g bei Kaschuäpfeln,
 - d) 80 g bei Passionsfrüchten,
 - e) 450 g bei anderen Früchten.

[...]

Abschnitt II Allgemeine Anforderungen

1. Die in Abschnitt I definierten Erzeugnisse müssen mehr als 55 Prozent lösliche Trockenmasse (Refraktometerwert) enthalten; hiervon ausgenommen sind die Erzeugnisse, bei denen der Zucker ganz oder teilweise durch Süßungsmittel nach Maßgabe der Zusatzstoff-Zulassungsverordnung ersetzt wurde. [...]

Anlage 2 (zu § 2 Abs. 1 und § 4) Ausgangserzeugnisse
Abschnitt I Begriffsbestimmungen

1. Frucht:

- a) die frische, gesunde, nicht verdorbene Frucht, der keine wesentlichen Bestandteile entzogen wurden, in geeignetem Reifezustand, nach Reinigen und Putzen; [...]

2. Fruchtpülpe: der genießbare Teil der ganzen, soweit erforderlich geschälten oder entkernten Frucht, auch in Stücke geteilt oder zerdrückt, nicht jedoch zu Mark verarbeitet;

3. Fruchtmark: der genießbare Teil der ganzen, soweit erforderlich geschälten oder entkernten Frucht, der durch Passieren oder ein ähnliches Verfahren zu Mark verarbeitet ist; [...]

5. Zuckerarten:

- a) Zuckerarten nach Maßgabe der Zuckerartenverordnung,
- b) Fructosesirup,
- c) die aus Früchten gewonnenen Zuckerarten,
- d) brauner Zucker.

Abschnitt II Behandlung der Ausgangserzeugnisse

1. Die in Abschnitt I Nr. 1 bis 4 genannten Erzeugnisse dürfen folgenden Behandlungen unterzogen werden:

- a) Wärme- und Kältebehandlungen;
- b) Gefriertrocknung; bei Aprikosen und Pflaumen, die zur Herstellung von Konfitüre bestimmt sind, auch anderen Trocknungsverfahren;
- c) Konzentrieren, sofern sie sich technisch dafür eignen.

Anlage 3 (zu § 2 Abs. 2) Zutaten

[...]

4. Saft aus roten Früchten: ausschließlich in Konfitüre und Konfitüre extra aus Hagebutten, Erdbeeren, Himbeeren, Stachelbeeren, roten Johannisbeeren, Pflaumen und Rhabarber; [...]

Anhang 2: Rezepturen

Tabelle 13: Rezepturen der Konfitüren extra (pH-Wert-Bereich 3,0 – 3,1)

Rezeptur	TS [%]	Frucht [%]	Saccharose [%]	Glucose-sirup [%]	Pektin AF 401 [%]	Zitronensäure [%]	Wasser [%]
VX01	63	50	57,0	0	0,5	0,50	-8
VX02	63	50	56,7	0	0,8	0,50	-8
VX03	60	50	53,7	0	0,8	0,50	-5
VX04	60	50	53,9	0	0,6	0,55	-5
TX01	63	50	57,0	0	0,5	0,55	-8
TX04	60	50	53,9	0	0,6	0,55	-5
TX05	60	50	46,0	10	0,6	0,55	-7
TX06	60	50	41,9	15	0,6	0,55	-8

Tabelle 14: Rezepturen der zuckerreduzierten Konfitüren (TS 30 %, pH-Wert-Bereich 3,2 – 3,4)

Rezeptur	Frucht [%]	Saccharose [%]	Pektin AF 703 [%]	Zitronensäure [%]	Tricalcium-citrat [%]	Wasser [%]
VR01	50	23,7	1,0	0,3	0,07	25
VR02	50	23,5	1,2	0,3	0,07	25
TR01	50	23,7	1,0	0,3	0,07	25
TR02	50	23,5	1,2	0,3	0,07	25

Anhang 3: BerechnungsformelnBerechnung des Mittelwertes (\bar{x}):

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

 x = Stichprobenwert $\sum x$ = die Summe aller Stichprobenwerte n = Anzahl der StichprobenBerechnung der Standardabweichung (s):

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Berechnung des Variationskoeffizients (VK):

$$VK = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \%$$

Anhang 4: Übersicht der Daten der hergestellten Konfitüren

Tabelle 15: Übersicht der Daten der hergestellten Konfitüren

Rezeptur	Pektin- konzentration [%]	TS-Soll [%]	TS-Ist [%]	pH- Wert- Soll	pH- Wert- Ist	MW Farbmessung			Texturmes	
						L	a	b	MW max. [g]	s [g]
VX01	0,5	63,0	64,5	3,0-3,1	3,08	30,08	1,04	1,01	183,5	14,5
VX02	0,8	63,0	65,0	3,0-3,1	3,01	26,74	4,93	3,03	643,2	13,9
VX03	0,8	60,0	63,0	3,0-3,1	3,00	30,42	2,83	2,04	428,3	37,4
VX04	0,6	60,0	60,5	3,0-3,1	3,01	17,77	10,58	3,01	125,4	10,9
TX01	0,5	63,0	64,0	3,0-3,1	3,01	19,34	5,70	1,61	255,0	19,3
TX04	0,6	60,0	60,0	3,0-3,1	3,01	21,34	5,31	0,45	144,1	3,7
TX04V2	0,6	60,0	59,5	3,0-3,1	3,02	30,22	1,42	0,27	176,6	9,4
TX04V3	0,6	60,0	60,5	3,0-3,1	3,01	27,42	6,69	5,68	185,7	10,3
TX05	0,6	60,0	59,5	3,0-3,1	3,04	23,87	4,45	0,96	118,6	5,2
TX06	0,6	60,0	60,0	3,0-3,1	3,02	31,49	1,54	0,22	315,0	15,4
VR01	1,0	30,0	33,0	3,2-3,4	3,25	25,60	4,63	2,14	110,0	10,1
VR02 V1	1,2	30,0	34,0	3,2-3,4	3,25	29,65	2,91	2,16	87,0	9,3
VR02 V2	1,2	30,0	30,5	3,2-3,4	3,22	20,90	7,59	2,35	72,1	6,8
TR01	1,0	30,0	31,5	3,2-3,4	3,20	27,17	7,76	3,56	57,8	3,4
TR02	1,2	30,0	31,5	3,2-3,4	3,21	23,03	13,85	7,50	104,7	3,7

Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

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

Ort, Datum

Unterschrift