



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Veröffentlichungen..... | III |
| Zusammenfassung..... | VII |
| Summary..... | XIII |
| Inhaltsverzeichnis | XVII |
| Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen..... | XXI |
| | |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 2 Grundlagen | 3 |
| 2.1 Lebensmittelrechtliche Regelungen zu Fruchtsäften..... | 3 |
| 2.2 Herstellung von Apfelsaft..... | 5 |
| 2.2.1 Rohware Apfel | 5 |
| 2.2.2 Apfelsaftherstellung | 6 |
| 2.2.3 Herstellung von Apfelsaftkonzentrat | 10 |
| 2.2.4 Herstellung von Apfelsaftaroma (Restaurationsaroma)..... | 11 |
| 2.3 Apfelsaftaroma..... | 12 |
| 2.3.1 Aromastoffe | 12 |
| 2.3.2 Sensorische Relevanz | 20 |
| 2.3.3 Analytische Beurteilungskriterien | 22 |
| 2.4 Analytik flüchtiger Inhaltsstoffe..... | 24 |
| 2.4.1 Aromastoffisolierung | 24 |
| 2.4.1.1 Direkte Flüssig-Flüssig-Extraktion..... | 25 |
| 2.4.1.2 Simultane Destillation- Extraktion (SDE) | 26 |
| 2.4.1.3 Solvent Assisted Flavour Evaporation (SAFE) | 27 |
| 2.4.1.4 Headspace..... | 27 |
| 2.4.1.5 Stir-Bar Sorptive Extraction (SBSE; Gerstel-Twister™) mit anschließender Thermodesorption | 28 |
| 2.4.2 Gaschromatographie- Massenspektrometrie | 29 |



| | |
|---|-----------|
| 3 Ergebnisse und Diskussion..... | 31 |
| 3.1 Methodenvergleich | 31 |
| 3.1.1 Präzision..... | 31 |
| 3.1.2 Richtigkeit..... | 35 |
| 3.2 Untersuchung sortenreiner Apfeldirektsäfte..... | 40 |
| 3.2.1 Statistische Betrachtungen..... | 40 |
| 3.2.2 Klassifizierung | 46 |
| 3.2.2.1 Esterapfel und Alkoholapfel | 46 |
| 3.2.2.2 Acetatapfel und Butanoatapfel..... | 48 |
| 3.2.3 Aromastoffbildung während Reifung und Lagerung | 51 |
| 3.2.4 Unterschiede der Aromastoffgehalte in Fruchtfleisch, Schale und Kerngehäuse | 55 |
| 3.3 Marktübersichten | 58 |
| 3.3.1 Marktübersicht Apfeldirektsaft | 58 |
| 3.3.2 Marktübersicht Apfelsaft aus Apfelsaftkonzentrat | 62 |
| 3.3.3 Kommerzielle Apfelrestaurationsaromen | 64 |
| 3.4 Bewertungsparameter Aromaindex..... | 66 |
| 3.4.1 Vorüberlegungen | 66 |
| 3.4.2 Entwicklung des Aromaindex | 68 |
| 3.4.2.1 Aromastoffe des Aromaindex..... | 68 |
| 3.4.2.2 Bezugswerte des Aromaindex | 70 |
| 3.4.2.3 Bewertung mit dem Aromaindex-Modell..... | 75 |
| 3.4.3 Anwendung des Aromaindex-Modells | 79 |
| 3.4.3.1 Anwendung auf Apfeldirektsäfte | 80 |
| 3.4.3.2 Anwendung auf Apfelsäfte aus Apfelsaftkonzentrat..... | 81 |
| 3.5 Untersuchungen zu technologischen Aspekten..... | 82 |
| 3.5.1 Einfluss von Maischestandzeit und Pressverfahren | 82 |
| 3.5.2 Einfluss der Filtration | 84 |
| 3.5.3 Aromarückgewinnung | 86 |
| 3.5.4 Mischung, Entgasung, Abfüllung | 91 |
| 3.5.4.1 Ausmischung | 91 |
| 3.5.4.2 Entgasung..... | 96 |
| 3.5.4.3 Abfüllung..... | 97 |



| | |
|--|------------|
| 3.6 Lagerversuche | 98 |
| 3.6.1 Lagerung von Apfelsaftrestaurationsaromen | 98 |
| 3.6.2 Lagerung von Fertigwaren | 99 |
| 3.6.2.1 Lagerversuche bei Raumtemperatur | 99 |
| 3.6.2.2 Lagerversuche bei Warmlagerung | 106 |
| 3.6.2.3 Untersuchungen von Abbaureaktionen anhand einer Modell-Matrix | 107 |
| 4 Ausblick | 109 |
| 5 Experimenteller Teil | 111 |
| 5.1 Material | 111 |
| 5.1.1 Untersuchungsmaterial | 111 |
| 5.1.1.1 Früchte | 111 |
| 5.1.1.2 Halbwaren | 111 |
| 5.1.1.3 Handelswaren | 111 |
| 5.1.2 Referenzmaterial | 112 |
| 5.1.3 Chemikalien | 112 |
| 5.2 Geräte | 112 |
| 5.2.1 Gaschromatographie | 112 |
| 5.2.1.1 Flüssigaufgabe | 113 |
| 5.2.1.2 Headspace | 113 |
| 5.2.1.3 Stir-Bar Sorptive Extraction | 113 |
| 5.2.2 Massenspektrometrie | 114 |
| 5.2.3 Sonstige Geräte | 114 |
| 5.3 Methoden | 115 |
| 5.3.1 Saffherstellung im Labormaßstab | 115 |
| 5.3.2 Probenaufarbeitung | 115 |
| 5.3.2.1 Direkte Flüssig-Flüssig-Extraktion | 115 |
| 5.3.2.2 Simultane Destillation-Extraktion (SDE) | 116 |
| 5.3.2.3 Solvent Assisted Flavour Evaporation (SAFE) | 117 |
| 5.3.2.4 Headspace | 117 |
| 5.3.2.5 Stir-Bar Sorptive Extraction (SBSE; Gerstel-Twister™) mit anschließender Thermodesorption | 117 |
| 5.3.3 Identifizierung und Quantifizierung | 118 |
| 5.3.4 Weitere Methoden | 118 |



| | | |
|----------|-----------------------|------------|
| 6 | Literatur..... | 119 |
| 7 | Anhang..... | 131 |