

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Grundlagen

<b>1</b>	<b>Strategien zur Untersuchung von Lebensmitteln</b> .....	<b>3</b>
1.1	Gewährleistung von Qualität und Sicherheit der Lebensmittel. ....	4
1.2	Grundprinzipien der Untersuchung von Lebensmitteln. ....	5
1.3	Methodische Vorgehensweise bei der Untersuchung von Lebensmitteln ...	6
1.3.1	Probenbeschreibung. ....	7
1.3.2	Probenvorbereitung .....	8
1.3.3	Analysenparameter .....	8
1.3.3.1	Allgemeine Parameter .....	8
1.3.3.2	Spezielle Parameter .....	8
1.3.3.3	Authentizitätsparameter .....	9
1.4	<b>Rechtliche Regelungen und Normen</b> .....	<b>10</b>
1.4.1	Europäische Gesetzgebung .....	10
1.4.1.1	Basis-Verordnung (EG) Nr. 178/2002 .....	10
1.4.1.2	Europäisches Schnellwarnsystem für Lebens- und Futtermittel (RASFF) .....	11
1.4.1.3	Hygiene-Paket .....	11
1.4.1.4	HACCP-Konzept. ....	11
1.4.1.5	Lebensmittelinformationsverordnung .....	12
1.4.1.6	EU-Zusatzstoffverordnung .....	12
1.4.1.7	Rückstände und Kontaminanten. ....	12
1.4.1.8	Biologisch erzeugte Lebensmittel. ....	13
1.4.1.9	EU-Kontrollverordnung .....	13
1.4.2	Nationales Recht .....	13
1.4.2.1	Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch .....	13
1.4.3	Normen und Empfehlungen. ....	14
1.4.3.1	ISO-Normen .....	14
1.4.3.2	EN-Normen .....	14
1.4.3.3	DIN-Normen .....	14
1.4.3.4	Codex Alimentarius .....	14
1.4.3.5	International Food Standard. ....	15
1.4.3.6	Leitsätze. ....	15
1.4.3.7	Produkttrichtlinien. ....	15
	<b>Literatur</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Methodenkategorien</b> .....	<b>17</b>
2.1	<b>Analysenmethoden</b> .....	<b>18</b>
2.1.1	Labormethoden, Schnellmethoden, Sofortmethoden .....	18
2.1.2	Absolutmethoden .....	20
2.1.3	Relativmethoden .....	20
2.1.4	Aussagekraft. ....	20
2.2	<b>Standardmethoden</b> .....	<b>20</b>
2.2.1	Offizielle Methoden .....	21

2.2.2	Modifizierte Methoden.....	22
2.3	Literaturmethoden.....	22
2.4	Hausmethoden.....	22
	Literatur.....	22

## II Qualität im Labor

3	<b>Beurteilung von Methoden und Ergebnissen.....</b>	25
3.1	<b>Methoden.....</b>	26
3.1.1	Validierung und Verifizierung.....	26
3.1.1.1	Spezifität, Selektivität.....	28
3.1.1.2	Präzision.....	28
3.1.1.3	Richtigkeit, Wiederfindung.....	29
3.1.1.4	Robustheit.....	34
3.1.1.5	Linearität.....	34
3.1.1.6	Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen.....	34
3.1.2	Kalibrierung.....	38
3.2	<b>Ergebnisse.....</b>	42
3.2.1	Anzahl der Einzelmessungen.....	42
3.2.2	Mittelwert, Varianz und Standardabweichung.....	42
3.2.3	Prüfung auf Normalverteilung (Schnelltest).....	43
3.2.4	Ausreißer.....	44
3.2.5	Angabe des Messergebnisses.....	49
3.2.5.1	Konfidenzintervall für kleine Stichprobenumfänge.....	49
3.2.5.2	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Soll-/Grenzwert.....	49
3.2.5.3	Messunsicherheit.....	49
3.2.6	Umgang mit Datensätzen.....	52
3.2.6.1	Zensierte Daten.....	52
3.2.6.2	Praktische Anwendung.....	53
3.3	<b>Nulltoleranz.....</b>	54
	Literatur.....	55
4	<b>Qualitätsmanagement im Labor.....</b>	57
4.1	<b>Akkreditierung.....</b>	58
4.2	<b>Qualitätslenkung.....</b>	58
4.2.1	Interne Qualitätssicherung.....	58
4.2.2	Externe Qualitätssicherung.....	60
4.3	<b>Eignungsprüfungen.....</b>	61
	Literatur.....	62

## III Instrumentelle Techniken in der Lebensmittelanalytik

5	<b>Chromatographie.....</b>	67
5.1	<b>Dünnschichtchromatographie (DC).....</b>	70
5.1.1	Eindimensionale DC.....	70

5.1.1.1	Prinzip	70
5.1.1.2	Geräte und Hilfsmittel (allgemein)	70
5.1.1.3	DC-Platten und Sorbenzien	71
5.1.1.4	Laufmittel (mobile Phase)	72
5.1.1.5	Auftragen der Lösungen	73
5.1.1.6	Entwicklung	74
5.1.1.7	Auswertung	74
5.1.1.8	Anwendungsgebiete	75
5.1.2	Zweidimensionale DC	75
5.1.3	Zirkulare DC	76
5.2	<b>Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie (HPTLC)</b>	76
5.2.1	Prinzip	76
5.2.2	Geräte und Hilfsmittel	77
5.2.3	HPTLC-Platten	77
5.2.4	Auftragen und Entwickeln	77
5.2.5	Dokumentieren und Quantifizieren	78
5.2.6	Anwendungsgebiete	79
5.3	<b>Gaschromatographie (GC)</b>	79
5.3.1	Prinzip	79
5.3.2	Geräte und Hilfsmittel (allgemein)	80
5.3.3	Trennsäulen und stationäre Phasen	80
5.3.4	Probenaufgabe/Injektion	81
5.3.5	Säulentemperatur/Trennung	82
5.3.6	Detektoren	82
5.3.6.1	Flammenionisationsdetektor	82
5.3.6.2	Wärmeleitfähigkeitsdetektor	83
5.3.6.3	Elektroneneinfangdetektor	83
5.3.6.4	Chemolumineszenzdetektor	84
5.3.7	Gaschromatogramme/Auswertung	84
5.3.7.1	Externe Standardmethode	84
5.3.7.2	Interne Standardmethode	85
5.3.7.3	Standardadditionsmethode	85
5.3.8	Anwendungsgebiete	86
5.4	<b>Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC)</b>	86
5.4.1	Prinzip	86
5.4.2	Geräte und Hilfsmittel (allgemein)	87
5.4.3	Trennsäulen und Teilchentypen	87
5.4.4	Trennverfahren und Säulenfüllmaterialien	88
5.4.4.1	Adsorptionschromatographie (Normalphasen-Chromatographie)	88
5.4.4.2	Reversed-Phase (RP)-Chromatographie (Umkehrphasen-Chromatographie)	88
5.4.4.3	Ionenpaarchromatographie (Ion Pair Chromatography, IPC)	89
5.4.4.4	Ionenaustauschchromatographie (Ion Exchange Chromatography, IEC), Ionenchromatographie (High Performance Ion Chromatography, HPIC)	89
5.4.4.5	Weitere Trennverfahren	90
5.4.5	Probenaufgabe/Injektion	90
5.4.6	Elutionsmittel und Flussrate	91
5.4.7	Trennmodus und Temperatureinfluss	92
5.4.8	Detektoren	92

5.4.8.1	UV/Vis-Detektor	93
5.4.8.2	Fluoreszenzdetektor	93
5.4.8.3	Refraktionsindex-Detektor	93
5.4.8.4	Chemilumineszenzdetektor	94
5.4.8.5	Lichtstreuendetektor (Evaporative Light Scattering Detector, ELSD)	94
5.4.8.6	Massenselektive Detektoren	95
5.4.9	Flüssigchromatogramme/Auswertung	95
5.4.10	Anwendungsgebiete	95
5.5	<b>Denaturierende HPLC</b>	95
5.5.1	Prinzip	96
5.5.2	Geräte und Hilfsmittel	96
5.5.3	Arbeitsweise	96
5.5.3.1	Nicht-denaturierender Modus	97
5.5.3.2	Partiell-denaturierender Modus	98
5.5.3.3	Komplett-denaturierender Modus	99
5.5.4	Anwendungsgebiete	99
	<b>Literatur</b>	100
6	<b>Massenspektrometrie</b>	103
6.1	<b>Prinzip</b>	104
6.2	<b>Ionenerzeugung</b>	104
6.2.1	Elektronenstoßionisation	105
6.2.2	Chemische Ionisation	105
6.2.3	Elektrosprayionisation	105
6.2.4	Chemische Ionisierung unter Atmosphärendruck	106
6.2.5	Induktiv gekoppeltes Plasma	106
6.2.6	Matrix-unterstützte Laserdesorption/ionisation	106
6.3	<b>Ionen-Analysatoren</b>	106
6.3.1	Quadrupol-Massenspektrometer	107
6.3.2	Ionenfallen	108
6.3.3	Flugzeit-Massenspektrometer	108
6.3.4	Sektorfeld-Massenspektrometer	108
6.4	<b>Ionen-Detektoren</b>	109
6.5	<b>Auswertung</b>	109
6.5.1	SCAN-Modus	109
6.5.2	SIM-Modus	109
6.5.3	SRM-Modus	110
6.5.4	MRM-Modus	110
	<b>Literatur</b>	110
7	<b>Kopplungstechniken</b>	111
7.1	<b>Kopplung Chromatographie und Massenspektrometrie</b>	112
7.1.1	Massenspektrometrie mit HPTLC	112
7.1.2	Massenspektrometrie mit Gaschromatographie (GC-MS/GC-MSD)	113
7.1.2.1	Prinzip	114
7.1.2.2	Anwendungsgebiete	114
7.1.3	Tandem-Massenspektrometrie mit Flüssigchromatographie (LC-MS/MS)	114

7.1.3.1	Prinzip.....	114
7.1.3.2	Anwendungsgebiete.....	115
7.1.4	Matrix-unterstützte Laserdesorption/Ionisierung-Flugzeit-Massenspektrometrie (MALDI-TOF-MS).....	115
7.1.4.1	Prinzip.....	115
7.1.4.2	Anwendungsgebiete.....	116
7.1.5	Massenspektrometrie mit induktiv-gekoppeltem Plasma (ICP-MS).....	116
7.1.5.1	Prinzip.....	116
7.1.5.2	Arbeitsweise.....	116
7.1.5.3	Probeneinführungssystem.....	116
7.1.5.4	Interface und Ionenoptik.....	117
7.1.5.5	Quadrupol-MS und Detektor.....	117
7.1.5.6	Anwendungsgebiete.....	117
7.2	<b>Kopplung Chromatographie und Chromatographie</b> .....	117
7.2.1	Flüssigchromatographie mit Gaschromatographie (LC-GC).....	117
7.2.2	Gaschromatographie mit Gaschromatographie.....	118
7.2.2.1	Mehrdimensionale Gaschromatographie (GC-GC).....	118
7.2.2.2	Multidimensionale umfassende Chromatographie (GCxGC).....	120
	<b>Literatur (Auswahl)</b> .....	121
8	<b>Spektrometrie</b> .....	123
8.1	<b>Ultraviolett/Visuell-Spektrometrie – Photometrie</b> .....	126
8.1.1	Prinzip.....	126
8.1.2	Aufnahme von UV/Vis-Spektren.....	126
8.1.3	Interpretation von UV/Vis-Spektren.....	127
8.1.4	Das Lambert-Beersche Gesetz.....	127
8.1.5	Photometrie.....	128
8.1.6	Anwendungsgebiete.....	128
8.1.7	Auswertung.....	129
8.2	<b>Infrarotspektrometrie (IR-Spektrometrie)</b> .....	129
8.2.1	Prinzip.....	129
8.2.2	Anzahl und Art der Schwingungen.....	130
8.2.3	Aufnahme von IR-Spektren.....	130
8.2.4	Anwendungsgebiete.....	132
8.2.5	Auswertung/Interpretation von IR-Spektren.....	132
8.3	<b>Kernspinresonanzspektrometrie (NMR-Spektrometrie)</b> .....	133
8.3.1	Prinzip.....	133
8.3.2	Messverfahren.....	136
8.3.3	Relaxation.....	137
8.3.4	Geräte und Hilfsmittel.....	137
8.3.5	Anwendungen.....	137
8.3.5.1	Hochauflösende NMR-Spektrometrie.....	137
8.3.5.2	SNIF-NMR.....	138
8.3.5.3	Festkörper-NMR.....	138
8.3.5.4	Kernspintomographie (MRI-NMR).....	138

8.3.5.5	Niederfeld-NMR .....	138
8.4	<b>Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)</b> .....	139
8.4.1	Prinzip .....	139
8.4.2	Arbeitsweise eines Atomabsorptionsspektrometers .....	140
8.4.3	Strahlungs-/Lichtquelle .....	141
8.4.3.1	Atomisierung .....	141
8.4.3.2	Ablauf eines Analysenganges .....	143
8.4.3.3	Monochromator .....	144
8.4.3.4	Detektor .....	145
8.4.4	Leistungsfähigkeit und Untergrundkompensation .....	145
8.4.4.1	Spezifität .....	145
8.4.4.2	Selektivität .....	145
8.4.4.3	Störmöglichkeiten .....	145
8.4.4.4	Kompensation unspezifischer Strahlungsverluste durch Deuterium(D <sub>2</sub> )- Untergrundkompensator .....	146
8.4.5	Anwendungsgebiete .....	146
8.4.6	Auswertung .....	146
8.5	<b>Flammenphotometrie</b> .....	147
8.5.1	Prinzip .....	147
8.5.2	Arbeitsweise eines Flammenphotometers .....	147
8.5.3	Anwendungsgebiete .....	148
8.5.4	Auswertung .....	149
8.6	<b>Polarimetrie</b> .....	149
8.6.1	Prinzip .....	149
8.6.1.1	Optische Aktivität und spezifische Drehung .....	150
8.6.2	Arbeitsweise eines Polarimeters .....	151
8.6.3	Anwendungsgebiete .....	152
8.6.4	Auswertung .....	153
8.7	<b>Refraktometrie</b> .....	153
8.7.1	Prinzip .....	153
8.7.2	Arbeitsweise eines Refraktometers .....	154
8.7.3	Anwendungsgebiete .....	156
8.7.4	Auswertung .....	157
8.8	<b>Spektrometrische Schnellmethoden</b> .....	157
8.8.1	Prinzip .....	157
8.8.2	Anwendungsgebiete .....	158
	<b>Literatur</b> .....	158
9	<b>Polarographie</b> .....	161
9.1	<b>Prinzip</b> .....	162
9.2	<b>Polarographische Verfahren</b> .....	163
9.2.1	Gleichstrompolarographie .....	163
9.2.2	Wechselstrompolarographie .....	164
9.2.3	Puls-Polarographie .....	165
9.3	<b>Arbeitsweise und Durchführung</b> .....	166
9.4	<b>Anwendungsgebiete</b> .....	167
9.5	<b>Auswertung</b> .....	168
	<b>Literatur (Auswahl)</b> .....	168

<b>10</b>	<b>Enzymatische Analyse</b> .....	169
10.1	<b>Prinzip</b> .....	170
10.2	<b>Arbeitsweise und Durchführung</b> .....	171
10.2.1	Probenvorbereitung .....	171
10.2.2	Messung .....	173
10.2.3	Arbeitsschema .....	173
10.3	<b>Anwendungsgebiete</b> .....	174
10.4	<b>Auswertung</b> .....	174
	<b>Literatur (Auswahl)</b> .....	175
<b>11</b>	<b>Elektrophorese</b> .....	177
11.1	<b>Aufbau einer Elektrophoreseeinheit</b> .....	178
11.2	<b>Trägermaterial</b> .....	181
11.3	<b>Agarose-Gelelektrophorese</b> .....	181
11.3.1	Prinzip .....	181
11.3.2	Probenvorbereitung .....	182
11.3.3	Agarosegele .....	182
11.3.4	Elektrophorese .....	182
11.3.5	Auswertung .....	183
11.3.6	Anwendungsgebiete .....	183
11.4	<b>Natriumdodecylsulfat-Polyacrylamid-Gelelektrophorese (SDS-PAGE)</b> ....	183
11.4.1	Prinzip .....	183
11.4.2	Arbeitsweise .....	183
11.4.3	Auswertung .....	186
11.4.4	Anwendungsgebiete .....	187
11.5	<b>Isoelektrische Fokussierung auf Polyacrylamid-Gelen (IEF-PAGE)</b> .....	187
11.5.1	Prinzip .....	187
11.5.2	Arbeitsweise .....	187
11.5.3	Anwendungsgebiete .....	189
	<b>Literatur</b> .....	189
<b>12</b>	<b>Immunochemische Verfahren</b> .....	191
12.1	<b>Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA)</b> .....	193
12.1.1	Prinzip .....	193
12.1.2	Arbeitsweise .....	194
12.1.2.1	Sandwich-ELISA .....	194
12.1.2.2	Kompetitiver ELISA .....	194
12.1.3	Anwendungsgebiet .....	195
	<b>Literatur</b> .....	195
<b>13</b>	<b>Molekularbiologische Verfahren</b> .....	197
13.1	<b>DNA-Isolierungsverfahren</b> .....	200
13.1.1	Prinzip .....	200
13.1.2	Arbeitsweise .....	200
13.2	<b>DNA-Konzentrationsbestimmungsverfahren</b> .....	202
13.2.1	Prinzip .....	202
13.2.2	Arbeitsweise .....	203
13.2.3	Anwendungsgebiete .....	203

13.3	<b>Qualitative Endpunkts-PCR</b> .....	203
13.3.1	Prinzip .....	203
13.3.2	Arbeitsweise .....	204
13.3.3	Auswertung .....	206
13.3.4	Anwendungsgebiete .....	206
13.4	<b>PCR-Restriktionsfragmentlängenpolymorphismus (RFLP)</b> .....	207
13.4.1	Prinzip .....	207
13.4.2	Arbeitsweise .....	207
13.4.3	Auswertung .....	208
13.4.4	Anwendungsgebiete .....	209
13.5	<b>Quantitative Realtime-PCR</b> .....	209
13.5.1	Prinzip .....	209
13.5.2	Geräte und Hilfsmittel .....	210
13.5.3	Arbeitsweise .....	211
13.5.4	Auswertung .....	211
13.5.4.1	Absolute Quantifizierung .....	211
13.5.4.2	Relative Quantifizierung .....	213
13.5.5	Anwendungsgebiete .....	214
13.6	<b>Isothermale Amplifikationsverfahren</b> .....	214
13.6.1	Übersicht .....	214
13.6.2	LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) .....	215
13.6.3	Methodenvergleich: LAMP <i>versus</i> PCR .....	216
13.7	<b>Moderne DNA-Sequenzierungsverfahren:</b>	
	<b>Next Generation Sequencing (NGS)</b> .....	218
13.7.1	Prinzip .....	218
13.7.2	Aktuelle Verfahren .....	218
13.7.3	Limitationen und Ausblick .....	220
13.8	<b>Molekularbiologische Schnellmethoden</b> .....	221
13.8.1	Analyterfassung – Antikörper und Aptamere .....	221
13.8.1.1	Prinzip .....	222
13.8.1.2	Anwendungsgebiete .....	223
13.8.2	Auslesetechniken – Lateral Flow Assay .....	223
13.8.2.1	Prinzip .....	223
13.8.2.2	Anwendungsgebiete .....	224
13.8.3	Biochip-Technologien .....	224
13.8.3.1	Prinzip .....	224
13.8.3.2	Anwendungsgebiete .....	226
	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	226

## IV Untersuchung von Lebensmitteln

14	<b>Allgemeine Parameter</b> .....	231
14.1	<b>Dichte</b> .....	232
14.1.1	Pyknometrische Bestimmung der relativen Dichte .....	233
14.1.2	Dichtebestimmung mittels Biegeschwinger .....	235



14.2	<b>Wasser</b> .....	237
14.2.1	Bestimmung von Wasser durch Karl-Fischer-Titration .....	237
14.2.2	Bestimmung von Wasser durch azeotrope Destillation .....	240
14.3	<b>Trockensubstanz</b> .....	242
14.3.1	Gravimetrische Bestimmung der Trockensubstanz .....	243
14.3.2	Refraktometrische Bestimmung der Trockensubstanz .....	245
14.3.3	Pyknometrische Bestimmung der Trockensubstanz .....	246
14.4	<b>Glührückstand</b> .....	247
14.4.1	Bestimmung des Glührückstandes durch direkte Veraschung (Aschegehalt) .....	247
14.4.2	Bestimmung des säureunlöslichen Glührückstandes (Sandgehalt) .....	249
14.4.3	Bestimmung der Type von Getreidemehl .....	251
14.4.4	Bestimmung der Aschenalkalität .....	252
14.5	<b>Ballaststoff-/Rohfaser</b> .....	253
14.5.1	Bestimmung der unlöslichen organischen Ballaststoffe nach van Soest .....	254
14.5.2	Bestimmung der Rohfaser nach Scharrer-Kürschner .....	256
	<b>Literatur</b> .....	258
15	<b>Fette, Fettbegleitstoffe</b> .....	261
15.1	<b>Fett</b> .....	262
15.1.1	Direkte Extraktion – Methode nach Soxhlet .....	264
15.1.2	Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Weibull-Stoldt .....	267
15.2	<b>Fett in Milch und Milcherzeugnissen</b> .....	269
15.2.1	Extraktion nach Ammoniakaufschluss – Methode nach Röse-Gottlieb .....	269
15.2.2	Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Schmid- Bondzynski-Ratzlaff .....	271
15.2.3	Acidobutyrometrische Bestimmung – Methode nach Gerber .....	273
15.3	<b>Charakterisierung von Fetten und Ölen</b> .....	275
15.3.1	Chemische Methoden – Kennzahlen .....	275
15.3.1.1	Bestimmung der Verseifungszahl .....	276
15.3.1.2	Bestimmung der Iodzahl – Methode nach Kaufmann .....	277
15.3.1.3	Bestimmung der Säurezahl und des FFA-Gehaltes .....	280
15.3.1.4	Bestimmung der Peroxidzahl – Methode nach Wheeler .....	284
15.3.1.5	Bestimmung der Anisidinzahl .....	287
15.3.1.6	Bestimmung der Totox-Zahl .....	289
15.3.1.7	Bestimmung der Oxidationsbereitschaft .....	290
15.3.1.8	Bestimmung der Halbmikro-Buttersäurezahl .....	292
15.3.1.9	Bestimmung der Unverseifbaren Anteile .....	296
15.3.2	Spektrometrische Methoden .....	298
15.3.2.1	Charakterisierung von Fetten und Ölen anhand des UV-Spektrums .....	298
15.3.2.2	Nachweis der Fettraffination mittels UV-Spektrometrie .....	300
15.3.2.3	Nachweis der Fetthärtung mittels IR-Spektrometrie .....	302
15.3.3	Chromatographische Methoden .....	305
15.3.3.1	Charakterisierung von Fetten und Ölen mittels DC .....	305
15.3.3.2	Trennung und Identifizierung von Fettsäuren (als Methylester) mittels GC-FID .....	307

15.3.3.3	Quantifizierung des Milchfettgehaltes mittels GC-FID.....	310
15.3.3.4	Trennung und Identifizierung von trans-Fettsäuren (als Methylester) mittels GC-FID .....	311
15.3.3.5	Bestimmung von Epoxyfettsäuren mittels GC-FID .....	313
15.3.3.6	Bestimmung der Triglyceridverteilung mittels Hochtemperatur-GC-FID ....	316
15.3.3.7	Bestimmung von Kakaobutteräquivalenten mittels GC-FID (CoCal- Verfahren) .....	319
15.3.3.8	Nachweis und Identifizierung von Sterinen mittels Kombination von DC und GC-FID .....	323
	<b>Literatur</b> .....	327
<b>16</b>	<b>Aminosäuren, Peptide, Proteine, Nucleinsäuren</b> .....	331
16.1	<b>Aminosäuren</b> .....	337
16.1.1	Identifizierung von Aminosäuren mittels DC .....	338
16.1.2	Bestimmung der Formolzahl. ....	339
16.1.3	Photometrische Bestimmung von Hydroxyprolin. ....	341
16.1.4	Photometrische Bestimmung von Prolin .....	345
16.2	<b>Proteine</b> .....	347
16.2.1	Charakterisierung von Proteinen – Übersicht .....	347
16.2.1.1	Allgemeine Nachweisreaktionen. ....	348
16.2.1.2	Möglichkeiten der Reinigung und Anreicherung .....	349
16.2.1.3	Möglichkeiten der Identifizierung (Strukturanalyse) .....	350
16.2.2	Bestimmung von Proteinen. ....	350
16.2.2.1	Bestimmung des Gesamtproteingehaltes über Stickstoff – Methode nach Kjeldahl .....	351
16.2.2.2	Bestimmung des Reinproteingehaltes – Methode nach Barnstein .....	358
16.2.3	Elektrophoretische Methoden .....	360
16.2.3.1	Bestimmung der molekularen Masse von Proteinuntereinheiten mittels SDS-PAGE .....	360
16.2.3.2	Differenzierung von Tierarten mittels IEF .....	363
16.2.4	Immunchemische Methoden .....	365
16.2.4.1	Bestimmung von Molkenproteinen mittels ELISA. ....	365
16.3	<b>Nucleinsäuren</b> .....	368
16.3.1	Nachweis von Bt-Mais mittels Qualitativer PCR .....	370
16.3.2	Differenzierung von Kakaoarten mittels PCR-RFLP .....	374
	<b>Literatur</b> .....	376
<b>17</b>	<b>Kohlenhydrate</b> .....	379
17.1	<b>Mono-, Di- und Oligosaccharide</b> .....	380
17.1.1	Chromatographische Methoden .....	381
17.1.1.1	Identifizierung von Zuckern mittels DC. ....	383
17.1.1.2	Bestimmung von Zuckern mittels HPLC-RI .....	384
17.1.1.3	Bestimmung von Zuckern mittels GC-FID .....	388
17.1.2	Polarimetrische Methoden .....	392
17.1.2.1	Polarimetrische Bestimmung von Saccharose und Glucose .....	393
17.1.3	Chemische Summenmethoden .....	396
17.1.3.1	Bestimmung der direkt reduzierenden Zucker vor der Inversion – Reduktometrische Methode nach Luff-Schoorl .....	396

17.1.3.2	Bestimmung der gesamtreduzierenden Zucker nach der Inversion – Reduktometrische Methode nach Luff-Schoorl .....	401
17.1.3.3	Bestimmung von reduzierenden Zuckern (Lactose) und Saccharose – Komplexometrische Methode nach Potterat-Eschmann .....	404
17.1.4	Chemische Selektivmethoden .....	413
17.1.4.1	Bestimmung von Fructose – Methode nach Willstätter-Schudel .....	413
17.1.4.2	Bestimmung von Saccharose – Kalkvorschrift .....	416
17.1.5	Enzymatische Methoden .....	417
17.1.5.1	Enzymatische Bestimmung von Glucose, Fructose und Mannose .....	418
17.1.5.2	Enzymatische Bestimmung von Glucose und Saccharose .....	421
17.2	<b>Polysaccharide</b> .....	423
17.2.1	Nachweis von Stärke .....	423
17.2.2	Polarimetrische Bestimmung von Stärke .....	425
17.2.3	Photometrische Bestimmung von Pektin .....	428
	<b>Literatur</b> .....	431
<b>18</b>	<b>Spezielle Inhaltsstoffe</b> .....	<b>433</b>
18.1	<b>Alkohole</b> .....	435
18.1.1	Pyknometrische Bestimmung des Gesamtalkoholgehaltes .....	435
18.1.2	Bestimmung von Methanol – Chromotropsäuremethode .....	440
18.1.3	Identifizierung und Bestimmung von Alkoholen mittels GC .....	444
18.2	<b>Organische Säuren</b> .....	446
18.2.1	Identifizierung von organischen Säuren mittels DC .....	446
18.2.2	Bestimmung der flüchtigen Säuren .....	449
18.2.3	Chemisch-photometrische Methoden .....	450
18.2.3.1	Photometrische Bestimmung von Weinsäure .....	450
18.2.3.2	Photometrische Bestimmung von Milchsäure .....	452
18.2.3.3	Photometrische Bestimmung von Äpfelsäure .....	455
18.2.4	Enzymatische Methoden .....	457
18.2.4.1	Enzymatische Bestimmung von L-Äpfelsäure .....	457
18.2.4.2	Enzymatische Bestimmung von Citronensäure .....	460
18.3	<b>Stickstoffsubstanzen</b> .....	463
18.3.1	Theobromin und Coffein .....	464
18.3.1.1	Photometrische Bestimmung von Methylxanthinen .....	465
18.3.1.2	Bestimmung von Coffein und Theobromin mittels HPLC-UV .....	467
18.3.1.3	Abschätzung der Kakaobestandteile .....	469
18.3.2	Photometrische Bestimmung von Gesamtkreatinin .....	471
18.3.3	Identifizierung von biogenen Aminen mittels DC .....	475
18.3.4	Fluorimetrische Bestimmung von Histamin .....	478
18.4	<b>Vitamine</b> .....	481
18.4.1	Photometrische Bestimmung von Vitamin A (Retinol) .....	482
18.4.2	Fluorimetrische Bestimmung von Vitamin B <sub>1</sub> (Thiamin) .....	485
18.4.3	Bestimmung von Vitamin C (L-Ascorbinsäure) .....	489
18.4.3.1	L-Ascorbinsäurebestimmung – Methode nach Tillmanns .....	490
18.4.3.2	Iodometrische Bestimmung von L-Ascorbinsäure .....	492
18.4.3.3	Polarographische Bestimmung von L-Ascorbinsäure .....	493
18.4.3.4	Bestimmung von L-Ascorbinsäure mittels HPLC-UV .....	494
18.5	<b>Polyphenole</b> .....	497

18.5.1	Bestimmung ausgewählter Polyphenole mittels HPLC-FD .....	498
18.5.2	Bestimmung der Gesamtflavanole DP1–10 mittels HPLC-FD .....	500
18.6	<b>Glycyrrhizin</b> .....	503
18.6.1	Bestimmung von Glycyrrhizin mittels HPLC-UV .....	503
18.7	<b>Aktivität von Enzymen</b> .....	506
18.7.1	Photometrische Bestimmung der Amylase-Aktivität .....	506
18.7.2	Photometrische Bestimmung der Phosphatase-Aktivität .....	509
18.8	<b>Active Principles</b> .....	512
18.8.1	Bestimmung von Cumarin mittels HPLC-UV und LC-MS/MS .....	512
18.9	<b>Hydroxymethylfurfural (HMF)</b> .....	515
18.9.1	Photometrische Bestimmung von Hydroxymethylfurfural (HMF) .....	515
18.10	<b>Mineralstoffe</b> .....	517
18.10.1	Bestimmung von Natrium und Kalium mittels Flammenphotometrie .....	518
18.10.2	Bestimmung von Calcium und Magnesium mittels AAS .....	520
18.10.3	Photometrische Bestimmung von Eisen .....	522
18.10.4	Bestimmung von Chlorid .....	526
18.10.4.1	Chloridbestimmung – Methode nach Mohr .....	526
18.10.4.2	Chloridbestimmung durch potentiometrische Titration .....	529
18.10.4.3	Chloridbestimmung – Methode nach Volhard .....	531
18.10.4.4	Chloridbestimmung durch Titration mit Quecksilber(II)-nitrat .....	534
18.10.5	Photometrische Phosphatbestimmung .....	536
18.10.6	Simultanbestimmung von Anionen mittels Ionenchromatographie (SCIC) .....	538
	<b>Literatur</b> .....	540
19	<b>Zusatzstoffe</b> .....	545
19.1	<b>Konservierungsstoffe</b> .....	547
19.1.1	Identifizierung von Konservierungsstoffen mittels DC .....	549
19.1.2	Identifizierung/Differenzierung von Benzoesäure und Sorbinsäure mittels DC nach prächromatographischer In-situ-Derivatisierung .....	552
19.1.3	Photometrische Bestimmung von Sorbinsäure .....	555
19.1.4	Bestimmung von Konservierungsstoffen in fettarmen Lebensmitteln mittels HPLC-UV .....	558
19.1.5	Bestimmung von Konservierungsstoffen in fettreichen Lebensmitteln mittels HPLC-UV .....	560
19.1.6	Bestimmung von Gesamt-Schwefliger Säure (Gesamt-SO <sub>2</sub> ) .....	563
19.2	<b>Süßungsmittel</b> .....	566
19.2.1	Identifizierung von Süßstoffen mittels DC .....	567
19.2.2	Bestimmung von Cyclamat .....	569
19.2.2.1	Chemisch-gravimetrische Methode .....	569
19.2.2.2	Bestimmung mittels HPLC-UV .....	572
19.2.3	Bestimmung von Acesulfam-K, Aspartam und Saccharin mittels Ionenpaar-HPLC-UV .....	574
19.2.4	Bestimmung von Sucralose mittels HPLC-RI .....	578
19.2.5	Bestimmung der Steviolglycoside mittels HPLC-UV .....	580
19.3	<b>Farbstoffe</b> .....	583
19.3.1	Identifizierung wasserlöslicher, synthetischer Farbstoffe mittels DC .....	585
19.3.2	Identifizierung fettlöslicher Farbstoffe mittels DC .....	589

19.4	<b>Weitere Zusatzstoffe</b> .....	591
19.4.1	Identifizierung von Antioxidantien mittels DC .....	591
19.4.2	Photometrische Bestimmung von Nitrit und Nitrat .....	595
19.4.3	Nachweis von kondensierten Phosphaten mittels DC .....	601
19.4.4	Photometrische Bestimmung von Phosphat (Ermittlung der P-Zahl) .....	604
19.4.5	Photometrische Bestimmung von Milcheiweiß .....	606
19.4.6	Bestimmung von Ammoniumchlorid mittels Titration .....	609
	<b>Literatur</b> .....	611
20	<b>Unerwünschte Stoffe, Kontaminanten und Prozesskontaminanten, Rückstände</b> .....	613
20.1	<b>Elementanalytik</b> .....	616
20.1.1	Bestimmung von Blei mittels AAS .....	616
20.1.2	Bestimmung von Quecksilber mittels AAS (Kaldampftechnik) .....	618
20.1.3	Bestimmung von Elementen mit ICP-MS – Übersichtsanalyse (TotalQuant) .....	620
20.2	<b>Kontaminanten</b> .....	622
20.2.1	Mykotoxine .....	622
20.2.1.1	Bestimmung von Ochratoxin A mittels HPLC-FD .....	623
20.2.1.2	Bestimmung von Aflatoxinen mittels HPLC-FD .....	625
20.2.1.3	Multimethode zur Bestimmung von Mykotoxinen mittels LC-MS/MS .....	629
20.2.2	Mineralölkohlenwasserstoffe (MOSH/MOAH) mittels LC-GC-FID .....	633
20.2.3	Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) mittels HPLC-FD am Beispiel Benzo[a]pyren .....	638
20.2.4	Bestimmung von Benzol, Toluol und Xylol-Isomeren mittels GC/MS .....	643
20.2.5	Identifizierung und Bestimmung von Tetrachlorethen mittels GC-ECD .....	647
20.3	<b>Prozesskontaminanten</b> .....	650
20.3.1	Bestimmung von Acrylamid mittels LC-MS/MS .....	650
20.3.2	Bestimmung von Chlorpropandiolen und Glycidol .....	654
20.3.2.1	Bestimmung von freiem 3-MCPD mittels GC-MS .....	655
20.3.2.2	Summenbestimmung von 3-MCPD-Fettsäureestern und Glycidyl- Fettsäureestern mittels GC-MS (nach DGF) .....	659
20.3.2.3	Simultanmethode zur Bestimmung von 2-, 3-MCPD- und Glycidylestern mittels GC-MS (nach AOCS, sog. „Kuhlmann 3-in-1“) .....	662
20.3.3	Bestimmung von 5-Chlormethylfurfural (CMF) mittels GC-MS .....	669
20.3.4	Bestimmung von Imidazolen mittels LC-MS/MS .....	671
20.3.5	Bestimmung von Nitrosaminen mittels GC-TEA .....	676
20.4	<b>Organische Rückstände</b> .....	680
20.4.1	Nachweis und Bestimmung von Malachitgrün mittels DC-Densitometrie .....	680
	<b>Literatur</b> .....	684
21	<b>Authentizität</b> .....	687
21.1	<b>Ansätze zur Authentizitätsprüfung</b> .....	688
21.1.1	Nicht-zielgerichteter Ansatz ( <i>Food Fingerprinting</i> ) .....	690
21.1.1.1	Identifizierung relevanter Parameter (Marker) .....	690
21.1.2	Zielgerichteter Ansatz ( <i>Food Targeting</i> ) .....	692
21.1.2.1	Bestimmung von DNA-Sequenzen .....	692
21.1.2.2	Bestimmung von Peptiden und Proteinen .....	692

21.1.2.3 Bestimmung von Stoffwechselprodukten (Metaboliten) .....	693
21.1.2.4 Bestimmung von Elementen und Isotopen .....	693
21.1.3 <i>Omics</i> -Verfahren ( <i>Food Profiling</i> ) .....	693
21.1.3.1 <i>Genomics</i> .....	694
21.1.3.2 <i>Proteomics</i> .....	696
21.1.3.3 <i>Metabolomics</i> .....	696
21.1.3.4 <i>Isotopolomics</i> .....	697
21.1.3.5 Anwendungsgebiete .....	698
<b>Literatur</b> .....	698

**Serviceteil**

Anhang .....	702
Abkürzungen .....	702
Konstanten (Auswahl) .....	705
Kurzzeichen für Standardliteratur .....	705
Sachverzeichnis .....	706