

Inhalt

	Vorwort	III
	Herausgeber und Autoren	IV
1	Allgemeine Mikrobiologie	1
1.1	Wesen und Fachgebiete der Mikrobiologie	1
1.2	Geschichtliche Entwicklung der Mikrobiologie	3
1.3	Wechselwirkungen zwischen Mikroorganismen und Umwelt	5
1.3.1	Kennzeichen und Merkmale lebendiger Systeme	5
1.3.1.1	Kennzeichen des Lebens	5
1.3.1.2	Elemente des Lebens	6
1.3.1.3	Stoffliche Grundlagen des Lebens	7
1.3.2	Begriffsbestimmungen	7
1.3.3	Bedeutung der Mikroorganismen in der Natur (Stoffkreisläufe) ..	10
1.3.3.1	Kreislauf des Kohlenstoffs	10
1.3.3.2	Kreislauf des Stickstoffs	11
1.3.3.3	Kreislauf des Phosphors	11
1.3.3.4	Kreislauf des Schwefels	13
1.3.4	Umweltbelastungen und Umweltschutz	13
1.3.4.1	Belastungen des Umweltfaktors Luft	13
1.3.4.2	Belastungen des Umweltfaktors Boden	15
1.3.4.3	Belastungen des Umweltfaktors Wasser	17
1.3.4.4	Maßnahmen zum Umweltschutz	18
1.4	Bau und Funktion der Zelle	18
1.4.1	Die Zelle als Struktureinheit	18
1.4.2	Die eukaryontische Zelle (Eucyte)	20
1.4.3	Die prokaryontische Zelle (Protocyte)	20
1.4.3.1	Überblick	20
1.4.3.2	Zellwand	22
1.4.3.3	Zellmembran (Cytoplasmamembran)	23
1.4.3.4	Cytoplasma	24
1.4.3.5	Ribosomen	24
1.4.3.6	Kernäquivalent	24

Inhalt

1.4.3.7	Plasmide	25
1.4.3.8	Kapseln und Schleime	25
1.4.3.9	Geißeln, Fimbrien und Pili	25
1.4.3.10	Speicherstoffe	26
1.4.3.11	Endosporen	27
1.4.3.12	Pigmente	28
1.5	Morphologie von Mikroorganismen	28
1.5.1	Bakterien	28
1.5.2	Hefen und Schimmelpilze	31
1.6	Taxonomie von Mikroorganismen	32
1.6.1	Erläuterung von Begriffen	32
1.6.2	Bedeutung der wissenschaftlichen Namen	35
1.7	Stoffwechsel von Mikroorganismen	35
1.7.1	Begriffsbestimmungen	35
1.7.2	Enzyme und Coenzyme	36
1.7.3	Kohlenhydratstoffwechsel	39
1.7.3.1	Kohlenhydratabbauwege – Dissimilation	39
1.7.3.2	Biologische Oxidation	42
1.7.3.3	Kohlenhydrataufbau – Assimilation	43
1.7.4	Stoffwechsel der Proteine	45
1.7.5	Stoffwechsel der Fette	46
1.7.6	Mikrobielle Metabolite	46
1.7.6.1	Antibiotika	46
1.7.6.2	Mykotoxine	47
1.7.6.3	Vitamine	48
1.7.6.4	Pigmente	49
1.8	Wachstum und Vermehrung von Mikroorganismen	49
1.8.1	Wachstumsfaktoren	49
1.8.1.1	Wasser	49
1.8.1.2	Nährstoffe	50
1.8.1.3	pH-Wert	51
1.8.1.4	Temperatur	52
1.8.1.5	Sauerstoff	53
1.8.2	Exponentielles Wachstum und Generationszeit	54

1.8.3	Bakterienwachstum in statischer Kultur	54
1.8.4	Bakterienwachstum in kontinuierlicher Kultur	56
1.8.5	Vegetative und generative Vermehrung (Fortpflanzung)	57
1.8.6	Fortpflanzung milchwirtschaftlich bedeutender Hefen und Schimmelpilze	59
1.8.6.1	Hefen	59
1.8.6.2	Mucor (Köpfchenschimmel)	59
1.8.6.3	Aspergillus (Gießkannenschimmel) und Penicillium (Pinselschimmel)	60
1.9	Züchtung und Konservierung von Mikroorganismen	60
1.9.1	Kulturverfahren	60
1.9.2	Züchtungsparameter	61
1.9.2.1	Nährmedien	61
1.9.2.2	Inokulum	62
1.9.2.3	Bebrütung	62
1.9.3	Konservierungsverfahren	63
1.10	Prinzipielle Möglichkeiten des Nachweises von Mikroorganismen	64
1.10.1	Mikroskopischer Nachweis	64
1.10.2	Kultureller Nachweis	65
1.10.3	Physikalischer/biochemischer Nachweis	66
1.10.3.1	Trübungsmessungen	66
1.10.3.2	Impedanzmeßverfahren	66
1.10.3.3	Fluoreszenz-Verfahren	66
1.10.3.4	ATP-Bestimmungen	66
1.10.3.5	Limulus-Test	67
1.10.4	Immunologischer Nachweis	67
1.10.5	Molekularbiologischer Nachweis	67
1.11	Einführung in Differenzierung und Identifizierung von Bakterien	68
1.11.1	Begriffsbestimmungen	68
1.11.2	Kriterien zur Differenzierung von Bakterien	68
1.11.3	Veranschaulichung der Differenzierung am Beispiel der Grobdifferenzierung milchwirtschaftlich bedeutsamer Bakterien	68

Inhalt

1.12	Bakteriophagen	70
1.12.1	Eigenschaften und Struktur	70
1.12.2	Vermehrung von Phagen	71
1.12.3	Charakterisierungsmerkmale von Phagen	72
1.13	Grundlagen der Reinigung, Desinfektion und Sterilisation	76
1.13.1	Vorbemerkungen	76
1.13.2	Reinigung	76
1.13.3	Desinfektion	78
1.13.3.1	Vorbemerkungen	78
1.13.3.2	Chemische Wirkungsmechanismen	78
1.13.3.3	Thermische Wirkungsmechanismen	80
1.13.3.4	Strahlenbehandlung	81
1.13.4	Sterilisation	82
1.13.4.1	Chemische Sterilisation	82
1.13.4.2	Thermische Sterilisation	83
1.13.4.3	Filtration	84
2	Milchwirtschaftliche Mikrobiologie	85
2.1	Geschichtliche Entwicklung der milchwirtschaftlichen Mikrobiologie	85
2.2	Bedeutung der Mikroorganismenkulturen für die Milchwirtschaft	88
2.3	Milchwirtschaftliche Bakterienkulturen	90
2.3.1	Nomenklatur der milchwirtschaftlich genutzten Bakterien	90
2.3.2	Milchsäurebakterien	92
2.3.2.1	Milchwirtschaftlich wichtige Leistungen der Milchsäurebakterien	92
2.3.2.2	Milchsäurebakterienkulturen – Begriffsbestimmungen	101
2.3.2.3	Mesophile Starterkulturen	103
2.3.2.4	Züchtung mesophiler Starterkulturen	107
2.3.2.5	Thermophile Milchsäurebakterien	110
2.3.3	Bifidobakterien	113
2.3.4	Rotschmierekulturen	114
2.3.5	Propionsäurebakterienkulturen	116

2.4	Milchwirtschaftlich nützliche Schimmelpilze	118
2.4.1	Übersicht	118
2.4.2	<i>Penicillium caseicolum</i> und <i>Penicillium camemberti</i>	119
2.4.3	<i>Penicillium roqueforti</i>	120
2.5	Hefekulturen	121
2.6	Milchwirtschaftlich schädliche Bakterien	122
2.6.1	Begriffsbestimmungen	122
2.6.2	Lebensmittel als Überträger von Lebensmittelinfektionen und -intoxikationen	125
2.6.3	Milchwirtschaftlich relevante Krankheitserreger	128
2.6.3.1	<i>Listeria monocytogenes</i>	128
2.6.3.2	<i>Salmonella</i>	130
2.6.3.3	<i>Staphylococcus aureus</i>	132
2.6.3.4	<i>Escherichia coli</i>	133
2.6.3.5	Sonstige pathogene Bakterien	134
2.6.4	Verderbnis- und Markerorganismen	138
2.6.4.1	Vorbemerkungen	138
2.6.4.2	<i>Pseudomonas</i>	139
2.6.4.3	<i>Aeromonas</i>	139
2.6.4.4	<i>Flavobacterium</i>	140
2.6.4.5	<i>Acetobacter</i>	140
2.6.4.6	<i>Acinetobacter</i>	140
2.6.4.7	<i>Alcaligenes</i>	141
2.6.4.8	<i>Enterobacteriaceae</i>	141
2.6.4.9	<i>Micrococcus</i>	144
2.6.4.10	<i>Streptococcus</i>	145
2.6.4.11	<i>Enterococcus</i>	145
2.6.4.12	<i>Microbacterium</i>	146
2.6.4.13	<i>Corynebacterium</i>	146
2.6.4.14	<i>Actinomyces</i>	146
2.6.4.15	<i>Arthrobacter</i>	147
2.6.4.16	<i>Bacillus</i>	147
2.6.4.17	<i>Clostridium</i>	150
2.6.4.18	Physiologische Gruppen	152

2.7	Hefen und Schimmelpilzkontaminanten	154
2.7.1	Vorbemerkungen	154
2.7.2	Hefen	155
2.7.2.1	Allgemeine Eigenschaften	155
2.7.2.2	<i>Debaromyces</i>	158
2.7.2.3	<i>Hansenula</i>	158
2.7.2.4	<i>Kluyveromyces</i>	158
2.7.2.5	<i>Pichia</i>	160
2.7.2.6	<i>Saccharomyces</i>	160
2.7.2.7	<i>Metschnikowia</i>	160
2.7.2.8	<i>Candida</i>	161
2.7.2.9	<i>Cryptococcus</i>	161
2.7.2.10	<i>Rhodotorula</i>	161
2.7.2.11	<i>Trichosporon</i>	162
2.7.2.12	<i>Sporobolomyces</i>	162
2.7.2.13	<i>Geotrichum</i>	162
2.7.3	Schimmelpilze	163
2.7.3.1	Allgemeine Eigenschaften	163
2.7.3.2	<i>Mucor</i>	168
2.7.3.3	<i>Rhizopus</i>	168
2.7.3.4	<i>Absidia</i>	169
2.7.3.5	<i>Byssoschlamys</i>	169
2.7.3.6	<i>Cladosporium</i>	169
2.7.3.7	<i>Alternaria</i>	170
2.7.3.8	<i>Aspergillus</i>	170
2.7.3.9	<i>Fusarium</i>	171
2.7.3.10	<i>Monilia</i>	171
2.7.3.11	<i>Penicillium</i>	171
2.8	Phageninfektionen in der Milchwirtschaft und Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung	172
2.9	Hemmstoffe	176
2.10	Differenzierung von milchwirtschaftlich bedeutsamen Bakterien	179
2.10.1	Grobdifferenzierung	179
2.10.1.1	Gramfärbung	180

2.10.1.2	KOH-Test	180
2.10.1.3	Aminopeptidase-Test	180
2.10.1.4	Katalase-Test	181
2.10.1.5	Nachweis der Sporenbildung	181
2.10.1.6	Oxidase-Test	181
2.10.1.7	OF-Test (Oxidations-Fermentations-Test)	181
2.10.1.8	Hämolyse	181
2.10.1.9	Serologische Gruppenbestimmung	182
2.10.2	Kurzdifferenzierung der Milchsäurebakterien	184
2.10.2.1	Übersicht	184
2.10.2.2	Nachweis der CO ₂ -Bildung	184
2.10.2.3	Bildung von NH ₃ aus Arginin	184
2.10.2.4	Vergärung von Kohlenhydraten	184
2.10.2.5	Wachstumsprüfungen	184
2.10.3	Feindifferenzierung der Milchsäurebakteriengattungen	185
2.10.3.1	Vorbemerkungen	185
2.10.3.2	Differenzierung bis zu den Arten der Milchsäurebakterien	185
2.11	Einführung in die Prozesse der Genetik	185
2.11.1	Begriffsbestimmung	185
2.11.2	Struktur und Replikation der DNA	191
2.11.3	Proteinbiosynthese	192
2.11.4	Vorkommen und Bedeutung von Plasmiden milchwirtschaftlich genutzter Bakterien	199
2.11.4.1	Eigenschaften und Nachweis von Plasmiden	199
2.11.4.2	Plasmide der Milchsäurebakterien	200
2.11.5	Genetische Transferprozesse bei Milchsäurebakterien	202
2.11.6	Gentechnologie	204
2.11.6.1	Einführung in die Gentechnologie	204
2.11.6.2	Gentechnologie in der Milchwirtschaft	207
2.12	Biotechnologie in der Milchwirtschaft	209
3	Mikrobiologie der Milch und Milchprodukte	215
3.1	Mikrobiologische Normen für Rohmilch und Erzeugnisse auf Milchbasis	215

3.2	Mikrobiologie der Rohmilch	215
3.2.1	Vorbemerkungen	215
3.2.2	Keimzahlen in Rohmilch	215
3.2.2.1	Milch im Euter	215
3.2.2.2	Milch nach dem Melken	219
3.2.2.3	Milch während der Lagerung und des Transportes	221
3.2.3	Somatische Zellen	222
3.3	Mikrobiologie pasteurisierter Milch	224
3.3.1	Qualitätsbeeinflussende Rohmilchfaktoren	224
3.3.2	Pasteurisationsbedingungen	224
3.3.3	Rekontaminanten	225
3.3.4	Lagertemperaturen	226
3.4	Mikrobiologie der Butter	226
3.5	Mikrobiologie der Sauermilcherzeugnisse	228
3.6	Mikrobiologie der Käse	230
3.6.1	Allgemeine Grundlagen	230
3.6.1.1	Vorbereitung der Käsereimilch	231
3.6.1.2	Dicklegung der Milch	232
3.6.1.3	Bruchbearbeitung	233
3.6.1.4	Salzen	234
3.6.1.5	Reifung	235
3.6.2	Hartkäse	235
3.6.3	Schnittkäse und halbfeste Schnittkäse	237
3.6.4	Weichkäse	240
3.6.5	Frischkäse	241
3.6.6	Sauermilchkäse	241
3.7	Mikrobiologie der Dauermilcherzeugnisse	242
3.7.1	Flüssige Dauermilcherzeugnisse	242
3.7.1.1	Sterilerzeugnisse	242
3.7.1.2	UHT-Erzeugnisse	242
3.7.1.3	Gezuckerte Kondensmilch	243
3.7.2	Milcherzeugnisse in Pulverform	243

4	Mikrobiologische Laborkunde und Untersuchungen	245
4.1	Anforderungen an das mikrobiologische Labor	245
4.2	Arbeitssicherheit und gesetzliche Bestimmungen	249
4.3	Methoden der Mikroorganismenreduzierung und -abtötung im mikrobiologischen Labor	251
4.3.1	Reinigung	251
4.3.2	Chemische Verfahren	251
4.3.3	Thermische Verfahren	253
4.3.3.1	Ausglühen	253
4.3.3.2	Abflammen	254
4.3.3.3	Heißluftsterilisation	254
4.3.3.4	Druck- oder Dampfsterilisation (Autoklavieren)	256
4.3.3.5	Erhitzung in strömendem Dampf	258
4.3.3.6	Auskochen	258
4.3.4	UV-Bestrahlung	259
4.3.5	Bakterienfreie Filtration	259
4.4	Mikroskopie	260
4.4.1	Mikroskopische Verfahren	260
4.4.2	Aufbau des Lichtmikroskopes	262
4.4.3	Herstellung von mikroskopischen Präparaten	262
4.4.3.1	Lebendpräparate	262
4.4.3.2	Färbepräparate	262
4.5	Nährmedien	264
4.5.1	Allgemeine Grundlagen	264
4.5.2	Einteilung von Nährmedien	265
4.5.3	Nährmedienbestandteile und ihre Bedeutung	267
4.5.3.1	Peptone	267
4.5.3.2	Biologische Extrakte	270
4.5.3.3	Kohlenhydrate	271
4.5.3.4	Indikatoren	272
4.5.3.5	Selektiv wirkende Substanzen	273
4.5.3.6	Wachsstoffe und Wachstumssupplemente	274
4.5.3.7	Puffersubstanzen und Osmoregulantien	275

Inhalt

4.5.3.8	Gelierende Substanzen	275
4.5.3.9	Wasser	276
4.5.4	Herstellung von Nährmedien	276
4.5.4.1	Allgemeine Grundregeln	276
4.5.4.2	Nährmedienzubereitung	277
4.5.4.3	Aufbewahrung von Nährmedien	278
4.5.5	Kontrolle von Nährmedien	279
4.5.6	Nährmedienbedingte Fehlerquellen	279
4.6	Kultivierungstechniken	282
4.6.1	Plattenkulturen	282
4.6.1.1	Gußkultur	282
4.6.1.2	Oberflächenkulturen	283
4.6.2	Kontaktverfahren	286
4.6.3	Schrägagarkultur	287
4.6.4	Kulturen in hoher Schicht	288
4.6.5	Flüssigkulturen	290
4.6.6	Anaerobe Kultivierung	290
4.7	Mikrobiologische Grundoperationen	291
4.7.1	Grundlagen der mikrobiologischen Probenahme	291
4.7.1.1	Allgemeines	291
4.7.1.2	Stichproben und Stichprobenpläne	292
4.7.1.3	Probenahmegeräte und Probengefäße	293
4.7.1.4	Probenahme bei flüssigen Erzeugnissen	294
4.7.1.5	Probenahme pastöser bis stichfester Erzeugnisse	295
4.7.1.6	Probenahme bei pulverförmigen Erzeugnissen	295
4.7.1.7	Probenahme bei Butter und ähnlichen Erzeugnissen	295
4.7.1.8	Probenahme bei Käse	296
4.7.1.9	Mischen von Teilmengen	296
4.7.1.10	Entnahme verpackter Proben	297
4.7.1.11	Konservierung, Aufbewahrung und Probentransport	297
4.7.1.12	Probenkennzeichnung und Probenahmebericht	297
4.7.2	Verdünnen	298
4.7.2.1	Allgemeines	298
4.7.2.2	Verdünnungssysteme	300
4.7.2.3	Verdünnungslösungen	300

4.7.3	Probenvorbereitung im Labor	301
4.7.3.1	Milch und flüssige Milcherzeugnisse	301
4.7.3.2	Pastöse bis stichfeste Erzeugnisse	302
4.7.3.3	Pulverförmige Erzeugnisse	302
4.7.3.4	Butter und ähnliche Erzeugnisse	302
4.7.3.5	Käse	303
4.7.3.6	Säurecasein, Labcasein, Caseinate	304
4.7.4	Verimpfen	304
4.8	Mikrobiologische Untersuchungsmethoden für Milch und Milcherzeugnisse	306
4.8.1	Methodenvorschriften	306
4.8.2	Methoden zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl	308
4.8.2.1	Vorbemerkungen	308
4.8.2.2	Mikroskopische Keimzählung nach BREED	308
4.8.2.3	Koloniezählung bei 30 °C	309
4.8.2.4	Mikrokoloniezählung	312
4.8.2.5	Fluoreszenzmikroskopische Keimzahlbestimmung	313
4.8.2.6	Spiralplattenverfahren	314
4.8.3	Methoden zur Bestimmung coliformer Bakterien	314
4.8.3.1	Allgemeine Grundlagen von MPN- und Titerverfahren	314
4.8.3.2	Bestimmung coliformer Bakterien mit Laurylsulfat-Tryptose-Nährmedium	317
4.8.3.3	Bestimmung coliformer Bakterien mit Kristallviolett-Neutralrot-Galle-Lactose-Agar	317
4.8.3.4	Parallele Bestimmung präsumtiver <i>E. coli</i> und coliformer Bakterien	318
4.8.3.5	Bestimmung von <i>E. coli</i> mittels Membran-Agar-Verfahren	319
4.8.3.6	Bestätigung von <i>E. coli</i>	319
4.8.4	Bestimmung der Enterobakterien	322
4.8.5	Bestimmung von physiologischen Gruppen und weiteren Mikroorganismen mittels Koloniezählverfahren	322
4.8.5.1	Psychrotrophe Mikroorganismen	322
4.8.5.2	Thermophile und thermoresistente Mikroorganismen	322
4.8.5.3	Halbbarkeits- und Sterilitätstests	323
4.8.5.4	Proteolyten	323
4.8.5.5	Lipolyten	324

Inhalt

4.8.5.6	Säurebildner	324
4.8.5.7	Kontaminanten in fermentierten Milcherzeugnissen	324
4.8.5.8	Enterokokken	325
4.8.5.9	<i>Micrococcaceae</i>	325
4.8.5.10	Pseudomonaden und Aeromonaden	326
4.8.5.11	<i>Bacillus</i>	326
4.8.5.12	Hefen und Schimmelpilze	327
4.8.6	Bestimmung von physiologischen Gruppen und weiteren Mikroorganismen mittels MPN- und Titerverfahren	328
4.8.6.1	Fäulniserreger	328
4.8.6.2	Gramnegative Rekontaminanten in nichtfermentierten flüssigen Milcherzeugnissen	328
4.8.6.3	Clostridien	328
4.8.7	Nachweis von pathogenen Keimen und Keimen für mangelnde Hygiene	330
4.8.7.1	Vorbemerkungen	330
4.8.7.2	Salmonellen	330
4.8.7.3	Listerien	332
4.8.7.4	Koagulase-positive Staphylokokken	332
4.8.7.5	<i>Streptococcus agalactiae</i>	334
4.8.7.6	<i>Bacillus cereus</i>	334
4.8.7.7	<i>Escherichia coli</i>	339
4.9	Nachweis von Hemmstoffen	340
4.9.1	Mikrobiologische Hemmstoff-Suchtests	341
4.9.2	Vorläufige Bestätigungstests	345
4.9.3	Bestätigungstests	347
4.10	Bestimmung der somatischen Zellen	348
4.10.1	Somatische Zellen	348
4.10.2	Mikroskopische Zählung somatischer Zellen	348
4.10.3	Fluoreszenzoptische Zählung somatischer Zellen in Rohmilch (Fossomatic-System)	349
4.10.4	Schalm-Test	349
4.11	Untersuchung von Starterkulturen	350
4.11.1	Reinheitsprüfungen und Nachweis des Kulturtyps	350
4.11.2	Aktivitätsprüfungen	352

4.11.2.1	Bestimmung der glykolytischen Aktivität (Säuerungsaktivität) . . .	352
4.11.2.2	Bestimmung der proteolytischen Aktivität	352
4.11.2.3	Nachweis von Diacetyl und Acetoin (Aromanachweis)	353
4.11.2.4	Nachweis der Gasbildung (CO ₂ -Bildung)	353
4.11.3	Sonstige Prüfungen	354
4.12	Nachweis von Phagen	356
4.12.1	Vorbemerkungen	356
4.12.2	Säuerungstest	356
4.12.3	Bestimmung des Phagentiters und der Phagenzahl	356
4.13	Mikrobiologische Untersuchung von Wasser	357
4.13.1	Vorbemerkungen	357
4.13.2	Mikrobiologische Untersuchung von Trinkwasser und Wasser für Lebensmittelbetriebe	359
4.13.3	Mikrobiologische Untersuchung von natürlichem Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser	367
	Sachwortverzeichnis	375