

Holzerstörung durch Weiß- und Braunfäulepilze und Oxydase-Wirkung beim Aufbau und Abbau des Lignins

Von Reinhard Rösch*

Der Aufbau des Holzes aus seinen Hauptbestandteilen Zellulose und Lignin läßt sich etwa mit der Struktur des Eisenbetons vergleichen. Das Zellulosegerüst verleiht dem Holz Zugfestigkeit, entspricht also funktionell dem Eisengestänge, während das Füllmaterial Lignin das Holz besonders druckfest macht. Dieser Holzstoff (lignum = Holz, Lignin = „Holzstoff“) ist somit dem Betonanteil des Eisenbetons vergleichbar.

Die Zellulose ist mit ihrem Aufbau aus gesetzmäßig zu Ketten verknüpften Molekülen des Traubenzuckers (Glucose) chemisch ein relativ einfacher Stoff. Das Lignin ist viel komplizierter aufgebaut, und seine Gesamtstruktur konnte trotz intensiver Forschungsarbeit bis heute noch nicht endgültig aufgeklärt werden. Zudem unterscheidet sich Laubholzlignin in seinen Grundbausteinen auch noch vom Lignin der Nadelhölzer (Coniferen). Wir wollen für die folgenden Betrachtungen das einfacher gebaute Coniferen-Lignin zugrunde legen.

Wesentliche Erkenntnisse über die Chemie des Lignins verdanken wir den Untersuchungen von Freudenberg u. Mitarb. (1952, 1958). Der Grundbaustein des Coniferen-Lignins ist der Coniferylalcohol, der in der Verholzungszone des Stammes an Zucker gebunden vorliegt. Durch ein Ferment, das die Bindung an den Zucker spaltet (β -Glucosidase) wird der Coniferylalcohol freigesetzt. Hier wirkt nun sofort ein oxydierendes Ferment, eine Oxydase, ein. Sowohl die Anlagerung von Sauerstoff (Oxydation im engeren Sinne) als auch die Abspaltung von Wasserstoff (Dehydrierung) wird chemisch als Oxydation bezeichnet. Die Wirkung der genannten Oxydase, die nach ihrer Entdeckung im „japanischen Lackbaum“ als *Laccase* bezeichnet wird, besteht in einer Dehydrierung des Coniferylalcohols. Das dehydrierte Restmolekül (Radikal) des Coniferylalcohols ist als solches nicht beständig; es ist äußerst reaktionsfähig und kann sich durch Verschiebung der Atomgruppierung im Radikal selbst mit seinesgleichen auf verschiedene Weise verbinden. Diese aus zwei Grundbausteinen bestehenden (dimeren) Reaktionsprodukte können sich ohne Fermenteinwirkung oder durch erneute Dehydrierung unter der Wirkung von *Laccase* zu höhermolekularen Verbindungen zusammenlagern (Dehydrierungs-Polymerisat). Durch weitere Polymerisation werden die höheren Bausteine zum Gesamtligninmolekül verknüpft. Das durch Einwirkung von *Laccase* auf Coniferylalcohol gewonnene sog. „künstliche Lignin“ ist in seinen Eigenschaften weitgehend mit dem natürlichen Coniferen-Lignin identisch.

Unter den holzerstörenden Pilzen unterscheidet man in der systematischen Einheit der Basidiomyceten zwei Gruppen, die nach dem chemischen Ablauf des Fäuleprozesses scharf voneinander geschieden sind. Weißfäulepilze greifen die beiden Hauptbestandteile des Holzes, Zellulose und Lignin, an, während Braunfäulepilze vorwiegend die Zellulose abbauen und das Lignin als rot bis dunkelbraune, würfelbrüchig-mürbe Substanz zurücklassen. Zu den Braunfäulepilzen zählen einige der wichtigsten Zerstörer des Bauholzes wie z. B. der Hausschwamm (*Merulius lacrymans*), der Kellerschwamm (*Coniophora cerebella*) und der Porenschwamm (*Poria vaporaria*). Die Feststellung Fischers (1953), daß der Hausschwamm isoliertes Lignin als alleinige Kohlenstoffquelle verwerten könne, wurde experimentell widerlegt (Rösch 1961). Damit war auch die — inzwischen angezweifelte — scharfe Abgrenzung zwischen der Weiß- und Braunfäulegruppe wieder als richtig bestätigt worden. Umstritten ist aber bis heute noch eine von mehreren Autoren beschriebene, oxydative Veränderung des bei der Braunfäule zurückbleibenden sog. „enzymatisch freigesetzten Lignins“.

* Aus dem Botanischen Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe

Bavendamm (1928) beschrieb ein Verfahren, das die Unterscheidung von Weiß- und Braunfäulepilzen in Kultur ermöglicht. Gewisse, dem Nährmedium zugesetzte phenolische Verbindungen werden von Weißfäulepilzen zu gefärbten, höhermolekularen Produkten oxydiert. Bei Braunfäulepilzen bleibt diese Oxydation aus. Die positive Bavendamm-Reaktion der Weißfäulepilze beruht vorwiegend auf der Ausscheidung von Laccase in das Nährmedium. Es handelt sich hier um dieselbe Oxydase, die auch im Coniferenholz mit der Dehydrierung des Coniferylalcohols den Aufbau des Lignins einleitet. Ein solches Ferment, das seine oxydierende Wirkung nach Freisetzung aus den lebenden Zellen ausübt, bezeichnen wir als extracelluläre Oxydase. Als weiteres extracelluläres Ferment, das ebenfalls an der Bavendamm-Reaktion beteiligt sein kann, wurde Peroxydase bei Weißfäulepilzen nachgewiesen (Lyr 1958). Braunfäulepilze bilden weder extracelluläre Laccase noch Peroxydase, sollen also keine Reaktion bei der Prüfung nach Bavendamm ergeben. In der Weißfäule- und in der Braunfäulegruppe findet sich aber bei verschiedenen Arten eine dritte Oxydase, die Tyrosinase. Dieses Ferment ist fest an die Zellbestandteile gebunden und wird daher als intracelluläre Oxydase bezeichnet. Setzt man Tyrosinase etwa durch Zerreiben des Pilzmycels mit Quarzsand und Wasser frei, so vermag eine auf diese Weise gewonnene Fermentlösung ebenso einige derjenigen phenolischen Verbindungen zu oxydieren, die auch von Laccase oder Peroxydase oxydativ verändert werden. Wenn bei der Prüfung nach Bavendamm Tyrosinase durch stärkere Verletzung beim Überimpfen oder — in späteren Stadien — durch Selbstauflösung (Autolyse) des Mycels freigesetzt wird, so kann eine positive Reaktion vorgetäuscht werden. Hierauf beruhen ohne Zweifel einige der Literaturangaben über Ausnahmefälle der Bavendamm-Reaktion mit Braunfäulepilzen. Eine erhebliche Anzahl der beschriebenen Fälle (siehe Rösch 1961) kann aber nicht auf der Wirkung freigesetzter Tyrosinase beruhen, weil die bei der Prüfung jeweils verwendeten phenolischen Verbindungen oder aromatischen Amine zwar von Laccase (oder Peroxydase), aber nicht von Tyrosinase oxydiert werden. Eine Erklärung für diese Sonderfälle gibt die inzwischen bei Braunfäulepilzen nachgewiesene laccaseähnliche, intracelluläre Oxydase (Rösch 1962a, 1962b), die auf dieselbe Weise wie Tyrosinase freigesetzt werden kann.

Es lag nahe, die Befähigung der Weißfäulepilze zum Abbau des Lignins mit der Ausscheidung von Laccase oder Peroxydase in Verbindung zu bringen. Von einigen Autoren wurde über Versuche zum fermentativen Abbau isolierten Lignins mit Laccase-Präparaten verschiedenen Reinheitsgrades berichtet. Die wenigen positiven Ergebnisse dieser manometrischen Untersuchungen stützen sich meist auf einen relativ geringen Sauerstoff-Verbrauch, der allenfalls auf eine Oxydation peripherer Gruppen des Gesamtlignins schließen läßt — nicht aber auf einen tiefgreifenden Abbau. Die oben erwähnte oxydative Veränderung des bei der Braunfäule „enzymatisch freigesetzten Lignins“ läßt sich nun auch mit der Wirkung der neuen laccaseähnlichen, intracellulären Oxydase erklären. Wenn dieses Ferment im hochgradigen Braunfäulestadium durch Autolyse des Pilzmycels freigesetzt wird, so kann es wie die extracelluläre Laccase eine periphere Oxydation des Lignins bewirken.

Die schon früher diskutierte Auffassung (Rösch 1961), daß am Ligninabbau durch Weißfäulepilze mehrere Fermentsysteme beteiligt sein müssen, fand mit dem Nachweis einer Oxydase, die den aromatischen Ring einfacher phenolischer Verbindungen spaltet (Flaig u. Haider 1961), ihre experimentelle Bestätigung. Laccase setzt solche Verbindungen zu höhermolekularen Oxydationsprodukten um. In dieser Weise wirkt Laccase auch beim Aufbau des Lignins aus Coniferylalcohol mit. Für die Beteiligung derselben Oxydase beim Abbau des Lignins liegt bisher kein eindeutiger experimenteller Beweis vor. Alle Versuche, isoliertes Lignin durch Weißfäulepilze oder mit Laccase-Präparaten aus diesen Pilzen abzubauen, zeigten nur sehr mäßige Ergebnisse (Rösch 1961).

Anschließend sei hier aber eine indirekte Beteiligung der Laccase beim Ligninabbau diskutiert. Einfache phenolische Verbindungen wirken an einer bestimmten Konzentration stark hemmend auf das Mycelwachstum der Pilze. Wenn solche Verbindungen unter der Wirkung anderer Fermentsysteme beim Abbau des Lignins freigesetzt werden, so können

diese durch Laccase in höhermolekulare Oxydationsprodukte überführt und damit weitgehend entgiftet werden. Diese Auffassung stimmt gut mit der von Lyr (1962) festgestellten Funktion der Pilz-Oxydasen bei der Entgiftung von Kernholztoxinen überein.

Literatur

- Bavendamm, W.: Über das Vorkommen und den Nachweis von Oxydasen bei holzzerstörenden Pilzen. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz **38**, 257—276 (1928).
- Fischer, G.: Untersuchungen über den biologischen Abbau des Lignins durch Mikroorganismen. — Arch. Mikrobiol. **18**, 397—424 (1953).
- Flaig, W., und Haider, K.: Die Verwertung phenolischer Verbindungen durch Weißfäulepilze. — Arch. Mikrobiol. **40**, 212—223 (1961).
- Freudenberg, K., Reznik, H., Boesenberg, H. und Rasenack, D.: Das an der Verholzung beteiligte Fermentsystem. — Chem. Ber. **85**, 641—647 (1952).
- Freudenberg, K., Harkin, J., Reichert, M. und Fukuzumi, T.: Die an der Verholzung beteiligten Enzyme. Die Dehydrierung des Sinapinalkohols. — Chem. Ber. **91**, 581—590 (1958).
- Lyr, H.: Über den Nachweis von Oxydasen und Peroxydasen bei höheren Pilzen und die Bedeutung dieser Enzyme für die Bavendamm-Reaktion. — Planta **50**, 359—370 (1958).
- Lyr, H.: Persönl. Mitteilungen (1962).
- Rösch, R.: Untersuchungen über den Lignin-Abbau und über die Oxydasen von Braun- und Weißfäulepilzen. — Arch. Mikrobiol. **38**, 73—106 (1961).
- Rösch, R.: Über die intracellulären Polyphenoloxidasen der Braunfäulepilze. II. Mitteilung. Versuche zur Aktivitätssteigerung und Untersuchung der Substratspezifität mit *Coniophora cerebella* (Pers.) Duby. — Arch. Mikrobiol. **43**, 392—401 (1962 a).
- Rösch, R.: Über die intracellulären Polyphenoloxidasen der Braunfäulepilze. III. Mitteilung. Vergleichende Untersuchungen mit *Merulius lacrymans* (Wulf.) Schum. ex Fries, *Merulius silvester* Falck und *Coniophora cerebella* (Pers.) Duby. — Arch. Mikrobiol., im Druck (1962 b).

Über die Regeneration von Fruchtkörperanlagen aus Fruchtkörpern von Hutpilzen

Von Gerlind Eger*

Mit 2 Abbildungen

1958 teilten Bevan & Kemp erstmals mit, daß die Regeneration von Fruchtkörpern aus Stielen von *Collybia velutipes* (Curt.) Fr. gelungen sei. Stielstücke von auf Agar gewachsenen Fruchtkörpern wurden auf neues Agarsubstrat übertragen. Nach 10 bis 17 Tagen gab es bevorzugt an den Schnittstellen der Stiele neue Fruchtkörper.

1961 berichtete Karpínski, er habe beim Steinpilz, *Boletus edulis* Bull. ex. Fr., unter sterilen Bedingungen Fruchtkörper erhalten. Er ging von relativ großen Stielstücken aus, die er auf verschiedene Nährböden brachte. Unter geeigneten Bedingungen wucherten auf der Oberfläche dieser Stielstücke zahlreiche Knötchen, die sich zum Teil zu neuen Fruchtkörpern entwickelten, also Fruchtkörperanlagen waren. Auch beim Kulturchampignon, *Agaricus bisporus* (Lge.) Sing., konnte unter gewissen Bedingungen eine Regeneration von Fruchtkörperanlagen beobachtet werden.

Im „Halbschalentest“ (Eger 1961, 1962) mit sterilisiertem Kompostsubstrat und un-

* Aus dem Max-Planck-Institut für Kulturpflanzenzüchtung, Hamburg-Volksdorf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Pilzkunde](#)

Jahr/Year: 1963

Band/Volume: [29_1963](#)

Autor(en)/Author(s): Rösch Reinhard

Artikel/Article: [Holzzerstörung durch Weiß- und Braunfäulepilze und Oxydasenwirkung beim Aufbau und Abbau des Lignins 22-24](#)