

4. Verarbeitungsstudien

Die Stufenkontrollen bei der Herstellung von Fruchtsäften wurden im halbtechnischen Maßstab im Fruchtsaftbetrieb des Fachgebiets für Weinanalytik und Getränkeforschung der Forschungsanstalt Geisenheim vorgenommen. Dieser Maßstab wurde gewählt, da sich die Ergebnisse von technischem Maßstab und Labormaßstab aufgrund unterschiedlicher Verhältnisse zwischen Volumen und Oberfläche stark unterscheiden können und daher nicht übertragbar sind. Die hauptsächlich verwendeten Geräte sind nachfolgend aufgeführt.

Geräte:

Mahlen:

- Rätzmühle, Amos
- Walzenmühle, Amos
- Schleuderfräse, Kleemann KM 201/F

Entsaftung:

- Horizontalpresse, Bucher HPL 200
- Packpresse Wahler HPP 400
- Flottweg Dekanter

Separator:

- Tellerseparator Westfalia SA R 3036

Kurzzeiterhitzung (KZE):

- Schmidt Sigmatherm

Wurden andere Geräte verwendet, werden Typ und Bezeichnung in der entsprechenden Versuchsbeschreibung angegeben. Dasselbe gilt für die verwendeten Enzyme, Hilfsstoffe und Behandlungsmittel.

Probennahme

Fruchtsaftbetrieb des Fachgebiets für Weinanalytik und Getränkeforschung der Forschungsanstalt Geisenheim

Rohware

Fachgebiet für Obstbau der Forschungsanstalt Geisenheim

Wurde Rohware einer anderen Herkunft verwendet, wird diese genannt.

Säfte

Aus der regulären Produktion des Fruchtsaftbetriebs des Fachgebiets für Weinanalytik und Getränkeforschung der Forschungsanstalt Geisenheim

4.1. Apfel

4.1.1. Herstellung von naturtrübem Apfelsaft

In Diagramm 1 ist die Verarbeitung von naturtrübem Apfelsaft und die Probenahme schematisch als Fließdiagramm dargestellt. Bei der Herstellung wurde zum Schutz vor Oxidation und zur Stabilisierung des Trubes 200 mg/L L-Ascorbinsäure zugesetzt, die ebenfalls eine antioxidative Kapazität besitzt. Der instabile sogenannte "Grobtrub" wird mittels Separation entfernt.

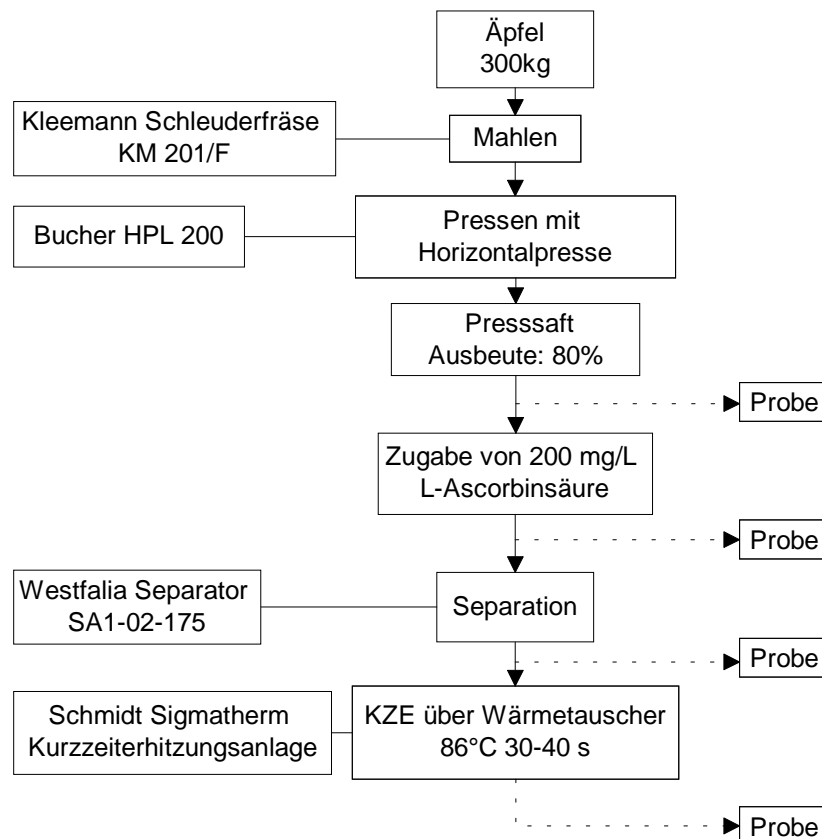


Diagramm 1: Herstellung von naturtrübem Apfelsaft

Von den Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, der L-Ascorbinsäuregehalt (jodometrisch) und die Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

Um den Einfluss der L-Ascorbinsäure als Zusatzstoff auf die antioxidative Kapazität von Apfelsaft zu klären, wurden einem pasteurisierten, trübem Apfelsaft zusätzlich steigende Mengen an L-Ascorbinsäure zugesetzt und anschließend der TEAC-Wert bestimmt.

4.1.2. Einfluss der Apfelsorte und des Polyphenolgehaltes auf die antioxidative Kapazität naturtrüber Apfelsäfte

Die Differenzen in der antioxidativen Kapazität zwischen polyphenolreichen Mostapfelsorten und polyphenolarmen Tafelapfelsorten wurden untersucht. Für die Untersuchungen standen Äpfel der Sorten Bohnapfel, Brettacher, Kaiser Wilhelm, Boskoop, Topas und Jonagold zur Verfügung. Die Chargengröße betrug 200 kg. Die Äpfel wurden gewaschen, verlesen, mit einer Schleuderfräse gemahlen und mit einer Horizontalpresse gepresst. Nach Zugabe von 200 mg/L Ascorbinsäure wurde der Saft mit einem Tellerseparator zentrifugiert und bei 85°C in der Flasche pasteurisiert (siehe auch 4.1.2. Diagramm 1). Die Bohnäpfel wurden von P. Possmann zur Verfügung gestellt.

Von den Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, die Gesamtsäure (pH 7,0), der L-Ascorbinsäuregehalt (jodometrisch), die relative Dichte 20/20 und die Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.1.3. Einfluss der Maischestandzeit

Um die Veränderung der antioxidativen Kapazität von Apfelmaische während der Standzeit zu untersuchen, wurde frisch gemahlene Apfelmaische (Rätzmühle) direkt ($t = 0$ min) einmal mit ethanolischer 0,1 n HCl extrahiert (3.1.4. Screening-Variante). Ein anderer Teil der Maische wurde mit Fructozym P versetzt. Nach der gleichen Extraktionsmethode wurde nach 30 min und 60 min ein Extrakt von der enzymierten und von der nicht enzymierten Maische hergestellt.

Von den insgesamt fünf Proben wurden der TEAC-Wert und der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu bestimmt.

4.1.4. Einfluss von Entsaftungssystemen und Maischestandzeit auf Apfelsaft

Zur Entsaftung von Maische existieren verschiedene Möglichkeiten. In der Fruchtsaftindustrie ist das weitverbreitetste Entsaftungssystem die Horizontalpresse. Als ein alternatives Entsaftungssystem findet der Dekanter Anwendung, bei dem die Maische durch Zentrifugalkräfte entsaftet wird. Die Vorteile des Dekanters sind eine schnelle Entsaftung der Maische und die Möglichkeit des kontinuierlichen Betriebs (HAMATSCHEK und NAGEL 1993). Die Extraktion von Polyphenolen aus der Maische durch die beiden verschiedenen Entsaftungssysteme und damit auch der Einfluss auf die antioxidative Kapazität des Presssaftes sowie Unterschiede durch eine einstündige Maischestandzeit wurden untersucht. In einem größeren Fruchtsaftbetrieb wurde dazu im technischen Maßstab frisch gemahlene Apfelmaische (Hammermühle) einmal ohne Standzeit und einmal nach einer Standzeit von 1 Stunde parallel in einer Bucherpresse (HP 10000) und in einem Dekanter (Westfalia CA 505) entsaftet.

Von den vier Varianten wurden Proben gezogen und der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und die Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.1.5. Einfluss der Saftstandzeit auf Apfelsaft

Die fruchteigenen Polyphenoloxidasen des Apfels gehen zum Teil in den Presssaft über, wo sie ihre Wirkung weiter entfalten. Da es bei der Herstellung von Apfelsaft häufig zu längeren Standzeiten zwischen den einzelnen Prozessstufen des Saftes kommt, wurde der Einfluss dieser Standzeiten auf die antioxidative Kapazität des Saftes untersucht. Dazu wurde zur groben Beurteilung des Effektes ein frisch gepresster Apfelsaft in einem Becherglas offen stehen gelassen. Nach einer Standzeit von 0, 1, 2 und 6 Stunden wurden Proben genommen und sofort der TEAC-Wert und der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu bestimmt.

4.1.6. Versuche zur Inaktivierung der fruchteigenen Polyphenoloxidasen

Fruchteigene Polyphenoloxidasen verursachen sowohl in der Maische als auch im Saft einen Verlust an Polyphenolen und antioxidativer Kapazität (siehe 4.1.4. und 4.1.5.). Die Enzyme können durch Hitzeeinwirkung inaktiviert werden (WALKER 1964). Daher wurde Apfelmaische zur Vermeidung dieser Verluste auf zwei verschiedene Arten erhitzt und anschließend die Stabilität der antioxidativen Kapazität des Presssaftes untersucht.

Weiterhin wurde nach dem üblichen Entsaftungsvorgang (Diagramm 1) eine Erhitzung des Presssaftes auf 55°C vorgenommen und dessen Stabilität ebenfalls untersucht.

1. Ansatz:

Frisch gemahlene Maische wurde über einen Röhrenerhitzer auf 60°C erhitzt und nach einer Standzeit von 30 min wieder heruntergekühlt.

2. Ansatz:

Frisch gemahlene Maische wurde über einen Röhrenerhitzer auf 90°C erhitzt und anschließend sofort wieder heruntergekühlt.

3. Ansatz

Frischer Presssaft von nicht erhitzter Maische wurde über einen Röhrenerhitzer auf 55°C erhitzt.

Nach der sofort erfolgenden Entsaftung mittels Horizontalpresse wurden von den Proben des frischen Presssaftes direkt und nach einer Standzeit von 4 Stunden bei Raumtemperatur im verschlossenen Erlenmeyerkolben der TEAC-Wert sowie der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu bestimmt.

4.1.7. Einfluss der Schönung mit Gelatine auf Apfelsaft

Ein klassisches Verfahren zur Entfernung des Trubes und der Vermeidung von Nachtrübungen ist die Schönung des depektinisierten trüben Saftes mit Gelatine und dem Hilfsstoff Kieselol (HEATHERBELL 1984). Während der Herstellung von diversen klaren Apfelsäften im technischen Maßstab (Mostobst sowie Tafelobst) wurden Proben vor und nach der Gelatine/Kieselol-Schönung genommen. Für die Filtration im technischen Maßstab wurde ein Schichtenfilter (Seitz Typ 40/14) und Beco BM 40x40 Filterschichten verwendet. Die optimale Menge der Schönungsmittel wurde in Vorversuchen ermittelt und lag zwischen 8 und 14 g/hL. Außerdem wurden Schönungen im Labormaßstab vorgenommen. Der trübe Apfelsaft wurde vor der Zugabe der Schönungsmittel mit einem Pektinase-Präparat (Fructozym P, Erbslöh, Geisenheim) bis zum negativen Alkoholtest enzymiert. Exemplarisch wird die Veränderungen von antioxidativer Kapazität und Gesamtphenolgehalt in einer Verarbeitungslinie zur Herstellung von klarem Apfelsaft betrachtet.

Aus den erhaltenen Werten für TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu der technischen Varianten wurde ein prozentualer Mittelwert gebildet.

Die Veränderung der monomeren Polyphenole wurde mittels HPLC untersucht.

4.1.8. Einfluss der Zugabemenge von Gelatine sowie des Zeitpunktes der Zugabe von Kieselol bei der Gelatine/Kieselol-Schönung

Trüber enzymierter Apfelsaft wurde mit verschiedenen Mengen Gelatine und Kieselol geschönt, wobei die Zudosierung des Kieselols vor oder nach der Gelatinezugabe erfolgte. Von den Proben wurde der TEAC-Wert und der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu bestimmt.

4.1.9. Einfluss der Ultrafiltration auf Apfelsaft

Die Ultrafiltration stellt eine rein physikalische Abtrennung des Trubes aus dem Apfelsaft dar. Daher kann mit diesem Filtrationsverfahren der Anteil des Trubes an der antioxidativen Kapazität von naturtrübem Apfelsaft beurteilt werden.

Dazu wurde enzymierter und nicht enzymierter naturtrüber Apfelsaft mit drei verschiedenen Filtrationsmodulen an einer Ultrafiltrationsanlage bei Temperaturen zwischen 12 und 18°C

ultrafiltriert. Die Module Romicon PM 100 (Trenngrenze 100000 Dalton), PM 50 (Trenngrenze 50000 Dalton) und PM 10 (Trenngrenze 10000 Dalton) wurden für den enzymierten Saft und nochmals Romicon PM 50 (Trenngrenze 50000 Dalton) für den nicht enzymierten Saft (rein physikalisch Trubentfernung) verwendet. Die Probennahme erfolgte vor und nach der Ultrafiltration.

Anlage: Romicon/Koch UF-Filtrationsanlage

1. Modul: Romicon PM 100, Serien-Nr. 4PC 1189 1
Fluxrate, Anfang: 143 L/m²*h bei 13°C

2. Modul: Romicon PM 50, Serien-Nr. 4PL 1419 1
Fluxrate, Anfang: 48 L/m²*h bei 18°C

3. Modul: Romicon PM 10, Serien-Nr. 4PX 1212
Fluxrate, Anfang: 30 L/m²*h bei 12°C

Von den Proben wurde der TEAC-Wert und der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu bestimmt.

4.1.10. Stabilisierung von mikrofiltriertem Apfelsaft mit PVPP oder Adsorberharz

Ultrafiltrierte Apfelsäfte sind meistens nicht stabil und bilden Nachtrübungen, die im wesentlichen aus phenolischen Substanzen (NAGEL und SCHOBINER 1985) bestehen. Daher werden die Säfte mit Adsorbentien behandelt, um jene phenolischen Substanzen zu entfernen.

Der Einfluss des PVPP wurde durch Einrühren des vorgequollenen Materials und einer Filtration durch ein normales Laborpapierfilter (185 mm Durchmesser) nach einer Einwirkdauer von mind. 15 min untersucht.

Bei der Adsorberharz-Behandlung wird der Saft über eine Säule geleitet. Über Flussrate und das Volumen des behandelten Saftes kann der Grad der Entfernung phenolischer Substanzen gesteuert werden (LAFLAMME und WEINAND 1993).

Keines der beiden Behandlungsmittel ist jedoch bisher in Deutschland zugelassen.

Es wurde ein Saft aus der Sorte Bohnapfel verwendet, die von P. Possmann zur Verfügung gestellt wurde.

Vorbereitung:

Enzymierung des trüben, frischen Presssaftes mit Fructozym P (Erbslöh, Geisenheim) bis zum negativen Alkoholtest, Mikrofiltration mit Memcor 0,2 µm Porenweite, Ausbeute bei der Cross Flow Filtration: 95% vol.

a. PVPP

Der klare Saft wurde mit 20, 40 und 60 g/hL in Wasser vorgequollenem PVPP versetzt und 15 min gerührt. Anschließend wurde der Saft durch ein Faltenfilter filtriert und eine Probe entnommen.

b. Adsorberharz

65 L klarer Saft (entspricht 65 Bettvolumen) wurde durch eine zuvor mit Adsorberharz gepackte Säule mit einem Bettvolumen von 1 L bei einer Geschwindigkeit von 25 Bettvolumen/Stunde gepumpt. Die Durchschnittsprobe wurde aus den vereinigten Bettvolumen 2 - 65 L genommen.

Von den Proben wurden der TEAC-Wert, der Farbwert E 420 nm und der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu bestimmt. Der Gehalt einzelner Polyphenole wurde mittels HPLC ermittelt.

Material

a. PVPP

Material : Divergan F (BASF Ludwigshafen) als 10%ige Suspension in entmineral. Wasser

b. Adsorberharz

Material : XAD 16 HP, Laboratoires Chauny, Rohm and Haas S.A., Chauny
Bettvolumen : 1 L

4.1.11. Herstellung eines klaren Apfelsaftes mittels Laccase-Behandlung und Ultrafiltration

Die Kombination von Laccase-Behandlung und anschließender Ultrafiltration ist eine weitere Möglichkeit zur Herstellung eines stabilen klaren Apfelsaftes (MAIER 1994, RITTER 1994). Dabei werden die trübungsverursachenden Polyphenole durch enzymatische Oxidation nach Belüftung des Saftes mit Sauerstoff und anschließender Ultrafiltration entfernt. Die Laccase oxidiert o- und p-Diphenolgruppen zu den analogen Chinonen, die zu hochpolymeren Verbindungen weiter reagieren und sich an die Trubpartikel des Saftes binden, so dass sie mit einer Ultrafiltration entfernt werden können (siehe auch 2.1.3.). Der so behandelte Saft ist klar, hell und nachtrübungsstabil.

Die trübe, pasteurisierte Probe wurde in einem Rührtank mit 100 Laccase Units/L (empfohlene Dosage der Fa. Novo Nordisk) versetzt und mit reinem Sauerstoff etwa 15 Minuten belüftet und gerührt. Nach Beendigung des Rührens (ca. 3 Stunden) erfolgte eine Ultrafiltration des so behandelten Saftes. Leider war der großtechnische Versuch teils von gerätetechnischen Problemen begleitet.

Während der Behandlung wurden Proben genommen und der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und die Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

Laccase: Enzympräparat von Novo Nordisk *Ferment* Ltd., Neumatt, Schweiz

a. Prozess

Probe:

Rumänisches Apfelsaftkonzentrat (trüb) ca. 70°Brix rückverdünnt auf 22°Brix

b. Einfluss der Enzymkonzentration

Proben:

Laccasebehandelter und ultrafiltrierter Apfelsaft von Novo Nordisk *Ferment* Ltd., Neumatt, Schweiz

Ein trüber Apfelsaft wurde mit verschiedenen Enzymkonzentrationen behandelt (25, 35 und 50 LacU/L) und anschließend ultrafiltriert.

Von den klaren, ultrafiltrierten Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und die Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.1.12. Einfluss der Erhitzungsdauer: Kurzzeiterhitzung (KZE) und Flaschenpasteurisation

Die Pasteurisation ist ein zentraler Schritt bei der Herstellung eines haltbaren Fruchtsaftes. Der Einfluss einer KZE und einer längeren Erhitzungsdauer auf die antioxidative Kapazität eines trüben Apfelsaftes wurde untersucht.

Dazu wurde ein Teil eines frisch gepressten, trüben Apfelsaftes nach der Separation in 0,7 L VdF-Flaschen gefüllt. Während der Flaschenpasteurisation bei 85°C in einem Wasserbad wurde jeweils nach 10, 20, 45, 60, 75 und 90 min eine Flasche herausgenommen und auf 4°C abgekühlt. Der Rest des Saftes wurde mittels einer Kurzzeiterhitzungsanlage (Schmidt Sigmatherm) mit 40 Sekunden Heißhaltezeit bei 85°C in einen Edeltank eingelagert. Die Probenahme erfolgte nach der KZE.

Von den Proben wurde der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und der L-Ascorbinsäuregehalt (jodometrisch) bestimmt.

4.1.13. Einfluss der Lagerung

Bei einer längeren Lagerung von klarem wie auch trübem Apfelsaft finden starke chemische und sensorische Veränderungen statt, die sich u. a. in größeren Verlusten an Polyphenolen im Saft äußern (SPANOS et al. 1990).

Ein klarer und ein trüber Apfelsaft aus der Sorte Boskoop wurde 1 Jahr bei 37°C gelagert, was sehr extremen Lagerungsbedingungen entspricht. Dies führte zu entsprechend starken Veränderungen in dem jeweiligen Produkt. Unter diesen Extrembedingungen sollte geklärt werden, ob sich die Polyphenole und die antioxidative Kapazität bei der Lagerung ähnlich oder unterschiedlich verändern.

Von den Proben wurden vor und nach der Lagerzeit der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und die Gehalte der einzelnen Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.2 Beeren

4.2.1. Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft

Die Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft benötigt eine andere Verfahrenstechnologie als die Herstellung von Apfelsaft. Die Beeren werden schonend gemahlen, um den Eintrag von Bitterstoffen aus den Kernen zu vermeiden. Zudem enthalten schwarze Johannisbeeren wie die meisten Beeren verhältnismäßig große Mengen Pektin, was eine effektive Entsaftung der Maische stört. Um das Pektin zu entfernen, wird die Maische auf 50°C erwärmt und mit Enzympräparaten versetzt, die pektinabbauende Pektinasen enthalten. Die Erwärmung ist notwendig, da Pektinasen bei dieser Temperatur die höchste Aktivität besitzen. Ein speziell bei schwarzen Johannisbeeren angewandter Produktionsschritt ist die Nachextraktion des Tresters mit heißem Wasser, um die Farbausbeute zu verbessern.

Die Herstellung eines schwarzen Johannisbeersaftes ist in Diagramm 2 schematisch dargestellt.

Der Einfluss der verschiedenen Verarbeitungsstufen auf die antioxidative Kapazität des schwarzen Johannisbeersaftes wurde untersucht. Dazu wurden während der Herstellung eines schwarzen Johannisbeersaftes nach jedem Verarbeitungsschritt Proben genommen. Der Nachextrakt wurde getrennt ausgebaut und untersucht.

Von den Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, der L-Ascorbinsäuregehalt (jodometrisch) und die Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

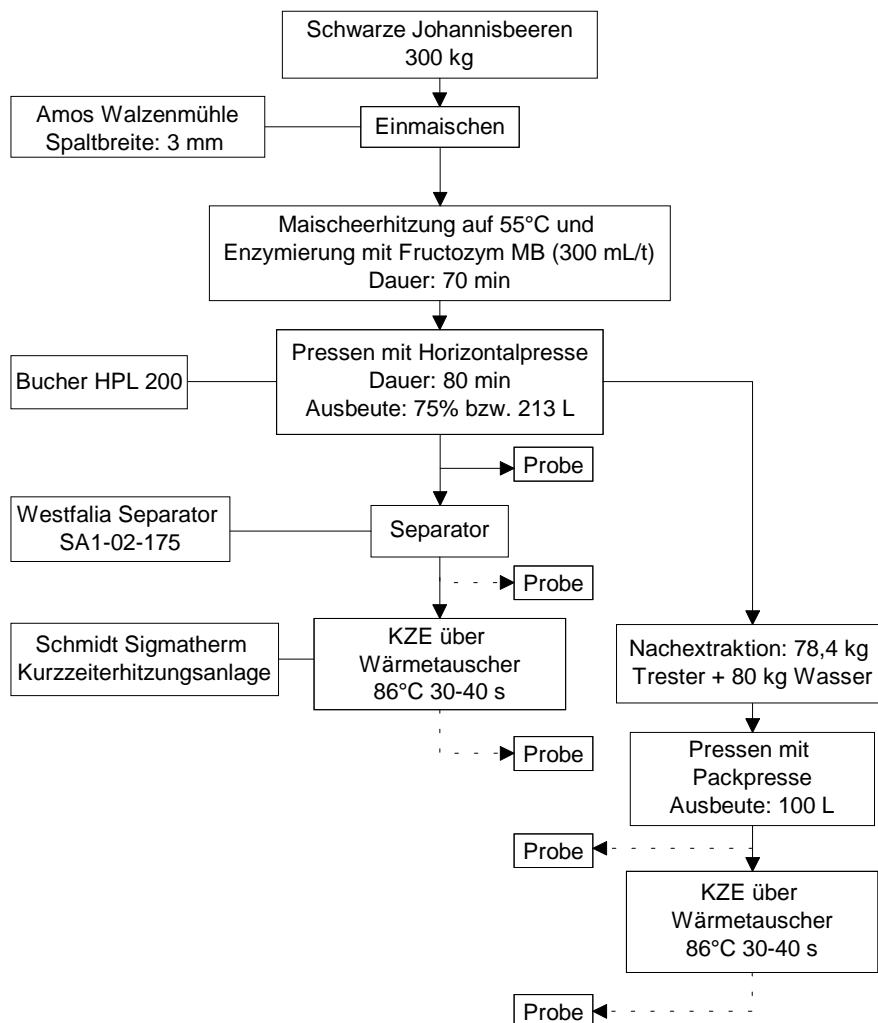


Diagramm 2: Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft

4.2.2. Einfluss der Sorte auf die antioxidative Kapazität von schwarzem Johannisbeersaft

Die Unterschiede der Gehalte an verschiedenen Inhaltsstoffen in Säften aus unterschiedlichen schwarze Johannisbeersorten wurden bereits von DIETRICH et al. 1994 untersucht. Die wichtigsten antioxidativ wirksamen Inhaltsstoffe sind die Polyphenole und die L-Ascorbinsäure.

Zehn Sorten schwarze Johannisbeeren wurden innerhalb einer Woche geerntet und verarbeitet. Die Beeren wurden gemahlen (Walzenmühle), 90 min mit Fructozym MB enzymiert, auf der Packpresse entsaftet und anschließend in der Flasche 30 min bei 85°C pasteurisiert.

Von den pasteurisierten Säften wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, der L-Ascorbinsäuregehalt (jodometrisch), der Gesamtsäuregehalt pH 8,1 (berechnet als Citronensäure) und der Extrakt in °Oechsle bestimmt.

4.2.3. Herstellung eines schwarzen Johannisbeerkonzentrates

Im großtechnischen Maßstab wurde ein schwarzer Johannisbeer-Muttersaft direkt nach der Herstellung von 9,62°Brix auf 74°Brix konzentriert. Dazu wurden die Beeren gemahlen, im Röhrenwärmetauscher auf ca. 45°C erwärmt, 2 Stunden enzymiert, in einer Bucher Horizontalpresse (HP 5000) gepresst und zweimal mit warmem Wasser nachextrahiert. Das Aroma des gewonnenen Muttersaftes wurde abgedampft und aufgefangen, der entaromatisierte Muttersaft depektinisiert, mit Gelatine/Kieselöl geschönt und filtriert, anschließend im vierstufigen Fallstromverdampfer (Unipektin) konzentriert, auf 10°C heruntergekühlt und nach Zugabe des Aromas auf 74°Brix eingestellt. Konzentratherstellung und Probenahme erfolgte in einem großen Fruchtsaftbetrieb.

Das Konzentrat wurde zur vergleichenden Analyse anschließend wieder auf 9,62°Brix rückverdünnt.

Von beiden Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, der L-Ascorbinsäuregehalt (jodometrisch), die Extinktion bei 520 nm/cm (pH < 1) und der Gehalt einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.2.4. Einfluss der Gelatine-Schönung auf schwarzen Johannisbeer- und Brombeersaft

Zur Herstellung eines klaren schwarzen Johannisbeersaftes ist die Schönung mit Gelatine wie auch beim Apfelsaft das klassische Verfahren. Der Einfluss der Gelatine-Schönung auf die antioxidative Kapazität von schwarzem Johannisbeer- und Brombeersaft wurde untersucht.

Dazu wurden separierter schwarzer Johannisbeer- und Brombeersaft bis zum negativen Alkoholtest mit Fructozym P (200mL/t) enzymiert. Anschließend wurden beide Säfte mit 15 g/hL Gelatine im Labormaßstab geschönt.

Von den Proben wurde der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und der Farbwert E 520/cm (pH = 1) bestimmt.

4.2.5. Einfluss der Behandlungsmittel PVPP und Bentonit auf schwarzen Johannisbeersaft

PVPP und Bentonit, das häufig in Kombination mit Gelatine und Kieselöl verwendet wird, sind in der Fruchtsaftherstellung verwendete Behandlungsmittel, wobei PVPP allerdings rechtlich noch nicht zugelassen ist. In der Praxis der Fruchtsaftherstellung werden diese Behandlungsmittel allerdings kaum verwendet. Ihr Einfluss auf die antioxidative Kapazität

von schwarzem Johannisbeersaft wurde untersucht. Dazu wurden den depektinisierten Proben die verschiedenen Behandlungsmittel in verschiedenen Konzentrationen zugegeben. Nach 15 min Rühren wurden die Proben bei 4000 U/min zentrifugiert und der Überstand untersucht.

Von den Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und der Farbwert E 520/cm bestimmt.

4.2.6. Herstellung von Brombeersaft, Holundersaft und Sauerkirschsafft

Die Einflüsse der Herstellung anderer polyphenolreicher, farbiger Säfte auf deren antioxidative Kapazität wurde untersucht, um unter anderem die Einflussnahme der unterschiedlichen Polyphenolmuster und Gehalte an Inhaltsstoffen, z.B. L-Ascorbinsäure, abzuschätzen.

Dazu wurde während der Herstellung der Säfte nach jedem Verarbeitungsschritt eine Probe genommen. Die Herstellung von Brombeer- und Holundersaft ist vergleichbar mit der Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft allerdings ohne Nachextraktion (siehe 4.2.1. Diagramm 2). Bei der Herstellung von Sauerkirschsafft entfällt die Maischeerhitzung und -enzymierung. Die Holunderbeeren wurden vom Haus Rabenhorst O. Lauffs GmbH & Co. KG, Unkel zur Verfügung gestellt. Die Probenahme bei der Herstellung von Sauerkirschsafft wurde beim Haus Rabenhorst O. Lauffs GmbH & Co. KG, Unkel vorgenommen.

Von dem steril eingelagerten Holundersaft wurden nach 6 Monaten Lagerung im 500 L Stahltank bei 10 – 15°C eine Probe genommen und erneut untersucht.

Von den Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, der Farbwert E 520/cm (pH = 1) und die Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.2.7. Herstellung eines Stachelbeernektars

Die Verluste an antioxidativer Kapazität und Polyphenolen während der Herstellung eines Stachelbeernektars wurden untersucht. Die Verarbeitung und Probenahme erfolgte gemäß Diagramm 3.

Von den Proben wurden der TEAC-Wert und der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu bestimmt.

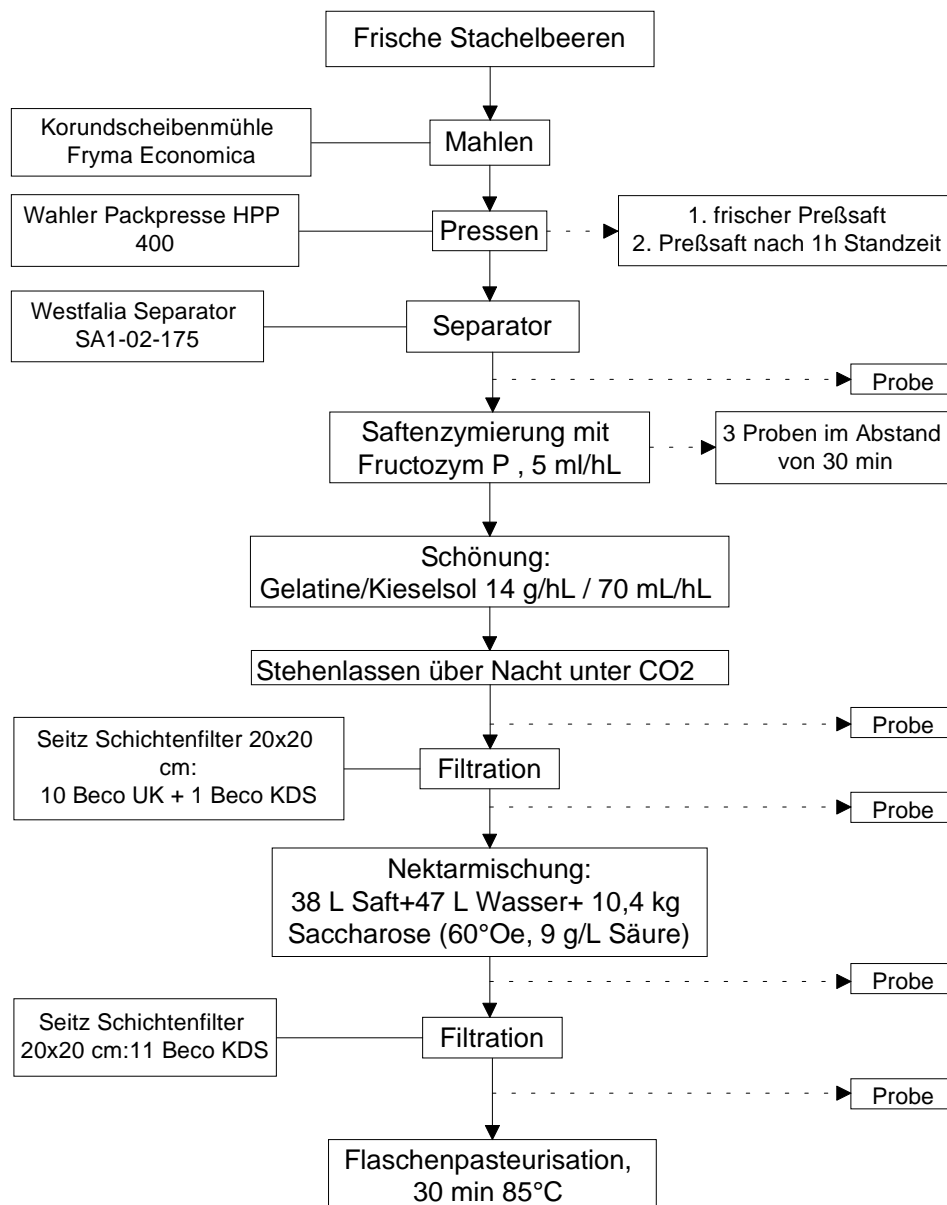


Diagramm 3: Herstellung eines Stachelbeernektars

4.2.8. Einfluss der Reifung auf die antioxidative Kapazität am Beispiel der Reifung verschiedener Erdbeersorten

Während der Reifung einer Frucht unterliegen die Gehalte der Fruchtinhaltsstoffe einem starken Wandel (BELITZ und GROSCH 1992). Die Veränderungen der antioxidativen Kapazität sowie der antioxidativ wirksamen Substanzen der Säfte wurde in zehn verschiedene Erdbeersorten untersucht. Dazu wurden die Erdbeeren nach Sorten getrennt, zu vier verschiedenen Terminen innerhalb von 15 Tagen geerntet und verarbeitet.

Die klein geschnittenen Erdbeeren wurden nach Zugabe von Fructozym BE (Erbslöh, Geisenheim) mit einem Stabmixer homogenisiert, 1 Stunde stehen gelassen und anschließend bei 4500 U/min zentrifugiert.

Von dem Überstand wurde der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, der L-Ascorbinsäuregehalt (jodometrisch) und nach Membranfiltration das Polyphenolmuster mittels HPLC bestimmt.

4.2.9. Entwicklung eines Antioxidansgetränkes auf der Basis verschiedener Beerensäfte

Als Konsequenz der Untersuchungen des Forschungsprojektes wurde auf Basis der ermittelten Ergebnisse ein bekömmliches Antioxidansgetränk entwickelt. Ziel war das Erreichen einer antioxidativen Kapazität, die deutlich höher ist als die mittlere antioxidative Kapazität von Rotwein (8 – 12 mmol/L Trolox), der durch Bekannt werden des „French Paradoxon“ die Diskussion über die Rolle der Polyphenole und ihrer antioxidativen Wirkung in Gang gebracht hat. Neben der antioxidativen Kapazität waren bei der Entwicklung eine gute Bekömmlichkeit, ein interessanter Geschmack und ein hoher Gehalt an natürlichem Vitamin C weitere Kriterien. Das Produkt sollte ein funktionelles Lebensmittel ohne Zusatzstoffe darstellen. Zum Erreichen des Produktziels wurden verschiedene zur Verfügung stehende Fruchtsäfte aus schwarzen Johannisbeeren, Holunderbeeren, Sauerkirschen, Brombeeren, Aronia, weißen Trauben, Äpfeln und Vogelbeeren in diversen Verhältnissen und Anteilen vermischt und sensorisch beurteilt. Als Basis für die Entwicklung des Getränkes waren die Beerensäfte vorgesehen. Von den sensorisch am positivsten beurteilten Proben wurde der TEAC-Wert bestimmt.

Von dem entwickelten Getränk wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, der Gesamtsäuregehalt (pH 8,1), der Extrakt in °Oechsle und das Polyphenolmuster sowie die Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.2.10. Herstellung von Fruchtweinen aus verschiedenen Kern-, Beeren- und Steinfrüchten

Aus 7 verschiedenen Kern-, Beeren- und Steinfrüchten wurden nach üblichem Verarbeitungsschema (siehe 4.1.1. und 4.2.1.) Säfte hergestellt. Nach Bestimmung von Gesamtsäuregehalt (pH 8,1) und Extrakt in °Oechsle wurden die Säfte mit entmineral. Wasser und Zucker so verdünnt, dass sie 7,5 g/L Gesamtsäure und 65°Oechsle aufwiesen. Die eingestellten Proben wurden nach Zugabe von Reinzuchthefer vergoren.

Zudem wurden aus Konzentraten von 8 verschiedenen Kern-, Beeren- und Steinsäften mit der gleichen Einstellung (7,5 g/L Gesamtsäure und 65°Oechsle) Fruchtwein hergestellt.

Von den Proben wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und die Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.

4.2.11. Herstellung eines Fruchtweinessigs aus Moosbeeren

Ein Moosbeerensaft wurde nach der Herstellung mit Zucker (40 g/L) und Reinzuchthefer versetzt und vergoren. Der fertig vergorene Wein wurde nach Zugabe einer Essigbakterienkultur weiter vergoren.

Von Saft, Wein und Essig wurden der TEAC-Wert, der Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und das Polyphenolmuster sowie die Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC bestimmt.