

Biotechnologie

M. Wainwright

Biotechnologie mit Pilzen

Eine Einführung

Aus dem Englischen übersetzt von
Dr. Barbara Vollert-Schmid

Bearbeitet und aktualisiert von
Doz. Dr. habil. Waldemar Künkel

Mit 43 Abbildungen und 20 Tabellen



Springer

Dr. M. Wainwright
University of Sheffield
Department of Molecular Biology and Biotechnology
Sheffield, UK

Dr. Barbara Vollert-Schmid
Gartenstraße 8, 50354 Hürth

Doz. Dr. habil. Waldemar Künkel
Hans-Knöll-Institut für Naturstoff-Forschung e. V.
Beutenbergstraße 11, 07745 Jena

Originalausgabe: M. Wainwright, *An Introduction to Fungal Biotechnology*.
First published 1992 by J. Wiley & Sons
© 1992 M. Wainwright. All rights reserved.
Authorized translation from English language edition published by John Wiley & Sons Ltd.

ISBN-13: 978-3-540-58615-9
DOI: 10.1007/978-3-642-79377-6

e-ISBN-13: 978-3-642-79377-6

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Wainwright, Milton: *Biotechnologie mit Pilzen: eine Einführung; mit 20 Tabellen* / M. Wainwright.
(Aus dem Engl. übers. von Barbara Vollert-Schmid. Bearb. und aktualisiert von Waldemar Künkel).
Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona; Budapest: Springer, 1995.
(Biotechnologie) Einheitsacht.: An introduction to fungal biotechnology -dt.-

NE: Künkel, Waldemar (Bearb.)

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1995

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.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Datenkonvertierung:

SPIN: 10466240 02/3020 - 5 4 3 2 1 0 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort des Autors

Dieses Buch soll den Studenten eine Vorstellung darüber vermitteln, welche Anwendungen Hyphenpilze und Hefen in der modernen Biotechnologie finden. In der Vergangenheit beschränkte sich die Biotechnologie mit Pilzen auf die industrielle Fermentation von Antibiotika und Biochemikalien. Hier liegt zwar immer noch der Schwerpunkt, jedoch werden heute intensiv andere Anwendungsmöglichkeiten für Pilze in der Agrobiotechnologie, der Umweltbiotechnologie, der industriellen Biotechnologie sowie der medizinischen Biotechnologie wahrgenommen.

Es ist zwar mittlerweile üblich, die Hefen als eine eigenständige Gruppe von Mikroorganismen zu bezeichnen, jedoch sind Hefen einwandfrei den Pilzen zuzuordnen. Wann immer möglich, nutze ich günstige Gelegenheiten und stelle die Aktivitäten von Hefen vor, und zwar im besonderen hinsichtlich ihrer Verwendung in der Biotechnologie. Ebenso habe ich die wachsende Bedeutung der höheren Pilze in der Biotechnologie absichtlich nicht ausgeklammert. Die Züchtung von Speisepilzen ist ein florierender und bedeutender Industriezweig. Höhere Pilze sind zudem Quellen für Arzneimittel (u.a. anticancerogene Substanzen) und sind durch den Abbau organischer Substrate am Stoffkreislauf der Natur und somit an der Reinigung unserer Umwelt beteiligt.

Der begrenzte Umfang des Werkes erlaubte keine Behandlung der Biochemie, der Physiologie sowie der Genetik der Pilze. Ich hoffe jedoch, daß die Literaturhinweise ausreichen, daß sich Leser, die in diesen Sachgebieten noch nicht genügend bewandert sind, entsprechende Informationen einholen können.

Wann immer möglich, habe ich bei der Darstellung von Daten der Fotografie gegenüber der grafischen Darstellung den Vorzug gegeben. Meine Erfahrungen bei der Arbeit mit Studenten vor dem Vordiplom zeigen, daß sich biotechnologische Zusammenhänge anschaulicher mit Bildern als mit grafischen Darstellungen verdeutlichen lassen.

Pilze werden häufig entweder nicht beachtet oder bei fehlender Sachkenntnis negativ beurteilt. Ich hoffe, daß dieser einführende Text in der Lage ist, die Bedeutung von Pilzen für die Umwelt, die Wirtschaft und die Medizin zu verdeutlichen, und das Potential, das Pilze wegen ihrer breitgefächerten Stoffwechselfähigkeiten für zukünftige, biotechnologische Anwendungen besitzen, ins Bewußtsein zu rücken. Bei genügendem Interesse und ausreichenden finanziellen Mitteln bietet die Biotechnologie mit Pilzen

zweifellos eine Chance, unsere Lebensbedingungen hinsichtlich der Herstellung von Lebensmitteln, von Biochemikalien und von Arzneimitteln auch weiterhin zu verbessern. Die Biotechnologie mit Pilzen wird auch bei umweltverbessernden Maßnahmen eine immer größere Rolle spielen.

M. Wainwright

Vorwort des wissenschaftlichen Bearbeiters

Das vorliegende Buch ist eine gelungene Einführung in die Biotechnologie mit Pilzen, die als Saprophyten, Symbionten oder Parasiten in nahezu allen Biotopen anzutreffen sind und sich aufgrund vielfältiger Biosyntheseleistungen am Stoffkreislauf der Natur wirkungsvoll beteiligen. Die Fähigkeit verschiedener systematischer Pilzgruppen, Enzyme, Antibiotika, Wachstumsstoffe, Fette, Aminosäuren, Polysaccharide, Aromastoffe, organische Säuren, Vitamine, Toxine, u.a. Metabolite sowie Biomasse zu produzieren, abgestorbene organische Substrate zu mineralisieren, Wirkstoffmoleküle umzuwandeln, aber auch Krankheiten bei Menschen, Tieren und Pflanzen zu erzeugen, sowie Lebensmittel und Baumaterialien zu zerstören, verdeutlicht die Bedeutung dieser niederen Eukaryonten für die Umwelt, Wirtschaft und Medizin.

Eindrucksvoll wird die Produktion und/oder der Einsatz solcher pilzlicher Wirk- und Wertstoffe in hochinstrumentierten biotechnologischen Verfahren im Industriemaßstab oder auf der Grundlage einfacher Kultivierungsverfahren detailliert geschildert. Ausführlich werden die verschiedenen Produkte und Biosyntheseleistungen von Pilzen, ihre biotechnologischen Besonderheiten, die Einsatzgebiete der gewonnenen Biomeleküle – oder der Biomasse – besonders im Lebensmittel- und Getränkektor, in der Medizin, Land- und Forstwirtschaft, bei der Sanierung von Ökosystemen und der Schädlingsbekämpfung behandelt.

Darüber hinaus werden auch die intensiven Wechselwirkungen zwischen Pilzen und anderen Organismen, besonders am Beispiel der nützlichen Symbiosen (z.B. Mykorrhiza), aber auch der durch pathogene Pilze verursachten Erkrankungen (Mykosen) von Pflanzen, Tieren und Menschen, einschließlich von Maßnahmen zu ihrer wirkungsvollen Bekämpfung durch Fungizide, sichtbar gemacht.

Durch die Entdeckung neuer Arten, weiterer neuartiger Biosyntheseleistungen sowie den verstärkten Einsatz molekulargenetischer Techniken werden neue Impulse für die Biotechnologie mit Pilzen, aber auch für verschiedene Anwendungsbereiche der menschlichen Gesellschaft erwartet.

Doz. Dr. habil. W. Künkel

Danksagung

Für die Erlaubnis zur Veröffentlichung ihrer Fotografien möchte ich danken: Dr. Paul F. Hamlyn und der British Technology Group (Abb. 2.1, 5.3–5.7 und 8.3), Dr. Ian Singleton (Abb. 2.2, 3.1 und 6.6–6.9), Dr. Charles D. Scott vom Oak Ridge National Laboratory (Abb. 5.1 und 5.2), Tasneem Adam Ali (Abb. 6.1–6.5), Dr. Alan Bruce vom Dundee Institute of Technology (Abb. 7.1–7.11), der Firma Cuprinol (Abb. 7.1–7.6 und 7.12), Louise Ralley (Abb. 7.13), Dr. Bruce A. Jaffee (Abb. 9.1–9.4) und der Biochemie Gesellschaft (Abb. 9.5–9.7). Ohne dieses Bildmaterial wäre das Buch wesentlich weniger anschaulich geworden. Herrn Alan Hancock danke ich für die Erledigung der fotografischen Arbeiten und Herrn David Trott für das Lesen des Rohmanuskriptes.

Inhalt

Vorwort des Autors	V
Vorwort des Bearbeiters	VII
Danksagung	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Pilze in der Biotechnologie	2
1.2 Pilze in der Biotechnologie – geschichtliche Entwicklung ..	4
1.3 Struktur und Morphologie von Pilzen	9
1.4 Die Ernährung von Pilzen	10
1.4.1 Abbau von Polymeren, speziell von Cellulose und Lignin	11
1.4.2 Anwendung lignolytischer Systeme	13
1.5 Strategien der Pilze zur Sicherstellung der Ernährung in ihrer natürlichen Umgebung	14
1.6 Stoffwechselanpassungen von Pilzen	15
1.7 Ein kurzer Abstecher zur Systematik der Pilze	17
1.8 Biotechnologisch bedeutende Pilze	19
1.8.1 <i>Aspergillus</i> spp.	20
1.8.2 <i>Penicillium</i> spp.	20
1.8.3 <i>Trichoderma</i> spp.	21
1.8.4 <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	21
1.8.5 Hefen	22
1.8.6 <i>Agaricus</i> spp.	23
1.8.7 <i>Claviceps purpurea</i>	23
1.9 Genmanipulation an industriell verwendeten Pilzen	24
1.9.1 Mutation und Mutagenese	24
1.9.2 Parasexueller Cyclus	25
1.9.3 Transformation	26
1.9.4 Expression heterologer Proteine	29
2 Biotechnologie mit Pilzen – Produktionsverfahren	33
2.1 Bioreaktortechnik	33
2.1.1 Submersverfahren	33
2.1.2 Rührkesselreaktor	35

4.5.2	Hämolytische Vergiftungen	70
4.5.3	Coprin-Toxine	70
4.5.4	Psychotrope Toxine	71
4.5.5	Weitere Vergiftungsarten	72
4.6	Steroidtransformationen mit Hilfe von Pilzen	72
4.7	Biotransformationen pharmakologisch aktiver Substanzen	74
4.8	Therapeutische Verwendung von Pilzenzymen	74
4.9	Medizinische Bedeutung der höheren Pilze	75
4.10	Weitere therapeutische Verwendungen von Pilzen	76
5	Neue industrielle Verfahren mit Pilzen	77
5.1	Einleitung	77
5.2	Die Konversion von Lignocellulose in der Papierindustrie	77
5.3	Kohleverflüssigung	79
5.4	Abbau von Lignocellulose zu gasförmigen Produkten durch Pilze	82
5.5	Entfernung von Paraffinen und Wachsen durch Hefen ...	83
5.6	Pilze als Hilfsstoffe für die Biotechnologie im Hüttenwesen	84
5.7	Neuartige Textilien aus Pilzmaterial	87
6	Pilze und Umweltbiotechnologie	91
6.1	Einleitung	91
6.2	Industrieabwässer und ihre Behandlung (Flüssigkultivierungen)	91
6.2.1	Gerbereiabwässer	92
6.2.2	Entfärbung von Melassen	92
6.2.3	Abwasserbehandlung	93
6.2.4	Reinigung Fettsäure-belasteter Industrieabwässer	93
6.2.5	Entfernung von Kohlenhydraten aus Abwässern .	94
6.2.6	Phenolabbau	94
6.2.7	Fermentation umweltrelevanter Schadstoffe	94
6.3	Entgiftung von Pestiziden mit Pilzenzymen	96
6.4	Behandlung von lignocellulosehaltigen Abfällen mit holzabbauenden Pilzen	96
6.5	Weißfäulepilze bei der biologischen Sanierung	97
6.5.1	Enzymbildung durch <i>Phanerochaete chrysosporium</i>	98
6.5.2	Entgiftung gefährlicher Abfallprodukte mit Weißfäulepilzen	98
6.5.3	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> zur biologischen Sanierung belasteter Böden	100
6.5.4	Die Wirkung von <i>P. chrysosporium</i> unter Feldbedingungen	104

6.6	Entfernung von Metallionen aus Lösungen mit Hilfe von Pilzen (Biosorption)	106
6.7	Adsorption von Feinstpartikeln mit Hilfe von Pilzen	109
6.8	Kommerzielle Akkumulierungsverfahren für Metallionen und Feinstpartikel	112
7	Die Rolle von Pilzen beim biologischen Abbau und beim biologischen Verderb	115
7.1	Einleitung	115
7.2	Pilze und Holzzerfall	117
7.2.1	Trockenfäule	118
7.2.2	<i>Coniophora puteana</i> – Kellerspilz	120
7.2.3	<i>Fibroporia vaillantii</i>	121
7.2.4	Andere Pilze	121
7.2.5	Behandlung von holzzersetzenden Pilzen	122
7.2.6	Zerstörung von behandelten Leitungsmasten durch Pilze und ihre biologische Bekämpfung mit Hilfe von Pilzen	122
7.2.7	Holzschutz durch Pilze	127
7.3	Probleme durch Pilzbefall	129
7.4	Pilze und der Verderb von Lebensmitteln	129
7.5	Verderb von Lebensmitteln durch Befall mit Schimmelpilzen	130
7.6	Verderb von Lebensmitteln durch Hefen	132
7.7	Pilzbefall von gelagerten Früchten und Gemüse	134
7.7.1	Beeren	134
7.7.2	Baumfrüchte	134
7.7.3	Gemüse	134
7.8	Verderb von pflanzlichen Ölen durch Pilze	135
7.9	Mykotoxine	135
7.9.1	Mykotoxinquellen	136
7.9.2	Aflatoxin	137
7.9.3	Sporidesmin	137
7.9.4	Nachweis von Mykotoxinen	137
7.9.5	Eindämmung der Mykotoxine	139
7.9.6	Züchtung von gegenüber dem Befall durch Schimmelpilze resistentem Pflanzenmaterial	141
8	Pilze in der Lebensmittelindustrie	143
8.1	Einleitung	143
8.2	Einzellerprotein (SCP)	144
8.2.1	Substrate und Kultivierungsbedingungen	145
8.2.2	Nährwert von SCP	146

8.2.3	Entfernung der Nucleinsäuren	146
8.2.4	Test auf Toxizität	147
8.2.5	Pilzproteine	147
8.3	Verbesserung des Nährwerts von Getreide durch Fermentation	154
8.4	Fermentierte Lebensmittel – das Koji-Prinzip	155
8.5	Pilzzüchtung	158
8.5.1	Pilzzüchtung in Asien	159
8.5.2	Kultivierung von Trüffeln	161
8.5.3	Spezialitäten	162
8.6	Pilze bei der biotechnologischen Herstellung von Lebensmitteln	163
8.6.1	Brotherstellung	163
8.6.2	Käse	164
8.7	Produktion von Geschmacks- und Aromastoffen durch Pilze	164
8.7.1	Terpene	165
8.7.2	Menthol	165
8.7.3	Lactone	165
8.8	Geschmacksverbesserungen und -veränderungen durch Pilze	166
8.9	Lebensmittelfarbstoffe aus Pilzen	166
8.10	Pilze beim Brauen und Keltern	167
8.10.1	Wein	168
8.10.2	Bier	170
8.10.3	Sake	172
9	Pilze in der Agrobiotechnologie	173
9.1	Einleitung	173
9.2	Biologische Kontrolle von Mikroorganismen im Boden ...	174
9.3	Pilze als Insektenbekämpfungsmittel	179
9.3.1	Kommerzielle Produktion von Pilzen als Insektizide	181
9.3.2	Beispiele kommerzieller Mykoinsektizide	182
9.4	Pilze zur Bekämpfung von Fadenwürmern	186
9.4.1	Böden, die die Vermehrung von Fadenwürmern verhindern	189
9.4.2	Bodenverbesserungen	189
9.4.3	Anreicherung des Bodens mit ausgewählten Pilzstämmen	190
9.4.4	Enzyme und Toxine	190
9.5	Unkrautbekämpfung mit Hilfe von Pilzen	190
9.6	Pilze zur integrierten Bekämpfung von Pflanzen- krankheiten, die über den Boden in die Pflanzen übertragen werden	192

9.7	Biologische Bekämpfung von Krankheiten, die nach der Ernte auftreten	193
9.8	Produktion von chemischen Pestiziden und Biodünger mit Hilfe von Pilzen	195
9.9	Kompostierung	196
9.10	Fermentationsrückstände als Düngemittel (Biosol)	196
9.11	Steigerung des Ernteertrags durch Pilzinoculate	200
9.11.1	Solubilisierung unlöslicher Phosphate	200
9.11.2	Mykorrhiza-Pilze als Inoculate zur Wachstumsförderung von Feldfrüchten	201
9.11.3	Vorteile der Mykorrhiza	202
9.11.4	Anwendung von Pilzen, die in Mykorrhiza-Symbiose leben können	203
9.11.5	Direkte Inoculation von Pilzen zur Verbesserung des Getreidewachstums	204
10	Biotechnologische Kontrolle pathogener Pilze	207
10.1	Einleitung	207
10.2	Pathogene Pilze für Mensch und Tier	207
10.3	Beispiele für Mykosen	208
10.3.1	Pulmonale Aspergillose	208
10.3.2	Kryptokokkose	209
10.3.3	Kokzidioidomykose	210
10.3.4	Pilzinfektionen der äußeren Haut und subkutane Pilzinfektionen	210
10.4	Behandlung von Pilzinfektionen bei Mensch und Tier ...	211
10.5	Pilze als Pflanzenpathogene	213
10.6	Neuere Entwicklungen der chemischen Bekämpfung von Pilzkrankheiten bei Pflanzen	215
10.7	Antibiotika zur Behandlung von Pilzinfektionen bei Pflanzen	216
10.8	Biologische Schädlingsbekämpfungsmittel – eine potentielle Quelle für Antimykotika	216
10.9	Solarisation – eine alternative Methode zur Bekämpfung von Pflanzenpathogenen	218
11	Biotechnologie mit Pilzen: Zukunftsaussichten	221
	Literatur	225
	Sachverzeichnis	235