

Pilze – Anbau und ernährungsphysiologische Eigenschaften

von Jan I. Lelley

Zusammenfassung

Pilze bilden nach den Insekten das zweitgrößte Reich von Organismen. Die so genannten Großpilze sind in Europa mit zirka 8.000 bis 12.000 Arten vertreten. Generell haben Pilze ein schlechtes Image, weil im allgemeinen Verständnis ihre mögliche Giftigkeit im Vordergrund steht.

Nach dem Stand der wissenschaftlichen Forschung gibt es aber zahlreiche Großpilze, die gesellschaftlichen und/oder wirtschaftlichen Nutzen bringen, sie werden auch als Nutzpilze bezeichnet.

Der Anbau von Pilzen konzentriert sich auf die Fruchtkörperproduktion für die Ernährung. Die wesentlichen Schritte der Pilzkultivierung sind weitgehend Arten unspezifisch. Im Detail jedoch wie Rezeptur des Substrates, Herstellungsverfahren des Substrates, Umweltsprüche während den unterschiedlichen Kulturphasen, gibt es beträchtliche Unterschiede. Der Pilzanbau ist ein lohnintensiver Produktionszweig und ist deshalb in den Industrienationen einem starken Wettbewerb aus Billiglohnländern ausgesetzt. Als mögliche Alternative zur Fruchtkörperproduktion steht die Verwendung der Myzelbiomasse von Nutzpilzen für die Herstellung von Nahrungsmitteln und Nahrungsergänzungsmitteln.

Der Nährwert der Nutzpilze ist höher als es allgemein bekannt ist. Pilze sind in dieser Hinsicht Obst und Gemüse zumindest ebenbürtig. Aus mancher Sicht sind Nutzpilze sogar wertvoller als Fleisch. Diese Fakten sprechen dafür, dass Pilze öfters und gezielt konsumiert werden sollten.

Abstract

Mushrooms – Cultivation and nutritive properties

Jan I. Lelley

Fungi form the second largest community of organisms world wide behind insects. The so called large mushrooms are represented in Europe with approx. 8000 to 12000 species. Mushrooms in

general have a bad image because their possible toxicity is a view widely held by consumers.

According to current scientific research many large mushrooms have a social and/or economic use; they are therefore called "useful mushrooms".

Mushroom cultivation deals in general with fruit body production for human consumption. Relevant steps of the cultivation technology are unspecific, irrespective of the species. However, there are significant differences in details like substrate components, production technology of the substrate and environmental requirements during the different cultivation stages. Mushroom cultivation requires high labour costs. In the western countries mushroom producers are therefore under pressure from producers located in low labour-cost countries.

The possible alternative could be the use of mycelium biomass of useful mushrooms for the production of food and food supplements.

The nutritive value of useful mushrooms is much higher than is known generally. Mushrooms are in this context comparable with fruits and vegetables. From some points of view they are even more valuable than meat. According to these facts frequent consumption of mushrooms can be highly recommended.

UMWELT & GESUNDHEIT 4 (2006) 126-29

Einführung

Der Begriff Pilz, dieses Wort aus vier Buchstaben, löst bei vielen Menschen eine negative Reaktion, Skepsis, Zurückhaltung und Aversion aus. Forscht man nach den Ursachen für das Verhalten, stößt man auf geschichtliche Wurzeln.

Antike Gelehrte wie Nikandros, Plutarch, Ovid, Plinius und andere glaubten, dass Pilze nach dem Regen dem Erdreich entspringen und sie ihr Gift der Umgebung entnehmen, von rostendem Eisen, faulenden Substanzen und Schlangen, welche das Gift den Pilzen einhauchen.

Berühmte Naturforscher wie Albertus Magnus, Hildegard von Bingen, Hieronymus Bock, Adamus Lonicerus, Peter Melius und andere im Mittelalter und noch bis in das 17. Jahrhundert glaubten, dass Pilze weder Kräuter noch Wurzeln sind, weder Blumen noch Samen, sondern nichts anderes als eine überflüssige Feuchtigkeit des Erdreichs, der Bäume, der Hölzer und anderer fauler Dinge, die nur kurze Zeit währen und besonders dann hervorkriechen, wenn es donnert. Noch bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts galt die Auffassung – vertreten durch den führenden europäischen Mykologen Christian Hendrik Persoon (1761-1836), der als Vater der modernen Mykologie gilt – dass Pilze auf dem Wege der Urzeugung aus Schleim entstehen (Lelley 1997).



Abbildung 1: Pilze als Zutat der Hexensuppe?

Die Volksmeinung über Pilze war ebenfalls nicht schmeichelhafter. Man konnte sich nicht erklären, woher sie kamen und wohin sie gingen. Lange Zeit waren Pilze eben die »Männlein im Walde«, die mit ihrem dicken Leib und rundem Hut still im Walde herumstanden und dann ebenso unbemerkt verschwanden, wie sie gekommen waren. Vielfach betrachtete man sie als „Teufelsschöpfung“, „Teufelszeug“, „Teufelsduwak“. Dem Heiligen Petrus, dessen Festtag am 29. Juni ist, schrieb man zu, dass er Schwammssamen sät. Dasselbe vermutete man vom Heiligen Sankt Veit, der an seinem Festtage, am 15. Juli, in der Nacht auf einem blinden weißen Pferd reitet. Von den kreisförmig wachsenden Pilzen meinte man, sie bilden den Hexenring (übrigens eine bis in die heutige Zeit erhaltene, mittlerweile in der Mykologie gebräuchliche Bezeichnung). Solche Kreise hielt man für

Schwerpunkt

die nächtlichen Vergnügungsstätten von Schwammgeistern, Elfen und Hexen.

Es bedurfte einer Jahrhunderte lang anhaltenden Diskussion, bis Wissenschaftler das wahre Gesicht der Pilze aus der Mystik und dem Aberglaube herauschält haben. Die zum Teil abenteuerlichen Vorstellungen über ihren Ursprung und ihr Wesen wurde schließlich in Fachkreisen im Laufe des späteren 19. Jahrhunderts durch eine sachliche Betrachtung abgelöst. Das breite Publikum hinkt, bezüglich einer nüchternen Betrachtung der Welt der Pilze, noch hinterher.

Von der Bäckerhefe bis zum Champignon und Pfifferling, von den Schimmelpilzen, Rostpilzen, vom Mehltau bis zur Trüffel, von den Schleimpilzen bis zum Riesenhallimasch, der im Staate Oregon (USA) gefunden wurde, bilden Pilze nach den Insekten das zweitgrößte Reich von Lebewesen auf Erden. Die Zahl der weltweit bekannten und vermuteten Pilzarten wird auf 1,5 Millionen geschätzt. Tatsächlich bekannt sind bisher nur zirka 100.000 Arten.

Als Eukaryonten besitzen Pilze einen echten Zellkern. Sie vermehren sich geschlechtlich und ungeschlechtlich durch Sporen und vegetativ durch Myzelteilung. Sie besitzen kein Chlorophyll (Blattgrün) und sind zur Photosynthese nicht fähig. Die Energiegewinnung erfolgt durch chemische Prozesse, genannt Chemosynthese. Sie sind heterotroph, auf organisches Material angewiesen und für die meisten ist Chilotrophy charakteristisch. Das heißt, die enzymatische Auflösung und Verflüssigung der Nährstoffe erfolgt außerhalb des Pilzkörpers und die so aufbereiteten Substanzen werden resorbiert. Die Gerüstsubstanz der Pilzzelle besteht überwiegend aus Chitin und – ein weiteres Charakteristikum – sie sind während des vegetativen Wachstums haploid und verfügen nur in der kurzen Zeit der Sporenbildung über die komplette Chromosomenzahl. Diese Eigenschaft ist nur noch bei den Moosen anzutreffen.

Die Gruppe der so genannten „Großpilze“, die uns näher interessieren, umfasst allein in Europa 8.000 bis 12.000 Arten. Die Definition „Großpilz“ (Makromycet, Macrofungus) erfolgt weltweit nach der Empfehlung von Chang und Miles (1992) und sie lautet: Großpilze sind solche, mit einem typischen, klar differenzierten Fruchtkörper, der groß genug

ist, um ihn mit bloßen Augen zu sehen und mit der Hand zu pflücken. Weiter heißt es: Großpilze können ihre Fruchtkörper oberirdisch (zum Beispiel Hallimasch, *Armillaria mellea*) oder unterirdisch (zum Beispiel Trüffel, *Tuber sp.*) ausbilden. Die Fruchtkörper können fleischig sein (zum Beispiel Steinpilz *Boletus edulis*) oder dünn (zum Beispiel Judasohr, *Auricularia auricula-judae*). Großpilze können essbar (zum Beispiel Kulturchampignon, *Agaricus bisporus*), ungenießbar (zum Beispiel Schmetterlingstramete, *Coriolus versicolor*) oder giftig sein (zum Beispiel Grüner Knollenblätterpilz, *Amanita phalloides*). Chang (1993) bildete vier Kategorien der Großpilze:

- Solche, die fleischig und für den Konsum geeignet sind, die Speisepilze
- Solche, die man für therapeutische Zwecke verwenden kann, die Heilpilze
- Solche, die giftig sind
- Solche, deren Eigenschaften und Verwendungsmöglichkeiten noch ganz oder teilweise unerforscht sind.

Die von Chang definierten Kategorien ignorieren jedoch wichtige Aspekte der ökonomischen Bedeutung von Großpilzen. Um diesen wichtigen Aspekt herauszustellen, haben wir die Definition „Nutzpilz“ etabliert, eine Bezeichnung die sich an die im Pflanzenbau und der Tierhaltung gebräuchliche Bezeichnung „Nutzpflanze“, „Nutztier“ anlehnt. Als Nutzpilze werden Großpilze bezeichnet, die von Menschen ganz oder teilweise (Fruchtkörper, Myzelium oder beide) genutzt werden. Nutzpilze sind demnach alle kultivierten Großpilze aber auch Wildpilze von wirtschaftlicher Bedeutung (Lelley 1996). Gegenwärtig können für die Großpilze folgende wirtschaftlich relevante Nutzungsmöglichkeiten definiert werden:

- Biokonversion land- und forstwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe in menschliche Nahrung und Viehfutter
- Etablierung einer Lebensgemeinschaft mit Bäumen zwecks Förderung des Baumwachstums und der Revitalisierung geschwächter Forstbestände und Solitäräbäume
- Verwendung für Krankheitsvorbeugung und die Therapie von Gesundheitsstörungen
- Einsatz in der Umwelttechnik bei der Sanierung von belasteten Böden, Luft und Gewässern

Pilzanbau

Pilzanbau bedeutet nach dem heutigen Verständnis und der weltweit verbreiteten Technologie die Erzeugung von Pilzfruchtkörpern. Dabei wird generell, unabhängig von der Pilzart, in gleicher Weise vorgegangen: Eine kleine Menge der Reinkultur einer Pilzart wird in ein geeignetes Medium (Substrat, Nährboden) eingemischt. Reinkulturen, die aus Myzelium bestehen, werden entweder durch die Keimung von Pilzsporen gewonnen oder – und diese Methode ist weit mehr verbreitet – aus einem Stück Fruchtkörpergewebe isoliert. Legt man ein Stück Fruchtkörpergewebe unter sterilen Bedingungen im Laboratorium auf ein Medium wie zum Beispiel Malzextrakt, sprießt daraus Myzelium, das durch Teilung weiter vermehrt werden kann. Diese Methode ist mit der Stecklingsvermehrung von Pflanzen vergleichbar.

Im Substrat breitet sich das eingemischte Pilzmyzel aus, verwertet die darin verfügbaren Nährstoffe und lagert sie ein. Nachdem das Substrat vom Pilzmyzel komplett besiedelt wurde, hat es so viel Biomasse gebildet, dass sie ausreicht, um Fruchtkörper zu bilden und sie zu ernähren. Die Fruchtkörperbildung beginnt, je nach Pilzart, spontan, oder als Folge von Stressfaktoren. Bestimmte Stressfaktoren werden im Pilzanbau gezielt eingesetzt, um den Übergang der Pilzkultur (zum Beispiel der Champignonkultur) aus der vegetativen Phase (Myzelbildung) in die generative Phase (Fruchtkörperbildung) zu forcieren. Sie beinhalten meistens eine gravierende Veränderung der Milieubedingungen wie Umgebungstemperatur, CO₂ Konzentration der Atmosphäre, Nährstoffangebot.

Eine Fortentwicklung der Technologie im Pilzanbau zielt darauf ab, das Nährstoffangebot im Medium (Substrat) und die Verfügbarkeit der Nährstoffkomponenten weiter zu verbessern, Pilzsorten mit genetisch determiniert hohem Ertragspotential zu züchten und einzusetzen, sowie die Gestaltung der Milieubedingungen während der gesamten Kulturdauer weiter zu optimieren.

Weltweit werden etwa 200 Pilzarten experimentell kultiviert. 100 Arten werden wirtschaftlich und davon etwa 60 Arten kommerziell angebaut. Nur bei zehn Pilzarten hat man international das Niveau der großtechnischen, industriellen

Schwerpunkt

Erzeugung erreicht. (Chang und Miles 2004) Die Weltproduktion betrug im Jahre 2002 mehr als 12 Mio. Tonnen. 8,76 Mio. Tonnen Pilze wurden in jenem Jahr allein in der VR China erzeugt. (Chang 2005) Im Jahre 2003 soll der Wert der Weltproduktion von Pilzen 20 Milliarden USD erreicht haben. Dies entspricht etwa dem Wert der Welt-Kaffeeproduktion.

Der Anbau erfolgt vorwiegend für den Konsum. Allein in Deutschland werden jährlich rund 260.000 Tonnen Champignons und mehrere Tausend Tonnen Austernpilze und Shii-take verzehrt. Neuerdings aber rückt auch die Pilzproduktion für die Herstellung von Nahrungsergänzungsmitteln ins Blickfeld des Interesses. Zunehmend werden – hauptsächlich in Ostasien – auch Pilze mit Heilwirkung kultiviert.

Der Pilzanbau ist ein lohnintensiver Produktionszweig. Deshalb ist auch er in Deutschland und anderen Industrienationen ein Opfer der Globalisierung. Unter der Nutzung moderner, schneller Verkehrsmittel werden heute frische Pilze aus Niedriglohnländern, zum Teil aus Ostasien, nach Westeuropa exportiert. Der Wettbewerb ist hart und wie in vielen anderen Bereichen der Erzeugung, findet auch hier ein Selektionsprozess statt, an dessen Ende nur wenige große Produzenten übrig bleiben. Hinzu kommt im Westen eine einseitige, überwiegend auf den Champignon fixierte Produktionsstruktur, während es im Osten eine breite Palette kultivierter Pilze gibt.

Die Fruchtkörperbiomasse der Makromyceten entsteht – wie bereits oben erwähnt – generell mit zeitlicher Verzögerung, nachdem genügend Myzelbiomasse gebildet wurde. Hinzu kommt, dass Nutzpilze im Interesse reichlicher Fruchtkörperproduktion gezielt auch noch Stress und veränderten ökophysiologischen Rahmenbedingungen ausgesetzt werden müssen. Dieses alles verkompliziert, verzögert und verteuert die Pilzproduktion und macht sie im Westen oft unwirtschaftlich.

Deshalb wird neuerdings auch überlegt, für die Ernährung und Nahrungsergänzung anstelle der Fruchtkörper die Myzelbiomasse der Kulturspeisepilze als Rohstoff zu verwenden. Dafür könnten kostengünstige, reproduzierbare und wettbewerbsfähige biotechnologische Verfahren entwickelt und etabliert wer-

den. Als Grundlage der biotechnologischen Verfahren für die Erzeugung der Myzelbiomasse wird die Flüssig- und Feststofffermentation angesehen. Anzustreben ist dabei aus Kostengründen die Entwicklung eines möglichst für viele Pilzarten geeigneten Nährmediums. Ein

weise dafür, dass die Zusammensetzung des Myzels und des Fruchtkörpers einer Pilzart unterschiedlich sein kann. Pilzkulturen eröffnen jedenfalls die Möglichkeit, durch gezielte Wahl des Mediums oder durch dessen gezielte stoffliche Modifizierung, den Nährstoffgehalt

Tabelle 1: Gehalt an Hauptnährstoffen im Fruchtkörper verschiedener Kulturspeisepilze. Ergebnisse in % der Trockensubstanz (Lelley und Vetter 2005)

Pilzart	Trockensubstanz	Rohprotein	Rohfett	Ballaststoffe	davon Chitin	Rohasche
Kulturchampignon, Stamm Sylvan A-15	8,66	23,86	1,72	9,27	8,68	11,86
Kulturchampignon, Stamm Sylvan 608	8,71	21,44	1,89	9,45	8,18	11,95
Kulturchampignon, Stamm LeLion C-9	7,33	21,89	2,07	9,48	8,88	12,23
Kulturchampignon, Stamm LeLion C-9 offene, reife Pilze	9,28	22,65	1,44	8,47	7,31	10,53
Kulturchampignon, vor der Konservierung	6,68	20,28	2,01	13,31	10,81	13,29
Kulturchampignon, nach der Konservierung	8,15	20,28	2,06	16,60	12,16	13,07
Austernpilze, Stamm Somycel HK-35	8,22	17,67	1,67	8,28	4,77	7,60
Austernpilze, Stamm Amycel 3015	7,75	17,32	1,56	7,98	4,95	9,42
Kräuterseitlinge	15,44	25,02	2,95	6,04	4,77	10,55
Shii-take, Stamm Sylvan 4087	7,66	21,73	1,66	6,12	5,84	7,41

weiteres Ziel sollte die Etablierung von Techniken für die Aufbereitung der filamentösen Myzelbiomasse sein, um diese als Rohstoff für Nahrungsmittel oder als Nahrungsergänzungsmittel verwenden zu können.

Die großtechnische Erzeugung der Myzelbiomasse verschiedener wichtiger Nutzpilze durch Flüssigfermentation ist noch gänzlich unerforscht. Bei anderen ist die Erzeugung durch Feststofffermentation bereits etwas erforscht, aber die Trennung der Myzelbiomasse vom Träger nach dem Prozess ist ungelöst. Es ist also noch viel Forschung und Entwicklung erforderlich, um die großtechnische Erzeugung der Myzelbiomasse von Nutzpilzen einwandfrei zu beherrschen. Hinzu kommt, dass über den Nährwert und die ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Myzels der Nutzpilze bisher wenig bekannt ist. Es gibt Hin-

und die ernährungsphysiologischen Eigenschaften des Endprodukts zu verbessern. (Wang et al 2005)

Nährwert der Pilze

Tabelle 1 zeigt den Gehalt von Hauptnährstoffen im Fruchtkörper verschiedener Kulturspeisepilze. Viel interessanter aber ist die Frage, inwieweit Pilze auch Vitamine, Mineralstoffe und Mikronährstoffe enthalten.

Es hat sich herausgestellt, dass aus der Sicht der modernen Ernährungswissenschaften die bisherige Betrachtung über ihren Nährwert einer Revision unterzogen werden muss. Viele entsprechende Untersuchungen neueren Datums zeigen, dass Speisepilze hinsichtlich des Gehaltes von Vitaminen, Mineralstoffen und Mikronährstoffen den Vergleich mit Obst, Gemüse und Salat gut aushalten

Schwerpunkt

und ihnen oft überlegen sind. Durch den Verzehr von 100 bis 150 g Frischpilzen können bei verschiedenen essentiellen Nährstoffkomponenten mehr als 15 % des Tagesbedarfes abgedeckt werden. Somit können sie nach einer Definition der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) als besonders wertvoll bezeichnet werden. (Tabelle 2)

Tabelle 2: Der Beitrag von 150 g Kulturspeisepilzen (Champignons, Austernpilze) für die Versorgung (Lelley 1997)

150 g Frischpilze enthalten im Durchschnitt	Sie decken den durchschnittlichen Tagesbedarf eines Erwachsenen in %
135 ml Wasser	
15 g Trockenmasse	
55 kcal	1,7
Hauptnährstoffe	
4-6 g Eiweiß	7-11
70-80 mg Purine	
7-8 g Kohlenhydrate	
davon 1,5 g Mannit	
3-8 g Ballaststoffe	10-25
Vitamine	
0,01-1,3 mg Vitamin A	10
0,10-0,18 mg Vitamin B1	24
0,09-0,65 mg Vitamin B2	45
1,10-6,00 Niacin	51
0,03-0,13 mg Folsäure	58
2,10-2,25 mg Pantothenensäure	41
0,002 mg Vitamin D	60
Mineralien	
93-580 mg Kalium	32
1-21 mg Natrium	0,75
1-1,6 mg Eisen	15
20-130 mg Phosphor	12,5
0,068-0,240 mg Mangan	6,5

In Bezug auf einige Nährstoffkomponenten sind Pilze selbst Fleisch überlegen. (Tabelle 3)

Der Pilzkonsum ist auch aus der Sicht der Krankheitsprävention und Therapie empfehlenswert. Die Nährstoffeigenschaften lassen folgende Empfehlungen zu:

- Sie haben einen niedrigen Energiegehalt, was vorteilhaft für eine Gewichtsreduktion ist.
- Sie enthalten wenige Purine und eignen sich dadurch für den Verzehr durch Personen mit Stoffwechselerkrankungen wie Gicht und Rheuma (Kress 1991).

Tabelle 3: Nährstoffe, bezüglich derer Pilze Fleisch überlegen sind (Spiegel 2001)

Nährstoffe	Fleisch, 100 g	Pilze, 100 g
Selen	3,70-8,70 µg	4,0-16,0 µg
Kupfer	0,05-0,16 mg	0,3-0,4 mg
Vitamin B1	0,08-0,09 mg	0,3-0,9 mg
Vitamin B2	0,15-0,21 mg	0,4-0,5 mg
Vitamin B3, Niacin	4,50-8,10 mg	5,0-9,8 mg
Vitamin B5, Pantothenensäure	0,60-0,90 mg	2,1-2,7 mg

- Sie enthalten wenig Glukose, sondern Mannit. Dadurch sind sie vorteilhaft für Diabetiker (Kress 1991).
- Sie sind salzarm und eignen sich deshalb gut als Lebensmittel für Personen mit Bluthochdruck.
- Sie enthalten größere Mengen einiger Vitamine des B-Komplexes und Vitamin D, ferner Kalium, Phosphor, Selen und Zink. Diese Eigenschaften sind aus orthomolekular medizinischer Sicht wertvoll (Lelley und Vetter 2004).

Aufgrund dieser Werteigenschaften sollten Speisepilze, so wie Obst und Gemüse, öfters gezielt konsumiert werden. Die „5 am Tag“-Kampagne der DGE mit dem Ziel, das Risiko für Krebserkrankungen durch die Steigerung des Gemüse- und Obstverzehrs zu senken, könnte auch für Speisepilze gelten. Umso mehr, als seit Ende der 60 Jahre des vergangenen Jahrhunderts in zahlreichen wissenschaftlichen Studien über eine krebshemmende Wirkung von sekundären Pilzinhaltsstoffen, wie Polysaccharide und Triterpene, berichtet wird.

Die Heilwirkung mancher Pilze war Naturforschern der europäischen Antike, Vertretern der mittelalterlichen Hexen- und Klostermedizin und Ärzten sowie Apothekern bis zu Beginn der Industrialisierung wohlbekannt. In Ostasien, insbesondere in der traditionellen chinesischen Medizin (TCM), wurden Pilze seit Jahrtausenden eingesetzt. Auf der Grundlage überlieferten Volkswissens und der von vor etwa 40 Jahren begonnenen wissenschaftlichen Forschungen in vielen Ländern der Erde, erfährt die Mykotherapie, die Heilbehandlung mit Pilzen und pilzlichen Substanzen, weltweit eine zunehmende gesellschaftliche

Aufmerksamkeit und wirtschaftliche Bedeutung. Eine zusammenfassende Darstellung dieses Anwendungsgebietes der Nutzpilze wird vom Autor demnächst veröffentlicht werden.

Prof. Dr. Dr. h.c. Jan I. Lelley
 Gesellschaft für angewandte Mykologie
 und Umweltstudien mbH (GAMU)
 Institut für Pilzforschung
 Hüttenallee 241
 47800 Krefeld
 Email: Lelley@gamu.de
 www.Lelley.de

Literatur:

- Chang ST*: Mushroom and mushroom biology. In: *Chang ST, Buswell, JA, Miles PG* (Ed.): Genetics and breeding of edible mushrooms. Gordon and Breach (Amsterdam 1993) 1-13
- Chang ST*: Witnessing the development of the mushroom industry in China. *Acta Edulis Fungi* **12** (2005) 3-19
- Chang ST, Miles PG*: Mushroom biology - a new discipline. *The Mycologist* **6** (1992) 64-5
- Chang ST, Miles PG*: Mushrooms, cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. CRC Press (Boca Raton, London, New York, Washington, DC 2004)
- Kress M*: Rolle der Kulturspeisepilze in der Ernährung. In *Lelley JI*: Pilzanbau, Biologie der Kulturspeisepilze. Ulmer (Stuttgart 1991) 40-52
- Lelley JI*: Pilzanbau, Biotechnologie der Kulturspeisepilze. Ulmer (Stuttgart 1991)
- Lelley JI*: Die Heilkraft der Pilze – Gesund durch Mykotherapie. Econ (Düsseldorf 1997)
- Lelley JI*: From the cultivation of edible mushrooms to the production of useful mushrooms - A new look at current practices. *Mushroom News* **44** 5 (1996) 6-14
- Lelley JI, Vetter J*: Orthomolecular medicine and mushroom consumption – an attractive aspect for promoting production. *Mushroom Science* **XVI**. (2004) 637-43
- Lelley JI, Vetter J*: The possible role of mushrooms in maintaining good health and preventing diseases. *Acta Edulis Fungi* **12** (2005) 412-9
- Oei P*: Mushroom cultivation, appropriate technology for mushroom growers. Backhuys (Leiden 2003)
- Spiegel C*: Inwieweit könnten Pilze Fleisch als Nahrungsmittel ersetzen. Vortrag. 26. Vortragsveranstaltung der Gesell. der Freunde u. Förderer der angew. Mykol. (Krefeld 2001)
- Stamets P*: Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed (Berkeley, Toronto 2000)
- Wang W, Zhou Z, Li P*: Study on the technological condition for submerged fermenter culture of eight strains of *Flammulina velutipes*. *Acta Edulis Fungi* **12** (2005) 318-22