

Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die Polyphenole und antioxidative Kapazität von Apfel- und Beerenobstsäften

1. Einleitung und Zielsetzung	1
1.1. Einleitung.....	1
1.2. Zielsetzung	4
2. Grundlagen	5
2.1. Polyphenole.....	5
2.1.1. Allgemeine Klassifizierung der Polyphenole	5
2.1.2. Biosynthese der Polyphenole	10
2.1.3. Reaktionen der Polyphenole.....	12
2.1.4. Polyphenole im Apfel und im Apfelsaft	17
2.1.5. Polyphenole in schwarzen Johannisbeeren und im schwarzen Johannisbeersaft	21
2.1.6. Polyphenole in Brombeeren, Holunderbeeren, Erdbeeren, Stachelbeeren, Moosbeeren und Sauerkirschen	24
2.1.7. Polyphenole und Gesundheit.....	32
2.2. Methoden zur Bestimmung der antioxidativen Kapazität.....	37
2.2.1. Die antioxidative Kapazität von Polyphenolen, Fruchtsäften, -extrakten und -weinen	39
3. Methoden	44
3.1. Polyphenolanalytik	44
3.1.1. Polyphenolmuster und -gehalte mittels HPLC	44
3.1.2. Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu	46
3.1.3. Farbmessungen	47
3.1.4. Extraktionsmethode für Maischeproben	47
3.2. Präparative Isolierung einzelner Polyphenole aus Fruchtsäften	48
3.2.1. Anthocyane aus schwarzem Johannisbeersaft.....	49
3.2.2. Coumaroylchinasäure und Phloretin-2'-xyloglucosid aus Apfelsaft.....	50
3.2.3. Isolierung von Polyphenolen aus Apfelsaft mittels Gelchromatographie an einer Säule mit Sephadex LH 20	52
3.3. Bestimmung der antioxidativen Kapazität mit der TEAC-Methode	53
3.4. Allgemeine Analysenmethoden.....	56
4. Verarbeitungsstudien	57
4.1. Apfel.....	58
4.1.1. Herstellung eines naturtrüben Apfelsaftes	58
4.1.2. Einfluss der Apfelsorte und des Polyphenolgehaltes auf die antioxidative Kapazität naturtrüber Apfelsäfte	58
4.1.3. Einfluss der Maischestandzeit.....	59
4.1.4. Einfluss von Entsaftungssystemen und Maischestandzeit auf Apfelsaft	59
4.1.5. Einfluss der Saftstandzeit auf Apfelsaft	59
4.1.6. Versuche zur Inaktivierung der fruchteigenen Polyphenoloxidasen	59
4.1.7. Einfluss der Schönung mit Gelatine auf Apfelsaft	60
4.1.8. Einfluss des Zeitpunktes der Zugabe von Kieselsol und der Zugabemenge von Gelatine bei der Gelatine / Kieselsol-Schönung von Apfelsaft.....	60
4.1.9. Einfluss der Ultrafiltration auf Apfelsaft	60
4.1.10. Stabilisierung von mikrofiltriertem Apfelsaft mit PVPP oder Adsorberharz...61	
4.1.11. Herstellung eines klaren Apfelsaftes mittels Laccase-Behandlung und Ultrafiltration.....	62

4.1.12.	Einfluss der Erhitzungsdauer: Kurzzeiterhitzung (KZE) und Flaschenpasteurisation	63
4.1.13.	Einfluss der Lagerung.....	63
4.2.	Beeren.....	64
4.2.1.	Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft.....	64
4.2.2.	Einfluss der Sorte auf die antioxidative Kapazität von schwarzem Johannisbeersaft	65
4.2.3.	Herstellung eines schwarzen Johannisbeerkonzentrates	65
4.2.4.	Einfluss der Gelatine-Schönung auf schwarzen Johannisbeersaft	65
4.2.5.	Einfluss der Behandlungsmittel PVPP und Bentonit	65
4.2.6.	Herstellung von Brombeersaft, Holundersaft und Sauerkirschsft.....	66
4.2.7.	Herstellung eines Stachelbeernektars	66
4.2.8.	Einfluss der Reifung auf die antioxidative Kapazität am Beispiel der Reifung verschiedener Erdbeersorten	67
4.2.9.	Entwicklung eines Antioxidansgetränkes auf der Basis verschiedener Beerensäfte.....	68
4.2.10.	Veränderungen der antioxidativen Kapazität während der Herstellung von Fruchtweinen aus verschiedenen Beerenfrüchten	68
4.2.11.	Veränderungen der antioxidativen Kapazität während Herstellung eines Fruchtweinessig aus Moosbeeren.....	68
5.	Ergebnisse.....	69
5.1.	Methoden.....	69
5.1.1.	Polyphenolanalytik mittels HPLC	69
5.1.1.1.	Anthocyan- und Gesamtphenolgehalte verschiedener rotfarbiger Fruchtsäfte	72
5.1.2.	Isolierung von Anthocyane aus schwarzem Johannisbeersaft.....	72
5.1.3.	Isolierung von Coumaroylchinasäure und Phloretin-2'-xyloglucosid aus Apfelsaft	73
5.1.4.	Isolierung von Polyphenole aus Apfelsaft mittels Gelchromatographie an einer Säule mit Sephadex LH 20	76
5.1.5.	Bestimmung der antioxidativen Kapazität mit der TEAC-Methode.....	77
5.1.5.1.	Antioxidative Kapazität (TEAC-Wert) von Fruchtsäften, alkoholischen und nicht alkoholischen Getränken	79
5.2.	Verarbeitungsstudien.....	81
5.2.1.	Apfel.....	81
5.2.1.1.	Polyphenole im Apfelsaft	81
5.2.1.2.	Antioxidative Kapazität von Apfelsaft.....	83
5.2.1.3.	Herstellung eines naturtrüben Apfelsaftes	84
5.2.1.4.	Einfluss der Apfelsorte und des Polyphenolgehaltes auf die antioxidative Kapazität naturtrüber Apfelsäfte	86
5.2.1.5.	Polyphenolbilanz beim Entsaften einer Apfelmaische.....	89
5.2.1.6.	Maischestandzeit.....	91
5.2.1.7.	Entsaftungssysteme und Maischestandzeit	91
5.2.1.8.	Einfluss der Saftstandzeit	92
5.2.1.9.	Versuche zur Inaktivierung der fruchteigenen Polyphenoloxidasen	93
5.2.1.10.	Einfluss der Schönung mit Gelatine.....	95
5.2.1.11.	Einfluss des Zeitpunktes der Zugabe von Kieselöl und der Zugabemenge von Gelatine bei der Gelatine / Kieselöl-Schönung.....	96
5.2.1.12.	Einfluss der Ultrafiltration.....	97
5.2.1.13.	Stabilisierung von mikrofiltriertem Apfelsaft mit PVPP oder Adsorberharz.....	98
5.2.1.14.	Herstellung eines klaren Apfelsaftes mittels Laccase-Behandlung und Ultrafiltration.....	100

5.2.1.15.	Einfluss der Erhitzungsdauer: Kurzzeiterhitzung (KZE) und Flaschenpasteurisation.....	102
5.2.1.16.	Einfluss der Lagerung.....	103
5.2.2.	Beeren.....	104
5.2.2.1.	Polyphenole im schwarzen Johannisbeersaft	104
5.2.2.2.	Antioxidative Kapazität von Beerensäften.....	105
5.2.2.3.	Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft.....	106
5.2.2.4.	Einfluss der Sorte auf die antioxidative Kapazität von schwarzem Johannisbeersaft	108
5.2.2.5.	Polyphenolbilanz beim Entsaften von schwarzer Johannisbeermaische ...	108
5.2.2.6.	Herstellung eines schwarzen Johannisbeerkonzentrates.....	109
5.2.2.7.	Einfluss der Gelatine-Schönung auf Brombeer- und schwarzen Johannisbeersaft	110
5.2.2.8.	Einfluss der Behandlungsmittel PVPP und Bentonit auf schwarzen Johannisbeersaft	111
5.2.2.9.	Herstellung und Lagerung von Holundersaft.....	111
5.2.2.10.	Herstellung von Brombeersaft	115
5.2.2.11.	Herstellung von Sauerkirschsafte	117
5.2.2.12.	Herstellung eines Stachelbeernektars	118
5.2.2.13.	Einfluss der Reifung auf die antioxidative Kapazität am Beispiel der Reifung verschiedener Erdbeersorten	119
5.2.2.14.	Entwicklung eines Antioxidansgetränkes auf der Basis verschiedener Beerensäfte	120
5.2.2.15.	Veränderungen der antioxidativen Kapazität während der Herstellung von Fruchtweinen aus verschiedenen Beerenfrüchten.....	122
5.2.2.16.	Veränderungen der antioxidativen Kapazität während der Herstellung eines Fruchtweinessig aus Moosbeeren	124
6.	Diskussion	125
6.1.	Antioxidative Kapazität von Fruchtsäften	125
6.2.	Polyphenole in Apfel- und Beerensäften.....	127
6.3.	Einfluss der Verarbeitungstechnik auf die antioxidative Kapazität und den Polyphenolgehalt.....	128
6.3.1.	Apfel.....	129
6.3.2.	Schwarze Johannisbeere	135
6.3.3.	Holunder.....	138
6.3.4.	Brombeere	139
6.3.5.	Sauerkirsche	139
6.3.6.	Stachelbeeren	140
6.3.7.	Fruchtweine.....	140
6.3.8.	Bedeutung der Ergebnisse für die Herstellung von Fruchtsaft.....	141
6.4.	Wirtschaftliche Bedeutung der Ergebnisse	142
7.	Zusammenfassung.....	143
8.	Summary.....	145
9.	Literatur.....	147

Verzeichnis der Abbildungen und Diagramme:

Abbildung 1: Struktur der wichtigsten Hydroxyczimtsäuren und –derivate in Früchten	6
Abbildung 2: Die Strukturen der wichtigsten Hydroxybenzoesäure-Verbindungen in Früchten	7
Abbildung 3: Teil 1: Strukturen der wichtigsten Flavonoide in Früchten	8
Abbildung 4: Teil 2: Strukturen der wichtigsten Flavonoide in Früchten	10
Abbildung 5: Biosynthesewege der Polyphenole in Pflanzen	11
Abbildung 6: Reaktionen von o-Chinonen mit Polyphenolen	13
Abbildung 7: Reaktionen von o-Chinonen mit verschiedenen Substanzen	14
Abbildung 8: Entstehung von 3-Hydroxyphloridzin in Apfelsaft durch Katalyse einer Tyrosinase	15
Abbildung 9: Arrhenius-Diagramm der Anthocyane in schwarzen Johannisbeersaft	24
Abbildung 10: Verlauf der Farbreaktion im TEAC-Test bei verschiedenen Trolox-Konzentrationen	54
Abbildung 11: Eichgerade des TEAC-Testes, Messzeitpunkt 6 min	55
Abbildung 12: Struktur des Fluorkohlenwasserstoffes der Fluofix-Phase	69
Abbildung 13: Chromatogramm der Trennung eines Polyphenolstandardgemisches auf der Fluofix-Säule mit amperometrischer Detektion bei 500 mV	69
Abbildung 14: Chromatogramm der Trennung eines Polyphenolstandardgemisches mit UV-Detektion bei 280 nm nach der Methode nach RITTER et al. 1994	70
Abbildung 15: Vergleich der Chromatogramme der Trennung eines Polyphenolstandardgemisches. UV-Detektion bei 280 nm und amperometrischer Detektion bei 500 mV	71
Abbildung 16: Gesamtanthocyanengehalt mittels HPLC und Gesamtphenolgehalt verschiedener Buntsäfte	72
Abbildung 17: Chromatogramm der präparativen Trennung des ethanolischen Extraktes von schwarzem Johannisbeersaft bei 280 nm	73
Abbildung 18: Chromatogramm des ethanolischen Extraktes (Verdünnung 1:10) aus laccasebehandeltem Apfelsaft bei 280 nm	73
Abbildung 19: Chromatogramm der präparativen Trennung bei 280 nm	74
Abbildung 20: Chromatogramm des präparativ isolierten Phloretin-2'-xyloglucosid-Peaks bei 280 nm	74
Abbildung 21: Chromatogramm des präparativ isolierten Coumaroylchinasäure-Peaks bei 320 nm	75
Abbildung 22: Zucker des Phloretin-2'-xylosylglucosid-Peaks nach saurer Hydrolyse ...	75
Abbildung 23: Extinktion bei 280 nm der gesammelten Fraktionen der Trennung eines Apfelsaftextraktes an einer Säule mit Sephadex LH 20 (Gelchromatogramm)	76
Abbildung 24: Chromatogramm von Fraktion 54 bei 280 nm	77
Abbildung 25: Vergleich der Messprinzipien Lagphase-Bestimmung und Extinktionsbestimmung nach 6 Minuten zur Ermittlung des TEAC-Wertes (n = 14)	77
Abbildung 26: Vergleich der Farbreaktion einer Apfelsaftprobe im TEAC-Test bei 20 und bei 37°C	78
Abbildung 27: Vergleich der Farbreaktion einer Apfelsaftprobe im TEAC-Test bei Verdünnung der Probe mit entmineral. Wasser (pH 6,3) und PBS-Probenpuffer (pH 7,3)	78
Abbildung 28: Mittlerer Anteil der L-Ascorbinsäure am TEAC-Wert von schwarzem Johannisbeersaft (n = 10), Orangensaft (n = 14) und naturtrübem Apfelsaft (n = 10)	80
Abbildung 29: HPLC-Chromatogramm eines Apfelsaftes (Adsorberharz-Extraktes) bei 280 nm	82
Abbildung 30: Ausschnitt 46 – 56 min des obigen Chromatogramms eines Apfelsaftes (Adsorberharz-Extraktes) bei 280 nm	82
Abbildung 31: Die antioxidative Kapazität von klarem und naturtrübem Apfelsaft aus dem Handel	83
Abbildung 32: Anteil einzelner Polyphenole am TEAC-Wert eines frischen Apfelpresssaftes	84

Abbildung 33: Veränderung des TEAC-Wertes von Apfelsaft bei der Zugabe von L-Ascorbinsäure	84
Abbildung 34: Veränderung von Gesamtphenolgehalt, TEAC-Wert und L-Ascorbinsäuregehalt bei einer L-Ascorbinsäurezugabe von 200 mg/L bei der Herstellung von naturtrübem Apfelsaft.....	85
Abbildung 35: Veränderung der wichtigsten einzelnen Polyphenole während der Herstellung von naturtrübem Apfelsaft, bezogen auf den frischen Presssaft (100%)	86
Abbildung 36: Antioxidative Kapazität naturtrüber Apfelsäfte aus verschiedenen Apfelsorten	87
Abbildung 37: Chromatogramm der Polyphenole eines naturtrüben Apfelsaftes der Sorte „Bohnapfel“ bei 280 nm.....	88
Abbildung 38: Chromatogramm der Polyphenole eines naturtrüben Apfelsaftes der Sorte „Jonagold“ bei 280 nm (gleicher Maßstab wie Abb. 35)	88
Abbildung 39: Absolute TEAC-Werte und Gesamtphenolgehalte nach Folin-Ciocalteu von Presssaft und Maischeextrakt aus der gleichen Maischemenge sowie die Ausbeuten in Prozent für den Presssaft	90
Abbildung 40: Prozentuale Anteile der wichtigsten Polyphenole am Fingerprintmuster von Presssaft und Extrakt	90
Abbildung 41: Abnahme des TEAC-Wertes und des Gesamtphenolgehaltes nach Folin-Ciocalteu während der Standzeit (60 min) von Apfelmaische mit und ohne Pectinasezugabe, bezogen auf die frische Maische (100%).....	91
Abbildung 42: Einfluss der Maischestandzeit auf den Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und den TEAC-Wert in Apfelsaft bei zwei verschiedenen Entsaftungssystemen.....	91
Abbildung 43: Abnahme des TEAC-Wertes und des Gesamtphenolgehaltes nach Folin-Ciocalteu von Apfelsaft während einer Standzeit von 6 Stunden	93
Abbildung 44: Veränderung von TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt von Apfelpresssaft bei zwei Varianten der Maischeerhitzung nach einer Standzeit von 4 Stunden.....	94
Abbildung 45: Veränderung der Gehalte einzelner Polyphenole und des Gesamtphenolgehaltes nach Folin-Ciocalteu bei der Herstellung eines klaren Apfelsaftes mittels einer Schönung mit 14 g/hL Gelatine + 140 mL/hL Kieselsol (15%).....	95
Abbildung 46: Veränderung von TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu während der Herstellung eines klaren Apfelsaftes mittels Gelatine/Kieselsol-Schönung	96
Abbildung 47: Einfluss der Kieselsolzugabe bei der Gelatineschönung auf den TEAC-Wert von Apfelsaft, bezogen auf den ungeschönten Saft (100%)	97
Abbildung 48: Einfluss des Zeitpunktes der Kieselsolzugabe bei der Gelatineschönung auf den TEAC-Wert und den Gesamtphenolgehalt von Apfelsaft, bezogen auf den ungeschönten Saft (100%).....	97
Abbildung 49: Abnahme von TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu nach einer Ultrafiltration von naturtrübem enzymiertem Apfelsaft mit verschiedenen Trenngrößen, bezogen auf den unfiltrierten Saft (100%).....	98
Abbildung 50: Abnahme des TEAC-Wertes, des Gesamtphenolgehaltes und des Farbwertes E 420 nm von mikrofiltriertem Apfelsaft bei der Behandlung mit PVPP Divergan F und Adsorberharz XAD 16 HP (65 BV bei 25 BV/h), bezogen auf den mikrofiltrierten Apfelsaft (100%)	99
Abbildung 51: Abnahme einzelner Polyphenole nach der Stabilisierung von mikrofiltriertem Apfelsaft mittels PVPP und Adsorberharzsäule, bezogen auf den mikrofiltrierten Saft (100%)	99
Abbildung 52: Veränderung von TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu während des Laccase-Versuchs	100
Abbildung 53: Abnahme von TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu eines mit verschiedenen Laccasekonzentrationen behandelten, ultrafiltrierten Apfelsaftes, bezogen auf den ultrafiltrierten, unbehandelten Saft (100%).....	101
Abbildung 54: Veränderung von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-	

Ciocalteu und Summe der einzelnen Polyphenole mittels HPLC während der Flaschenpasteurisation.....	102
Abbildung 55: TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu von klarem und trübem Apfelsaft der Sorte Boskoop vor und nach einer einjährigen Lagerung bei 37°C	103
Abbildung 56: HPLC-Chromatogramm eines schwarzen Johannisbeersaftes (frischer Presssaft) an einer Fluofix-Säule bei 280 nm.....	105
Abbildung 57: Anteil einzelner Polyphenole und der L-Ascorbinsäure am TEAC-Wert von frischem schwarze Johannisbeerpresssaftes.....	105
Abbildung 58: Anteil einzelner Polyphenole und der L-Ascorbinsäure am TEAC-Wert von frischem Holunderpresssaft.....	106
Abbildung 59: Veränderung von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, Gesamtphenolgehalt und –anthocyangehalt mittels HPLC, E 520/mm (pH < 1), L-Ascorbinsäuregehalt und Extraktgehalt während der Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft. Prozentuale Veränderung bezogen auf den vorangegangenen Verarbeitungsschritt.....	107
Abbildung 60: TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, L-Ascorbinsäuregehalt, Farbwert E 520/cm (pH < 1) sowie die Summen der Gehalte an Anthocyanen, farblosen Polyphenole und aller Polyphenole mittels HPLC von Nachextrakt und umgerechneten Nachextrakt einmal entsafteter schwarzer Johannisbeeren, bezogen auf den frischen Presssaft (100%).....	107
Abbildung 61: Absoluter TEAC-Werte und absoluter Gesamtphenolgehalte nach Folin-Ciocalteu von Presssaft und Maischeextrakt aus 100 g schwarzer Johannisbeermasche sowie die Ausbeuten in Prozent für den Presssaft.....	109
Abbildung 62: Abnahme einzelner Polyphenole und Anthocyane sowie des TEAC-Wertes, des Gesamtphenolgehaltes nach Folin-Ciocalteu, der Extinktion bei 520 nm (pH < 1) und des L-Ascorbinsäuregehaltes von schwarzem Johannisbeersaft nach dem Konzentratherstellungsprozess, bezogen auf den Saft vor dem Prozess (100%).....	110
Abbildung 63: Abnahme von TEAC-Wert, Farbwert E 520 nm und Gesamtphenolgehalt nach einer Schönung von schwarzem Johannisbeersaft und Brombeersaft mit 15 g/hL Gelatine bezogen auf den ungeschönten Saft (100%).....	110
Abbildung 64: Abnahme von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und der Extinktion bei 520 nm/cm (pH < 1) nach der Behandlung von schwarzem Johannisbeersaft mit verschiedenen Mengen an PVPP und Bentonit.....	111
Abbildung 65: HPLC-Chromatogramm eines frischen Holunderpresssaftes an einer Fluofix-Säule bei 280 nm.....	112
Abbildung 66: Veränderung von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und Gesamtphenol- und Gesamtanthocyangehalt mittels HPLC während der Herstellung von Holundersaft. Prozentuale Veränderung bezogen auf den vorangegangenen Verarbeitungsschritt.....	113
Abbildung 67: Veränderung von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu sowie Gesamtphenol- und Gesamtanthocyangehalt mittels HPLC von steril eingelagertem Holundersaft nach 6 Monaten Tanklagerung.....	114
Abbildung 68: Prozentuale Abnahme von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, Gesamtphenol- und Gesamtanthocyangehalt mittels HPLC sowie der einzelnen Polyphenole mittels HPLC über den gesamten Herstellungs- und Lagerungsprozess von Holundersaft, bezogen auf den frischen Presssaft (100%).....	115
Abbildung 69: HPLC-Chromatogramm eines Brombeerpresssaftes an einer Fluofix-Säule bei 280 nm.....	115
Abbildung 70: Abnahme von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu, Farbwert E 520 nm/cm (pH < 1) sowie Summe der Anthocyane und Summe der Polyphenole mittels HPLC bei der Herstellung von Brombeersaft.....	116
Abbildung 71: HPLC-Chromatogramm eines Sauerkirschpresssaftes an einer Fluofix-Säule bei 280nm.....	117
Abbildung 72: Veränderung von TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu Und Farbwert E 520 nm/cm (pH < 1) während der Herstellung von Sauerkirschsaft.	

Prozentuale Veränderung bezogen auf den vorangegangenen Verarbeitungsschritt.	118
Abbildung 73: Veränderung von TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu während der Herstellung von Stachelbeernektar, bezogen auf den frischen Presssaft (100%).....	119
Abbildung 74: Anthocyanfingerprints verschiedener Erdbeersorten.....	120
Abbildung 75: HPLC-Chromatogramm des Antioxidansgetränkes an einer Fluofix-Säule bei 280 nm	121
Abbildung 76: HPLC-Chromatogramm des Antioxidansgetränkes an einer Fluofix-Säule bei 525 nm, Ausschnitt 30 – 60 min.....	122
Abbildung 77: Abnahme einzelner Polyphenole sowie der Summe der Anthocyane und der Summe der Polyphenole mittels HPLC von Sauerkirschsaft während der Vergärung zu Wein.....	123
Abbildung 78: HPLC-Chromatogramm eines Apfelessig an einer Fluofix-Säule bei 280 nm	124
Diagramm 1: Herstellung von naturtrübem Apfelsaft.....	58
Diagramm 2: Herstellung von schwarzem Johannisbeersaft	64
Diagramm 3: Herstellung eines Stachelbeernektars.....	67
Diagramm 4: Herstellungsschema für trüben und klaren Apfelsaft unter dem Aspekt einer möglichst hohen antioxidativen Kapazität.....	135

Verzeichnis der Tabellen:

Tabelle 1: Bisher identifizierte Polyphenole in der frischen Apfelfrucht sowie die Gehalte als Durchschnitt und Schwankungsbreite	18
Tabelle 2: Schwankungsbreite der Gehalte der wichtigsten Polyphenol mittels HPLC in Apfelsaft verschiedener Sorten und Herstellungsverfahren	20
Tabelle 3: Anthocyane der schwarzen Johannisbeere und ihr prozentualer Anteil am Gesamtanthocyanengehalt	22
Tabelle 4: Farblose Polyphenole und ihre Gehalte in frischen schwarzen Johannisbeeren fünf verschiedener Sorten	22
Tabelle 5: Bisher identifizierte Polyphenole und die Schwankungsbreiten ihre Gehalte in frischen Brombeeren	25
Tabelle 6: Anthocyanmuster von frischen Holunderbeeren und einem Farbstoffkonzentrat	26
Tabelle 7: Prozentuale Anteile der einzelnen Anthocyane in zehn Holundersäften	27
Tabelle 8: Bisher identifizierte Polyphenole und die Schwankungsbreiten ihre Gehalte in frischen Erdbeeren	28
Tabelle 9: Bisher identifizierte Polyphenole und die Schwankungsbreiten ihrer Gehalte in Stachelbeere	29
Tabelle 10: Bisher identifizierte Polyphenole und die Schwankungsbreiten ihrer Gehalte in Sauerkirschen	30
Tabelle 11: Kinetische Daten des Anthocyanabbaus bei der Lagerung von Sauerkirschsaft, -halbkonzentrat und -konzentrat	31
Tabelle 12: Negativen Wirkungen von Polyphenolen.....	33
Tabelle 13: Antioxidative Schutzmechanismen zur Beseitigung aggressiver Sauerstoffspezies.....	34
Tabelle 14: Antioxidative Kapazität einiger Polyphenole mit zwei verschiedenen Testsystemen.....	40
Tabelle 15: Inhibition der LDL-Oxidation durch Extrakte von verschiedenen Beerenfrüchten und verschiedenen Traubensorten	41
Tabelle 16: Antioxidative Kapazität von Weinen und einigen Fruchtsäften und -nektaren.....	42
Tabelle 17: Hemmkonstante IC_{50} der LDL-Oxidation der Polyphenole einiger Getränke	43
Tabelle 18: Hemmung der Peroxidbildung von Methyllinolat durch aufgearbeitete Fruchtweine bei zwei verschiedenen Probenmengen sowie Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu der Fruchtweine und der Polyphenolgehalt in 50 μ L Probe berechnet als Gallussäure-Equivalente (GAE)	43
Tabelle 19: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen einiger Polyphenole bei einem Injektionsvolumen von 10 μ L	45
Tabelle 20: Standardabweichung des Mittelwertes im TEAC-Test bei jeweils 16 Wiederholungen	56
Tabelle 21: TEAC-Werte einiger Frucht- und Gemüsesäfte sowie alkoholischer Getränke	79
Tabelle 22: Mittelwerte und Schwankungsbreiten der Gehalte der wichtigsten Polyphenole mittels HPLC in den untersuchten Apfelsäften (n = 49).....	81
Tabelle 23: Analysendaten der naturtrüben sortenreinen Apfelsäfte.....	87
Tabelle 24: Konzentration der Polyphenole in den naturtrüben Apfelsäften.....	89
Tabelle 25: Gehalte der Hauptpolyphenole sowie ihre Summe mittels HPLC von Apfelsäften hergestellt mit Dekanter und Horizontalpresse mit und ohne Maischestandzeit....	92
Tabelle 26: Gehalte einzelner Polyphenole und deren Summe von den Presssäften der beiden Maischeerhitzungsvarianten	94
Tabelle 27: Gehalte einzelner Polyphenole mittels HPLC während des Laccase-Versuchs	101

Tabelle 28: Mittelwerte und Schwankungsbreiten der Gehalte der wichtigsten Polyphenole in schwarzem Johannisbeersaft (n = 9).....	104
Tabelle 29: Extraktgehalt (°Oechsle), Gesamtsäuregehalt (pH 8,1), L-Ascorbinsäuregehalt, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und TEAC-Wert von schwarzen Johannisbeersäften verschiedener Sorten	108
Tabelle 30: Gehalte einzelner Polyphenole und Summe der Polyphenole und Anthocyane von Holundersaft (frischer Presssaft) mittels HPLC.....	112
Tabelle 31: Veränderung einzelne Polyphenole mittels HPLC von steril eingelagertem Holundersaft nach 6 Monaten Tanklagerung.....	114
Tabelle 32: Gehalte einzelner Polyphenole und Summe der bestimmten Polyphenole mittels HPLC sowie das Anthocyanmuster von frischem Brombeerpresssaft.....	116
Tabelle 33: Gehalte an einzelnen Polyphenolen sowie die Summe der Anthocyane und die Summe der Polyphenole mittels HPLC von frischem Sauerkirschpresssaft.....	117
Tabelle 34: Extrakt, Gesamtsäuregehalt (pH 8,1), L-Ascorbinsäuregehalt, TEAC-Wert, Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu und Gesamtanthocyanengehalt mittels HPLC berechnet als Pelargonidin von Erdbeeren der Sorte „Elsanta“ an drei Ernteterminen	119
Tabelle 35: Analysendaten des Antioxidansgetränktes.....	121
Tabelle 36: Gehalte der Hauptpolyphenole mittels HPLC des Antioxidansgetränktes.....	121
Tabelle 37: TEAC-Wert und Gesamtphenolgehalt nach Folin-Ciocalteu verschiedene Fruchtsäfte bzw. -weine vor und nach der Vergärung.....	123
Tabelle 38: TEAC-Werte und Gesamtphenolgehalte von Moosbeerensaft, -wein und -essig im Verlauf einer Fruchtweinessigerstellung	124

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

ABTS	: 2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzthiazolin-6-sulfonsäure)
CaCo-2	: human colon adeno carcinoma
Cya-3-rut	: Cyanidin-3-rutinosid
DAD	: Diode array detection
DMPD	: N,N-Dimethyl-p-phenyldiamin dihydrochlorid
DPPH	: 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl
ECD	: Electrochemical detection
FRAP	: Ferric reducing/antioxidant power
GAE	: gallic acid equivalents
HMF	: 5-Hydroxymethylfurfural
HPLC	: High performance liquid chromatography
IC ₅₀	: Concentration of 50% inhibition
i.D.	: im Durchmesser
KZE	: Kurzzeiterhitzung
LC/MS	: Liquid chromatography/mass spectrometry
LDL	: Low-density lipoprotein
MF	: Mikrofiltration
MHD	: Mindesthaltbarkeitsdatum
NADPH	: Nicotinamidadenindinucleotidphosphat
n.b.	: nicht bestimmt
NMR	: Nuclear magnetic resonance
n.n.	: nicht nachweisbar
ORAC	: Oxygen radical absorbance capacity
PAD	: Pulsed amperometric detection
PBS	: Phosphate buffered saline
PPO	: Polyphenoloxidase
PVPP	: Polyvinylpolypyrrolidon
RP	: Reversed phase
TEAC	: Trolox equivalent antioxidative capacity
TRAP	: Total-Radical-Trapping-Antioxidant-Parameter
UV-Vis	: Ultraviolet-visible
V	: Volumen
VdF	: Verband der deutschen Fruchtsaftindustrie