Vergleichende Zellwandanalysen an Basidiomycetenhefen aus Homobasidiomyceten

CH. DÖRFLER, L. LEHLE, H. PRILLINGER

Institut für Botanik der Universität Regensburg
Universitätsstraße 31, D-8400 Regensburg

Eingegangen am 31.5.1986

Dörfler, Ch., Lehle L. & H. Prillinger (1986) – Cell wall analysis of basidiomycetous yeasts from homobasidiomycetes. Z. Mykol. 52(2): 347–358.

K e y W o r d s : Yeasts, Basidiomycetes, Homobasidiomycetes, cell wall.

A b s t r a c t : Cell wall analysis on yeasts, isolated from different basidiomycetes *(Asterophora lycoperdoides, A. parasitica, Polyporus lepideus, Marasmiellus ramealis, Ganoderma* cf. *adspersum, Lentinus crinitus)* should clarify their systematical relationships. Based on qualitative and quantitative sugar composition of the cell walls these yeasts are considered as basidiomycetes. Two cell wall types were distinguished. One contains as major sugar components glucose-mannose-xylose. This was found in yeasts from the two *Asterophora* species and also in the yeast stage of *Tremella encephala.* Therefore either a taxonomic or phylogenetic relationship between these two yeasts and tremelloid fungi is postulated. The second cell wall type that is characteristic for the yeasts from *Ganoderma, Marasmiellus* and *Polyporus* is mainly composed of glucose-galactose and some mannose. It resembles that of *Moniliella-* and *Trichosporonoides* species (W e i j m a n 1979).

Z u s a m m e n f a s s u n g : Zellwände von Hefen, die aus verschiedenen Homobasidiomyceten isoliert worden sind, wurden biochemisch analysiert, unter besonderer Berücksichtigung der Neutralzucker. Aufgrund der qualitativen und quantitativen Zuckerzusammensetzung ihrer Zellwände sind alle untersuchten Hefen als Basidiomyceten anzusehen. Innerhalb der Hefen wurden zwei Zellwandtypen gefunden. Glucose-Mannose-Xylose lag bei den Hefen aus *Asterophora lycoperdoides* und *Asterophora parasitica* vor, wurde aber auch bei dem Hefestadium von *Tremella encephala* gefunden. Es wird deshalb eine nähere Beziehung der Hefe aus *Asterophora lycoperdoides* und *A. parasitica,* taxonomisch oder phylogenetisch, zu tremelloiden Pilzen postuliert. Der Zellwandtyp Glucose-Galactose mit wenig Mannose lag bei den Hefen aus *Polyporus lepideus, Ganoderma* cf. *adspersum, Marasmiellus ramealis* und *Lentinus crinitus* vor. Er wurde auch bei *Moniliella-* und *Trichosporonoides*-Arten gefunden (W e i j m a n 1979).

Im Verlauf der vergangenen Jahre wurden von uns erstmals Hefestadien bei Homobasidiomyceten entdeckt (J a h r m a n n & P r i l l i n g e r 1983). Verschieden von den überwiegend parasitischen Heterobasidiomyceten, wo solche Hefestadien häufig am Beginn der Ontogenese stehen (z. B. *Ustilaginales, Tremellales, Exobasidiales;* vgl. B r e f e l d 1891, K o b a y a s i & T u b a k i 1965, O b e r w i n k l e r 1978, 1982), traten Hefen bei Homobasidiomyceten bisher stets in Form von seltenen Ereignissen auf. Eine Rückführung solcher Hefen zu Hyphen oder Fruchtkörpern des entsprechenden Homobasidiomyceten gestaltet sich in der Regel schwierig oder zumindest sehr zeitaufwendig (J a h r m a n n & P r i l l i n g e r 1983, P r i l l i n g e r 1986).

Von den, im folgenden nach ihrer Zellwandzusammensetzung biochemisch charakterisierten, Hefen aus den Homobasidiomyceten *Asterophora lycoperdoides, Asterophora parasitica, Polyporus lepideus, Ganoderma* cf. *adspersum, Marasmiellus ramealis* und *Lentinus crinitus* steht fest:

1. Daß sie über recht unterschiedliche Methoden isoliert wurden (vgl. Material und Methoden), denen aber eine physiologische Streßsituation (z. B. Inzucht, Prillinger 1986) gemein zu sein scheint.
2. Daß aufgrund der Hefe-Standardcharakterisierung diese Organismen nicht in der Literatur erscheinen (Laaser & Prillinger in Vorbereitung).

Im Falle von *Polyporus lepideus* kann die Konspezifität von Hefen und Hyphen durch die Ausbildung von vegetativen Anastomosen, nahe beisammenliegenden GC-Werten und ein in seiner Ultrastruktur übereinstimmendes Spindelpolkörperchen weiter erhärtet werden (Prillinger 1986, 1987).

Bei *Asterophora lycoperdoides* gelang zwar mehrfach eine Rückführung der ursprünglich isolierten Hefekultur zu *Asterophora*-Fruchtkörpern (Prillinger 1986). Alle Versuche, diese Experimente mit Klonkulturen, welche auf eine einzelne Hefezelle zurückzuführen waren, zu wiederholen, schlugen aber bisher fehl. Es bleibt bei den Hefen aus den beiden *Asterophora*-Arten die Möglichkeit zu berücksichtigen, daß es sich hier um noch unbekannte, intrahymeniale tremelloide Hyperparasiten handelt (Oberwinkler pers. Mitt.), deshalb wurde in die Untersuchungen auch ein Stamm von *Tremella encephala* miteinbezogen.

Die Zellwandzusammensetzung von Pilzen ist von verschiedenen Autoren untersucht worden (O'Brien & Ralph 1966; Bartnicki-Garcia 1968, 1970; Weijman 1979). Dabei trat die taxonomische Verwendbarkeit dieses Merkmals klar hervor. In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, durch eine qualitative und quantitative Analyse der Zellwand weiteren Aufschluß über die systematische Stellung der neuen Hefen zu erhalten.

Material und Methoden

Liste der bearbeiteten Stämme

Hefen aus *Asterophora lycoperdoides* (Bull.) Ditm. ex S. F. Gray isoliert von *Russula* cf. *nigricans*, Fichtenstangenwald nahe Rothenbügel: Stämme Al H5 und Al H 26 wurden aus jungen Kultur-Fruchtkörpern von *Asterophora lycoperdoides* isoliert, Stamm Al H3/3 aus Chlamydosporen einer Kultur von *Asterophora lycperdoides* (Jahrmann & Prillinger 1983).

Die Hefestämme Pl H9, Pl H19 und Pl H20 wurden von einer Kreuzungsplatte zweier ramarioider Inzuchtstämme von *Polyporus lepideus* Fr. isoliert (Prillinger 1986, 1987).

Der Hefestamm von *Lentinus crinitus* (Linn.: Fr.) Fr. trat nach einmaliger Überimpfung einer haploiden Einsporkultur und Aufbewahrung dieser Kulturen bei 4°C auf. Bei dieser Prozedur überlebten von 100 Einspor-Myzelkulturen nur wenige. Eine davon wuchs hefeartig und wurde zur Isolation der Lcr H40 Hefe herangezogen.

Der Hefestamm Mar H1 ist ein Naturisolat aus *Marasmiellus ramealis* (Bull. ex Fr.) Sing. Aus dem sterilen Huttrama wurden Impfstücke auf Moser b-Medium (Prillinger & Six 1983) übertragen und bei 23°C kultiviert. Nach 10 Tagen wurden mehrere Myzel- und eine Hefekultur von diesen Platten isoliert.

Die Hefestämme Gad H1 und Gad H3 sind Kulturisolate aus Flüssigmediumkulturen von Sporenaufsammlungen zweier Fruchtkörper von *Ganoderma* cf. *adspersum* (Schulzer) Donk. Beide Stämme wurden von N. Luschka und G. Laaser isoliert.

Die Hefe von *Tremella encephala* (Pers.) ex Fr. FO 23371 wurde von Prof. Dr. F. Oberwinkler (Tübingen) zur Verfügung gestellt.

Die einzelnen Hefestämme sind auf Abb. 1a–c bzw. 2a–d zu sehen.

Anzucht der Hefen

Alle Hefen wurden in GYP-Flüssigmedium (2 % Glucose, 1 % Pepton, 0,5 % Hefeextrakt) bei 27°C, Schüttelkultur, angezogen.

Ausgangspunkt war jeweils eine Einzelkolonie jedes Stammes. Diese wurde in 5 ml Medium überführt. Nachdem die Kultur über Nacht angewachsen war, wurden damit ca. 20 ml Medium beimpft und bis zur frühen logarithmischen Wachstumsphase angezogen. Aus dieser Kultur wurden dann die eigentlichen Anzuchtkolben mit ca. 100 ml Medium angeimpft und bebrütet, bis ein mittleres logarithmisches Wachstum erreicht war.

Zellwandisolierung
Die Hefen wurden bei 500 x g abzentrifugiert und mehrmals mit Puffer (50 mM Tris-HCl, pH 7,4) gewaschen. Die Zellen wurden dann 1:1 (w:v) im obigen Puffer suspendiert und mit der French Press bei 4°C und 20.000 PSI aufgeschlossen. Nach 5–10maligem Durchpressen waren ca. 90 % der Zellen aufgeschlossen, wie lichtmikroskopisch festgestellt wurde.

Die Zellwände wurden durch Zentrifugation (500 x g) vom Zellinhalt abgetrennt. Nach der Methode von Selvendran (1975) wurden die Zellwände durch zwei verschiedene Extraktionen gereinigt. Zum Pellet wurde zunächst 1 % wäßriges Natriumdesoxycholat (= NaDOC), pH 7,8 gegeben (Pellet: NaDOC = 1:2, w:v) und das Gemisch 2 Stunden bei 4°C gerührt. Danach wurde 15 Minuten lang bei 13.200 x g abzentrifugiert. Die Extraktion wurde einmal wiederholt und das Zellwandmaterial anschließend zweimal mit Aqua bidest. gewaschen.
Bei der zweiten Extraktion wurde das Pellet mit Phenol-Eisessig-Aqua bidest. (2:1:1, w:v:v) versetzt (Pellet:Reagenz, 2:5, w:v). Es wurde 20 Minuten bei 20°C gerührt und dann das Zellwandmaterial 20 Minuten bei 13.200 x g abzentrifugiert. Nach 3maligem Waschen mit Aqua bidest. wurden die Zellwände lyophilisiert.

Bestimmung des Kohlenhydratgesamtgehalts
Der Neutralzuckergehalt der Zellwände wurde nach Dubois (1956) ermittelt, mit Mannose als Referenzsubstanz.

Bestimmung des Proteingehaltes
Das Zellwandmaterial wurde zunächst 19–20 Stunden bei 110°C in 6N HCl hydrolysiert.
Nach Entfernung der Säure wurde der Proteingehalt nach Moore (1968) mit Leucin als Standard ermittelt.
Da mit dieser Methode auch der Anteil von Chitin (bzw. Glucosamin) in der Zellwand erfaßt wird, wurde das Ergebnis um den entsprechenden Wert korrigiert.

Bestimmung des Chitingehaltes
Nach 24stündiger Hydrolyse mit 6N HCl bei 100°C wurde zunächst die Säure entfernt.
Der Chitingehalt der Zellwände wurde nach Reissig & Strominger (1956) bestimmt. Als Vergleichssubstanz wurde D (+)-Glucosamin-hydrochlorid verwendet.

Bestimmung der Zellwandneutralzucker
Zellwandmaterial wurde einer Hydrolyse in 2N Trifluoressigsäure (2 Stunden 120°C) unterworfen und dann die Säure entfernt. Die so freigesetzten Neutralzucker wurden nach Jones & Albersheim (1972) in Alditolacetate umgewandelt und gaschromatographisch identifiziert.
Als interner Standard wurde myo-Inosit zugegeben.
Zur Auftrennung der Alditolacetate wurde eine Glassäule (1,8 m lang, 2 mm Durchmesser) verwendet. Sie enthielt als Füllung 3 % SP 2340 auf 100/120 Supelcoport.
Die Gaschromatographie erfolgte unter folgenden Bedinungen: Injektionstemperatur 200°C, Temperaturprogramm von 190°C bis 225°C in Schritten von 2°C/Minute; Trägergas: N_2 mit einer Durchflußgeschwindigkeit von 28 ml/Minute.

Ergebnisse

REINIGUNG DER ZELLWAND

Ein ursprünglich in der Literatur häufig verwendetes Verfahren, bei dem die Zellwände nur mit Wasser und Puffer gewaschen werden, erwies sich als nicht brauchbar, um alle cytoplasmatischen Verunreinigungen zu entfernen. Besonders stark wirkte sich dies auf den gemessenen Proteingehalt aus. So war bei verschiedenen Aufschlüssen von Zellen eines Stammes ein großer Schwankungsbereich im jeweiligen Protein- und Gesamtkohlenhydratanteil der Zellwand feststellbar (Tabelle 1 A).

Nach Extraktion der Zellwände mit Natriumdesoxycholat und Phenol-Essigsäure-Wasser

(nach S e l v e n d r a n 1975) dagegen wurden für jeden Stamm gut reproduzierbare, quantitative Werte für Protein- und Gesamtkohlenhydratgehalt der Zellwände gemessen (Tabelle 1 B). Die quantitativen Anteile einzelner Zellwandkomponenten waren auch nicht vom Alter der Zellen abhängig, wie ursprünglich vermutet. Das geht aus Tabelle 1 C hervor. Dort sind die entsprechenden Werte wiedergegeben, die bei jungen (frühe logarithmische Wachstumsphase) und alten (stationäre Phase) Zellen von *Ganoderma* cf. *adspersum*-Hefen gemessen wurden.

QUANTITATIVE ZELLWANDANALYSE

Die Zellwände der untersuchten Basidiomycetenhefen wurden quantitativ durch Bestimmung des Gesamtkohlenhydrat-, Protein- und Chitingehaltes charakterisiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Der Kohlenhydratanteil der Zellwand liegt, je nach Art, bei 45–70 %. Protein stellt 5 bis 28 % der Zellwand und Chitin 8 bis 16 %. Innerhalb einer Art weisen die untersuchten Stämme untereinander ähnliche Werte für die jeweiligen Zellwandkomponenten auf. In Tabelle 3 sind die gemittelten Werte aller Stämme einer Art dargestellt. Ein Vergleich macht deutlich, daß die Hefen aus *Polyporus lepideus* und *Ganoderma* cf. *adspersum* fast völlig identische quantitative Kohlenhydrat- (60–62 %), Protein- (ca. 11 %) und Chitinanteile (ca. 10 %) des Zellwandmaterials haben. Bis auf den höheren Kohlenhydratgehalt (70 %) stimmt auch die Hefe aus *Marasmiellus ramealis* mit den Hefen aus *Polyporus lepideus* und *Ganoderma* cf. *adspersum* überein.

QUALITATIVE UND QUANTITATIVE ANALYSE DER NEUTRALZUCKERZUSAMMENSETZUNG DER ZELLWAND

Art und Menge der Zellwandneutralzucker in den Hefen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Da jeweils alle Hefen-Stämme einer Art fast identische quantitative und qualitative Zuckerwerte lieferten, sind hier nur die Mittelwerte aller Untersuchungen aufgelistet. Neutralzucker-Gaschromatogramme der Hefen aus *Asterophora lycoperdoides, Polyporus lepideus, Lentinus crinitus* und des Hefestadiums von *Tremella encephala* sind in Abb. 3a–d wiedergegeben.

Die untersuchten Basidiomycetenhefen lassen sich in zwei Zellwandgruppen einteilen:

Der e i n e Zellwandtyp enthält nur Glucose, Mannose und Xylose. Dazu gehören die Hefen (Al H5, Al H26, Al H3/3) aus *Asterophora lycoperdoides,* die Hefe aus *Asterophora parasitica* und das Hefestadium von *Tremella encephala.*
Glucose dominiert hier mit einem Anteil von 83–87 % der gesamten (= 100 %) Zellwandneutralzucker. Dann folgt Mannose mit etwa 9,5–11 % und Xylose mit 3,6–7 %.

Der z w e i t e Zellwandtyp umfaßt die Hefen aus *Polyporus lepideus* (Pl H9, Pl H 19, Pl H20), *Ganoderma* cf. *adspersum* (Gad H1, Gad H3), *Marasmiellus ramealis* (Mar H1) und *Lentinus crinitus* (Lcr H40). Alle diese Hefen enthalten ebenfalls als Hauptzucker Glucose, sowie Galactose und Spuren von Mannose, während Xylose nicht nachgewiesen werden konnte. Bei den Hefen aus *Polyporus lepideus, Ganoderma* cf. *adspersum* und *Marasmiellus ramealis* liegt Glucose zu 90,5–92 % vor, Galactose zu 6–8 % und Mannose zu 1–2 %. Dagegen hat die Hefe aus *Lentinus crinitus* davon abweichende quantitative Zukkerwerte. Nur 81 % der Neutralzucker entfallen auf Glucose, dafür ist mehr Galactose (ca. 13 %) und Mannose (ca. 6 %) in der Zellwand vorhanden.

Diskussion

Zur systematischen Einordnung von niederen Organismen, wie Archae- und Eubakterien,

erwies sich ihre Zellwandzusammensetzung neben Daten zur 16 S rRNA als sehr aussagekräftig (Kandler 1981). Auch bei Pilzen wurde in den vergangenen Jahren der chemische Zellwandaufbau für eine Einteilung in systematische Gruppen herangezogen. In den Arbeiten von Bartnicki-Garcia (1968, 1970) wurde dabei versucht, einzelne Pilzklassen anhand ihrer Zellwandzucker gegeneinander abzugrenzen.
In ähnlicher Weise versuchten Gorin & Spencer (1970) mit Hilfe der Kernresonanz-Spektroskopie (NMR) eine Chemotaxonomie von Hefen zu erstellen. Die von ihnen ermittelten Spektren waren reproduzierbar und charakteristisch für jede Art.

In den vorliegenden Untersuchungen gehen wir, im Einklang mit Oberwinkler (1977, 1982), davon aus, daß Hefestadien bei Basidiomyceten einen phylogenetisch ursprünglichen morphologischen Organisationstyp repräsentieren.
Das von uns wahrscheinlich gemachte Auftreten solcher Hefestadien bei Homobasidiomyceten (Prillinger 1986, 1987) erlaubt nun erstmals, Basidiomyceten ganz unterschiedlicher Verwandtschaftsgruppen unter identischen äußeren Bedingungen (gleiches Alter der Zellen, einheitlicher Zelltypus) in ihrer Zellwandzusammensetzung zu vergleichen.

Die Zugehörigkeit der in dieser Arbeit untersuchten Hefen zu den Basidiomyceten wird durch die Zellwandanalysen voll bestätigt. Als Merkmal für diese Zuordnung gilt das Vorliegen von Xylose und/oder nur geringer Mengen an Mannose in der Zellwand (O'Brian & Ralph 1966; Bartnicki-Garcia 1968, 1970; Rosenberger 1976; Weijman 1979).

Der Zellwandtyp „Glucose-Mannose-Xylose", wie er bei den Hefeisolaten aus *Asterophora lycoperdoides, Asterophora parasitica* und der Hefeform von *Tremella encephala* gefunden wurde, findet sich auch bei den *Filobasidiaceae* (v. Arx & Weijman 1979), *Hyalodendron* (Weijman 1979), *Sporotrichon, Nematoctonus, Itersonilia, Armillaria* (unveröffentl. Daten, vgl. Weijman 1979).

Auch der andere Zellwandtyp, „Glucose-Galactose-Spuren von Mannose", der bei den Hefeisolaten aus *Polyporus lepideus, Ganoderma* cf. *adspersum, Marasmiellus ramealis* und *Lentinus crinitus* vorliegt, läßt deren Zuordnung zu den Basidiomyceten zu. Zwar konnte hier die für Basidiomyceten typische Xylose nicht nachgewiesen werden, während andererseits Galactose als typischer Zellwandzucker für Ascomyceten angesehen wird (Bartnicki-Garcia 1968, 1970; Rosenberger 1976; Weijman 1979). Doch der Mannosegehalt ist gegenüber dem in Ascomycetenhefen (Weijman 1979) sehr gering. Eine ähnliche Zellwandzusammensetzung findet sich bei *Moniliella-* und *Trichosporonoides*-Arten wieder (Weijman 1979; vgl. *Coniophora cerebella,* O'Brien & Ralph 1966); die ebenfalls aufgrund des geringen Mannosegehaltes von den Ascomyceten unterschieden werden, auch wenn ihre genaue systematische Stellung noch ungewiß bleibt (Weijman 1979).
Chitin und Glucan stellen die Hauptkomponenten der Zellwand bei allen untersuchten Hefen dar. Auch dies bestätigt die Zugehörigkeit zu den Basidiomyceten (Bartnicki-Garcia 1968). Die Neutralzuckerzusammensetzung der Zellwand von Hefeisolaten aus *Asterophora lycoperdoides, Asterophora parasitica* und dem Hefestadium von *Tremella encephala* ist qualitativ (Glucose, Mannose, Xylose), wie quantitativ weitgehend gleich. Dieses Ergebnis deckt sich gut mit der Vermutung, daß die Hefen aus den beiden *Asterophora*-Arten in die Richtung tremelloider Pilze zu stellen sind (vgl. Einleitung). Umfassende Zellwanddaten anderer *Tremella*-Arten und ihrer Verwandten fehlen. Deshalb ist eine genauere systematische Einordnung dieser Hefen bislang nicht möglich.

Die Hefen aus *Polyporus lepideus, Ganoderma* cf. *adspersum* und *Marasmiellus ramealis* stimmen in den quantitativen Anteilen ihrer Neutralzucker am Gesamtneutralzuckergehalt der Zellwand fast völlig überein.

Betrachtet man diese Hefen als seltene atavistische Hefestadien der Homobasidiomyceten, aus denen sie isoliert wurden (vgl. P r i l l i n g e r 1986, 1987), so könnte die Ähnlichkeit der Zellwandzusammensetzung auf eine gemeinsame evolutive Herkunft von *Polyporus lepideus, Ganoderma* cf. *adspersum* und *Marasmiellus ramealis* hindeuten. Dies muß durch weitere, besonders genetische, Untersuchungen abgesichert werden.

Die Hefe aus *Lentinus crinitus* enthält ebenfalls die Zucker Glucose, Galactose und Mannose in der Zellwand, aber deren mengenmäßige Verteilung ist deutlich verschieden von der der anderen Hefen dieses Zellwandtyps (Pl, Gad, Mar).

Inwieweit diesen rein quantitativen Unterschieden eine taxonomische Bedeutung zukommt, muß aufgrund der bisher untersuchten geringen Anzahl von Hefen weiteren Arbeiten vorbehalten bleiben.

Für die Überlassung eines Stammes von *Tremella encephala* sind wir Herrn Prof. Dr. F. Oberwinkler (Tübingen) Dank schuldig.

Literatur

ARX, J. A. von & A. C. M. WEIJMAN (1979) – Conidiation and carbohydrate composition of some *Candida* und *Torulopsis* species. Antonie van Leeuwenhoek 45, 547–555.

BARTNICKI-GARCIA, S. (1968) – Cell wall chemistry, morphogenesis and taxonomy of fungi. Ann. Rev. Microb. 22, 87–108.

– (1970) – Cell wall composition and other biochemical markers in fungal phylogeny. In: Harborne, J. B. (ed.) – Phytochemical phylogeny. Academic Press, London/New York, 82–103.

BREFELD, O. (1891) – Ascomyceten II, Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie. X. 157–378. Münster: Commissions- Verlag H. Schöningh.

DUBOIS, M. , K. A. GILLES, J. K. HAMILTON, P. A. REBERS & F. SMITH (1956) – Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28, 350–356.

GORIN, P. A. J. & J. F. T. SPENCER (1970) – Proton magnetic resonance spectroscopy – An aid in identification and chemotaxonomy of yeasts. Adv. Appl. Microbiol. 13, 25–89.

JAHRMANN, H. J. & H. PRILLINGER (1983) – Das Vorkommen eines „Hefe"-Stadiums bei dem Homobasidiomyceten *Asterophora (Nyctalis) lycoperdoides* (Bull.) Ditm. ex S. F. Gray und seine Bedeutung für die Phylogenese der Basidiomyceten. Z. Mykol. 49 (2), 195–235.

JONES, T. M. & M. P. ALBERSHEIM (1972) – A gaschromatographic method for the determination of aldose and uronic acid constituents of plant cell wall polysaccharides. Plant. Physiol. 49, 926–936.

KANDLER, O. (1981) – Archaebakterien und Phylogenie der Organismen. Naturwissenschaften 68, 183–192. Springer Verlag.

KOBAYASI, Y. & K. TUBAKI (1965) – Studies on cultural characters and asexual reproduction of Heterobasidiomycets. I. Transactions of the Mycological Society of Japan 6, 29–36.

MOORE, S. (1968) – Amino acid analysis. Aqueous dimethyl sulfoxide as a solvent for the ninhydrin reaction. J. Biol. Chem. 243, 6281–6283.

OBERWINKLER, F. (1977) – Das neue System der Basidiomyceten. In: Frey, W., M. Hurka & F. Oberwinkler (eds.) – Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen. Fischer, Stuttgart/New York 59–105.

– (1978) – Was ist ein Basidiomycet? Zeitschrift für Mykologie 44, 13–29.

– (1982) – The significance of the morphology of the basidium in the phylogeny of Basidiomycetes. In: Wells, K. & E. K. Wells (eds.) – Basidium and Basidiocarp Evolution, Cytology, Function and Development. Springer New York/Heidelberg/Berlin 9–35.

O'BRIEN, R. W. & B. J. RALPH (1966) – The cell wall composition and taxonomy of some Basidiomycetes and Ascomycetes: Ann. Bot. N. S. 30, 835–840.

PRILLINGER, H. (1986) – Morphologische Atavismen bei Homobasidiomyceten durch natürliche und künstliche Inzucht und ihre Bedeutung für die Systematik. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 99, 31–42.

– (1987) – Yeasts and anastomoses: their occurrence and implications for the phylogeny of Eumycota. In: Rayner, A. D. M., C. M. Brasier & D. Moore (eds.) – Brit. Mycol. Soc. Symp. Vol. 13. Cambridge University Press (in press).
– & W. SIX (1983) – Genetische Untersuchungen zur Fruchtkörper- und Artbildung bei Basidiomyceten: Genetische Kontrolle der Fruchtkörperbildung bei *Polyporus ciliatus*. Pl. Syst. Evol. 141, 341–371.
REISSIG, J. L., J. L. STROMINGER & L. F. LELOIR (1956) – A modified colorimetric method for the estimation of N-acetylamino sugars. J. Biol. Chem. 217, 959–966.
RING, S. G. & R. R. SELVENDRAN (1978) – Purification and methylation analysis of cell wall material from solanus tuberosum. Phytochemistry 17, 745–752.
ROSENBERGER, R. F. (1976) – The cell wall. In: J. E. Smith & D. R. Berry (eds.) – The filamentous fungi. Vol. II. Wiley, New York, 328–344.
SELVENDRAN, R. R. (1975) – Analysis of cell wall material from plant tissues: extraction and purification. Phytochemistry 14 (2), 1011–1017.
WEIJMAN, A. C. M. (1979) – Carbohydrate patterns of *Moniliella, Trichosporonoides* and *Hyalodendron*. Stud. Mycol. 19, 76–80.

Tabelle 1: Quantitative Zellwandzusammensetzung der untersuchten Hefen.

A. Vergleich zweier Anzuchten von Al H5 (Hefe aus *Asterophora lycoperdoides*) nach Waschung der Zellwände mit Puffer und Aqua bidest.
B. Vergleich zweier Anzuchten von Al H5 nach Extraktion der Zellwände mit Natriumdesoxycholat und Phenol-Eisessig-Aqua bidest.
C. Vergleich zweier Anzuchten von Gad H1 (Hefe aus *Ganoderma* cf. *adspersum*) aus früher und stationärer Wachstumsphase nach Zellwandextraktion.

Table 1: Composition of the cell walls, quantitative data.

A. Cell walls of Al H5 (yeast from *Asterophora lycoperdoides*) after washing with buffer and aqua bidest.
B. Cell walls of Al H5 after extraction with sodiumdesoxycholate and phenol: acetate: aqua bidest.
C. Cell walls of Gad H1 (yeast from *Ganoderma* cf. *adspersum*). Cells were taken from an early logarithmic phase and a stationary culture.

	% des Zellwandmaterials		
Anzucht Nr.	Kohlenhydrat	Protein	Chitin
A.			
1	51	4	15
2	23,5	47,5	6,5
B.			
1	58	4,5	13,3
2	56,7	5,2	12,2
C.			
Wachstumsphase			
früh	60,5	7,8	10,9
stationär	63	10,3	9,2

Tabelle 2: Kohlenhydrate-, Protein- und Chitingehalt der untersuchten Hefe-Zellwände

Table 2: Carbohydrate, protein, and chitin content of the yeast cell walls

	% des Zellwandmaterials		
Stamm	Kohlenhydrat	Protein	Chitin
Hefe aus:			
Asterophora lycoperdoides			
Al H5	57,1	6,5	12,5
Al H26	59,8	4,9	11
Al H3/3	58,5	9,9	7,9
Polyporus lepideus			
Pl H9	63,1	9,4	10,5
Pl H19	58,3	12	10,9
Pl H20	57,3	12,5	8,3
Ganoderma cf. *adspersum*			
Gad H1	63	9,5	9,7
Gad H3	60,5	13,9	9,6
Marasmiellus ramealis			
Mar H1	70,5	10,9	10,4
Lentinus crinitus			
Lcr H40	45	21,7	15,8

Tabelle 3: Quantitative Zellwandzusammensetzung: Mittelwerte mit Standardabweichungen aller untersuchten Hefestämme

Table 3: Compilation (average and standard deviation) of the carbohydrate, protein, and chitin content of the cell walls of all analysed yeast strains.

	% des Zellwandmaterials		
Stamm	Kohlenhydrat	Protein	Chitin
Al – Hefen	58,46 ± 1,35	7,1 ± 2,55	10,5 ± 2,35
Pl – Hefen	59,56 ± 3,1	11,3 ± 1,7	9,9 ± 1,4
Gad – Hefen	61,8 ± 1,77	11,7 ± 3,1	9,65 ± 0,07
Mar – Hefe	70,5	10,9	10,4
Lcr – Hefe	45	21,7	15,8

Tabelle 4: Qualitative und quantitative Zusammensetzung der Zellwandneutralzucker bei den untersuchten Basidiomyceten-Hefen.

Table 4: Neutral sugars of the cell walls of yeasts: qualitative and quantitative data.

Neutralzucker-%-Anteile am Gesamtneutralzuckergehalt der Zellwand				
Stamm	Glucose	Mannose	Xylose	Galactose
Hefe aus:				
Asterophora lycoperdoides	82,7	10,4	6,9	–
Asterophora parasitica	85,2	11,1	3,6	–
Tremella encephala (Hefestadium)	86,9	9,5	3,6	–
Polyporus lepideus	92,9	1,2	–	5,9
Ganoderma cf. *adspersum*	90,4	1,7	–	7,9
Marasmiellus ramealis	92,9	1,0	–	6,1
Lentinus crinitus	81	6,3	–	12,7

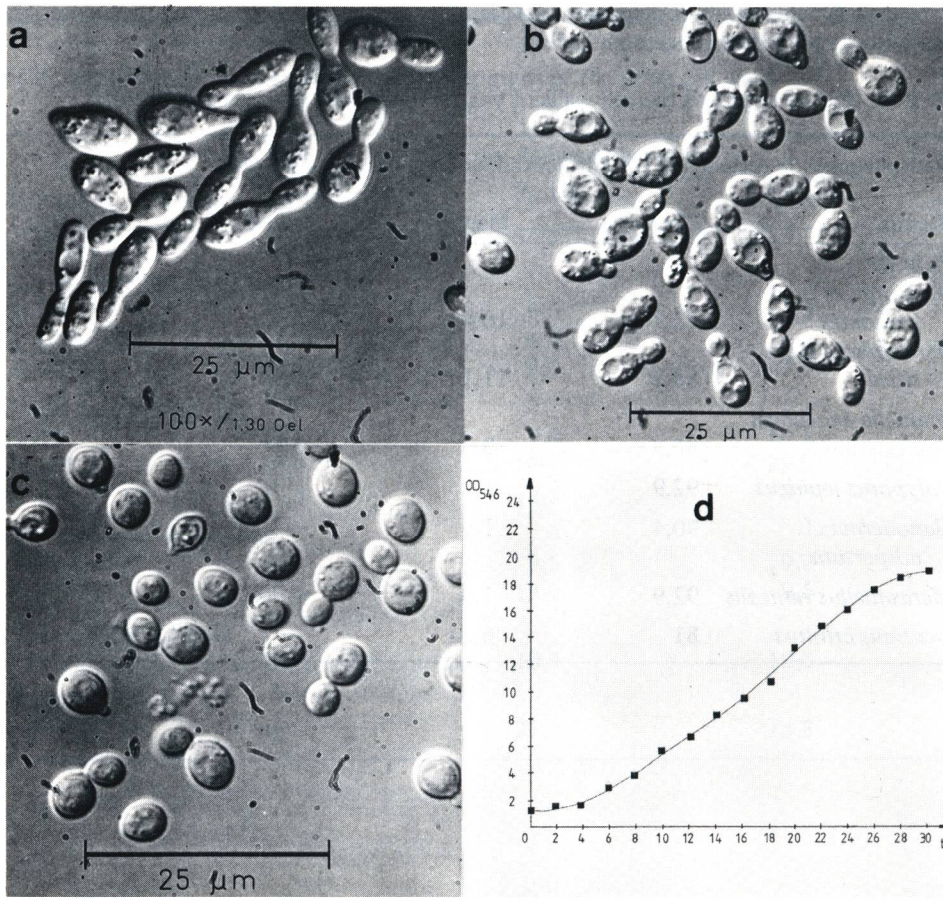

Abb. 1:
a) Hefe aus *Asterophora lycoperdoides*
b) Hefe aus *Asterophora parasitica*
c) Hefe-Stadium von *Tremella encephala*
d) Wachstumsdiagramm der Hefe aus *Ganoderma* cf. *adspersum*

Fig. 1:
a) Yeast from *Asterophora lycoperdoides*
b) Yeast from *Asterophora parasitica*
c) Yeaststage of *Tremella encephala*
d) Growth – curve of the yeast from *Ganoderma* cf. *adspersum*

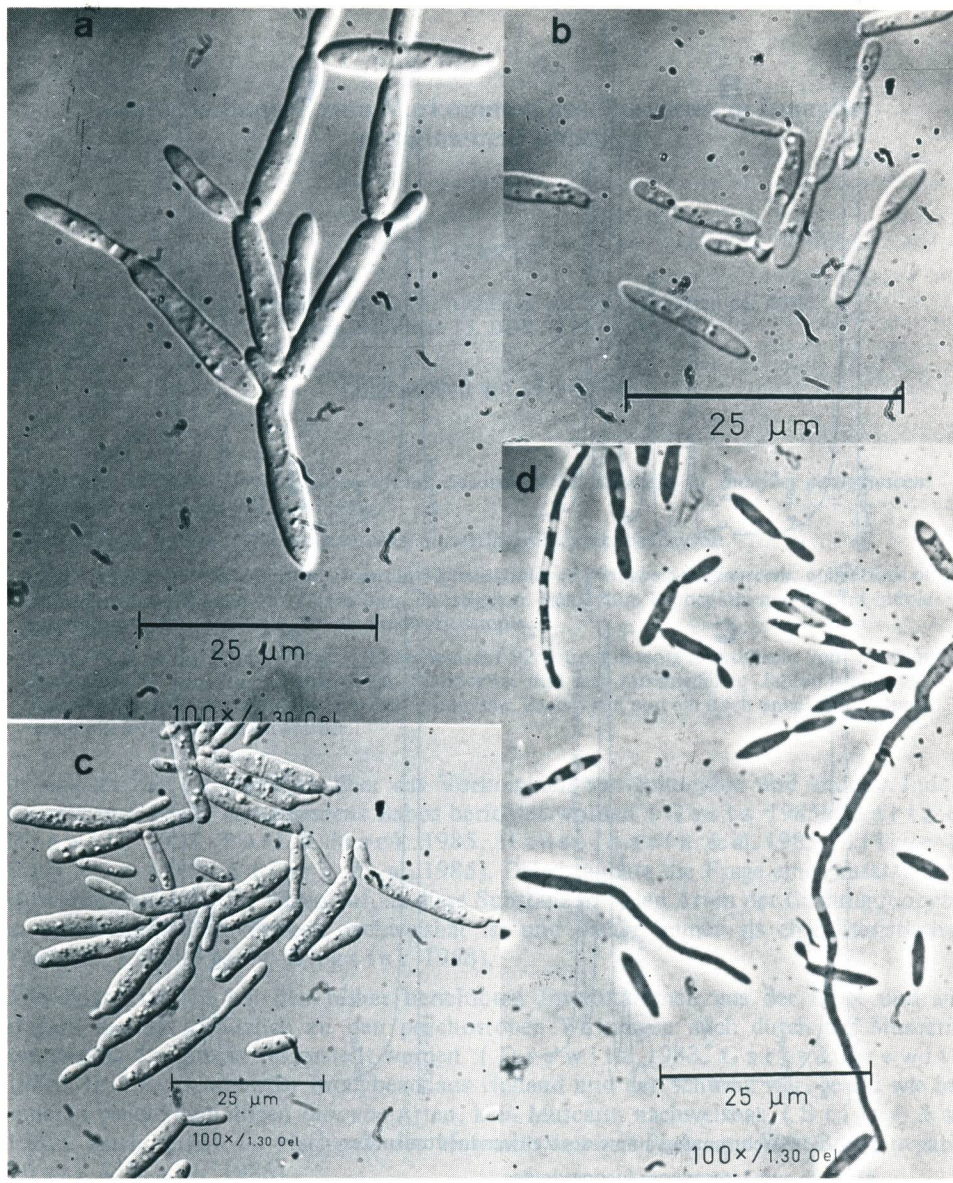

Abb. 2:
a) Hefe aus *Polyporus lepideus*
b) Hefe aus *Ganoderma* cf. *adspersum*
c) Hefe aus *Marasmiellus ramealis*
d) Hefe aus *Lentinus crinitus*

Fig. 2:
a) Yeast from *Polyporus lepideus*
b) Yeast from *Ganoderma* cf. *adspersum*
c) Yeast from *Marasmiellus ramealis*
d) Yeast from *Lentinus crinitus*

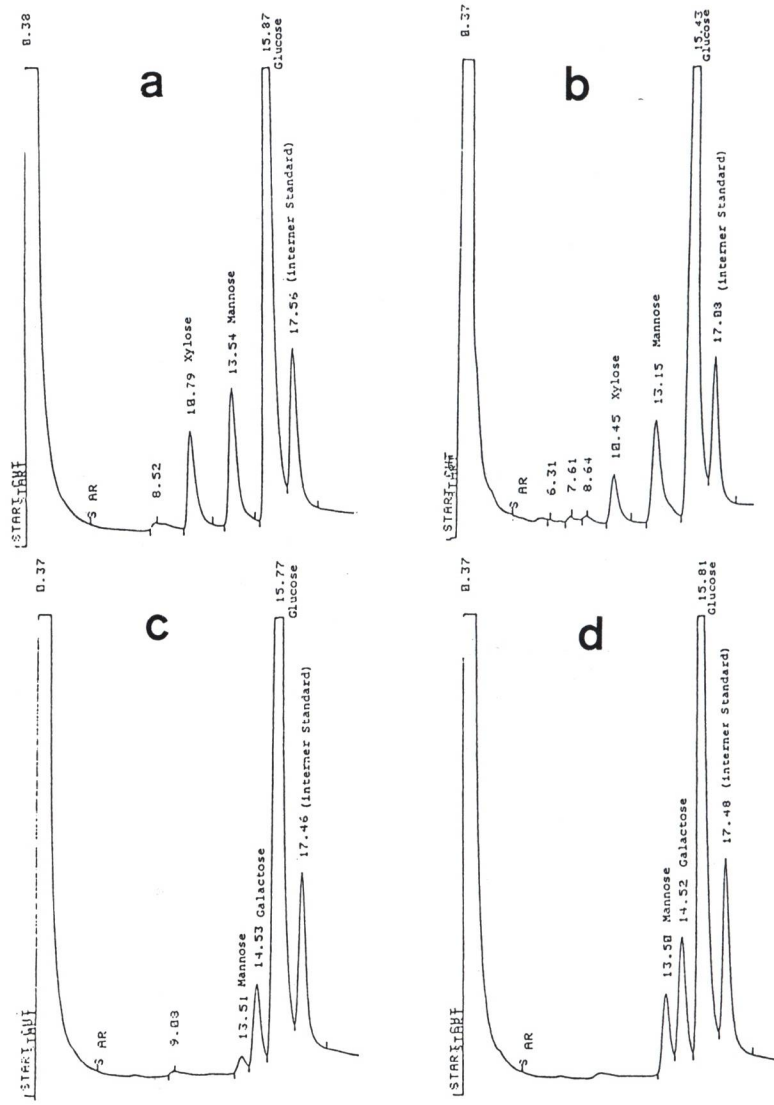

Abb. 3: Gaschromatogramme der Zellwandneutralzucker

a) Hefe aus *Asterophora lycoperdoides*
b) Hefe-Stadium von *Tremella encephala*
c) Hefe aus *Polyporus lepideus*
d) Hefe aus *Lentinus crinitus*

Fig. 3: Gaschromatograms of cell wall neutral sugars

a) Yeast from *Asterophora lycoperdoides*
b) Yeast-stage of *Tremella encephala*
c) Yeast from *Polyporus lepideus*
d) Yeast from *Lentinus crinitus*

DGfM Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der **DGfM**.

www.dgfm-ev.de

Über Zobodat werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**
  Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**
  (Name der Heftreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**
  Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**
  Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND 4.0).

- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die vollständigen Lizenzbedingungen, wovon eine offizielle deutsche Übersetzung existiert. Freigebiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: 52_1986

Autor(en)/Author(s): Dörfler Ch., Lehle L., Prillinger H.

Artikel/Article: Vergleichende Zellwandanalysen an Basidiomycetenhefen aus Homobasidiomyceten 347-358