



LEHRBUCH

Reinhard Matissek
Gabriele Steiner
Markus Fischer

Lebensmittel- analytik

5. Auflage



Springer Spektrum



LEHRBUCH

Reinhard Matissek
Gabriele Steiner
Markus Fischer

Lebensmittel- analytik

5. Auflage



Springer Spektrum

Springer-Lehrbuch

Reinhard Matissek
Gabriele Steiner
Markus Fischer

Lebensmittel- analytik

Fünfte, vollständig überarbeitete Ausgabe

 Springer Spektrum

Prof. Dr. Reinhard Matissek
Lebensmittelchemisches Institut (LCI)
des Bundesverbandes der Deutschen
Süßwarenindustrie e.V.
Adamsstraße 52-54
51063 Köln

Dr. Gabriele Steiner
Chemisches und Veterinär-
untersuchungsamt Stuttgart
Schaflandstraße 3/2
70736 Fellbach

Prof. Dr. Markus Fischer
Universität Hamburg
Hamburg School of Food Science
Institut für Lebensmittelchemie
Grindelallee 117
20146 Hamburg

ISBN 978-3-642-34828-0
DOI 10.1007/978-3-642-34829-7

ISBN 978-3-642-34829-7 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1989, 1992, 2006, 2010, 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Merlet Behncke-Braunbeck, Imme Techentin

Redaktion: Katrin Janßen

Einbandentwurf: deblik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

Proömium – Kompetenz in Lebensmittelanalytik

Nichts ist für den Analytiker wichtiger, als zu wissen, warum man was, wann und wie untersucht – und was das Ergebnis bedeutet.

Kompetenz in Lebensmittelanalytik erfordert das Verstehen und Anwenden sowohl moderner instrumenteller Analysenverfahren als auch klassisch-herkömmlicher Methoden. Das Trainieren methodisch-strategischer Vorgehensweisen ist ebenso relevant wie die Fähigkeit zur Beurteilung von Methoden und Ergebnissen.

Zur Erreichung dieser Zielsetzung wurde das Lehrbuch grundlegend modernisiert und erweitert. Die Generalüberholung führt neben einer vervollständigten Systematik zu einer besseren Übersichtlichkeit und leichteren Lesbarkeit. Neu aufgenommen wurden einerseits aktuelle Analyten, wie 3-MCPD-Ester, HMF, Nitrosamine sowie andererseits wichtige instrumentelle Techniken, wie Realtime-PCR, NMR, HPTLC und denaturierende HPLC. Der ganzheitliche Ansatz der angewandten Lebensmittelanalytik wird komplettiert durch neue Kapitel rund um die Thematik Methoden- und Ergebnisbewertung, Statistik, Qualitätsmanagement und Akkreditierung.

Klar und verständlich verfasste Arbeitsanweisungen gestatten die Ermittlung von Major- und Minorbestandteilen eines Lebensmittels sowie von Zusatzstoffen und Kontaminanten. Authentizitäts- und Herkunftsnachweise sind möglich. Weiterführende Literaturangaben dienen zum vertiefenden Studium. Die Auswahl des *richtigen* Analysenverfahrens, schnelles Auffinden von Analyten, Agentien und Gerätschaften sowie eine gute Übersichtlichkeit werden durch den einheitlichen Aufbau der Kapitel erleichtert:

- Informationen zum chemisch-analytischen Hintergrund
- Prinzip der Methode / Zugrundeliegende Reaktionen
- Geprüfte Durchführungsanweisungen
- Hinweise zur Aus- und Bewertung der Ergebnisse
- Tipps und Tricks für die Praxis

Frau Lebensmittelchemikerin Katrin Janßen vom Lebensmittelchemischen Institut (LCI) in Köln sei für die wertvolle Mitarbeit und die sorgfältige redaktionelle Gesamtüberarbeitung des Manuskriptes sowie die Bearbeitung der Kapitel Methodenkategorien und Qualitätsmanagement im Labor herzlichst gedankt. Frau Dr. Ilka Haase von der Hamburg School of Food Science (HSFS, Universität Hamburg) gebührt besonderer Dank für die Bearbeitung der Kapitel zur Beurteilung von Messergebnissen und Erstellung von Abbildungen. Für die weitere Erstellung von Abbildungen, Formeln und die engagierte Mitarbeit möchten wir außerdem namentlich danken Frau Lebensmittelchemikerin Anna Dingel vom LCI sowie Herrn Dr. Sebastian Meinke und den Doktorandinnen Frau Franziska Vaagt und

Frau Kathrin Tscherch von der HSFS. Dank gilt weiterhin zahlreichen Fachkolleginnen und Fachkollegen sowie vielen Studierenden für ihre interessanten Hinweise und Verbesserungsvorschläge. Last but not least danken wir dem Springer-Verlag für die gute Zusammenarbeit.

Reinhard Matissek

Markus Fischer

Gabriele Steiner

Köln | Hamburg | Stuttgart, im Sommer 2013

Autoren



Reinhard Matissek

Reinhard Matissek war nach dem Studium der Lebensmittelchemie und Lebensmitteltechnologie in Berlin zunächst als Wissenschaftlicher Angestellter beim damaligen Bundesgesundheitsamt (BGA) in Berlin und anschließend als Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin (TUB) tätig. Nach einer Zeit als Hochschulassistent wechselte er 1988 als Institutsleiter und Direktor zum Lebensmittelchemischen Institut (LCI) des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie nach Köln (Nachfolge Prof. Dr. A. Fincke). Seit 1991 ist er zudem außerplanmäßiger Professor für Lebensmittelchemie am Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmitteltechnologie der TUB.

Reinhard Matissek nimmt zahlreiche Aufgaben in Gremien der Wissenschaft und der Lebensmittelindustrie wahr, so unter anderem als Mitglied des Wissenschaftlichen Ausschusses des Forschungskreises der Ernährungsindustrie (FEI/AIF) in Bonn; als Vorstandsmitglied der Stiftung der Deutschen Kakao- und Schokoladenwirtschaft in Hamburg; als Mitglied des Kuratoriums des Fraunhofer Instituts für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) in Freising; als Wissenschaftlicher Leiter und stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Instituts für Qualitätsförderung in der Süßwarenwirtschaft (IQ.Köln) in Köln und als Mitglied in verschiedenen Kommissionen des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) in Berlin. Reinhard Matissek war von 1990 bis 2004 Vorstandsmitglied der Lebensmittelchemischen Gesellschaft (LChG) – Fachgruppe in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) in Frankfurt/Main. Er wurde 2003 mit dem Hans Dresel Memorial Award der International Associations of Confections (PMCA) sowie 2005 mit dem Fincke-Preis für Wissenschaft und Technik des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie ausgezeichnet.



Gabriele Steiner

Gabriele Steiner war nach dem Studium der Lebensmittelchemie an der Universität Stuttgart zunächst als wissenschaftliche Mitarbeiterin und nach der Promotion ab 1983 als Hochschulassistentin am Institut für Lebensmittelchemie tätig. Seit 1985 leitet sie am Chemischen und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart den Fachbereich Bedarfsgegenstände. Sie ist als Leiterin der Zentrallabore »Hochpolymere Werkstoffe« und »Nitrosamine« in Baden-Württemberg in zahlreichen Gremien und Kommissionen tätig, z. B. als Mitglied der BfR-Kommission für Bedarfsgegenstände sowie deren Ausschüsse »Anträge«, »Papier, Karton und Pappe« und »Gummi«, der Arbeitsgruppe Bedarfsgegenstände der Lebensmittelchemischen Gesellschaft (Fachgruppe der GDCh), in verschiedenen DIN-Gremien und der Arbeitsgruppe Nitrosamine des §64 LFGB.



Markus Fischer

Markus Fischer studierte Lebensmittelchemie an der Technischen Universität München, an der er 1997 im Bereich Molekularbiologie/Proteinchemie promovierte. Nach der Habilitation (2003; Thema: Biosynthesewege von Vitaminen: Enzyme, Strukturen, Funktionen und Anwendungen) in den Fachgebieten Lebensmittelchemie und Biochemie, die mit dem Kurt-Tüffel-Preis des jungen Wissenschaftlers ausgezeichnet wurde, wurde er 2006 als Professor für Lebensmittelchemie und Institutsdirektor an die Universität Hamburg (Nachfolge Prof. Dr. Dr. H. Steinhart) berufen. Seit 2011 ist er Gründer und Direktor der Hamburg School of Food Science der Universität Hamburg (HSFS).

Markus Fischer ist Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen wissenschaftlichen Gremien, u.a. ist er Mitglied des Extended Executive Committee der International Association of Environmental Analytical Chemistry (IAEAC, Lausanne, Schweiz) und einer der beiden Deutschen Vertreter in der European Association for Chemical and Molecular Sciences (Eu-ChemS) – Division of Food Chemistry.

Sicherheitshinweis

Im Labor wird mit Chemikalien gearbeitet, die bei Einwirkung auf den menschlichen Organismus zu Erkrankungen oder Schädigungen führen können. Eine Aufnahme ist über den Verdauungsweg, den Atemweg oder durch Resorption über die Haut möglich.

Da die Giftigkeit von Chemikalien eine Frage der Konzentration ist, wurden Grenzwerte für die maximal zulässigen Konzentrationen am Arbeitsplatz (MAK-Werte) festgelegt.

Deshalb sind Arbeiten im Labor unter dem Abzug durchzuführen und es muss entsprechende Schutzkleidung (Laborkittel, Schutzbrille, geschlossenes Schuhwerk, Schutzhandschuhe) getragen werden. Bei Arbeiten mit giftigen oder krebserzeugenden Stoffen sind grundsätzlich geeignete Schutzhandschuhe zu tragen.

Die gesetzlichen Regelungen der Gefahrstoffverordnung, der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), sowie der Vorgaben der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und Chemie (BG RCI) sind zu beachten und einzuhalten.

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Strategien zur Untersuchung von Lebensmitteln	3
1.1	Probenbeschreibung	4
1.2	Probenvorbereitung	4
1.3	Analysenparameter	5
2	Methodenkategorien	7
2.1	Analysenmethoden	8
2.1.1	Labormethoden, Schnellmethoden, Sofortmethoden	8
2.1.2	Absolutmethoden	8
2.1.3	Relativmethoden	10
2.1.4	Aussagekraft	10
2.2	Standardmethoden	10
2.2.1	Offizielle Methoden	10
2.2.2	Modifizierte Methoden	11
2.3	Literaturmethoden	11
2.4	Hausmethoden	11
	Literatur	12

II Qualität im Labor

3	Beurteilung von Methoden und Ergebnissen	15
3.1	Methoden	16
3.1.1	Kalibrierung	16
3.1.2	Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze	20
3.1.3	Wiederfindung	22
3.2	Ergebnisse	25
3.2.1	Anzahl der Einzelmessungen	25
3.2.2	Mittelwert, Standardabweichung und Varianz	25
3.2.3	Prüfung auf Normalverteilung (Schnelltest)	26
3.2.4	Ausreißer	27
3.2.5	Angabe des Messergebnisses	31
3.2.5.1	Konfidenzintervall für kleine Stichprobenumfänge	31
3.2.5.2	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Soll-/Grenzwert	32
3.2.5.3	Messunsicherheit	33
	Literatur	37
4	Qualitätsmanagement im Labor	39
4.1	Akkreditierung	40
4.2	Qualitätslenkung	40
4.2.1	Interne Qualitätssicherung	40
4.2.2	Externe Qualitätssicherung	41
4.3	Eignungsprüfungen	42

III Verfahren in der Lebensmittelanalytik

5	Instrumentelle Techniken	45
5.1	Chromatographie	47
5.1.1	Dünnschichtchromatographie (DC)	49
5.1.2	Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie (HPTLC).....	55
5.1.3	Gaschromatographie (GC)	58
5.1.4	Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC)	64
5.1.5	Denaturierende HPLC	72
5.2	Massenspektrometrie	76
5.2.1	Massenspektrometrie mit Gaschromatographie (GC-MS).....	80
5.2.2	Tandem-Massenspektrometrie mit Flüssigchromatographie (LC-MS/MS)	80
5.2.3	Matrix-unterstützte Laserdesorption/Ionisierung-Flugzeit- Massenspektrometrie (MALDI-TOF-MS)	81
5.2.4	Massenspektrometrie mit induktiv-gekoppelten Plasma (ICP-MS)	82
5.3	Spektrometrie	83
5.3.1	Ultraviolett/Visuell-Spektrometrie – Photometrie	84
5.3.2	Infrarotspektrometrie (IR-Spektrometrie)	87
5.3.3	Kernspinresonanzspektrometrie (NMR-Spektrometrie)	90
5.3.4	Atomabsorptionsspektrometrie (AAS)	96
5.3.5	Flammenphotometrie	103
5.3.6	Polarimetrie.....	105
5.3.7	Refraktometrie	109
5.4	Polarographie	113
5.5	Enzymatische Analyse	119
5.6	Elektrophorese	124
5.6.1	Agarose-Gelelektrophorese.....	126
5.6.2	Natriumdodecylsulfat-Polyacrylamid-Gelelektrophorese (SDS-PAGE)	129
5.6.3	Isoelektrische Fokussierung auf Polyacrylamid-Gelen (IEF-PAGE)	132
5.7	Immunchemische Verfahren	133
5.7.1	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA).....	136
5.8	Molekularbiologische Verfahren	137
5.8.1	DNA-Isolierungsverfahren	139
5.8.2	DNA-Konzentrationsbestimmungsverfahren.....	140
5.8.3	Qualitative Endpunkts-PCR	142
5.8.4	PCR-Restriktionsfragmentlängenpolymorphismus (RFLP)	145
5.8.5	Quantitative Realtime-PCR	147
	Weiterführende Literatur	152

IV Untersuchung von Lebensmitteln

6	Allgemeine Parameter	159
6.1	Dichte	160
6.1.1	Pyknometrische Bestimmung der relativen Dichte	161
6.1.2	Dichtebestimmung mittels Biegeschwinger.....	163
6.2	Wasser	165
6.2.1	Bestimmung von Wasser durch Karl-Fischer-Titration	165

6.2.2	Bestimmung von Wasser durch azeotrope Destillation.....	168
6.3	Trockensubstanz	170
6.3.1	Gravimetrische Bestimmung der Trockensubstanz	171
6.3.2	Refraktometrische Bestimmung der Trockensubstanz	172
6.3.3	Pyknometrische Bestimmung der Trockensubstanz	174
6.4	Glührückstand	175
6.4.1	Bestimmung des Glührückstandes durch direkte Veraschung (Aschegehalt)....	175
6.4.2	Bestimmung des säureunlöslichen Glührückstandes (Sandgehalt)	177
6.4.3	Bestimmung der Type von Getreidemehl	178
6.4.4	Bestimmung der Aschenalkalität	180
6.5	Ballaststoff-/Rohfaser	181
6.5.1	Bestimmung der unlöslichen organischen Ballaststoffe nach van Soest.....	181
6.5.2	Bestimmung der Rohfaser nach Scharer-Kürschner	184
	Weiterführende Literatur	186
7	Fette, Fettbegleitstoffe	189
7.1	Fett	191
7.1.1	Direkte Extraktion – Methode nach Soxhlet	193
7.1.2	Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Weibull-Stoldt.....	196
7.2	Fett in Milch und Milcherzeugnissen	197
7.2.1	Extraktion nach Ammoniakaufschluss – Methode nach Röse-Gottlieb	198
7.2.2	Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Schmid- Bondzynski-Ratzlaff.....	200
7.2.3	Acidobutyrometrische Bestimmung – Methode nach Gerber	202
7.3	Charakterisierung von Fetten und Ölen	204
7.3.1	Chemische Methoden – Kennzahlen.....	204
7.3.1.1	Bestimmung der Verseifungszahl.....	204
7.3.1.2	Bestimmung der Iodzahl – Methode nach Kaufmann	206
7.3.1.3	Bestimmung der Säurezahl und des FFA-Gehaltes.....	209
7.3.1.4	Bestimmung der Peroxidzahl – Methode nach Wheeler	212
7.3.1.5	Bestimmung der Anisidinzahl	214
7.3.1.6	Bestimmung der Totox-Zahl	216
7.3.1.7	Bestimmung der Oxidationsbereitschaft.....	217
7.3.1.8	Bestimmung der Halbmikro-Buttersäurezahl.....	219
7.3.1.9	Bestimmung der unverseifbaren Anteile	223
7.3.2	Spektrometrische Methoden.....	225
7.3.2.1	Charakterisierung von Fetten und Ölen anhand des UV-Spektrums.....	225
7.3.2.2	Nachweis der Fettraffination mittels UV-Spektrometrie	227
7.3.2.3	Nachweis der Fetthärtung mittels IR-Spektrometrie	229
7.3.3	Chromatographische Methoden	231
7.3.3.1	Charakterisierung von Fetten und Ölen mittels DC	232
7.3.3.2	Trennung und Identifizierung von Fettsäuren (als Methylester) mittels GC-FID	233
7.3.3.3	Quantifizierung des Milchfettgehaltes mittels GC-FID	236
7.3.3.4	Trennung und Identifizierung von trans-Fettsäuren (als Methylester) mittels GC-FID	238
7.3.3.5	Bestimmung der Triglyceridverteilung mittels Hochtemperatur-GC-FID	240

7.3.3.6	Bestimmung von Kakaobutteräquivalenten mittels GC-FID (CoCal-Verfahren)	243
7.3.3.7	Nachweis und Identifizierung von Sterinen mittels Kombination von DC und GC-FID	247
	Weiterführende Literatur	250
8	Aminosäuren, Peptide, Proteine, Nucleinsäuren	253
8.1	Aminosäuren	258
8.1.1	Identifizierung von Aminosäuren mittels DC	259
8.1.2	Bestimmung der Formolzahl	261
8.1.3	Photometrische Bestimmung von Hydroxyprolin	263
8.1.4	Photometrische Bestimmung von Prolin	266
8.2	Proteine	268
8.2.1	Charakterisierung von Proteinen – Übersicht	268
8.2.1.1	Allgemeine Nachweisreaktionen	269
8.2.1.2	Möglichkeiten der Reinigung und Anreicherung	270
8.2.1.3	Möglichkeiten der Identifizierung (Strukturanalyse)	270
8.2.2	Bestimmung von Proteinen	271
8.2.2.1	Bestimmung des Gesamtproteingehaltes über Stickstoff – Methode nach Kjeldahl	271
8.2.2.2	Bestimmung des Reinproteingehaltes – Methode nach Barnstein	279
8.2.3	Elektrophoretische Methoden	280
8.2.3.1	Bestimmung der molekularen Masse von Proteinuntereinheiten mittels SDS-PAGE	280
8.2.3.2	Differenzierung von Tierarten mittels IEF	283
8.2.4	Immunochemische Methoden	285
8.2.4.1	Bestimmung von Molkenproteinen mittels ELISA	285
8.3	Nucleinsäuren	288
8.3.1	Nachweis von Bt-Mais mittels Qualitativer PCR	288
8.3.2	Differenzierung von Kakaosorten mittels PCR-RFLP	292
	Weiterführende Literatur	294
9	Kohlenhydrate	297
9.1	Mono-, Di- und Oligosaccharide	298
9.1.1	Chromatographische Methoden	299
9.1.1.1	Identifizierung von Zuckern mittels DC	301
9.1.1.2	Bestimmung von Zuckern mittels HPLC-RI	302
9.1.1.3	Bestimmung von Zuckern mittels GC-FID	305
9.1.2	Polarimetrische Methoden	309
9.1.2.1	Polarimetrische Bestimmung von Saccharose und Glucose	310
9.1.3	Chemische Summenmethoden	313
9.1.3.1	Bestimmung der direkt reduzierenden Zucker vor der Inversion – Reduktometrische Methode nach Luff-Schoorl	313
9.1.3.2	Bestimmung der gesamtreduzierenden Zucker nach der Inversion – Reduktometrische Methode nach Luff-Schoorl	317
9.1.3.3	Bestimmung von reduzierenden Zuckern (Lactose) und Saccharose – Komplexometrische Methode nach Potterat-Eschmann	320

9.1.4	Chemische Selektivmethoden	325
9.1.4.1	Bestimmung von Fructose – Methode nach Willstätter-Schudel	325
9.1.4.2	Bestimmung von Saccharose – Kalkvorschrift	331
9.1.5	Enzymatische Methoden	333
9.1.5.1	Enzymatische Bestimmung von Glucose, Fructose und Mannose	333
9.1.5.2	Enzymatische Bestimmung von Glucose und Saccharose	336
9.2	Polysaccharide	338
9.2.1	Nachweis von Stärke	339
9.2.2	Polarimetrische Bestimmung von Stärke	340
9.2.3	Photometrische Bestimmung von Pektin	343
	Weiterführende Literatur	346
10	Spezielle Inhaltsstoffe	349
10.1	Alkohole	351
10.1.1	Pyknometrische Bestimmung des Gesamtalkoholgehaltes	351
10.1.2	Bestimmung von Methanol – Chromotropsäuremethode	356
10.1.3	Identifizierung und Bestimmung von Alkoholen mittels GC-FID	360
10.2	Organische Säuren	361
10.2.1	Identifizierung von organischen Säuren mittels DC	362
10.2.2	Bestimmung der flüchtigen Säuren	365
10.2.3	Chemisch-photometrische Methoden	366
10.2.3.1	Photometrische Bestimmung von Weinsäure	366
10.2.3.2	Photometrische Bestimmung von Milchsäure	368
10.2.3.3	Photometrische Bestimmung von Äpfelsäure	370
10.2.4	Enzymatische Methoden	373
10.2.4.1	Enzymatische Bestimmung von L-Äpfelsäure	373
10.2.4.2	Enzymatische Bestimmung von Citronensäure	376
10.3	Stickstoffsubstanzen	379
10.3.1	Theobromin und Coffein	380
10.3.1.1	Photometrische Bestimmung von Methylxanthinen	380
10.3.1.2	Bestimmung von Coffein und Theobromin mittels HPLC-UV	383
10.3.1.3	Abschätzung der Kakaobestandteile	385
10.3.2	Photometrische Bestimmung von Gesamtkreatinin	387
10.3.3	Identifizierung von biogenen Aminen mittels DC	390
10.3.4	Fluorimetrische Bestimmung von Histamin	393
10.4	Vitamine	396
10.4.1	Photometrische Bestimmung von Vitamin A (Retinol)	397
10.4.2	Fluorimetrische Bestimmung von Vitamin B ₁ (Thiamin)	400
10.4.3	Bestimmung von Vitamin C (L-Ascorbinsäure)	403
10.4.3.1	L-Ascorbinsäurebestimmung – Methode nach Tillmanns	404
10.4.3.2	Iodometrische Bestimmung von L-Ascorbinsäure	406
10.4.3.3	Polarographische Bestimmung von L-Ascorbinsäure	407
10.4.3.4	Bestimmung von L-Ascorbinsäure mittels HPLC-UV	409
10.5	Bestimmung von Glycyrrhizin mittels HPLC-UV	412
10.6	Aktivität von Enzymen	415
10.6.1	Photometrische Bestimmung der Amylase-Aktivität	415
10.6.2	Photometrische Bestimmung der Phosphatase-Aktivität	418