



Voedingswaarden champignons en andere paddenstoelen.

Dr. J.J.P. Baars & dr. A.S.M. Sonnenberg

© 2008 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.



PRI projectnummer 3360627900 (PT projectnummer 12814)

Dit project werd gezamenlijk gefinancierd door

- Productschap Tuinbouw
- Ministerie van Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Samenvatting	1
2. Inleiding	5
Hoe beoordeel je “voedingswaarde”	5
Voeding en gezondheid	6
3. Omvang van de paddenstoelenconsumptie in Nederland.	9
4. Macronutriënten in paddenstoelen	11
Champignons	11
Vochtgehalte	12
Energie-inhoud	12
Eiwitten en aminozuren	12
Koolhydraten	13
Voedingsvezel	13
Vetten 13	
Asgehalte 13	
Oesterzwammen	14
Vochtgehalte	14
Energie-inhoud	15
Eiwitgehalte	15
Koolhydraten	16
Voedingsvezel	16
Vetten 16	
Asgehalte 17	
Vergelijking met champignons en shiitake	17
Shiitake 17	
Vochtgehalte	18
Energie-inhoud	18
Eiwitgehalte	18
Koolhydraten	18
Voedingsvezel	19
Vetten 19	
Asgehalte 19	
Vergelijking met champignons en oesterzwammen.	19
5. Micronutriënten in paddenstoelen	21
Vitaminen	21
Vitaminen in paddenstoelen.	21
B-vitaminen in paddenstoelen.	21
Vitamine D in paddenstoelen.	22
Mineralen	25
Paddenstoelen als bron van selenium	28
6. Non-nutriënten in paddenstoelen en mogelijk gezondheidsbevorderende eigenschappen	33
Vezels; niet verteerbare complexe koolhydraten	33

Aard van de voedingsvezels in paddenstoelen.	34
Chitine en chitosan	34
Glucanen ³⁴	
Anti-nutritionele factoren	36
Secundaire metabolieten	37
Bio-actieve stoffen	37
Antioxidanten	37
Aromatase remmer	40
Lovastatine	41
Eritadenine ⁴²	
Smaakstoffen	43
Natuurlijke toxines	45
Phenylhydrazines (agaritine)	45
Formaldehyde	46
7 Gebruik van voedingswaarde gegevens voor marketing	47
Wereldwijde promotie-activiteiten	47
Wat kun je met voedingswaarde; voedings- en gezondheidsclaims?	47
8. Geciteerde bronnen	53
Bijlage I. Voedingswaarde van paddenstoelen.	1
Bijlage II. Overzicht van de voedingsnormen voor de vitamines B en D.	1

1. Samenvatting

Paddenstoelen worden sinds mensenheugenis gegeten vanwege hun specifieke smaak en aroma. Wereldwijd worden ongeveer 35 paddenstoelsoorten geteeld, waarvan zo'n 20 soorten op grote (industriële) schaal. De grootste diversiteit aan paddenstoelsoorten wordt gegeten in het Verre Oosten, terwijl in het Westen voornamelijk champignons (*Agaricus bisporus*) worden geconsumeerd en, in beperker mate, oesterzwammen (*Pleurotus ostreatus*) en de shii take (*Lentinula edodes*).

De meeste paddenstoelsoorten die in de supermarkt te vinden zijn, worden geteeld in gespecialiseerde bedrijven. Daarnaast worden "specialiteit-paddenstoelen" zoals de cantharel en eekhoortjesbrood verzameld in de vrije natuur. Alle paddenstoelen die voor menselijke consumptie geteeld worden, groeien in de natuur als saprofyt organisme op bladstrooisel (zoals de champignon) of op dood hout (oesterzwam, shii take). Voor de teelt van champignons wordt gebruik gemaakt van een speciale champignon-compost. Met deze compost worden geklimatiseerde teeltruimten gevuld, waarna de compost wordt afgedekt met een sterk waterhoudende laag dekaarde. Ongeveer 14 dagen nadat de teeltruimte is gevuld met compost, verschijnen de eerste champignons. Alle champignons komen tegelijkertijd op. Het gelijktijdig verschijnen wordt een vlucht genoemd. Ongeveer een dikke week na de oogst verschijnt een tweede vlucht en sommige telers oogsten nog een derde vlucht. De specialiteit-paddenstoelen bestaan voor een deel uit niet kunstmatig te telen mycorrhiza-vormende soorten. Deze schimmelsoorten hebben een symbiotische relatie met de wortels van planten (bomen). Het is tot nu toe nog niet gelukt om deze symbiotische relatie zodanig in kwekerijen na te bootsen dat er ook paddenstoelen gevormd worden. Vandaar dat we voor deze paddenstoelen op het verzamelen in de natuur zijn aangewezen.

Paddenstoelen bevatten veel water en daaraan gekoppeld relatief lage gehalten aan koolhydraten, eiwitten en vetten en een lage verbrandingswaarde. Ze passen dus heel goed in een energie-beperkt dieet. Naast hun aantrekkelijkheid vanwege een lage energiedichtheid worden paddenstoelen beschouwd als een bron van goed verteerbare eiwitten. Het eiwit is vanuit voedingkundig oogpunt echter iets minder waardevol dan dat van dierlijke bronnen. Daarvoor is het relatieve gehalte van de essentiële aminozuren isoleucine, leucine, lysine en histidine, methionine en cysteine te laag.

Het gehalte aan voedingsvezels in paddenstoelen is vergelijkbaar met dat van groenten zoals tomaten, komkommers, ijsbergsla en aardappelen. De aard van de voedingsvezels is echter heel verschillend. Schimmels zijn immers geen planten en dat is duidelijk te zien in de samenstelling van hun celwanden. De voedingsvezels in schimmels bestaan voornamelijk uit chitine en β -glucanen. Chitine is een polymeer bestaande uit N-acetylglucosamine (en komt bijvoorbeeld ook voor in het exoskelet van insecten en in het pantser van garnalen). De β -glucanen komen zowel in schimmels als in granen voor. Er is echter een belangrijk verschil in de chemische structuur. Glucanen zijn polymeren van glucose. In graan-glucanen zijn deze glucose-eenheden onderling met 1-3 en 1-4 type bindingen verbonden, terwijl in schimmel-glucanen 1-3 en 1-6 type bindingen voorkomen. Het verschil in type binding is belangrijk omdat daarmee de fysiologische effecten anders worden. Glucanen uit schimmels kunnen de gunstige effecten bij lagere concentraties behalen dan de glucanen uit granen.

Paddenstoelen zijn ook een goede bron van een ruime variëteit aan mineralen. Ze bevatten aanzienlijke hoeveelheden kalium, fosfor, koper en ijzer, maar relatief weinig calcium en natrium. Hoewel het ijzergehalte niet bijzonder hoog is, is het wel goed toegankelijk voor het menselijk lichaam. In planten is fytaat aanwezig dat de opname van ijzer door het lichaam kan remmen. In paddenstoelen is door de afwezigheid van fytaat in principe bijna alle ijzer beschikbaar voor het lichaam. Of dat in de praktijk ook zo is, is afhankelijk van wat men samen met de paddenstoelen eet.

In vergelijking tot de meeste groenten en vlees hebben paddenstoelen een hoog gehalte aan koper. Het kopergehalte van champignons komt min of meer overeen met dat in peulvruchten. Het kopergehalte van oesterzwammen en shii take ligt iets lager. Het lichaam heeft koper nodig voor de aanmaak van bloed, bindweefsel en botweefsel. Daarnaast is koper als onderdeel van enzymen betrokken bij het goed functioneren van het immuunsysteem en voor de bloedstolling. Afhankelijk van de adviserende organisatie hebben volwassenen tussen de 0,9 en 3,5 milligram koper per dag nodig. Voor kinderen gelden lagere aanbevelingen, vanaf 0,2 milligram per dag voor zuigelingen, oplopend tot de waarde voor volwassenen. Met een 100 grams portie champignons wordt dus al in een aardig deel van de dagelijkse behoefte voorzien.

Daarnaast zijn champignons in vergelijking met groenten een goede bron van selenium (qua gehalte min of meer vergelijkbaar met vlees). In oesterzwam en shii take is het seleniumgehalte veel lager. Selenium is een belangrijk sporenelement in de voeding, maar is giftig in hoge concentraties. Het maakt in de lichaamscellen deel uit van seleno-eiwitten zoals glutathion peroxidase en jodothyronine dejodinasen. Deze eiwitten spelen een rol als antioxidantia en als enzymen die betrokken zijn bij de productie van actief thyroid hormoon. Daarnaast is selenium nodig voor het goed functioneren van het immuunsysteem. In een Nederlandse studie is een relatie aangetoond tussen een tekort aan selenium en een verhoogd risico op prostaatkanker. Daarnaast is in een aantal studies een positief effect gevonden van de toediening van selenium aan patiënten met kanker aan lever, prostaat, dikke darm of de longen. Het positieve effect was sterker naarmate de patient een groter tekort aan selenium had. Deze kankerremmende werking hangt mogelijk samen met de antioxidant werking van veel selenium bevattende lichaamseigen stoffen. De kankerremmende werking zou ook te maken kunnen hebben met de positieve invloed die selenium heeft op de werking van het immuun-systeem. Voeding in Europese landen bevat relatief weinig selenium in vergelijking tot voeding in de Verenigde Staten van Amerika. Vooral senioren hebben vaker te kampen met een tekort. Met betrekking tot selenium zijn slechts weinig goede bronnen beschikbaar. Selenium in het voedsel komt voor in een aantal verschillende organische en anorganische vormen, zoals selenomethionine (plantaardige en dierlijke bronnen), selenocysteine (voornamelijk dierlijke bronnen), selenaat en seleniet (voornamelijk in voedingssupplementen). Organisch selenium geniet echter de voorkeur omdat het minder snel toxisch is dan anorganisch selenium. Amerikaans onderzoek heeft aangetoond dat het mogelijk is om het seleniumgehalte van champignons te beïnvloeden door selenium in de teelt toe te voegen via het sproeiwater. Op dit moment zijn er nog geen champignons met een verhoogd seleniumgehalte op de markt gebracht.

Paddenstoelen, en dan vooral champignon bevatten relatief hoge gehalten vitamine B2 (riboflavine), vitamine B3 (niacine) en vitamine B5 (pantotheenzuur). Een portie van 100 gram verse champignons bevat ongeveer 25% van de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid van deze vitaminen (riboflavine, niacine en pantotheenzuur). Daarnaast bevat een portie van 100 gram verse champignons tevens 8% van de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid aan vitaminen B1 (thiamine) en B6.

Zoals veel andere voedingsmiddelen bevatten ook paddenstoelen een laag gehalte aan vitamine D. Het is echter mogelijk om door middel van een UV-bestraling het vitamine D gehalte van paddenstoelen sterk te verhogen. Paddenstoelen bevatten veel ergosterol. Deze stof is een precursor voor vitamine D. Een 2 uur durende bestraling van verse champignons met UV-B verhoogt het vitamine D gehalte van 2,2 naar 12,5 µg/gram. Ook bij shii take werkt deze truc en gaat het vitamine D gehalte van 2,16 naar 6,58 µg/gram.

Paddenstoelen bevatten relatief weinig vitamine E. Vitamine E is bekend om haar anti-oxidant werking.

Paddenstoelen zijn echter wel een goede bron van andere antioxidanten. De Amerikaanse onderzoeker Robert Beelman rapporteert bijvoorbeeld hoge gehalten aan ergothionine in de champignon (minstens een factor 4 hoger dan in kippelever, de tot nu toe meest rijke bron van ergothionine). Daarnaast hebben Japanse onderzoekers ethanolextracten van 150 paddenstoelsoorten onderzocht op aanwezigheid van antioxidant. Ongeveer één derde van de soorten bevatte een aanzienlijke hoeveelheid antioxidant.

De hoeveelheid mineralen in commercieel geteelde paddenstoelen zijn relatief constant. In de vrije natuur verzamelde paddenstoelen kunnen echter nogal verschillen in mineralengehalte. Ook met betrekking tot gehalten aan zware metalen bestaan er grote verschillen tussen de geteelde paddenstoelsoorten en de in het wild verzamelde. In de geteelde soorten zoals champignon, oesterzwam en shii take is het gehalte aan cadmium, lood, kwik en arseen laag en deze paddenstoelen voldoen aan de EU normen. In het wild verzamelde paddenstoelen kunnen soms te hoge waarden aan zware metalen hebben. Wilde paddenstoelen komen soms ook op andere manieren minder positief in het nieuws. Het komt bijvoorbeeld af en toe voor dat mensen ziek worden of overlijden na het plukken en eten van giftige paddenstoelen. De groene knolamaniet (*Amanita phalloides*) is één van de meest giftige paddenstoelen en wordt door verzamelaars soms verward met de wel eetbare wilde champignonsoorten. Wat toxische stoffen betreft is de champignon ook ooit op het verdachtenlijstje geplaatst. Toxicologisch onderzoek uitgevoerd door Dr. Bela Toth (University of Nebraska) op muizen kreeg veel aandacht. Zij toonden aan dat muizen die levenslang 3 dagen per week alleen rauwe champignons te eten kregen, tumoren ontwikkelden. Zij wezen agaritine (een fenyl-hydrazine) als oorzaak aan. Op deze onderzoeksmethode is echter veel kritiek gekomen van collega-onderzoekers. De muizen werden bijvoorbeeld gevoed met een hoeveelheid die vele malen groter is dan een normale menselijke consumptie (dagelijks 50% van hun lichaamsgewicht). Een ander kritiekpunt was de afwisseling tussen 3 dagen een dieet van alleen champignons en 4 dagen een normaal dieet. Sommige criticasters van het onderzoek stellen deze afwisseling eerder verantwoordelijk voor de tumoren dan de champignons. Toen Toth zijn onderzoeksmethode aanpaste tot het

equivalent van 2 tot 8 keer een normale menselijke consumptie verdween de correlatie tussen consumptie van champignons en het ontstaan van tumoren. Er zijn daarnaast ook studies uit Japan, Denemarken en Nederland bekend die de resultaten van de onderzoeken van dr. Toth tegenspreken. Het opmerkelijke is dat het fenylydrazine agaritine dat aanvankelijk als boosdoener werd aangewezen, op zich niet carcinogeen is. De hypothese is dat precursors en afbraakproducten van agaritine (fenylydrazine-derivaten) verantwoordelijk zijn voor een carcinogeen effect. Deze stoffen worden echter snel afgebroken in de maag. Ook door koken wordt het gehalte aan deze stoffen verminderd. Bovengenoemd onderzoek wordt nu ook niet meer op deze manier uitgevoerd. Voedingsexperimenten waarbij slechts één gewas in groter hoeveelheid dagelijks wordt gegeven leidt in veel gevallen tot problemen en heeft weinig te maken met toxische componenten in een gewas.

Er is de laatste jaren een toenemende wetenschappelijke belangstelling voor gezondheidsbevorderende stoffen in paddenstoelen. In verschillende celweekstudies en dierproeven heeft men positieve effecten gevonden van schimmel-glucanen op diverse uitingen van metabool syndroom (verhoogd cholesterolgehalte, diabetes type II, hoge bloeddruk). De oorzaak van metabool syndroom is nog niet helemaal opgehelderd, maar er zijn wetenschappers die van mening zijn dat metabool syndroom het gevolg is van een systemische ontstekingsreactie, veroorzaakt door het aangeboren immuunsysteem. In andere studies is aangetoond dat toepassing van schimmelglucanen verschillende vormen van kanker afremmen of tegengaan. Hoe de positieve effecten precies worden bereikt is nog niet helemaal duidelijk. Er zijn echter zeer sterke aanwijzingen dat schimmelglucanen (in tegenstelling tot plantaardige glucanen) in staat zijn om de werking van het immuunsysteem te beïnvloeden of te versterken. Uit shii take is een glukaan geïsoleerd met de naam Lentinan dat in Japan op de markt is als medicinaal product. Het wordt vooral gebruikt om mensen die chemotherapie of radiotherapie ondergaan sneller te laten herstellen.

Er zijn naast glucanen echter nog andere stoffen met mogelijke geneeskrachtige werking aanwezig in paddenstoelen. Onderzoekers hebben in oesterzwammen de stof lovastatine aangetoond. Dat is een stof die in staat is om een van de cruciale enzymen in de biosynthese van cholesterol te remmen. Statines vormen een klasse geneesmiddelen die worden gebruikt bij een te hoog cholesterolgehalte. Daarnaast bevat shii take het nucleotide analoge eritadenine. Eritadenine verlaagt in dierproeven het cholesterolgehalte in serum van muizen niet door de synthese van cholesterol te remmen, maar door een versnelde excretie van cholesterol dat met het voedsel opgenomen wordt en door een versnelde afbraak van cholesterol. Japanse onderzoekers melden dit effect ook in de mens.

Er lijken dus voldoende aanknopingspunten voor een advies de paddestoel consumptie in de bevolking te verhogen, of zelfs voor de ontwikkeling van "functional foods" op basis van paddenstoelen. Dat het nog niet zo ver is gekomen, heeft te maken met de in ontwikkeling zijnde Europese regelgeving die consumenten moet beschermen tegen "overmatig veel belovende" gezondheidsclaims. Gezondheidsclaims dienen goed onderbouwd te zijn. Dat wil zeggen dat ze gebaseerd zijn op (meermaals herhaalde) proeven met mensen, waarin gewerkt moet zijn met de gehele paddestoel. Alleen een extract of een uit het product gezuiverd bestanddeel is onvoldoende. Als we vervolgens kijken welk type onderzoek we ter beschikking hebben voor de onderbouwing van de gezondheidsclaims van paddestoelen, zien we dat we beschikken over heel veel *in vitro* onderzoek en beperkt proefdieronderzoek en over slechts weinig onderzoek bij de mens. Er is voor een goed onderbouwd gezondheidseffect dus nog sterke behoefte aan onderzoek waarin gezondheidseffecten worden vastgesteld bij consumptie van paddenstoelen door mensen. Zolang dat soort onderzoek nog niet is uitgevoerd, kun je alleen nog maar spreken van een belofte van gezondheidseffecten. Maar die belofte is dan wel zeer uitgebreid gedocumenteerd. Zoals uit het voorgaande blijkt, is er dus veel voor te zeggen om paddenstoelen op het menu te zetten.

Tenslotte is het belangrijk op te merken dat de meeste gegevens afkomstig zijn uit andere landen dan Nederland en een flink aantal studies zelfs uit landen buiten Europa. Dat betekent dat voor een goede onderbouwing van voedingswaarden van paddenstoelen de metingen ook aan Nederlandse product gedaan zouden moeten worden (of Europese landen met vergelijkbare teeltsystemen en grondstoffen).

2. Inleiding

Voor een gezond voedingspatroon wordt door diverse instanties (RIVM: www.rivm.nl, en Stichting Voedingscentrum Nederland: www.voedingscentrum.nl) een gevarieerde voeding aanbevolen waarin vezels, vitaminen en mineralen een belangrijke rol spelen. Door een toename van het gewicht van de gemiddelde Nederlander wordt ook een vermindering van het aantal calorieën per dag geadviseerd en voldoende beweging. Slechts weinig consumenten weten dat paddestoelen uitstekend in dit advies passen. Champignons, en paddestoelen in zijn algemeenheid, bevatten vezels, vitaminen, eiwitten en mineralen in een samenstelling die past in dit advies. Weinig mensen zullen weten dat champignons de B vitaminen als Thiamine en Riboflavine bevatten en dat champignons ook een goede bron zijn voor foliumzuur. De calorische waarde van champignons is 14 kcal/100 gram, vergelijkbaar met sla en véél lager dan mager vlees. Daarnaast bevatten champignon geen cholesterol en kunnen zelfs helpen om het cholesterolgehalte in het bloed te verlagen.

De overheid probeert via een gerichte voorlichting de consument te verleiden tot een gezond voedingspatroon om daarmee vooral ziekten te voorkomen. De consument zelf blijft uiteindelijk verantwoordelijk voor het maken van deze keuze. Daarvoor heeft hij echter wel de juiste informatie nodig en voor paddestoelen ontbreekt deze informatie of is beperkt aanwezig. De paddenstoelensector werkt aan een strategie om betere bekendheid te geven aan producten. Dit rapport geeft een actueel overzicht van de voedingswaarde van champignons, oesterzwammen en shiitake. Het vormt de basis voor een overzichtsartikel over voedingswaarde van champignons en andere paddestoelen in een onafhankelijk tijdschrift. Naar dit artikel kan gerefereerd worden bij communicatie over voedingswaarden van paddestoelen.

Dit project moet gezien worden als een onderdeel van een langere nationale en internationale promotie voor de afzet van paddestoelen. Het overzichtsartikel kan langere tijd als referentie gebruikt worden en als basis dienen voor een Engelstalige publicatie die een Europese impact heeft.

Hoe beoordeel je “voedingswaarde”

Vanaf de verwekking tot aan de oude dag is voedsel onmisbaar voor de mens. In elke levensfase (baby, opgroeiend kind, volwassene, senior) worden andere eisen gesteld aan de juiste hoeveelheid en samenstelling van het voedsel. Voedsel vervult verschillende functies ten behoeve van het functioneren van het lichaam. Sommige stoffen worden vooral gebruikt als brandstof om het lichaam van de benodigde energie te voorzien. Als energiebron dienen vooral koolhydraten, vetten en in mindere mate eiwitten. Andere stoffen dienen als bouwstoffen om bijvoorbeeld nieuwe weefsels of cellen te kunnen vormen. Nieuwe weefsels worden niet alleen gevormd als het lichaam groeit. Groei van haren en nagels gaat bijvoorbeeld het hele leven door. In bloed en botweefsels vindt een voortdurend proces van afbraak en vernieuwing plaats. Ook voor deze processen bij koolhydraten en eiwitten van belang. Een derde groep stoffen heeft een functie in het goed laten verlopen van stofwisselingsprocessen en het regelen van de waterhuishouding van het lichaam. Het gaat daarbij vooral om de diverse vitamines, mineralen, sporelementen en metaboliëten die afgeleid zijn van onmisbare vetzuren.

Er zijn meer dan 50 voedingsstoffen bekend, waarvan de meeste essentieel zijn voor de mens. Essentieel houdt in dat het lichaam deze stoffen zelf niet of in onvoldoende mate kan maken. Voor de hoeveelheden die het lichaam van de verschillende voedingsstoffen nodig heeft, zijn door de gezondheidsraad normen vastgesteld (Gezondheidsraad, 2000, 2001, 2006).

Voedsel bevat echter over het algemeen niet alleen voedingsstoffen. Figuur 1 geeft een globaal overzicht van de bestanddelen die in voedsel kunnen worden aangetroffen. De natuurlijke bestanddelen die niet als voedingsstoffen kunnen dienen worden aangeduid als non-nutriënten. Dat wil echter niet zeggen dat ze helemaal geen functie hebben met betrekking tot voedingswaarde. Dat water essentieel is voor het functioneren van het lichaam is boven alle twijfel verheven. Ook in voeding aanwezige vezels hebben een duidelijke rol in het goed laten functioneren van het lichaam (Gezondheidsraad, 2006). Voedingsvezel wordt niet afgebroken door de door de mens geproduceerde spijsverteringsenzymen. De chemische samenstelling van voedingsvezel is erg divers; het gaat om koolhydraten, verbindingen analoog aan koolhydraten, lignine en aan lignineverwante stoffen. In het algemeen hebben verschillende typen voedingsvezel één of meer effecten op de werking van het lichaam. Ze versnellen de passage van het voedsel door het maagdarmkanaal. Ze vergroten de hoeveelheid ontlasting. Ze beïnvloeden de fermentatie in de dikke darm.

Ze verlagen de concentratie van LDL-cholesterol (de “slechte vorm van cholesterol”) in het bloed of ze hebben een gunstig effect op de glucose- en insuline concentraties in het bloed. De gezondheidsraad beveelt een gehalte van 14 gram voedingsvezel per 1000 kilocaloriën aan als optimaal consumptieniveau.

De niet natuurlijke bestanddelen zijn al dan niet door menselijk handelen in de voedingsmiddelen terechtgekomen. Het kan daarbij gaan om bewust toegevoegde stoffen om houdbaarheid, kleur of smaak te verbeteren. In geval van een vers product zoals paddenstoelen, worden voor dat doel geen stoffen toegevoegd.

1. Natuurlijke bestanddelen

- a. Voedingsstoffen (nutriënten)
 - i. Macronutriënten; koolhydraten, vetten, eiwitten.
 - ii. Micronutriënten; vitaminen, mineralen, spoorelementen
- b. Overige natuurlijke bestanddelen (non-nutriënten)
 - i. Water
 - ii. Vezels; niet verteerbare complexe koolhydraten
 - iii. Anti-nutritionele factoren
 - iv. Secundaire planten- en andere metabolieten
 1. Bio-actieve stoffen (bijv. anti-oxidanten)
 2. Natuurlijke toxines

2. Niet van nature aanwezige bestanddelen

- a. Additieven (hulpstoffen)
 - i. Conserveermiddelen, kleurstoffen, geur- en smaakstoffen etc.
- b. Verontreinigingen (via grondstof, proces en/of milieu)
 - i. Microbiële contaminanten (bijv. *Salmonella*, *Campylobacter* etc.)
 - ii. Chemische contaminanten (kwik, lood, residuen van gewasbeschermingsmiddelen)

Figuur 1. Overzicht van de verschillende bestanddelen in voedsel (aangepast naar van Kreijl & Knaap, 2004)

Ongewilde verontreinigingen kunnen wel voorkomen. Het gaat daarbij dan om verontreinigingen van chemische of microbiële aard die tijdens teelt, productie of opslag in het product terecht zijn gekomen. Voor de champignonteelt zijn deze risico's in kaart gebracht (van Roestel & van der Roest, 2005). Het risico van aanwezigheid van residuen van gewasbeschermingsmiddelen op gekweekte verse paddenstoelen is gering. Er zijn niet zo heel veel gewasbeschermingsmiddelen met een toelating in de paddenstoelen teelt en de middelen die wel zijn toegelaten worden (onder druk van retail-organisaties) spaarzaam gebruikt. In 2004, 2005 en 2006 heeft de Voedsel en Waren Autoriteit achtereenvolgens 6, 7 en 9 partijen verse paddenstoelen onderzocht op residuen van gewasbeschermingsmiddelen (VWA, 2005, 2006, 2007). In 2004 werd meer in één van de zes geteste partijen champignons een overschrijding van het maximaal toegestane residu niveau gevonden. Op alle andere partijen werd géén residu aangetoond. In 2005 en 2006 werd in geen enkele partij champignon residu meer aangetoond. De overschrijding die in 2004 werd aangetoond betrof het fungicide carbendazim. Carbendazim mag nog tot juli 2008 als fungicide in de teelt van paddenstoelen worden gebruikt. Na die periode is gebruik niet meer toegestaan. Ook het risico op verontreiniging van microbiële aard is gering te noemen. Uit een literatuurstudie (Baars, 2006) die het Productschap Tuinbouw heeft laten uitvoeren, blijkt dat de kans op aanwezigheid van voedselpathogenen op champignons erg klein is.

Voeding en gezondheid

Door voldoende gevarieerd te eten, is in de westerse wereld in het algemeen vrij goed in de voedingsbehoefte van het lichaam worden voorzien. Het blijkt echter dat het voor veel mensen een probleem is om gezond te eten. Van Kreijl & Knaap (2004) melden dat de Nederlandse bevolking ongezond eet en dat het aantal mensen met

overgewicht toeneemt. Naast overgewicht leidt ook de ongunstige voedingssamenstelling van de Nederlandse bevolking tot “gezondheidsverlies” in de vorm van een hoog aantal nieuwe gevallen van ouderdomsdiabetes, hart- en vaatziekten en kanker. Vertaald naar de gemiddelde levensverwachting voor alle 40-jarige Nederlandse betekent dit een verlies van 1,2 en 0,8 levensjaren door respectievelijk ongunstige voedselsamenstelling en overgewicht. Het huidige voedingspatroon van de gemiddelde Nederlander wijkt dus af van wat als ideaal voedingspatroon kan worden beschouwd. De vraag of consumptie van bepaalde voedingsmiddelen kan bijdragen aan de totstandkoming van een ideaal voedingspatroon, kan worden meegenomen in de beoordeling van de voedingswaarde van dat voedingsmiddel.

3. Omvang van de paddenstoelenconsumptie in Nederland.

Paddenstoelen worden sinds mensenheugenis gegeten vanwege hun specifieke smaak en aroma. Wereldwijd worden ongeveer 35 paddenstoelsoorten geteeld, waarvan zo'n 20 soorten op grote (industriële) schaal. De grootste diversiteit aan paddenstoelsoorten wordt gegeten in het Verre Oosten, terwijl in het Westen voornamelijk champignons (*Agaricus bisporus*) worden geconsumeerd en, in beperker mate oesterzwammen (*Pleurotus ostreatus*) en de shii take (*Lentinula edodes*).

Een overzicht van de paddenstoelenconsumptie in een aantal voor Nederland belangrijke landen wordt gegeven in Tabel 1. Gegevens over consumptie van paddenstoelen zijn belangrijk omdat daarmee vastgesteld kan worden of gehalten aan voedingswaarden in paddenstoelen relevant zijn in relatie tot de gemiddelde consumptie. Volgens de gegevens van FAOSTAT worden in Nederland per hoofd van de bevolking meer paddenstoelen gegeten dan in de ons omringende landen. Sinds 2000 is er echter wel een licht dalende trend in de paddenstoelconsumptie. In België, Duitsland en Engeland is in de periode van 2000 tot 2005 sprake een lichte toename van de paddenstoelconsumptie, terwijl over die periode gemeten er een heel licht dalende trend is in

	Nederland	Belgie	Duitsland	Frankrijk	Engeland
Jaar	Consumptie per land (x 1000 ton)				
2005	84.33	39.58	239.93	184.36	199.14
2004	92.56	38.33	238.80	185.70	194.09
2003	100.44	37.07	237.54	188.62	188.86
2002	107.14	35.83	236.03	193.31	183.99
2001	111.33	34.60	234.36	195.12	179.91
2000	111.76	33.38	232.73	188.03	176.32
1990	5.67	n.b.	257.05	139.92	153.40
	Consumptie per hoofd van de bevolking/dag (in grammen)				
2005	14.15	10.43	8.87	8.28	9.02
2004	15.59	10.14	7.95	8.39	8.83
2003	17.00	9.85	7.92	8.58	8.64
2002	18.23	9.56	7.88	8.85	8.46
2001	19.05	9.27	7.84	8.99	8.31
2000	19.23	8.97	7.79	8.70	8.18
1990	1.04	n.b.	7.75	6.76	7.32

Tabel 1. Paddenstoelconsumptie in enkele Europese landen. Gegevens zijn afkomstig uit de database van FAOSTAT, (<http://faostat.fao.org/site/345/default.aspx>). In Europa is champignon verreweg de meest gegeten paddenstoel.

Frankrijk. Het Productschap Tuinbouw komt in haar analyse van de consumptie echter tot andere bevindingen (van den Berg, 2006). Zo signaleert het Productschap Tuinbouw dat in Nederland het huishoudelijk gebruik van witte champignon in de jaren voorafgaand aan 2006 licht stijgt. Daarnaast schat het Productschap Tuinbouw de Nederlandse consumptie in 2005 op 16.700 ton witte champignons en 1.400 ton overige paddenstoelen (waarvan 70% bruine champignons). Totale paddenstoelenconsumptie in Nederland komt daarmee op 18.100 ton paddenstoelen. Opmerkelijk is het grote verschil tussen de schattingen van FAOSTAT en Productschap Tuinbouw. FAOSTAT schat de totale paddenstoelenconsumptie in Nederland op 84.330 ton. Het verschil tussen deze twee schattingen is aanzienlijk (66230 ton). De schattingen lopen dus uiteen van 1.1 tot 5.3 kg per hoofd van de bevolking. Aangezien de Nederlandse consumptie al lang geschat wordt op 1 tot 2 kg per hoofd van de bevolking lijken de cijfers van het Productschap de meest reële. In 2005 was de totale champignonproductie in Nederland 240.000 ton. Hiervan werd 138000 ton verwerkt door de industrie (conserven, diepvries, etc.) en werd 102000 ton voor de versmarkt geproduceerd. Daarnaast werd 46600 ton verse champignons geïmporteerd. Van de productie

voor de versmarkt werd 83000 ton geëxporteerd. Dat zou betekenen dat 65600 ton verse champignons binnen Nederland is gebleven. Als deze werkelijk binnen Nederland geconsumeerd worden dan lijken de FAO getallen weer dichter bij de waarheid te liggen. Voorgaande geeft aan dat niet helemaal duidelijk is wat nu precies de consumptie is per hoofd van de bevolking terwijl dit wel een belangrijk gegeven is met betrekking tot voedingswaarden van paddenstoelen. Zoals in hoofdstuk 7 wordt aangegeven, zou de omvang van de consumptie mogelijk een rol kunnen spelen bij het wel of niet kunnen voeren van voedings- of gezondheidsclaims.

Oesterzwammen werden in Nederland in 2005 door 4% van de huishoudens gekocht (ter vergelijking champignons werden in 2005 door 74% van de huishoudens gekocht). In totaal werden in Nederland 102000 kg oesterzwammen geconsumeerd (van den Berg, 2006).

Shiitake consumptie in Nederland is laag, lager dan de consumptie van oesterzwammen.

Zoals te zien is in Tabel 1, ligt de consumptie aan paddenstoelen per hoofd van de bevolking/dag in Nederland en de ons omringende landen tussen de 8 en 15 gram per dag. Dat is vrij laag en deze lage consumptie moet in het achterhoofd worden gehouden indien mogelijke gezondheidseffecten worden besproken.

4 Macronutriënten in paddenstoelen

Champignons

Diverse onderzoekers hebben ieder voor zich verschillende aspecten van de voedingswaarde van champignons onderzocht. Een gemakkelijk toegankelijke bron met gegevens over de samenstelling van voedingsmiddelen is de USDA National Nutrient Database (<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>). De gegevens in deze database

	Manning, (1985) ¹	Van der Meer (1987) ²	Cheung (1997) ³	Kurtzman, (1997) ⁴	Manzi <i>et al.</i> (2001) ⁵	Mattila <i>et al.</i> (2002) ⁶	Vetter, (2003) ⁷	Dikeman <i>et al.</i> (2005) ⁸	Goyal <i>et al.</i> (2006) ⁹	USDA (2007) ¹⁰	Spreiding
Vochtgehalte	86.3/ 92.6	89.0/ 93.0	92.4	87.2/ 90.5	92.8	92.2/ 92.3	90.4/ 90.6	93/ 94.5	90.1	92.4	86.3 – 94.5
Verbrandings- waarde (kcal)	n.b.	21-25	n.b.	n.b.	30	27	n.b.	n.b.	34	22	22 - 34
Eiwitgehalte	1.9/4.5	2.2/3.3	2.04	2.2/3.9	1.63	2.1	3.4/3.7	2.1/ 3.0	2.4	3.1	1.6 – 4.5
Koolhydraten	4.2	2.6/3.6	4.64	n.b.	5.24	4.5/4.6	n.b.	n.b.	5.3	3.3	2.6 – 5.3
Voedingsvezel	n.b.	0.8/1.1	1.38	0.4/1.1	1.98	1.5/1.6	n.b.	1.5/2.0	1.0	1.0	0.4 – 2.0
Vet	0.1/ 0.3	0.18/0.30	0.14	0.2/0.5	0.33	0.3	0.2	0.3/ 0.4 ^(A)	0.3	0.3	0.1 – 0.5
Asgehalte	n.b.	0.9/1.25	0.78	0.6/1.3	0.82	0.8	0.89	0.8/ 1.0	0.9	0.9	0.6 – 1.3

Tabel 2. Samenstelling van champignons. Waarden zijn weergegeven als % van het versgewicht. (n.b.: niet bepaald. ^(A) bepaald als “acid hydrolysed fat”).

¹ Verschillende champignonrassen (Darlington 26, 341, 340, 318, 324, 322, 348, 321, 310). Methode van eiwitbepaling niet bekend

² Gebaseerd op de Nederlandse en Duitse voedingsmiddelentabel.

³ Eiwitgehalte berekend door totaal stikstof (Kjeldahl bepaling) te vermenigvuldigen met factor 4.38

⁴ Compilatie van gegevens uit verschillende publicaties. Verschillende methoden om eiwitgehalte te bepalen

⁵ Eiwitgehalte bepaald volgens standaard AOAC procedures (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Stikstofgehalte vermenigvuldigd met een omrekeningsfactor (meestal 6.25)

⁶ Eiwitgehalte werd berekend door de gehalten aan aminozuren op te tellen. Daarnaast gekeken wat de juiste conversiefactor was om eiwit te berekenen vanuit het stikstofgehalte. Is gewerkt met conversiefactor 4.7

⁷ Bepaald volgens standaard methoden. (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Stikstofgehalte vermenigvuldigd met een omrekeningsfactor (meestal 6.25)

⁸ Verschillende champignonrassen (wit, crimini, portabella) bij verschillende ontwikkelingsstadia (gesloten en open). Eiwitgehalte bepaald volgens standaard AOAC procedures (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Stikstofgehalte vermenigvuldigd met een omrekeningsfactor (meestal 6.25)

⁹ Waarden van champignons uit India. Eiwitgehalte bepaald volgens standaard AOAC procedures (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Stikstofgehalte vermenigvuldigd met een omrekeningsfactor (meestal 6.25)

¹⁰ Verschillende soorten champignons in verschillende ontwikkelingsstadia. Gemiddelde van ruim 30 bronnen.

zijn afkomstig uit zowel gepubliceerde als ongepubliceerde bronnen. De gepubliceerde bronnen bestaan uit de wetenschappelijke en technische literatuur. De ongepubliceerde bronnen bestaan uit de gegevens die verzameld zijn door de voedingsmiddelenindustrie, door andere overheidsinstellingen binnen de VS en gegevens voortkomend uit contract research in opdracht van de USDA Agricultural Research Service (ARS). Een vergelijking van de voedingswaarde van champignons met die van sommige vleessoorten en groenten wordt gegeven in Bijlage I. Naast de waarden die gegeven worden in deze Amerikaanse database, is ook in andere delen van de wereld de samenstelling van champignons bepaald. Tabel 2 geeft een overzicht van de macronutriënten die verschillende onderzoekers in champignon hebben gemeten.

Vochtgehalte

Champignons hebben een vochtgehalte dat ligt tussen 86 en 95% van hun versgewicht. Qua vochtgehalte zijn champignons vergelijkbaar met groenten zoals ijsbergsla, komkommers, tomaten, worteltjes en broccoli (zie bijlage 1). Vochtgehalte is van groot belang voor een juiste inschatting van de voedingswaarde. De voedingswaarde hangt immers nauw samen met het gehalte aan droge stof. Uitgaande van 95% vocht is het droge stof gehalte 5%, uitgaande van 86% is het gehalte aan droge stof 14%. Dat wil zeggen dat de voedingswaarde met bijna een factor 3 verschilt. De relatief brede spreiding kan te maken hebben met de manier waarop is geteeld (hoge watergift versus relatief lage watergift; Kurtzman, 1997, Frankhuizen & Boekenstein, 1995), het ontwikkelingsstadium van de geanalyseerde champignons (jonge paddestoelen of volledig uitgegroeide flats, Dikeman et al., 2005) of verschillen tussen champignonrassen (Laborde & Delpuch, 1991). De gemiddelde vochtgehalte van de in Nederland geteelde champignon bestemd voor de versmarkt ligt tussen de 93 en 95%.

Energie-inhoud

De verbrandingswaarde ligt tussen 22 en 34 kilocaloriën per 100 gram. Champignons leveren daarmee ongeveer 3 keer minder calorïen dan aardappelen en tuinbonen (zie bijlage 1).

Eiwitten en aminozuren

De gerapporteerde eiwitgehalten liggen tussen 1.6 en 4.5 gram per 100 gram versgewicht. Indien uitgedrukt op basis van drooggewicht, is het eiwitgehalte uiteraard een stuk hoger. Vetter (2003) rapporteert bijvoorbeeld eiwitgehalten tussen 35 en 40% van het drooggewicht voor verschillende variëteiten champignons (zowel vers als conserven). Indien op basis van droge stof uitgedrukt hebben champignons een relatief hoog eiwitgehalte en dat heeft er toe geleid dat men paddenstoelen, en champignons in het bijzonder, in sommige onderzoeken als een goede bron van eiwit aanprijst. Champignons hebben een hoger eiwitgehalte dan ijsbergsla, komkommer en tomaten, vergelijkbaar met dat van broccoli, maar lager dan dat van tuinbonen. Vlees bevat ongeveer 8 maal meer eiwit dan champignons (zie bijlage).

Eiwitgehalten worden gewoonlijk bepaald door het gehalte aan stikstof te vermenigvuldigen met een conversiefactor. Indien men aanneemt dat a) bijna alle stikstof aanwezig is in de vorm van eiwit en b) dat de meeste eiwitten 16% stikstof bevatten en c) dat alle eiwit nagenoeg 100% verteerbaar is, kan men voor de conversiefactor de waarde 6.25 gebruiken. Kurkela *et al.* (1980) geven in hun literatuuroverzicht aan dat paddenstoelen een aanzienlijke hoeveelheid stikstof bevatten die niet in eiwitten is gebonden. De belangrijkste bronnen aan niet-eiwit gebonden stikstof in paddenstoelen zijn de vrije aminozuren, chitine, nucleïnezuren en ureum. De precieze hoeveelheid aan niet-eiwit stikstof varieert nogal met de paddenstoelsoort en de leeftijd van de paddenstoel, maar ligt rond de 30 tot 40%. Het feit dat relatief veel stikstof niet in eiwitten aanwezig is, maakt dat er nogal wat wetenschappelijke discussies zijn gevoerd rondom de juiste conversiefactor.

Een tweede discussiepunt betreft de verteerbaarheid van het eiwit in paddenstoelen. Manning (1985) geeft aan dat 71 tot 90 % van het aanwezige eiwit daadwerkelijke verteerd kan worden. Op basis van verteerbaarheid van 70% van het eiwit wordt vaak een conversie factor van 4.38 gebruikt (0.7×6.25 , Anoniem, 2007).

Gezien de problemen met het op een correcte manier omrekenen van stikstofgehalte in eiwitgehalte verdient het de voorkeur om het eiwitgehalte af te leiden uit een bepaling van het totaal gehalte aan aminozuren. Mattila *et al.* (2002) bepaalden het eiwitgehalte op beide manieren voor een witte en een bruine variëteit van champignon, voor oesterzwam en voor shiitake. Als zij het eiwitgehalte berekenden door het totaal stikstof met een factor 4.7 vermenigvuldigden en deze uitkomst vergeleken met een geschat eiwitgehalte op basis van de som van alle aminozuren, lagen de eiwitwaarden maximaal 5 % uit elkaar.

Naast het feit dat de eiwitten in champignons slechts voor ongeveer 70% verteerbaar zijn, spelen nog andere factoren een rol in het vaststellen van de voedingswaarde van deze eiwitten. Een heel belangrijke factor is het gehalte aan essentiële aminozuren. Essentiële aminozuren zijn aminozuren die het menselijk lichaam niet of niet voldoende kan aanmaken en die dus in voldoende mate in de voeding aanwezig moeten zijn. Manning (1985) geeft aan dat het eiwit in champignons de essentiële aminozuren threonine, valine en phenylalanine in vergelijkbare hoeveelheden bevat als eiwit in vlees. Het eiwit in champignons is in vergelijking met eiwit in vlees iets minder rijk aan de essentiële aminozuren isoleucine, leucine, lysine en histidine. Het gehalte aan methionine en cysteine in champignon-eiwit is aanzienlijk lager dan in vlees eiwit en ligt op het niveau van eiwitten in groenten. Mattila et al. (2002) laat echter zien dat champignon in vergelijking met aardappel, wortelen en bloemkool aanzienlijk meer cysteine bevat.

Koolhydraten

Het gehalte aan koolhydraten ligt tussen 4.2 en 5.3 gram per 100 gram versgewicht. Champignons hebben daarmee een koolhydraatgehalte dat vergelijkbaar is met dat van komkommer, tomaat en ijsbergsla, maar aanzienlijk lager dan dat van worteltjes of broccoli (zie bijlage 1). De koolhydraten in champignon omvatten polysacchariden, zoals glucanen glycogeen en chitine, mono- en disacchariden en suikeralcoholen. Manning (1985) geeft een overzicht van de verschillende koolhydraten die in champignon voorkomen. Champignons bevatten glycogeen, een op zetmeel lijkend polysaccharide. In de literatuur worden verschillende waarden gevonden voor de hoeveelheid glycogeen. De verschillen lijken samen te hangen met de manier waarop de koolhydraten worden geëxtraheerd (Hammond & Nichols, 1976). Afhankelijk van het ontwikkelingsstadium is het glycogeen gehalte van champignons 2 a 4% op droge stof basis (knoppen) tot 5 a 8% op droge stof basis (flats). Naast glycogeen zijn fructose, glucose, mannitol en sucrose de belangrijkste overige koolhydraten (Manning, 1985). Vooral mannitol komt in hoge concentraties voor (tot 10% van de droge stof).

Voedingsvezel

Het gehalte aan voedingsvezel van champignons ligt tussen 0.4 en 2 gram per 100 gram versgewicht. Hoewel voedingsvezels een redelijk deel van de droge stof van de champignon vormen, zijn het geen nutriënten. Ze spelen desalniettemin een belangrijke rol m.b.t. de voedingswaarde. Voedingsvezels worden meer uitgebreid besproken in hoofdstuk 6.

Vetten

Vetten zijn slechts in geringe hoeveelheden aanwezig in de champignon (tussen 0.1 en 0.5 g per 100 gram versgewicht). De USDA National Nutrient Database laat zien dat ongeveer 25% van de vetten uit verzadigde vetzuren bestaat en dat 75% uit meervoudig onverzadigde vetzuren bestaat. De fractie meervoudig onverzadigde vetzuren bestaat bijna volledig uit linolzuur (linoleic acid). Hammond (1985) geeft een overzicht van 3 verschillende champignonrassen en komt tot ongeveer 20% voor de verzadigde vetzuren en ongeveer 80% onverzadigde vetzuren. De belangrijkste verzadigde vetzuren zijn palmitine zuur en in mindere mate stearinezuur. De belangrijkste onverzadigde vetzuren zijn linolzuur en in mindere mate arachidonzuur.

Feofilova *et al.* (2004) geven een overzicht van de verschillende vetzuren die in de sporen, hoed en steel van champignons voorkomen. Zij laten middels gaschromatografie zien dat na linolzuur, oliezuur het belangrijkste vetzuur in de champignon is. Bonzom *et al.* (1999) bestudeerden de samenstelling van de lipidenfractie in champignons m.b.v. NMR. Zij bevestigden het hoge gehalte aan linolzuur en laten zien dat champignons geen cholesterol bevatten. Het belangrijkste sterol in champignons is ergosterol. Ergosterol is in relatief grote hoeveelheden aanwezig. Ergosterol is een basismateriaal voor de biochemische omzetting tot vitamine D₂. Verder identificeerden zij fosfatidylethanolamine en fosfatidylcholine als de belangrijkste diacylglycerophospholipiden. Het vetgehalte van champignons is vergelijkbaar met dat van groenten en ligt ver beneden dat van vlees (zie bijlage 1).

Asgehalte

Het asgehalte van champignons ligt tussen 0.6 en 1.3 gram per 100 gram versgewicht. Het asgehalte wordt bepaald door champignons in een oven bij zeer hoge temperatuur te verhitten. Alle organische stof verbrandt daarbij tot CO₂ en vervliegt. De asrest die overblijft bevat alle mineralen die in de champignon aanwezig waren. De in champignon aanwezige mineralen en hun betekenis voor de voedingswaarde worden beschreven in hoofdstuk 6.

Oesterzwammen

Ook voor oesterzwammen hebben diverse onderzoekers de gehalten aan macronutriënten bepaald. In vergelijking met champignon zijn voor oesterzwam echter veel minder gegevens beschikbaar. Tabel 3 geeft een overzicht van de macronutriënten die verschillende onderzoekers in oesterzwam hebben gemeten.

	Thimmel & Kluthe, (1996) ¹	Kurtzman, (1997) ²	Manzi <i>et al.</i> , (1999) ³	Manzi <i>et al.</i> , (2001) ⁴	Yang <i>et al.</i> , (2001)	Mattila <i>et al.</i> , (2002) ⁵	Goyal <i>et al.</i> , (2006) ⁶	Çağlarımak, (2007) ⁷	USDA (2007) ⁸	Spreiding
Vochtgehalte (% van het versgewicht)	n.b.	88.9/92.5	85.2/94.7	91.34	88.8	92.0	89.6	92.6/94.1	88.8	85.2 – 94.7
Verbrandingswaarde (kcal)	n.b.	n.b.	n.b.	36	n.b.	28	33	n.b.	35	28 – 36
Eiwitgehalte (% van het versgewicht)	1.7	1.25/4.71	1.18/4.92	1.61	2.72	1.97	2.67	0.92/1.76	3.31	0.92 – 4.92
Koolhydraten (% van het versgewicht)	n.b.	n.b.	n.b.	6.69	6.97	5.0	5.47	n.b.	6.47	5.00 – 6.97
Voedingsvezel (% van het versgewicht)	n.b.	1.01/1.23	n.b.	3.67	0.61	2.4	1.26	n.b.	2.3	0.61 – 4.10
Vet (% van het versgewicht)	0.4	0.14/0.36	n.b.	0.36	0.25	0.35	0.20	n.b.	0.41	0.14 – 0.41
Asgehalte (% van het versgewicht)	n.b.	0.44/0.79	0.52/1.15	0.89	0.87	0.64	0.78	0.63/1.13	1.01	0.44 – 1.15

Tabel 3. Samenstelling van oesterzwammen. Waarden zijn weergegeven als % van het versgewicht.

¹ Waarden werden overgenomen uit literatuurbronnen en opgevraagd bij de paddenstoelenindustrie.

² Compilatie van gegevens uit verschillende publicaties

³ Acht oesterzwamrassen uit de Mushroom Collection van de National Research Council (Montelibretti, Roma-I) werden op een Italiaans bedrijf geteeld en oesterzwammen ge-analyseerd. Eiwitgehalte zowel berekend als N x 4.38 als berekend uit de gehalten aan aminozuren.

⁴ Eiwitgehalte bepaald volgens standaard AOAC procedures (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Stikstofgehalte vermenigvuldigd met een omrekeningsfactor (meestal 6.25)

⁵ In Finland geteelde oesterzwammen. Eiwitgehalte bepaald volgens standaard AOAC procedures (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Daarnaast eiwitgehalte afgeleid uit aminozuurgehalten. Hieruit berekend dat eiwitgehalte berekend kan worden door stikstofgehalte te vermenigvuldigen met omrekeningsfactor 4.97.

⁶ Oesterzwammen geteeld in India. Eiwitgehalte bepaald volgens standaard AOAC procedures (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Stikstofgehalte vermenigvuldigd met een omrekeningsfactor (meestal 6.25)

⁷ Twee oesterzwamrassen vergeleken; HK-35 (Sylvan Spawn) en een lokaal ras. Eiwitgehalte berekend als N x 4.38.

⁸ Gemiddelde van 5 tot 7 bronnen. Methode van eiwitbepaling onbekend.

Vochtgehalte

Oesterzwammen hebben een vochtgehalte tussen 85 en 95% van hun versgewicht. Manzi *et al.* (1999) stelden deze twee uitersten in vochtgehalte vast in een gestandaardiseerde teeltstudie. De waarden die door andere auteurs worden weergegeven vallen allen tussen deze twee uitersten. Manzi *et al.* (1999) wijten de verschillen in

vochtgehalte van de oesterzwammen voornamelijk aan verschillen tussen de gebruikte rassen. Bano & Rajarathnam (1988) geven aan dat ook de lengte van de post-harvest periode en de temperatuur en relatieve vochtigheid tijdens de teeltperiode een belangrijke invloed hebben op het vochtgehalte van de oesterzwammen. Ook hier geldt dat de verschillen in vochtgehalte van de oesterzwammen grote invloed hebben op de voedingswaarde. Oesterzwammen met een vochtgehalte van 85% hebben een 3 maal hogere voedingswaarde dan oesterzwammen met een vochtgehalte van 95%.

Energie-inhoud

De energie-inhoud van oesterzwammen ligt tussen 28 en 36 kilocaloriën per 100 gram versgewicht en is goed vergelijkbaar met die van champignons. Evenals champignons hebben oesterzwammen een energie-inhoud die vergelijkbaar is met die van broccoli, tomaten of sla. Oesterzwammen leveren ongeveer 3 keer minder calorïen dan aardappelen of tuinbonen (zie bijlage 1).

Eiwitgehalte

Het eiwitgehalte van oesterzwammen ligt tussen 0.9 en 4.9 gram per 100 gram versgewicht. Dat is een enorme spreiding. Als de eiwitwaarden van alle monsters in de in Tabel 3 genoemde auteurs worden bekeken, vindt men 25 meetwaarden (waarvan sommigen gemiddelden van meerdere monsters zijn). Bij 52% van de meetwaarden ligt het eiwitgehalte tussen 1 en 2 gram eiwit/100 gram versgewicht. Bij 24% van de meetwaarden ligt het eiwitgehalte tussen 2 en 3 gram eiwit/100 gram versgewicht. Bij 16%, tussen 3 en 4 gram eiwit/100 gram versgewicht en bij 8% tussen 4 en 5 gram eiwit/100 gram versgewicht. De meerderheid van de monsters laat dus een eiwitgehalte zien dat tussen 1 en 2 gram eiwit ligt.

Evenals bij champignons speelt bij oesterzwammen het probleem van het nauwkeurig meten van het eiwitgehalte. Verschillen in de methode waarmee eiwitgehalten bepaald worden, kunnen een deel van de variatie verklaren. Eiwitgehalten worden gewoonlijk bepaald door het gehalte aan stikstof te vermenigvuldigen met een conversiefactor. Indien men aanneemt dat a) bijna alle stikstof aanwezig is in de vorm van eiwit en b) dat de meeste eiwitten 16% stikstof bevatten en c) dat alle eiwit nagenoeg 100% verteerbaar is, kan men voor de conversiefactor de waarde 6.25 gebruiken. Tshinyangu & Hennebert (1996) onderzochten het stikstofgehalte van de uit oesterzwam gezuiverde eiwitfractie. Volgens hun metingen bevatte het eiwit 15.2% stikstof (zowel via de Kjeldahl methode als gebaseerd op bepaling van het gehalte aan aminozuren). Volgens hun berekeningen zou de conversiefactor voor de omrekening van het stikstofgehalte naar het eiwitgehalte 6.58 moeten zijn. Daarnaast toonden zij aan dat ongeveer 10% van het totaal stikstof niet in eiwit, maar in chitine was gebonden.

Een andere bron van variatie in het eiwitgehalte (berekend vanuit het totaal stikstofgehalte) wordt aangegeven door Mendez *et al.* (2005). Zij teelden oesterzwammen op stro van mais en van pompoenen. De resultaten van hun experimenten toonden aan het totaal stikstofgehalte en de aminozuursamenstelling van de oesterzwammen niet beïnvloed werd door het gebruikte substraat. Het bleek echter wel uit te maken uit welke vlucht de oesterzwammen werden geanalyseerd. Uitgedrukt op droge stof basis bleek het totaal stikstofgehalte in de eerste vlucht lager dan in de derde vlucht. Tshinyangu (1996) vergeleek daarentegen de voedingswaarde van oesterzwammen geteeld op hooi-substraat met die van oesterzwammen geteeld op tarwestro. Zijn resultaten lieten zien dat bij teelt op hooi als substraat het eiwitgehalte hoger was dan bij teelt op tarwestro. Het gekozen teeltsubstraat kan dus een invloed hebben op het eiwitgehalte. In zijn experimenten vond hij een *in vitro* verteerbaarheid van 95.2 (teelt op tarwestro) tot 97.4% (teelt op hooi substraat).

Ginterova & Lazarova (1987) teelden 5 oesterzwam stammen uit hun collectie en bepaalden de aminozuursamenstelling van de paddenstoelen. In één van hun stammen vonden zij een gehalte aan aminozuren dat 2 tot 3 keer hoger lag dan het aminozuurgehalte in de andere oesterzwamstammen. Dit geeft aan dat ook de gebruikte oesterzwamstam een grote invloed heeft op het eiwitgehalte van de paddenstoelen.

Manzi *et al.* (1999) vergeleken de voedingswaarde van 8 verschillende stammen van *Pleurotus ostreatus*, allen geteeld op hetzelfde substraat op een commercieel teeltbedrijf. Ook zij vonden grote verschillen tussen stammen m.b.t. het eiwitgehalte.

De kwaliteit van het eiwit in oesterzwammen is relatief goed te noemen. Tshinyangu (1996) heeft in zijn experimenten de *in vitro* verteerbaarheid van oesterzwammen bepaald. Afhankelijk van het substraat waarop de oesterzwammen geteeld waren was de *in vitro* verteerbaarheid 95.2% (teelt op tarwestro) tot 97.4% (teelt op hooi substraat). Dat is aanzienlijk beter dan de verteerbaarheid van de eiwitten in champignons (ong. 70% verteerbaar). Een andere belangrijke factor m.b.t. de voedingswaarde is het gehalte aan essentiële aminozuren. Manzi *et al.*

(1999) hebben de gehalten aan essentiële aminozuren vergeleken met de menselijke behoefte. In oesterzwammen (*Pleurotus ostreatus*) is zijn vooral leucine en lysine de beperkende aminozuren. Manzi et al (1999) geven aan dat de protein chemical score voor de aminozuren in *Pleurotus ostreatus* variëren van 96% tot 110%. In de protein chemical score wordt het gehalte van een aminozuur in een test eiwit vergeleken met dezelfde hoeveelheid van het corresponderende aminozuur in een hoog-kwalitatief referentie eiwit (bijv. eiwit uit eieren) en vermenigvuldigd met 100. Tshinyangu (1996) heeft daarentegen berekend dat indien oesterzwammen de enige bron van eiwit vormen, het nodig is op 996 g verse paddenstoelen (gekweekt op tarwestro) te consumeren om in de dagelijkse behoefte aan essentiële aminozuren te voldoen. Voor oesterzwammen gekweekt op hooi als substraat, is een consumptie van 756g nodig. Dat geeft aan dat hoewel de eiwitten in oesterzwam weliswaar van goede kwaliteit zijn, maar dat op basis van het versgewicht het eiwitgehalte aan de lage kant is.

Koolhydraten

Het gehalte aan koolhydraten in oesterzwammen ligt tussen 5 en 6.7 gram per 100 gram versgewicht. De koolhydraten omvatten polysacchariden, zoals glucanen glycogeen en chitine, mono- en disacchariden en suikeralcoholen. Hammond (1980) heeft de samenstelling van verse oesterzwammen vergeleken met die van oesterzwammen die 4 dagen bij 2 of bij 18°C werden bewaard. Hierbij heeft hij zich voornamelijk gericht op de gehalten aan mannitol en trehalose. Het mannitolgehalte in verse oesterzwammen varieerde tussen 1.4% en 2.6% van het droge stof gehalte. Bij bewaren bij 2°C of 18°C nam de hoeveelheid mannitol af. In vergelijking met champignons bevatten oesterzwammen veel minder mannitol. In de studie van Yang et al. (2001) werd daarentegen een mannitol gehalte van 0.36% gerapporteerd. Daarbij moet worden opgemerkt dat in deze studie niet duidelijk was hoe lang de post-harvest periode heeft geduurd voordat gemeten werd.

Het gehalte aan trehalose ligt tussen 4 en 9.6% van de droge stof en vormt dus een aanzienlijk deel van de koolhydraatfractie. Bij bewaren bij 2°C nam de hoeveelheid trehalose met 40 tot 122% toe. Oesterzwammen bevatten iets meer trehalose dan champignons. In de studie van Yang et al. (2001) werd een trehalose gehalte van 0.27% gerapporteerd. Ook hier geldt weer dat in deze studie niet duidelijk was hoe lang de post-harvest periode heeft geduurd voordat gemeten werd. Bij een lange post-harvest periode zou een groot deel van de trehalose gemetaboliseerd kunnen zijn.

Door gevriesdroogd weefsel van de oesterzwam te behandelen met amyloglucosidase kon Hammond (1980) een inschatting maken van het gehalte aan glycogeen in de oesterzwammen. De hoeveelheid glycogeen bleek ongeveer 11% van het droge stof gehalte in verse oesterzwammen te bedragen (i.e. ongeveer 1/5 van de koolhydraatfractie).

Voedingsvezel

Het gehalte aan voedingsvezel van oesterzwammen ligt tussen 0.6 en 3.7 gram per 100 gram versgewicht. Voedingsvezels zijn vooral aanwezig in de celwandfractie van de oesterzwammen. Hammond (1980) geeft aan dat de totale droge stof in oesterzwammen voor ongeveer 30% uit celwandmateriaal bestaat (bijna 2 maal zoveel als in champignon). Voedingsvezels worden meer uitgebreid besproken in hoofdstuk 6.

Vetten

Het vetgehalte van oesterzwammen ligt tussen 0.14 – 0.4 gram per 100 gram versgewicht. Pedneault et al. (2007) hebben de samenstelling van de vetfractie in vrij jonge oesterzwammen (hoofd-diameter tussen de 2 en 3 cm) bestudeerd. De in het onderzoek gebruikte oesterzwammen werden bij temperaturen tussen 12 en 27°C op katoenzaadpellen geteeld om de invloed van temperatuur op de samenstelling van de vetfractie te bestuderen. In hun onderzoek hebben ze zich gericht op de samenstelling van zowel de vetten (glycerolesters) als de vetzuren. Oesterzwammen bevatten 4.3% vetten op basis van droge stofgehalte (aangezien natgewicht niet is vermeld is een omrekening naar versgewicht niet mogelijk). Deze vetten bestaan voor meer dan 85% uit vetzuren. De vetzuurfractie bestaat voor het grootste deel (83 tot 96%) uit de onverzadigde vetzuren linolzuur en oliezuur en het verzadigd vetzuur palmitinezuur. De teelttemperatuur had effect op het gehalte aan onverzadigde vetzuren. Naarmate kouder geteeld werd, nam het gehalte aan onverzadigde vetzuren in de oesterzwammen toe.

Asgehalte

Het asgehalte van oesterzwammen ligt tussen 0.44 – 1.15 gram per 100 gram versgewicht en is vergelijkbaar met het asgehalte in champignons en shiitake. De in de asrest van oesterzwam aanwezige mineralen en hun betekenis voor de voedingswaarde worden beschreven in hoofdstuk 6.

Vergelijking met champignons en shiitake

Qua vochtgehalte, energieinhoud, eiwitgehalte en asgehalte zijn oesterzwammen net als champignons vergelijkbaar met groenten zoals ijsbergsla, komkommers, tomaten, worteltjes en broccoli (zie bijlage). In vergelijking met champignons is het gehalte aan koolhydraten en voedingsvezel iets hoger.

Shiitake

Evenals voor champignon en oesterzwam hebben verschillende onderzoekers de gehalten aan macronutriënten bepaald. In vergelijking met champignon zijn voor shiitake minder gegevens beschikbaar. Tabel 4 geeft een overzicht van de macronutriënten die verschillende onderzoekers in shiitake hebben gemeten.

	Crisan & Sands (1978) ¹	Kurtzman (1997) ²	Manzi <i>et al.</i> (1999) ³	Morais <i>et al.</i> (2000) ⁴	Yang <i>et al.</i> (2001) ⁵	Mattia <i>et al.</i> (2002) ⁶	Tabata <i>et al.</i> (2006) ⁷	Çağlarımak, (2007) ⁸	Spreiding
Vochtgehalte (% van het versgewicht)	90.9	88.3/90.3	90.0	93.8/95.4	81.8/87.7	91.6	91.3/92.6	94.7	81.8 – 95.4
Verbrandingswaarde (kcal)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	30	n.b.	n.b.	n.v.t.
Eiwitgehalte (% van het versgewicht)	1.40	2.43/2.60	1.53	0.86/1.35	2.42/3.73	1.8	1.35	1.76	0.86 – 3.73
Koolhydraten (% van het versgewicht)	6.62	n.b.	n.b.	3.41/4.35	7.86/11.34	5.8	5.42/6.59	n.b.	3.41 – 11.34
Voedingsvezel (% van het versgewicht)	0.7	0.98/1.21	n.b.	0.34/0.44	0.60/1.02	3.3	n.b.	n.b.	0.34 – 3.3
Vet (% van het versgewicht)	0.59	n.b.	n.b.	0.10/0.17	0.70/1.15	0.31	0.20/0.26	n.b.	0.10 – 1.15
Asgehalte (% van het versgewicht)	0.48	0.59/0.62	0.71	0.19/0.31	0.72/0.96	0.49	0.47/0.48	1.13	0.19 – 1.13

Tabel 4. Samenstelling van shiitake. Waarden zijn weergegeven als % van het versgewicht.

¹ Overzichtsartikel waarin een groot aantal literatuurbronnen wordt aangehaald. Eiwitgehalte berekend op basis van stikstofgehalte x 4.38

² Basis waarop het eiwitgehalte is berekend is niet bekend.

³ Een shiitakeras uit de Mushroom Collection van de National Research Council (Montelibretti, Roma-I) werd op een Italiaans bedrijf geteeld en paddenstoelen ge-analyseerd. Eiwitgehalten op 2 manieren berekend; stikstofgehalte x 4.38 en op basis van de gehalten aan aminozuren.

⁴ Eiwitgehalten berekend als stikstofgehalte x 4.38.

⁵ Eiwitgehalten berekend als stikstofgehalte x 4.38.

⁶ In Finland geteelde shiitake. Eiwitgehalte bepaald volgens standaard AOAC procedures (Kjeldahl bepaling van het stikstofgehalte. Daarnaast eiwitgehalte afgeleid uit aminozuurgehalten. Hieruit berekend dat eiwitgehalte berekend kan worden door stikstofgehalte te vermenigvuldigen met omrekeningsfactor 4.50.

⁷ Shiitake ras (Sylvan 4080) in Turkije geteeld. Waarden van 4 vluchten. Eiwitgehalte berekend als N x 4.38

Vochtgehalte

Shiitake's hebben een vochtgehalte dat varieert tussen 82 en 95% van hun versgewicht. Dat houdt in dat hun gehalte aan droge stof kan variëren tussen 5% en 18%, bijna een factor 4 verschil. De met het droge stofgehalte samenhangende voedingswaarde kan daarmee dus flink variëren. De meeste metingen van het vochtgehalte van shiitake liggen tussen 89 en 95%. De sterkst afwijkende waarden komen uit de studie van Yang et al. (2001). Zij hebben hun studiemateriaal op de lokale markt in Taichung City in Taiwan gekocht. De precieze voorgeschiedenis van de monsters waaraan zij hun metingen hebben verricht, is daardoor niet goed bekend. Ook hier geldt dat de verschillen in vochtgehalte van shiitake paddenstoelen grote invloed hebben op de voedingswaarde. Shiitake met een vochtgehalte van 90% hebben een 2 maal hogere voedingswaarde dan shiitake met een vochtgehalte van 95%.

Energie-inhoud

De energie-inhoud van shiitake is slechts door één onderzoeksgroep bepaald (Mattila et al., 2002) en blijkt met 30 kilocaloriën per 100 gram versgewicht niet af te wijken van de energie-inhoud van champignons en oesterzwammen. Evenals bij champignons en oesterzwammen is de energie-inhoud van shiitake vergelijkbaar met die van broccoli, tomaten of sla. Ook shiitake leveren ongeveer 3 keer minder calorïen dan aardappelen of tuinbonen (zie bijlage 1).

Eiwitgehalte

Het eiwitgehalte van shiitake ligt tussen 0.86 en 3.73 gram per 100 gram versgewicht. Berekend over de 12 waarden die in de literatuur gevonden worden is het eiwitgehalte gemiddeld 1.87 gram/100 gram versgewicht. Evenals bij champignons en oesterzwammen speelt bij shiitake het probleem van het nauwkeurig meten van het eiwitgehalte. Verschillen in de methode waarmee eiwitgehalten bepaald worden, kunnen een deel van de variatie verklaren. Eiwitgehalten worden gewoonlijk bepaald door het gehalte aan stikstof te vermenigvuldigen met een conversie-factor. Indien men aanneemt dat a) bijna alle stikstof aanwezig is in de vorm van eiwit en b) dat de meeste eiwitten 16% stikstof bevatten en c) dat alle eiwit nagenoeg 100% verteerbaar is, kan men voor de conversiefactor de waarde 6.25 gebruiken. Mattila *et al.* (2002) onderzochten het stikstofgehalte van de shiitake en bepaalden daarnaast het eiwitgehalte op basis van het gehalte aan aminozuren. Volgens hun berekeningen zou de conversiefactor voor de omrekening van het stikstofgehalte naar het eiwitgehalte 4.50 moeten zijn. Aangezien in geen enkele studie grotere aantallen shiitake stammen op hetzelfde substraat met elkaar vergeleken werden, is niet duidelijk in hoeverre verschillen in eiwitgehalte terug te voeren zijn op stamverschillen. Sistani *et al.* (2007) onderzochten in een teelt op stammetjes van *Liquidambar styraciflua* (sweeetgum), de invloed van verschillen in het stikstofgehalte van de stammetjes op het eiwitgehalte en de aminozuursamenstelling van shiitake. Hun resultaten gaven aan dat de verschillen in stikstofgehalte van de stammetjes geen effect hadden op de eiwitgehalten en aminozuursamenstelling van de shiitake.

Manzi et al. (1999) onderzochten de voedingswaarde van één shiitake-stam, geteeld op een commercieel teeltbedrijf in Italië. Er zijn geen gegevens bekend over de teeltwijze. De verteerbaarheid van het eiwit werd niet onderzocht, maar er zijn wel gegevens over het gehalte aan essentiële aminozuren. In een vergelijking van de gehalten aan essentiële aminozuren met de menselijke behoefte kwam naar voren dat in shiitake vooral lysine het beperkende aminozuur is. De voedingswaarde van eiwit in shiitake is eveneens door Longvah & Deosthale (1998) onderzocht. Zij maakten echter gebruik van gedroogde shiitake die zij kochten op een lokale markt in Ukhrul, Manipur in het noordwesten van India. Zij onderzochten de voedingswaarde van het eiwit in shiitake met behulp van voedingsstudies in proefdieren. Hierbij gebruikten ze caseïne als positieve controle. De resultaten van de dierproeven lieten zien dat de verteerbaarheid van het eiwit in shiitake aanzienlijk lager was dan van caseïne. Op basis van de aminozuursamenstelling concludeerden de onderzoekers dat daarnaast het gehalte aan de zwavelhoudende essentiële aminozuren methionine en cysteine erg laag was. Kurtzman (1997) vindt in zijn vergelijking van de gehalten aan essentiële aminozuren in shiitake met die in caseïne echter geen gebrek aan methionine. Ook hij wijst op een laag gehalte aan lysine.

Koolhydraten

Het gehalte aan koolhydraten in shiitake ligt tussen 3.4 en 11.3 gram per 100 gram versgewicht. De koolhydraten in shiitake omvatten polysacchariden, zoals glucanen, glycogeen en chitine, mono- en disacchariden en

suikeralcoholen. In het kader van een studie naar de niet-vluchtige smaakcomponenten van verschillende eetbare paddenstoelen hebben Yang *et al.* (2001) gekeken naar de gehalten aan bepaalde mono- en disacchariden. Zij vonden totaalgehalten aan oplosbare suikers van 141 ((ras 271) en 152 mg/gram droge stof (ras Tainung 1) in de twee stammen die zij onderzochten. In beide rassen was het suikeralcohol mannitol met 59% en 88% (w/w) het meest prominente oplosbare suiker. Indien uitgedrukt op basis van het aandeel van de droge stof was het mannitolgehalte 8.4 % en 13.4%.

De gehalten aan glucose en trehalose waren veel lager. Met name voor trehalose waren de verschillen tussen de beide onderzochte rassen groot. In ras 271 bestond 2.9 % van de droge stof uit trehalose terwijl dat slechts 0.37% was voor ras Tainung 1. De verschillen in glucosegehalte waren kleiner (2.8% van de droge stof in ras 271 versus 1.4% in ras Tainung 1). Zoals echter al eerder gezegd, waren de onderzochte paddenstoelen afkomstig van de lokale markt. Daardoor is er niets bekend over de lengte van de post-harvest periode. Naarmate deze periode langer is geweest, valt te verwachten dat het gehalte oplosbare suikers lager is geworden.

Voedingsvezel

Het gehalte aan voedingsvezel van shiitake ligt tussen 0.34 en 3.3 gram per 100 gram versgewicht. Voedingsvezels zijn vooral aanwezig in de celwandfractie van shiitake. Voedingsvezels worden meer uitgebreid besproken in hoofdstuk 6.

Vetten

Het vetgehalte van shiitake ligt tussen 0.10 – 1.15 gram per 100 gram versgewicht. Longvah en Deosthale (1998) hebben de samenstelling van de vetzuur-fractie van gedroogde shiitake onderzocht. Van de totale vetzuurfractie bestond 22.3% uit verzadigde vetzuren en 77.7% uit onverzadigde vetzuren. De vetzuurfractie bestaat voor het grootste deel uit de onverzadigde vetzuren linolzuur (68.8% van de totale vetzuren), oliezuur (8.3%) en linoleenzuur (0.6%). Palmitinezuur (19.2%) is het meest prominente verzadigde vetzuur, gevolgd door stearinezuur (2.7%) en arachidonzuur (0.4%).

Asgehalte

Het asgehalte van shiitake ligt tussen 0.19 – 1.13 gram per 100 gram versgewicht en is vergelijkbaar met het asgehalte in champignons en oesterzwammen. De in de asrest van shiitake aanwezige mineralen en hun betekenis voor de voedingswaarde worden beschreven in hoofdstuk 6.

Vergelijking met champignons en oesterzwammen.

Qua vochtgehalte, energieinhoud, eiwitgehalte en asgehalte is shiitake net als oesterzwammen en champignons vergelijkbaar met groenten zoals ijsbergsla, komkommers, tomaten, worteltjes en broccoli (zie bijlage). In vergelijking met champignons is het gehalte aan koolhydraten en voedingsvezel iets hoger.

5 Micronutriënten in paddenstoelen

Vitaminen

Vitamines zijn chemische verbindingen die onmisbaar zijn voor het lichaam. Ze spelen een belangrijke rol bij het goed functioneren van het lichaam. Het lichaam kan ze niet of niet voldoende zelf maken. Er zijn dertien verschillende vitamines: vier vetoplosbare vitamines en negen wateroplosbare vitamines.

De vetoplosbare vitamines zijn: vitamine A, vitamine D, vitamine E en vitamine K. Deze vitamines zitten voornamelijk in het vet van voedingsmiddelen en kunnen in de weefsels van het lichaam worden opgeslagen.

De wateroplosbare vitamines zijn vitamine B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (nicotinezuur), B5 (pantotheenzuur), B6 (pyridoxine), B8 (biotine), B11 (foliumzuur) en B12 (cobalamine) en vitamine C. Deze vitamines zitten juist in het vocht dat in voedingsmiddelen zit. Het lichaam kan deze wateroplosbare vitamines (met uitzondering van vitamine B12) niet goed opslaan; een teveel verlaat het lichaam via de urine.

De gezondheidsraad stelt in haar adviezen normen vast met betrekking tot de hoeveelheden vitamines die een mens nodig heeft om gezond te kunnen blijven; de voedingsnormen (Gezondheidsraad 2000, 2003). De Gezondheidsraad hanteert hierbij de begrippen “aanbevolen hoeveelheid” (d.i. de gemiddelde behoefte plus twee keer de standaarddeviatie van de behoefte) en “adequate inneming” (als de gemiddelde behoefte niet bekend is). Daarnaast specificeert de Gezondheidsraad “aanvaardbare bovengrenzen van inneming”. Dit zijn de niveaus van inneming waarboven de kans bestaat dat ongewenste effecten optreden.

Vitaminen in paddenstoelen.

Bijlage 1 geeft een overzicht van de vitamines die aanwezig zijn in paddenstoelen (champignons, oesterzwammen of shiitake). In vergelijking met groenten zijn paddenstoelen arm aan vitamine A, maar bijzonder rijk aan vitamines uit het vitamine B complex. Paddenstoelen zijn een even rijke bron van B-vitamines als vleesproducten.

Het gehalte aan vitamine C is vrij laag in vergelijking met groenten zoals aardappel of broccoli. Mattila *et al.* (2001) stelden een gehalte van 1.3 mg en 1.6 mg per 100 g versgewicht vast voor een wit en een bruin champignonras. In oesterzwammen en shiitake vonden zij gehalten van respectievelijk 1.6 en 2.1 mg/100 g versgewicht. Caglarirmak (2007) vond voor oesterzwam en shiitake gehalten van respectievelijk 3.4 en 14 mg/100 g versgewicht. Ook het gehalte aan vitamine D is relatief laag. Mattila *et al.* (2001) stelden een gehalte van minder dan 0.02 µg/100 g versgewicht vast voor zowel een wit en een bruin champignonras. In oesterzwammen en shiitake werden gehalten van respectievelijk 0.02 en 0.1 µg/100 g versgewicht gemeten. Paddenstoelen bevatten echter wel een grote hoeveelheid ergosterol. Deze stof is chemisch gezien een precursus voor de synthese van vitamine D. Op vitamine D komen we hieronder nog terug.

B-vitamines in paddenstoelen.

De gehalten aan B-vitamines voor champignons, oesterzwammen en shiitake staan weergegeven in Tabel 5 t/m 7. De gehalten aan B vitamines ontlopen elkaar niet veel voor wat betreft champignons, oesterzwammen en shiitake. Een portie van 100 gram verse paddenstoelen bevat ongeveer 10% van de dagelijkse behoefte van een volwassene aan thiamine, 30% van de behoefte aan riboflavine, 25% van de behoefte aan niacine en pantotheenzuur, 6% van de behoefte aan pyridoxine en foliumzuur en 2% van de behoefte aan cobalamine. Vooral met betrekking tot het gehalte aan riboflavine, niacine en pantotheenzuur zijn paddenstoelen vergelijkbaar met vlees. Groenten bevatten i.h.a. aanzienlijk minder riboflavine.

De hoge gehalten aan B vitamines gelden alleen voor verse paddenstoelen. De USDA database (USDA, 2007) laat zien dat conserven champignons aanzienlijk minder riboflavine (0.021 mg/100 gram natgewicht) en ruim de helft minder niacine (1.593 mg/100 g natgewicht) bevatten. Furlani & Godoy (2007) bevestigen het lage gehalte aan riboflavine in conserven-champignons. Roerbakken van verse paddenstoelen tast de gehalten aan B-vitamine niet aan. De gehalten aan B-vitamines zoals gemeld voor roergebakken champignons of shiitake wijken nauwelijks af van de gehalten in verse paddenstoelen (USDA, 2007).

Vitamine D in paddenstoelen.

Vitamine D is een essentiële voedingsstof voor mensen. Er bestaan twee vormen van vitamine D; vitamine D₃ (cholecalciferol) en vitamine D₂ (ergocalciferol). Het kan ofwel in de huid worden aangemaakt onder invloed van de UV-B component (~295 – 315 nm) in zonlicht, ofwel worden opgenomen vanuit voedsel. In veel landen is de vitamine D status van de mensen suboptimaal. Opname van voldoende vitamine D in het lichaam kan vooral in het hoge noorden (of diepe zuiden) een probleem zijn (vanwege het geringe aantal zonuren). Daarnaast lopen vegetariërs het

Champignons Per 100 gram versgewicht	Hammond (1985)	Van der Meer (1987)	Furlani & Godoy (2007)	Mattila <i>et al.</i> (2001)	Anderson & Fellers (1942) ³	USDA (2007)
Thiamine (vit B1, mg)	0.1	0.07-0.12	0.016- 0.040	0.05	0.114	0.08 ⁴ , 0.09 ⁵
Riboflavine (vit B2, mg)	0.44	0.30-0.52	0.165- 0.298	0.33 ¹ - 0.39 ²	0.495	0.402 ⁴ , 0.490 ⁵ .
Niacine (vit B3, mg)	0.5	4.0-6.5	n.b.	4.1 ¹ -3.3 ²	5.6	3.6 ⁴ , 3.8 ⁵
Pantotheenzuur (vit B5, mg)	6.2	1.7-2.7	n.b.	n.b.	0.23	1.5 ^{4,5}
Pyridoxine (vit B6)	n.b.	0.045-0.100	n.b.	n.b.	n.b.	0.104 ⁴ , 0.110 ⁵
Biotine (vit B8, mg)	0.83	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Foliumzuur (vit B9, µg)	16	20-30	n.b.	46 ¹ -35 ²	93.3	16 ⁴ , 14 ⁵
Cobalamine (vit B12, µg)	0.32-0.65	n.b.	n.b.	0.05 ¹ - 0.06 ²	n.b.	0.04 ⁴ , 0.1 ⁵

Tabel 5. Overzicht van de literatuurwaarden voor de B-vitamines in champignons.

¹ Bruin ras, ² Wit ras, ³ Omgerekend op basis van een vochtgehalte van 90%, ⁴ wit ras, ⁵bruin ras, n.b.; niet bepaald,

Oesterzwammen Per 100 gram versgewicht	Mattila <i>et al.</i> (2001)	Bano & Rajarathnam, 1986	USDA (2007)	Caglarirmak (2007)
Thiamine (vit B1, mg)	0.07	0.12	0.125	0.14 ¹ -0.15 ²
Riboflavine (vit B2, mg)	0.20	0.67	0.349	0.12 ¹ -0.21 ²
Niacine (Nicotinezuur) (vit B3, mg)	5.2	6.20	4.956	2.96 ¹ -4.44 ²
Pantotheenzuur (vit B5, mg)	n.b.	2.50	1.294	n.b.
Pyridoxine (vit B6)	n.b.	n.b.	0.11	n.b.
Biotine (vit B8, mg)	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Foliumzuur (vit B9, µg)	51	120	27	9 ² -42 ¹
Cobalamine (vit B12, µg)	0.05	n.b.	0.00	

Tabel 6. Overzicht van de literatuurwaarden voor de B-vitamines in oesterzwammen (n.b.; niet bepaald). ¹ *Pleurotus sajor-caju*, ² *Pleurotus ostreatus*.

Shiitake Per 100 gram versgewicht	Mattila <i>et al.</i> (2001)	Furlani & Godoy (2007)	Caglarirmak (2007)
Thiamine (vit B1, mg)	0.05	0.009	0.04 - 0.17
Riboflavine (vit B2, mg)	0.15	0.057	0.07 – 0.22
Niacine (Nicotinezuur) (vit B3, mg)	2.6	n.b.	1.95 – 3.23
Pantotheenzuur (vit B5, mg)	n.b.	n.b.	n.b.
Pyridoxine (vit B6)	n.b.	n.b.	n.b.
Biotine (vit B8, mg)	n.b.	n.b.	n.b.
Foliumzuur (vit B9, µg)	25	n.b.	59 – 90
Cobalamine (vit B12, µg)	0.07	n.b.	n.b.

Tabel 7. Overzicht van de literatuurwaarden voor de B-vitamines in shiitake (n.b.; niet bepaald). ¹ waarden van verschillende vluchten van ras 4080 van Sylvan Spawn.

Vitamine D gehalte, uitgedrukt in $\mu\text{g}/100\text{ g}$ versgewicht	Champignon	Oesterzwam	Shiitake
Mattila <i>et al.</i> (1994)	0.21	n.b.	n.b.
Teichmann <i>et al.</i> (2007)	0.6 ¹ , 0.3 ² , 0.8 ³	0.7	1.2
Mattila <i>et al.</i> (2001)	< 0.02 ^{1,2}	0.02	0.1
Takamura <i>et al.</i> (1991)	n.b.	n.b.	2.2 – 11 ^{4,5}
Bano & Rajarathnam (1988)	n.b.	0.71	1.8
Mau <i>et al.</i> (1998)	0.22 ⁴	n.b.	0.216 ⁴
Van der Meer (1987)	0.5-3.8	n.b.	n.b.

Tabel 8. Overzicht van de literatuurwaarden voor de vitamine D₂ in gekweekte paddenstoelen. ¹ wit ras, ² bruin ras, ³ portabella, ⁴ omgerekende waarden gebaseerd op 10% droge stof, ⁵ verschillende rassen shiitake allen gekweekt op stammetjes in de buitenlucht.

risico op een vitamine D deficiëntie (Lamberg-Allardt *et al.*, 1993) Lamberg-Allardt (2006) geeft echter aan niet alleen mensen met een vegetarische levensstijl te weinig vitamine D tot zich nemen. Een iets te lage vitamine D inname komt breed onder de bevolking voor. Een gering tekort aan vitamine D kan onder andere bijdragen aan botontkalking (Eastell & Riggs, 1997) maar kan ook effect hebben op het ontstaan van chronische ziekten zoals auto-immuun ziekten, hart- en vaatziekten en kanker (Huh & Gordon, 2008). Bijlage 2 geeft een overzicht van de aanbevolen inname van vitamine D en calcium voor verschillende leeftijdsgroepen. Vooral bij leeftijden boven 51 jaar wordt een fors hogere inname geadviseerd (voor mensen die nooit buiten komen tot 15 μg per dag). Slechts zeer weinig voedingsmiddelen zijn een goede bron van vitamine D. Voedingsmiddelen waarin vitamine D (in de vorm van vitamine D₃) van nature voorkomt zijn: vette vissoorten (haring, meerval, zalm, makreel, sardines, tonijn, paling), visolie (levertraan), eidooiers en lever. Er zijn geen goede plantaardige bronnen van vitamine D.

Mattila *et al.* (1994, 2002b) toonden aan dat in het wild verzamelde paddenstoelen aanzienlijke hoeveelheden vitamine D bevatten. Vooral cantharellen (*Chantarellus cibarius*, 12 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ versgewicht en *C. tubaeformis*, 25 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ versgewicht) bleken bijzonder rijk aan vitamine D. Teichmann *et al.* (2007) bevestigden deze hoge gehalten aan vitamine D in cantharellen en toonden daarnaast in eekhoortjesbrood (*Boletus edulis*) waarden van 58 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ versgewicht aan. In de experimenten van Mattila *et al.* (1994, 2002b) bevatte deze soort slechts om en nabij 5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ versgewicht.

Gekweekte paddenstoelen zoals champignon, oesterzwam en shiitake, bevatten in tegenstelling tot in het wild verzamelde soorten, weinig vitamine D (Tabel 8). De verschillen in gehalte aan vitamine D kunnen waarschijnlijk voor een deel worden toegeschreven aan verschillen tussen paddenstoelsoorten. Voor het overgrote deel lijken de verschillen echter het gevolg te zijn van de invloed van UV straling. De in het wild verzamelde soorten zijn in daglicht gegroeid, terwijl de gekweekte soorten ofwel in het donker groeien (champignon en shiitake) ofwel onder kunstmatige belichting zonder UV component (oesterzwam). Alle paddenstoelsoorten bevatten grote hoeveelheden ergosterol, in de orde van tientallen of honderden milligrammen per 100 gram droge stof (Teichmann *et al.*, 2007; Mattila *et al.*, 2002). Als ergosterol wordt blootgesteld aan UV licht, ondergaat het een fotolyse reactie waarbij voornamelijk previtamine D₂, tachysterol en lumisterol ontstaan. Het previtamine D₂ ondergaat vervolgens een spontane reactie tot vitamine D₂ (Mattila *et al.*, 1994; Mau *et al.*, 1998).

Diverse onderzoeksgroepen hebben aangetoond dat het mogelijk is om het gehalte aan vitamine D₂ in paddenstoelen te verhogen door een belichting met UV toe te passen (Mau *et al.*, 1998; Jasinghe & Perera, 2005, 2006; Jasinghe *et al.*, 2007; Teichmann *et al.*, 2007), maar verschillen met elkaar van mening over welk golflengte bereik de beste resultaten geeft. Mau *et al.* (1998) belichten verse champignons en shiitake gedurende maximaal 2 uur met UV-B (golflengte 290-315 nm) of UV-C (golflengte 190-290 nm). Hun resultaten lieten zien dat het gehalte aan vitamine D₂ het sterkst toenam bij belichting met UV-B. In champignons nam het gehalte toe van 2.2 tot 12.5 $\mu\text{g}/\text{g}$ droge stof en in shiitake van 1.26 tot 6.58 $\mu\text{g}/\text{g}$ droge stof.

Jasinghe & Perera (2005) bestudeerden de toename van het vitamine D₂ gehalte bij 2 uur durende belichting met UV-A (golflengte 315-400 nm). Zij toonden aan dat de oriëntatie van de paddenstoelen t.o.v. de UV lamp belangrijk was. Een goede verhoging van het vitamine D₂ gehalte werd alleen bereikt als de paddenstoelen met de lamellen naar de lamp gericht waren. Door op deze manier te belichten konden zij het vitamine D₂ gehalte laten toenemen tot 23 $\mu\text{g}/\text{g}$ droge stof in shiitake, tot 12.5 $\mu\text{g}/\text{g}$ droge stof in champignon en tot 45 $\mu\text{g}/\text{g}$ droge stof voor oesterzwam. Zij vermoeden dat het relatief lage gehalte aan vitamine D₂ in de behandelde champignons te maken zou hebben met

het feit dat zij champignons met gesloten hoeden hebben gebruikt. In tegenstelling tot de shiitake en oesterzwammen zijn de lamellen dus niet of veel minder blootgesteld aan UV licht.

Jasinghe & Perera (2006) vergeleken in vervolg op hun eerste studie het effect van zowel UV-A, UV-B als UV-C. De resultaten van deze studie gaven aan dat een belichting van 1 uur met UV-B de beste resultaten gaf. In deze experimenten konden zij het vitamine D₂ gehalte laten toenemen tot 54 µg/g droge stof in shiitake, tot 56 µg/g droge stof in champignon en tot maar liefst 184 µg/g droge stof voor oesterzwam.

Teichmann *et al.* (2007) bestudeerden het effect van belichting met UV-C of UV-A op de toename van het gehalte aan vitamine D₂. In tegenstelling tot Jasinghe & Perrera (2005) vonden zij voor champignon nauwelijks een toename van vitamine D₂ bij belichting gedurende 2 uur met UV-A. Bij belichting gedurende 2 uur met UV-C vonden zij in champignon een toename van 0.07 tot 10.14 µg/g droge stof. Zij wijten de verschillen in resultaten aan verschillende analytische methoden en andere manier van belichten. Jasinghe & Perera (2005) gebruikten het gehele golflengtebereik voor de belichtingsexperimenten terwijl Teichmann *et al.* (2007) uitsluitend een golflengte van 366 nm gebruikten.

Jasinghe *et al.* (2007) bestudeerden de kinetiek van de omzetting van ergosterol naar vitamine D₂ in champignon, oesterzwam en shiitake onder invloed van UV-A belichting. De snelheid waarmee het ergosterol werd omgezet in vitamine D₂ was het hoogst in oesterzwam (*Pleurotus ostreatus*) en het laagst in champignon. Voor shiitake lag de omzettingssnelheid tussen die van oesterzwam en champignon is. De omzetting in shiitake van ergosterol naar vitamine D₂ nam lineair toe met de tijdsduur van belichting en was afhankelijk van het vochtgehalte van de paddenstoelen en van de temperatuur van de paddenstoelen gedurende de bestraling.

Samenvattend kan men zeggen dat er voldoende mogelijkheden zijn om het vitamine D gehalte in paddenstoelen enorm te verhogen. Bij een aanbevolen dagelijkse inname van 2.5 tot 10 µg/dag (Gezondheidsraad, 2000), kan 100 gram UV belichte paddenstoelen in principe gemakkelijk 50-100% van de dagelijkse behoefte voldoen. Er zijn echter nog een tweetal onduidelijkheden. Zo lijkt er wetenschappelijke onenigheid te bestaan met betrekking tot de vraag of vitamine D₂ en vitamine D₃ beiden de even efficiënt het vitamine D gehalte van het menselijk lichaam verhogen (Houghton L.A. and Vieth, 2006). Volgens Trang *et al.* (1998) wordt het in dierlijke bronnen aanwezige vitamine D₃ efficiënter opgenomen in het maagdarmkanaal dan het in paddenstoelen aanwezige vitamine D₂. Dat wordt echter tegengesproken door het onderzoek van Holick *et al.* (2008), waarin wordt gesteld dat vitamine D₂ en D₃ even effectief zijn.

Een tweede vraag betreft de hoeveelheid vitamine D die de mens dagelijks nodig heeft. Ook daar lijkt wetenschappelijke onenigheid over te bestaan (Lamberg-Allart, 2006, Huh & Gordon, 2008). De Gezondheidsraad (2000) heeft aanbevolen dagelijkse hoeveelheden vastgesteld die min of meer overeenkomen met waarden die in de VS en in de Scandinavische landen worden gehanteerd (zie Bijlage 2).

Een derde vraag betreft het risico op een overdosis aan vitamine D. De Gezondheidsraad (2000) refereert, ter illustratie van de toxische potentie van deze stof, aan het gegeven dat vitamine D in concentraties van 1000 microgram per gram preparaat een effectief ratten- en muizengif is. Bij te hoge inname van vitamine D kan een te hoge serumcalciumspiegel ontstaan, die op lange termijn resulteert in afzetting van calciumzouten in zachte weefsels zoals nieren, hart en bloedvaten. Daarnaast veroorzaakt vitamine D vergiftiging een algehele malaise, slaperigheid, verminderde eetlust en obstipatie. Er zijn echter maar weinig gevallen van vitamine D vergiftiging bekend. In Nederland zijn geen gevallen bekend. De weinige gevallen die bekend zijn, zijn afkomstig uit de VS en zijn vaak het gevolg van fouten bij het verrijken van voedingsmiddelen.

Vanwege de kans op overdosering met negatieve gevolgen voor de gezondheid, is in Nederland de toevoeging van vitamine D vooralsnog verboden (met enige uitzonderingen zoals margarine, Kloosterman *et al.*, 2007). Volgens de Europese Commissie belemmert deze wettelijke bepaling in Nederland het vrije verkeer van goederen binnen de EU. Op Europees niveau zijn de wettelijke regels voor toevoeging van vitaminen (en mineralen) aan levensmiddelen, beschreven in verordening (EG) nr. 1925/2006. Deze verordening bevat een positieve lijst met vitaminen en mineralen en vitamine D is een van de vitaminen op deze positieve lijst. Op termijn zal de Nederlandse overheid haar beleid op deze Europese verordening aanpassen. De verordening stelt echter ook dat er bij de consument geen verwarring mag ontstaan over de natuurlijke voedingswaarde van verse levensmiddelen. Om die reden verbiedt de verordening de toevoeging van vitaminen en mineralen aan onbewerkte producten zoals groenten en fruit. Bij het verhogen van het vitamine D gehalte in paddenstoelen door belichting met UV ontstaat echter een interessant vraagstuk. Technisch gesproken wordt er immers niets toegevoegd. Indien de paddenstoelen niet in het donker maar in de buitenlucht (onder invloed van UV-straling door de zon) worden geteelt, zou het vitamine D gehalte op min of meer natuurlijke wijze verhoogd worden.

In juni 2008 heeft Dole Food Company, Inc. in de Verenigde Staten Portobello paddenstoelen met een verhoogd gehalte aan vitamine D (meer dan 100% van de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid per porties) op de markt gebracht (<http://dolemushrooms.com/>).

Mineralen

Tabellen 9, 10 en 11 geven overzichten van de literatuurwaarden voor de gehalten aan mineralen van respectievelijk champignon, oesterzwam en shiitake. Bijlage 1 vergelijkt de gehalten aan mineralen die aanwezig zijn in paddenstoelen (champignons, oesterzwammen of shiitake) met die in vlees en groenten. Paddenstoelen bevatten aanzienlijke hoeveelheden kalium, fosfor, koper en ijzer, maar relatief weinig calcium en natrium. Kalium en fosfor zijn zowel bij champignon als bij oesterzwam en shiitake de mineralen met de hoogste concentratie. Vetter (2003b) onderzocht het natriumgehalte van 37 paddenstoelensorten die in Hongarije in de vrije natuur werden verzameld en kwam tot de conclusie dat alle onderzochte paddenstoelensorten lage en stabiele natriumgehalten hadden. Het fosforgehalte van champignon ligt vaak hoger dan dat van oesterzwammen of shiitake.

In vergelijking tot de meeste groenten en vlees hebben paddenstoelen een hoog gehalte aan koper. Het kopergehalte van champignons komt min of meer overeen met dat in peulvruchten. Het kopergehalte van oesterzwammen en shiitake ligt iets lager. Het lichaam heeft koper nodig voor de aanmaak van bloed, bindweefsel en botweefsel. Daarnaast is koper als onderdeel van enzymen betrokken bij het goed functioneren van het immuunsysteem en voor de bloedstolling. Afhankelijk van de adviserende organisatie hebben volwassenen tussen de 0,9 en 3,5 milligram koper per dag nodig. Voor kinderen gelden lagere aanbevelingen, vanaf 0,2 milligram per dag voor zuigelingen, oplopend tot de waarde voor volwassenen. Met een 100 grams portie champignons wordt dus al in een aardig deel van de dagelijkse behoefte voorzien.

De hoeveelheid mineralen in commercieel geteelde paddenstoelen zijn relatief constant. In de vrije natuur verzamelde paddenstoelen kunnen echter nogal verschillen in mineralengehalte. Verschillende onderzoekers hebben aangetoond dat paddenstoelensorten hoge concentraties van de elementen lood, kwik, cesium, selenium, cadmium en arseen kunnen accumuleren (Byrne et al., 1995; Kalac & Svoboda, 2000; Larsen et al., 1998; Rácz & Oldal, 2000; Slekovec-Golob & Irgolic, 1996; Stijve & Bourqui, 1991 en Stijve et al., 1998). Soeroes *et al.* (2005) onderzochten de opname door champignons van arseen uit de voedingsbodem. Zij teelden champignons op normale compost en op compost waaraan 1 gram arseen per kg compost was toegevoegd. In vergelijking tot de normale compost bevatte de champignons van de vervuilde compost een ruim 40 keer hoger gehalte aan arseen. Bressa et al. (1988) onderzochten de opname door oesterzwam van kwik. Zij voegen daarvoor 0.05, 0.1 en 0.2 mg kwik/kg toe aan een substraat bestaande uit stro, maiskolven, zaagsel en kalk. De hoogste concentraties kwik hadden een negatieve invloed op de groeisnelheid van het mycelium. In de oesterzwammen die van de substraten geoogst werden, werd een kwikgehalte gemeten dat tot 140 keer hoger was dan in het substraat (alles uitgedrukt op droge stof basis).

Dit alles illustreert dat bij de bereiding van substraat voor de paddenstoelenteelt er goed rekening moet worden gehouden met het gehalte aan zware metalen in de grondstoffen. In de praktijk blijkt bij de geteelde soorten zoals champignon, oesterzwam en shiitake het gehalte aan cadmium, lood, kwik en arseen echter laag te zijn en deze paddenstoelen voldoen aan de EU normen. In het wild verzamelde paddenstoelen kunnen soms te hoge waarden aan zware metalen hebben (Vetter *et al.*, 2005).

Het effect van conservering van champignons op de mineralengehalten werd bestudeerd door Coşkuner & Özdemir (1997) en Vetter (2003). Voorafgaand aan conservering worden champignons geblancheerd. Vervolgens worden ze in een conserveringsvloeistof gebracht. Dat heeft als effect dat sommige mineralen in gehalte verlaagd worden en door de conserveringsvloeistof uit het champignonweefsel worden opgenomen. Omgekeerd kunnen andere mineralen vanuit de conserveringsvloeistof in het champignonweefsel worden opgenomen.

Coşkuner & Özdemir (1997) onderzochten het effect van blancheren in een oplossing van 0.5 g/L natriumbisulfiet, 0.5 g/L citroenzuur en 1.0 g/L keukenzout en conserveren in 0.5 g/L citroenzuur en 1.0 g/L keukenzout met of zonder 0.5 g/L ascorbinezuur. Zij bestudeerden het koper, ijzer, zink en mangaan gehalte van de champignons en vonden dat na het blancheren de gehalten aan ijzer, zink en mangaan ongeveer 35% waren gedaald, maar dat het gehalte aan koper slechts 4% gedaald was. Aanwezigheid of afwezigheid van ascorbinezuur had geen effect op deze resultaten.

Vetter (2003) vergeleek de mineralengehalten van verse in Hongarije geproduceerde champignons met die van geconserveerde champignons die vanuit het Verre Oosten in Hongarije waren geïmporteerd. Zijn resultaten lieten

Champignons. Waarden per 100 gram versgewicht (mg)	Van der Meer (1987) ¹	Vetter (1989) ²	Thimmel & Kluthe (1996) ³	Coşkuner & Özdemir, (1997) ⁴	Mattila et al. (2001) ⁵	Vetter (2003) ⁶	Demirbas, 2003 ⁷	Vetter et al. (2005) ⁸	USDA (2007) ⁹	Spreading
Calcium, Ca	6-9	12.3 – 28.3	0.4	n.b.	1.0 – 1,9	8.54-8.06	19.0	13.9 – 18.1	3	0.4 – 28.3
IJzer, Fe	0.7-2.0	0.76 – 1.28	0.8	0.74	0.22 – 0.37	0.48-0.42	n.b.	0.58 - 1.12	0.5	0.22 – 1.28
Magnesium, Mg	11-16	9.1 – 14.5	n.b.	n.b.	10 – 11	10.6-10.4	n.b.	10.9 – 14.0	9	9.0 – 16
Fosfor, P	100 – 150	127.8 – 355.3	n.b.	n.b.	98 – 101	108.1-97.7	69.0	91.3-121.5	86	69 – 355.3
Kalium, K	350 – 490	355.3 – 473.7	n.b.	n.b.	359 – 364	366.6-370.7	n.b.	371.8 – 397.9	318	318 – 473.7
Natrium, Na	4 - 15	5.97 – 8.59	n.b.	n.b.	3.2 – 3.4	8.28-7.96	n.b.	6.99 – 9.42	5	3.2 – 15
Zink, Zn	0.22 – 0.53	0.50 – 0.93	0.5	1.14	0.37 – 0.51	0.58-0.58	0.14	0.56 – 0.65	0.52	0.14 – 1.14
Koper, Cu	0.14 – 0.64	0.26 – 0.62	n.b.	0.49	0.22 – 0.27	0.56-0.61	0.07	0.292 -- 0.396	0.32	0.07 – 0.64
Mangaan, Mn	0.08 – 0.13	0.061 - 0.084	0.1	0.085	0.040 – 0.042	0.055– 0.057	0.003	0.065 – 0.083	0.047	0.003 – 0.13
Selenium, Se	0.01	n.b.	n.b.	n.b.	0.011 – 0.025	0.018-0.035	n.b.	0.023 – 0.027	9.3	0.018 – 9.3
Cadmium, Cd	0.0008 – 0.011	0.002 – 0.003	n.b.	n.b.	0.0003 – 0.00075	0.002-0.001	0.001	0.002	g.g.	0.0003 – 0.011
Arseen, As	0.003 – 0.015	0	n.b.	n.b.	n.b.	<0.0005	n.b.	0.003 – 0.005	g.g.	0.0005 – 0.015
Kwik, Hg	0.0003 – 0.0057	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0.001	0.001	n.b.	g.g.	0.001
Chroom, Cr	n.b.	0.010 – 0.014	n.b.	n.b.	n.b.	0.007-0.008	n.b.	0.011 – 0.031	g.g.	0.007 – 0.031
Aluminium, Al	n.b.	0.40 – 0.74	n.b.	n.b.	n.b.	0.17 – 0.2	n.b.	0.410 – 0.457	g.g.	0.17 – 0.74

Tabel 9. Overzicht van gerapporteerde waarden van mineralen in champignon (n.b.= niet bepaald, g.g.= geen gegevens)

⁽¹⁾ Gebaseerd op de Duitse en Nederlandse voedingsmiddelentabellen, aangevuld met literatuurstudies. ⁽²⁾ Waarden uit een rapport waarin mineralengehalten worden vergeleken van hoedjes en steeltjes van champignons, geteeld op compost of op ongecomposteed stro. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof. Hoogste en laagste waarden zijn weergegeven. ⁽³⁾ Waarden afkomstig uit een database die door de auteurs werd samengesteld op basis van literatuurwaarden en gegevens die door telers, handelshuizen en levensmiddel-laboratoria werden aangeleverd. Geen eigen metingen. ⁽⁴⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de effecten van conserveren op het mineralengehalte van champignons. Analyses werden door de auteurs verricht op champignons geteeld in Turkije. ⁽⁵⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de voedingswaarde van commercieel geteelde paddenstoelen in Finland. ⁽⁶⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de effecten van conserveren op het mineralengehalte van champignons (rassen 333 en 222) geteeld in Hongarije. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, op basis van het door de auteurs aangegeven droge stof gehalte. Hoogste en laagste waarden zijn weergegeven. ⁽⁷⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de gehalten aan zware metalen in wilde paddenstoelen en geteelde champignons uit het oosten van het Zwarte Zee gebied. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof. ⁽⁸⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de gehalten aan mineralen in (hoedjes en steeltjes van) champignons, oesterzwammen en shiitake, geteeld in Hongarije. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof. Hoogste en laagste waarden zijn weergegeven. Bestudeerde champignonrassen waren D-13, K-23, K-7 en de bruine variëteit nr. 158. ⁽⁹⁾ Waarden afkomstig uit de USDA database die werd samengesteld op basis van literatuurwaarden en gegevens uit rapporten. Geen eigen metingen.

Oesterzwammen. Waarden per 100 gram versgewicht (mg)	Vetter (1989) ¹	Thimmel & Kluthe (1996) ²	Tshinyangu (1996) ³	Mattila et al. (2001) ⁴	Demirbas, 2003 ⁵	Vetter et al. (2005) ⁶	Çağlarımak, (2007) ⁷	USDA (2007) ⁸	Spreading
Calcium, Ca	8.90 – 10.56	0.4	10.17 – 10.83	0.1	n.b.	8.2 – 8.5	2.37 - 8,12	3	0.4 - 10.83
IJzer, Fe	1.51 – 1.37	g.g.	0.67 – 0.82	0.43	n.b.	1.56 – 1.20	0.79 - 1.48	1.33	0.67 – 1.56
Magnesium, Mg	12.38 – 19.01	g.g.	17.83 – 19.33	16	n.b.	13.7 – 9.3	15.77 – 22.19	18	12.38 – 22.19
Fosfor, P	61.76 - 119.8	g.g.	79.03 – 88.00	111	n.b.	69.8 – 29.5	71.63 – 99.85	120	61.76 – 120
Kalium, K	272.2 - 398.8	g.g.	261.5 – 286.0	298	n.b.	307.4 – 213.9	222.5 – 268.7	420	222.5 – 420
Natrium, Na	4.38 – 5.44	g.g.	7.23 - 8.77	1	n.b.	2.69 – 2.65	75.08 – 77.37	18	2.69 – 77.37
Zink, Zn	0.489 - 0.802	0.6	1.075 – 1.170	0.66	0.196	0.766 – 0.365	0.931 – 1.118	0.77	0.020 – 1.118
Koper, Cu	0.162 – 0.219	g.g.	0.153 - 0.201	0.067	0.051	0.187 – 0.202	n.b.	0.244	0.051 – 0.244
Mangaan, Mn	0.071 – 0.113	0.2	0.100 – 0.139	0.089	0.105	0.096 – 0.062	n.b.	0.113	0.071 – 0.139
Selenium, Se	n.b.	g.g.	n.b.	0.0012	n.b.	0	n.b.	2.6	0-2.6
Cadmium, Cd	0.002 – 0.006	0.0135	n.b.	0.003	0.006	0.009	n.b.	g.g.	0.002 – 0.0135
Arseen, As	0	g.g.	n.b.	n.b.	n.b.	0.001 – 0.003	n.b.	g.g.	0.000 – 0.003
Chroom, Cr	0.007 – 0.009	g.g.	n.b.	n.b.	n.b.	0.008 – 0.009	n.b.	g.g.	0.007 – 0.009

Tabel 10. Overzicht van gerapporteerde waarden van mineralen in oesterzwam.

⁽¹⁾ Waarden uit een rapport waarin mineralengehalten worden vergeleken van hoedjes en steeltjes van oesterzwammen, geteeld op strosubstraat. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof. Hoogste en laagste waarden zijn weergegeven.

⁽²⁾ Waarden afkomstig uit een database die door de auteurs werd samengesteld op basis van literatuurwaarden en gegevens die door telers, handelshuizen en levensmiddel-laboratoria werden aangeleverd. Geen eigen metingen.

⁽³⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar het effect van substraat op de voedingswaarde van oesterzwammen. Studie werd uitgevoerd met een *Pleurotus ostreatus* var. *Columbinus* isolaat uit de collectie van de Katholieke Universiteit Leuven. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof. Hoogste en laagste waarden zijn weergegeven

⁽⁴⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de voedingswaarde van commercieel geteelde paddenstoelen in Finland.

⁽⁵⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de gehalten aan zware metalen in wilde paddenstoelen en geteelde champignons uit het oosten van het Zwarte Zee gebied. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof.

⁽⁶⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de gehalten aan mineralen in (hoedjes en steeltjes van) champignons, oesterzwammen en shiitake, geteeld in Hongarije. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof. Hoogste en laagste waarden zijn weergegeven. Bestudeerde oesterzwamrassen waren H-7 en nr. 357.

⁽⁷⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de voedingswaarden van geteelde paddenstoelen uit Turkije. De waarden zijn afkomstig van de oesterzwamrassen *Sylvan HK35* en een niet nader omschreven soort *Pleurotus sajor-caju*. Weergegeven zijn de hoogste en de laagste waarde.

⁽⁸⁾ Waarden afkomstig uit de USDA database die werd samengesteld op basis van literatuurwaarden en gegevens uit rapporten. Geen eigen metingen.

Shii take Waarden per 100 gram versgewicht (mg)	Thimmel & Kluthe (1996) ¹	Mattila et al. (2001) ²	Çağlarirmak, (2007) ³	Vetter (2005) ⁴		USDA (2007) ⁵	Spreiding
				hoed	steel		
Calcium, Ca	0.1	0.4	2.54 -11.64	11.48	13.30	2	0.1 – 13.3
IJzer, Fe	g.g.		0.40 – 0.72	0.83	0.96	0.53	0.40 – 0.83
Magnesium, Mg	g.g.	13	12.88 – 32.81	13.41	14.20	19	12.88 – 32.81
Fosfor, P	g.g.	73	70.06 – 98.67	74.12	37.72	111	37.7 - 111
Kalium, K	g.g.	224	161.9 – 271.9	232.11	118.41	326	118.4 - 326
Natrium, Na	g.g.	1.1	43.54 – 85.3	4.39	4.54	5	1.1 – 85.3
Zink, Zn	0.9	0.77	0.891 – 1.155	0.82	0.50	0.96	0.50 – 1.16
Koper, Cu	g.g.	0.044	n.b.	0.13	0.08	0.163	0.04 – 0.163
Mangaan, Mn	0.3	0.174	n.b.	0.21	0.17	0.223	0.17 – 0.3
Selenium, Se	g.g.	0.00033	n.b.	0	0	6.3	0 – 6.3
Cadmium, Cd	0.0145	0.01	n.b.	0.01	0	g.g.	0 – 0.145
Arseen, As	g.g.	n.b.	n.b.	0.02	0.01	g.g.	0.01-0.02
Chroom, Cr	g.g.	n.b.	n.b.	0.01	0.01	g.g.	0.01

Tabel 11. Overzicht van gerapporteerde waarden van mineralen in shiitake.

⁽¹⁾ Waarden afkomstig uit een database die door de auteurs werd samengesteld op basis van literatuurwaarden en gegevens die door telers, handelshuizen en levensmiddel-laboratoria werden aangeleverd. Geen eigen metingen.

⁽²⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de voedingswaarde van commercieel geteelde paddenstoelen in Finland.

⁽³⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de voedingswaarden van geteelde paddenstoelen uit Turkije. De waarden zijn afkomstig van 4 opeenvolgende vluchten van shiitake ras Sylvan 4080. Weergegeven zijn de hoogste en laagste waarde.

⁽⁴⁾ Waarden afkomstig uit een studie naar de gehalten aan mineralen in (hoedjes en steeltjes van) champignons, oesterzwammen en shiitake, geteeld in Hongarije. Waarden omgerekend van mg/g droge stof naar mg/g versgewicht, onder aanname van 10% droge stof. Hoogste en laagste waarden zijn weergegeven. Bestudeerde shiitake rassen waren ST 66 en ST 67.

⁽⁵⁾ Waarden afkomstig uit de USDA database die werd samengesteld op basis van literatuurwaarden en gegevens uit rapporten. Geen eigen metingen. De weergegeven waarden hebben betrekking op shiitake na roerbakken i.p.v. op verse shiitake.

zien dat het gehalte aan cadmium, mangaan en zink in de geconserveerde champignons niet wezenlijk verschilde van het gehalte in verse champignons. De gehalten aan koper, kalium, magnesium, fosfor en selenium waren echter aanzienlijk lager in de geconserveerde champignons. De gehalten aan chroom, nikkel en kwik waren daarentegen hoger. Door de aanwezigheid van keukenzout in de conserveringsvloeistof was het natriumgehalte aanzienlijk hoger in de geconserveerde champignons. De resultaten van Coşkuner & Özdemir (1997) en Vetter (2003) lijken elkaar daarmee tegen te spreken. In de studie die Vetter (2003) heeft uitgevoerd, is echter niet zeker of de mineralensamenstelling van de in Hongarije geteelde champignons dezelfde is geweest als die van de in het Verre Oosten geteelde en geconserveerde champignons.

Paddenstoelen als bron van selenium

Selenium is een belangrijk sporenelement in de voeding, maar is giftig in hoge concentraties (Rayman, 2000; Finley, 2007). Het maakt in de lichaamcellen deel uit van seleno-eiwitten zoals glutathion peroxidase en jodothyronine deijodinasen (Burk *et al.*, 2003). Deze eiwitten spelen een rol als antioxidantia en als enzymen die betrokken zijn bij de productie van actief thyroid hormoon. Daarnaast is selenium nodig voor het goed functioneren van het immuunsysteem, heeft het positieve invloed op mannelijke vruchtbaarheid, heeft het invloed op de werking van je

hersenen, verkleint het de kans op hart en vaatziekten en heeft het een beschermend effect tegen kanker (Rayman, 2000). In een aantal studies is een relatie aangetoond tussen een tekort aan selenium en een verhoogd risico op prostaatkanker (Brooks *et al.*, 2001; Helzlsouer *et al.*, 2000; , Li *et al.*, 2004; van den Brandt *et al.*, 2003; Yoshizawa *et al.*, 1998). Daarnaast is in een aantal studies een positief effect gevonden van de toediening van selenium aan patiënten met kanker aan lever (Yu *et al.*, 1999), dikke darm (Clark *et al.*, 1996) of de longen (Knekt *et al.*, 1998). Het positieve effect was sterker naarmate de patient een groter tekort aan selenium had en het effect trad vooral bij mannelijke patiënten op. Het Voedingscentrum (www.voedingscentrum.nl) acht een relatie tussen selenium in de voeding en de kans op prostaatkanker zeer waarschijnlijk.

Er waren overigens ook studies waar geen effect van selenium op kanker werd aangetoond (Coates *et al.*, 1988; Goodman *et al.*, 2001; Willett *et al.*, 1983). Een aantal van deze studies betrof typisch vrouwelijke vormen van kanker, zoals borstkanker (Dorgan *et al.*, 1998; Hunter *et al.*, 1990).

Deze kanker-remmende werking hangt mogelijk samen met de antioxidant werking van veel selenium bevattende lichaamseigen stoffen. De kankerremmende werking zou ook te maken kunnen hebben met de positieve invloed die selenium heeft op de werking van het immuun-systeem (Rayman, 2000; Finley, 2007).

Voeding in Europese landen bevat relatief weinig selenium in vergelijking tot voeding in de Verenigde Staten van Amerika. Dat wordt veroorzaakt door de lagere concentratie selenium in de bodem van Europese landen. Het Voedingscentrum (www.voedingscentrum.nl) beveelt een inname van 50 – 150 µg selenium/dag aan, met een bovengrens van 200 µg/dag. In de meeste Europese landen ligt de dagelijkse inname echter onder de aanbevolen inname. De gemiddelde inname per dag door een volwassene in België is 28-61 µg, in Nederland 40-54 µg, in Duitsland 55 µg, in Frankrijk 29-43 µg en in Engeland 34 µg (Stabnikova *et al.*, 2008 en de daarin aanwezige referenties). Ter vergelijking, in de VS is de gemiddelde inname door een volwassene 80-150 µg. Vooral vegetariërs (Roekens *et al.*, 1986) en mannen ouder dan 70 (Voedingscentrum) hebben vaker te kampen met een tekort. Met betrekking tot selenium zijn slechts weinig goede bronnen beschikbaar.

Een overzicht van de vormen waarin selenium in voedsel voorkomt wordt gegeven door Finley (2007). Selenium in het voedsel komt voor in een aantal verschillende organische en anorganische vormen, zoals selenomethionine (plantaardige en dierlijke bronnen), selenocysteïne (voornamelijk dierlijke bronnen), selenaat en seleniet (voornamelijk in voedings supplementen). Selenaat en seleniet worden gemakkelijk omgezet naar selenide (H₂Se). Selenide is de stof die door het lichaam gebruikt wordt als uitgangsstof om allerlei selenium bevattende stoffen te synthetiseren. Van het selenium dat in het voedsel zit, wordt alleen selenomethionine direct door het lichaam gebruikt om seleniumhoudende eiwitten te maken. Het overschot aan seleniummethionine en alle andere vormen van seleniumhoudende stoffen worden herleid tot selenide.

Selenide wordt ofwel door het lichaam gebruikt om stoffen te maken die kunnen worden uitgescheiden ofwel om seleniumhoudende eiwitten te maken. Voorafgaand aan uitscheiding door het lichaam wordt selenide gemethyleerd tot methylselenol, dimethylselenide en trimethylselenonium. Dimethylselenide wordt via de adem en trimethylselenonium via de urine uitgescheiden. Ip & Ganther (1990) suggereren dat methylselenol het belangrijkste anti-kanker metaboliet is. Planten, zoals knoflook, bevatten Se-methyl selenocysteïne dat direct kan worden omgezet tot methylselenol. Volgens Ip & Lisk (1996) en Ip *et al.* (2000) is dat de reden dat deze planten effectiever zijn in het verkleinen van de kans op kanker. Daaruit vloeit voort dat de chemische vorm waarin selenium met het voedsel geconsumeerd wordt, invloed heeft op de effectiviteit om kanker te voorkomen.

Champignons, oesterzwam en shii take zijn een goede bron van selenium (qua gehalte min of meer vergelijkbaar met vlees). Vetter & Lelley (2004) bepaalden het seleniumgehalte van een aantal champignonrassen die geteeld werden in Hongarije (Kerencsend, rassen K-23, 158, K-7, U3, D-13, 229 en 332) of Duitsland (Krefeld, Sylvan A15, Sylvan 608, Le Lion C9). Indien hun meetwaarden worden omgerekend mg/g droge stof naar mg/g versgewicht (onder aanname van 10% droge stof), werden gehalten van 0.005-0.056 mg/100 g verse champignons gevonden.

Piepponen *et al.* (1983) bepaalden het seleniumgehalte van een groot aantal in het wild verzamelde paddenstoelsoorten en van geteelde champignon en vonden een gehalten tussen 0.45 en 1.2 mg/kg droge stof in champignon. Omgerekend naar versgewicht (onder aanname van 10% droge stof) kom je op een gehalten tussen 0.0045 en 0.012 mg/100 gram verse champignons. In de in het wild verzamelde paddenstoelen hebben een hoger seleniumgehalte. Vooral eekhoorntjesbrood (*Boletus edulis*) bevatte veel selenium (tussen 5.9 en 37 mg/kg droge stof).

Amerikaans onderzoek heeft aangetoond dat het mogelijk is om het seleniumgehalte van champignons te beïnvloeden door selenium in de teelt toe te voegen via het sproeiwater (Hartman *et al.*, 2000). Het seleniumgehalte

van de champignons kan daardoor zodanig worden verhoogd, dat met de consumptie van 1 portie van 84 gram champignons, 50-70 µg selenium wordt geconsumeerd. Dat is ruim binnen de dagelijks aanbevolen hoeveelheid. Diverse onderzoekers hebben getracht om vast te stellen in welke chemische vormen selenium in champignons aanwezig is (Díaz Huerta *et al.*, 2006; Gergely *et al.*, 2006). Dat is belangrijk omdat de biologische beschikbaarheid voor en opname door het lichaam afhankelijk is van de chemische vorm waarin selenium aanwezig is (Thomson, 1998). Het vaststellen van de precieze chemische vorm is een uitdaging omdat seleniumhoudende stoffen in lage concentratie aanwezig zijn en lastig te onderscheiden zijn van de normale zwavelhoudende versies (voor een overzicht van de technische problemen zie Michalke (2003)). Díaz Huerta *et al.* (2006) analyseerden de chemische vormen waarin selenium aanwezig is in normale champignons en in met selenium verrijkte champignons. Zij toonden met hun analysemethode aan dat selenium in champignons aanwezig is in de vorm van selenomethionine en een aantal nog onbekende vormen van selenium. In normale champignons was selenomethionine aanwezig als vrij aminozuur, terwijl het selenomethionine in verrijkte champignons voornamelijk gebonden was in eiwitten. Gergely *et al.* (2006) gebruikte een andere analytische methode en was in staat om in selenium-verrijkte champignons naast 3 onbekende vormen van selenium, selenomethionine, selenocystine, methyl-selenocysteïne en anorganisch selenium aan te tonen.

Biologische beschikbaarheid van selenium in paddenstoelen blijkt relatief laag te zijn. Biologische beschikbaarheid wordt bepaald door het seleniumgehalte in het bloedplasma te meten en door de activiteit van het enzym glutathion peroxidase te meten. Mutanen (1986) onderzocht de biologische beschikbaarheid van selenium in eekhoortjesbrood (*Boletus edodes*) door jonge Finse vrouwen (leeftijd 20-35 jaar) gedurende 4 weken dagelijks porties paddenstoel te geven waarin 150 µg selenium aanwezig was. Als controle behandelingen gebruikte ze selenium verrijkt tarwe en natriumselenaat. Uit haar resultaten concludeerde ze dat de biologische beschikbaarheid van selenium uit met selenium verrijkt tarwe twee maal zo hoog was als die van selenium uit natriumselenaat. Daarnaast concludeerde ze dat de biologische beschikbaarheid van selenium uit eekhoortjesbrood laag was. Selenium uit eekhoortjesbrood wordt blijkbaar op een andere manier door het menselijk lichaam gemetaboliseerd dan selenium uit tarwe.

Chansler *et al.* (1986) vergeleken, met ratten als proefdiermodel, de biologische beschikbaarheid van selenium in para-noten (de grote noten in studentenhaver) en paddenstoelen (geteelde champignons en in het wild verzameld eekhoortjesbrood) met natriumseleniet. Om de effecten goed te kunnen meten werden de ratten voorafgaand aan het experiment gevoed met een selenium-deficiënt voer. Ook in deze studie werd biologische beschikbaarheid bepaald door het seleniumgehalte in het bloedplasma te meten en door de activiteit van het enzym glutathion peroxidase te meten. In vergelijking met para-noten en natriumseleniet bleek de biologische beschikbaarheid van selenium in de beide paddenstoelsoorten laag (ongeveer 5% van de biologische beschikbaarheid van natriumseleniet).

Biologische beschikbaarheid blijkt echter niet altijd een goede voorspellende waarde te hebben met betrekking tot beschermende effecten tegen kanker. Zo is selenium uit selenium-verrijkte broccoli biologisch minder goed beschikbaar voor het lichaam dan selenium in zoutvorm of selenium in selenium-methionine. Selenium-verrijkte broccoli blijkt echter veel effectiever dan seleniumzout of normale broccoli om het ontstaan van chemisch-geïnduceerde kanker in proefdieren te remmen (Finley, 2003). Bio-beschikbaarheid is dus geen goede indicator voor het vermogen om het ontstaan van kanker te remmen.

Proefdieronderzoek laat zien dat met selenium-verrijkte champignons een remmend effect hebben op chemisch geïnduceerde borstkanker. Spolar *et al.* (1999) maakten voor hun proefdieronderzoek gebruik van vrouwtjes ratten, waarbij m.b.v. de stof 7,12-dimethylbenz[a]anthracene (DMBA) borstkanker werd opgewekt. Vervolgens bekeken zij in hoeverre toevoeging van normale champignons, met selenium verrijkte champignons of natriumseleniet aan het dieet invloed had op het ontstaan van borstkanker. Het normale dieet bevatte 0.1 mg selenium per kg, de met selenium verrijkte dieëten bevatten beide 1 mg selenium per kg. Bij het dieet met normale champignons als supplement, werd in de proefdieren evenveel borstkanker gevonden als in de controle. Bij de dieëten die met selenium waren verrijkt, werd ongeveer de helft minder borstkanker gevonden. De met selenium-verrijkte champignons bleken daarbij even effectief als het natriumseleniet.

Op dit moment zijn nog nergens ter wereld champignons met een verhoogd seleniumgehalte op de markt gebracht. Finley (2005) geeft een overzicht van de criteria waaraan verrijkte voedingsmiddelen moeten voldoen m.b.t. het vaststellen of ze inderdaad het risico op kanker verlagen. Hij stelt dat er voldoende selenium-verrijkte kandidaat gewassen zijn geïdentificeerd, maar dat met marketing van dergelijke gewassen op z'n minst gewacht moet worden tot lopende klinische onderzoeken zijn afgerond. Een belangrijk lopend onderzoek is de SELECT-trail (National

Institut of Health, 2004, <http://www.crab.org/select/>). Het Selenium and Vitamin E Cancer Prevention Trial (SELECT) is een onderzoek bedoeld om vast te stellen of selenium en vitamine E helpen om de kans op prostaat kanker te verminderen. Aan deze studie doen ongeveer 35000 mannen in de VS mee. Of dit onderzoek bruikbaar is om een product te ontwikkelen op basis van selenium verrijkte champignons, is niet duidelijk. Daarvoor zal moeten worden aangetoond dat champignons verrijkt kan worden tot reproduceerbare niveau's. Daarnaast zal moeten worden aangetoond dat de juiste chemische vormen van selenium in champignons/ andere paddenstoelen aanwezig zijn.

6 Non-nutriënten in paddenstoelen en mogelijk gezondheidsbevorderende eigenschappen

Vezels; niet verteerbare complexe koolhydraten

In de "Richtlijn voor de vezelconsumptie" die is opgesteld door de Gezondheidsraad (2006) worden voedingsvezels als volgt omschreven: "Voedingsvezels zijn bestand tegen de spijsverteringsenzymen van de mens en worden niet geabsorbeerd in de dunne darm". De aard van voedingsvezels is erg divers. Voedingsvezel is een verzamelnaam voor een groep stoffen. Het kan gaan om polysacchariden zoals cellulose, maar ook om hemicellulosen, glucanen, gommen, lignine, was, cutine, chitine, saponinen, tanninen, etc., etc. In het algemeen hebben specifieke typen voedingsvezel duidelijke fysiologische effecten op het menselijk lichaam; ze versnellen de passage van het voedsel door het maagdarm kanaal, ze vergroten de hoeveelheid ontlasting, ze beïnvloeden de fermentatie in de dikke darm, ze verlagen de concentratie van LDL-cholesterol in het bloed, of ze hebben een gunstig effect op de glucose- en insuline concentraties in het bloed (Gezondheidsraad, 2006 en de daarin vermeldde referenties). De Gezondheidsraad adviseert een consumptie van 14 gram voedingsvezel per 1000 kilocalorieën als zijnde optimaal. Aangezien de energiebehoefte verschilt per persoon, is het lastig om in een getal te vangen hoeveel voedingsvezel men per dag zou moeten eten. Hoeveel calorieën iemand verbruikt, is afhankelijk van geslacht, leeftijd, gewicht, hoeveel hij of zij beweegt en de zwaarte van de inspanning. Het voedingscentrum geeft aan dat de energiebehoefte van mannen tussen de 30 en 50 jaar met een zittend beroep en weinig beweging in de vrije tijd rond de 2500 kilocalorieën per dag ligt. Daaruit valt aft te leiden dat voor dergelijke mannen een dagelijkse consumptie van 35 gram voedingsvezel optimaal zou zijn. Vrouwen van die leeftijd met dezelfde inactieve leefstijl kunnen met gemiddeld 2000 kilocalorieën toe. Zij hebben daardoor voldoende aan 28 gram voedingsvezel. Voor kinderen tot de leeftijd van 13 jaar is de optimale hoeveelheid voedingsvezel lager.

De meeste mensen in Nederland consumeren echter lagere hoeveelheden voedingsvezel dan aanbevolen (Gezondheidsraad, 2006). Volwassen mannen consumeren gemiddeld omstreeks 24-25 gram voedingsvezel per dag. Op basis van hun energie-inname zou een inname van 40 gram echter optimaal zijn. Volwassen vrouwen consumeren ongeveer 20 gram voedingsvezel per dag. Op basis van hun energie-inname zou een inname van 30 gram echter optimaal zijn. Slechts 5 tot 10 procent van de mensen consumeert de optimale hoeveelheid voedingsvezel. Paddenstoelen hebben een relatief lage energie-inhoud en een relatief hoog gehalte aan voedingsvezel (1 tot 4 gram per 100 gram versgewicht, zie Tabellen 2, 3 en 4). Consumptie van paddenstoelen zou dus kunnen bijdragen aan een meer optimale consumptie van voedingsvezels, zonder al te veel extra calorieën binnen te krijgen.

De gunstige gezondheidseffecten van voedingsvezels uit planten worden volgens verschillende onderzoekers in een nog sterkere mate door voedingsvezels uit schimmels bewerkstelligd. Smith *et al.* (2002) en Wasser & Weis (1999) beschrijven effecten op kanker, hart- en vaatziekten, cholesterolgehalten, diabetes, ontstekingen, leverziekten en groei van micro-organismen.

Daarnaast zijn er aanwijzingen uit dierproeven dat juist de consumptie van voedingsvezels uit paddenstoelen gunstige effecten zou kunnen hebben voor de gezondheid, met name het cholesterolgehalte in het bloedserum. Japanse onderzoekers hebben hiervoor ofwel voedingsvezels uit champignon ofwel voedingsvezels uit suikerbiet ofwel cellulosepoeder toegevoegd aan de voeding van ratten en vervolgens gekeken naar het gehalte aan cholesterol in het serum (Fukushima *et al.*, 2000). Daarnaast bestudeerden zij de aanmaak van LDL-cholesterolreceptoren in de lever, als maat voor de snelheid waarmee het LDL-cholesterol (het "slechte cholesterol") uit de bloedbaan kan worden verwijderd. Het totalegehalte aan cholesterol was hoger in het serum van ratten met cellulosepoeder als voedingsvezel dan in het serum van ratten met champignonvezels of suikerbietenvezels. Daarnaast bleek dat in de lever van ratten die suikerbietenvezel of champignonvezel in hun dieet hadden, veel meer receptoren voor LDL cholesterol werden aangemaakt.

Dezelfde Japanse onderzoeksgroep (Fukushima *et al.*, 2001) onderzocht op vrijwel dezelfde manier ook de effecten van voedingsvezel uit de paddenstoelen maitake (*Grifola frondosa*), shiitake (*Lentinula edodes*) en enokitake

(*Flammulina velutipes*). Afhankelijk van de gebruikte paddenstoelsoort vonden zij in meerdere of mindere mate vergelijkbare resultaten als met voedingsvezel uit champignon. Shiitake voedingsvezel was evenwel een van de minder effectieve voedingsvezels.

Champignon bevat in vergelijking met andere paddenstoelsoorten minder voedingsvezel. Cheung (1997) meet in de champignon een voedingsvezelgehalte van 18.2 % van de droge stof en in judasoor (*Auricularia auricula*) en oesterzwam (*Pleurotus sajor caju*) gehalten van resp. 49.7 en 41.4 % van de droge stof. Cheung & Lee (1998) vonden in shiitake (*Lentinula edodes*) en Enokitake (*Flammulina velutipes*) gehalten van resp. 69.5 en 76.8 % van de droge stof.

In hun studies laten Dikeman *et al.* (2005) zien dat ruwweg 23 tot 28 % van de droge stof in champignons uit voedingsvezel bestaat. In (gekookte) shiitake vinden zij een gehalte van 60%. Omstreeks 90% van deze voedingsvezel is onoplosbaar in water terwijl ongeveer 10% wel oplosbaar is.

Cheung (1996) rapporteert daarentegen voedingsvezelgehalten van omstreeks 40% van de droge stof voor shiitake en omstreeks 34% van de droge stof voor oesterzwam.

De verschillen tussen de diverse gerapporteerde gehalten kunnen gedeeltelijk het gevolg zijn van het gebruik van verschillende meetmethoden. Cheung (1997) vergeleek twee meetmethoden (de AOAC methode en de Uppsala methode). In champignons vond hij volgens de AOAC methode een voedingsvezelgehalte van 18.2% van de droge stof en volgens de Uppsala-methode een gehalte van 13.2% van de droge stof.

Aard van de voedingsvezels in paddenstoelen.

Voedingsvezels uit schimmels bestaan uit β -glucanen, chitine en heteropolysacchariden (pectinen, hemicelluloses, poly-uroniden etc., Wasser & Weis, 1999). Een heel groot gedeelte van de voedingsvezel is afkomstig van de celwanden van de champignon. Michalenko *et al.* (1976) beschrijven hoe de celwand van de champignon is opgebouwd wat haar chemische samenstelling is. De 43% van het natgewicht van de gezuiverde celwand bestaat uit chitine, 14% uit loog-oplosbaar glucaan, 27% uit β -glucan, 16% uit eiwit en 1.5% uit lipide. Let wel, dit zijn de waarden voor gezuiverde celwanden en niet voor de hele paddenstoel. Cheung (1996) daarentegen, schat op grond van het feit dat glucose het meest voorkomende suiker is in voedingsvezel van paddenstoelen dat β -glucanen het meest voorkomende polysacchariden zijn in voedingsvezel van paddenstoelen.

Manzi *et al.* (2001) schatten dat het gehalte aan chitine in champignons op 0.6 g/100 g versgewicht, in oesterzwammen op 0.32 g/100 g versgewicht. Het gehalte aan β -glucanen schatten zij veel lager in; 1.4 mg/100 g versgewicht voor champignons en 139.2 mg/100 versgewicht in oesterzwammen. Koken van de paddenstoelen verhoogt het gehalte doordat vocht uit de paddenstoelen treedt.

Chitine en chitosan

Chitine is een polysaccharide dat voorkomt in de celwanden van schimmels en in het exoskelet van geleedpotigen, zoals insecten, kreeftachtigen en spinnen, waarbij het zorgt voor de stevigheid, ook van de pantsers.

Chemisch gezien is chitine vergelijkbaar met cellulose: net als cellulose is chitine erg sterk. Bij chitine is een OH-groep in het glucose monomeer vervangen door een NHC(O)CH₃-groep, chitine is het β 1,4 polymeer van N-acetyl glucosamine. Chitine is de op een na meest voorkomende polymeer op aarde. Uit chitine kan door middel van de-acetylering chitosan (2-amino-2-deoxy- β (1 \rightarrow 4)-D-glucaan) worden gewonnen.

Chitine en chitosan hebben vele toepassingen in de levensmiddelenindustrie (Shahidi & Abuzaytoun 2005). Veel van de gerapporteerde gezondheidsaspecten die met de consumptie samenhangen, hebben echter betrekking op chitosan. Wu *et al.* (2004) en Mol & Wessels (1990) hebben aangetoond dat het gehalte aan chitosan in champignons bijzonder laag is. Het chitine gehalte van champignons is daarentegen ongeveer 7% van het droge stof gehalte (Vetter, 2007), hetgeen bij een vochtgehalte van 90% overeenkomt met 0.7% van het versgewicht. Bij oesterzwammen en shiitake is het chitine gehalte achtereenvolgens ongeveer 4 en 6% van het drooggewicht (Vetter, 2007). Over gezondheidsaspecten van de consumptie van chitine is weinig gepubliceerd.

Glucanen

De β -glucanen staan sterk in de wetenschappelijke belangstelling vanwege hun mogelijke gezondheidseffecten (voor recentie wetenschappelijke overzichtsartikelen zie: Chen & Seviour, 2007; Mantovani *et al.*, 2008 en Moradali *et al.*,

2007). Granen (zoals gerst en haver) vormen een belangrijke bron van β -glucanen, maar ook schimmels bevatten deze polysacchariden. De β -glucanen uit schimmels verschillen echter van de β -glucanen uit granen doordat de suikermoleculen op een andere manier aan elkaar verbonden zijn. Door hun speciale structuur zijn β -glucanen uit schimmels in staat om de werking van het immuunsysteem te beïnvloeden (Chen & Seviour, 2007). De β -glucanen uit schimmels kunnen het immuunsysteem beïnvloeden doordat zij door hun specifieke ruimtelijke structuur kunnen binden aan receptor-moleculen op het oppervlak van specifieke celgroepen van het immuunsysteem. Bij binding van het glucaan, gaat deze cellen bijvoorbeeld een interleukine uitscheiden en zetten zij daardoor het immuunsysteem aan tot een reactie (zie bijv. Bohn & BeMiller, 1995; Brown & Gordon, 2005 of Lull *et al.*, 2005). Met schimmelglucanen is het dus mogelijk om de werking van het immuunsysteem te sturen. De afgelopen decennia zijn onderzoekers bezig geweest om uit te zoeken wat de mogelijkheden zijn. Een van de mogelijkheden betreft het beïnvloeden van het immuunsysteem met glucanen bij therapiën tegen kanker. Smith *et al.* (2002) schreven in opdracht van Cancer Research UK een bijzonder uitgebreid overzicht van de resultaten m.b.t. de bestrijding van kanker met stoffen afkomstig uit paddenstoelen. Minder uitgebreide overzichten worden gegeven door Borchers *et al.* (2004), Chen & Seviour (2007), Monroe (2003) en Wasser (2002). Een bekend voorbeeld van een uit paddenstoelen afkomstig β -glucaan met antitumor-werking is lentinan. In 1969 hebben Ikekawa en collega's aangetoond dat een waterig extract van shiitake paddenstoelen in staat was om de groei van tumoren die in muizen waren geïmplant te remmen (Ikekawa *et al.*, 1969). Chihara *et al.* (1970) isoleerden een polysaccharide uit shiitake en noemden de stof lentinan. Sinds de ontdekking van lentinan zijn iets meer dan 300 onderzoeken uitgevoerd met lentinan als onderwerp. Lentinan kan naast chemotherapie als geneesmiddel worden ingezet bij de behandeling van mensen met kanker. Taguchi (1987) heeft in een onderzoek met patiënten met vergevorderde stadia van maagkanker aangetoond dat een combinatie van chemotherapie in combinatie met een behandeling met lentinan in een langere overleving van de patient resulteert. Bij een behandeling met lentinan wordt de stof geïnjecteerd bij patiënten.

Glucanen hebben niet alleen een effect op kanker. In verschillende celweekstudies en dierproeven heeft men positieve effecten gevonden van schimmel-glucanen op verhoogd cholesterolgehalte, op diabetes type II, op hoge bloeddruk en op hart- en vaatziekten. Dat is een breed spectrum aan ziekten en zij hebben met elkaar gemeen dat het allemaal uitingen zijn van metabool syndroom (een combinatie van vier frequent voorkomende aandoeningen: een hoge bloeddruk; suikerziekte; verhoogd cholesterol en overgewicht). De oorzaak van metabool syndroom is nog niet helemaal opgehelderd, maar er zijn wetenschappers die van mening zijn dat metabool syndroom het gevolg is van een systemische ontstekingsreactie, veroorzaakt door het immuunsysteem (Alam *et al.*, 2006; Fröhlich *et al.*, 2000; Gustafson *et al.*, 2007; Kolb & Mandrup-Poulsen, 2005; Pickup, 2004; Pickup & Crook, 1998).

In diverse dierproeven en bij mensen wordt melding gemaakt van remmende effecten van glucanen uit *Agaricus blazei* (Kim *et al.*, 2005) en *Grifola frondosa* (Konno *et al.*, 2002; Talpur *et al.*, 2003) op de verschijnselen van diabetes. Op grond van de onderliggende oorzaak kan men diabetes indelen in twee typen; 1 en 2. Bij diabetes mellitus type 1 wordt de ziekte veroorzaakt doordat de eilandjes van Langerhans in de alvleesklier geen insuline kunnen maken. Bij diabetes mellitus type 2 maakt het lichaam wel insuline, maar de glucose kan toch niet in de cel worden opgenomen. De lichaamscellen zijn minder gevoelig voor insuline. Deze vorm van diabetes komt vooral voor bij mensen die veel te zwaar zijn en openbaart zich meestal pas op oudere leeftijd, gewoonlijk boven de 40 jaar. Type 2 diabetes komt voor bij 1,5 tot 2% van de Nederlandse bevolking. Positieve effecten van glucanen worden alleen gezien bij diabetes Type 2.

Het feit dat paddenstoelen stoffen met medicinale eigenschappen bevatten, wil nog niet zeggen dat je mag concluderen dat bij het eten van paddenstoelen die speciale medicinale effecten gegarandeerd ten goede komen aan de consument. Dergelijke gezondheidsclaims mag je alleen maken als je kunt beschikken over een voldoende sterke wetenschappelijke onderbouwing. Voor een voldoende wetenschappelijke onderbouwing moet een gezondheidseffect worden aangetoond in proeven die op een wetenschappelijk verantwoorde wijze zijn uitgevoerd op mensen (en dus niet op cellijnen of proefdieren). Verder moet het onderzoek gedaan zijn op het hele product of een productgroep (en dus niet op een extract of een uit het product gezuiverd bestanddeel). Verder moet de werking herhaalde malen zijn aangetoond en moet het gezondheidseffect bereikt kunnen worden bij normaal geconsumeerde hoeveelheden (en dus niet pas als je er 2 kilogram per dag van eet). Verder mag het gezondheidseffect mag niet strijdig zijn met de voorlichtingsboodschap over gezonde voeding zoals vastgelegd in de rapporten van de Voedingsraad, de Gezondheidsraad en vergelijkbare internationale documenten.

Baars (2006b) heeft de wetenschappelijke literatuur m.b.t. gezondheidsbevorderende effecten door paddenstoelen bestudeerd en komt tot de conclusie dat het overgrote deel van de literatuur onderzoek beschrijft dat gedaan is met

componenten die uit paddestoelen zijn geïsoleerd. Dus niet met het hele product, maar een onderdeel van het product. Verder merkt hij op dat in vrijwel alle gevallen de effecten zijn gemeten in celkweken of bepaald in dierproeven (dus bijna nooit uit experimenten bij mensen).

Anti-nutritieele factoren

Soms wordt de beschikbaarheid van de in de voeding aanwezige voedingsstoffen negatief beïnvloed door “antinutritieele factoren”. Micronutriënten zoals ijzer, zink en calcium en sommige vitaminen binden gemakkelijk aan andere stoffen in het voedsel en daardoor zijn ze niet langer beschikbaar voor opname in het lichaam. Stoffen, zoals tanninen (oa in thee en walnoten), fytaten (in granen en peulvruchten), oxalaten (oa in rabarber), fosfaten, cafeïne (in koffie), polyfenolen (in fruit), soja-eiwitten, ei-albumine en caseïne (in melk) kunnen de opname van micronutriënten verminderen (Gibson *et al.*, 2006). Goyal *et al.* (2006) hebben in hun studie naar voedingswaarde van in India geteelde champignons en oesterzwammen de gehalten aan fytaat (*myo*-inositol hexafosfaat) en oxalaat gemeten. Zij registreerden in champignons en oesterzwammen fytaatgehalten van resp. 32.5 en 49.1 mg/100 g droge stof. Omgerekend naar versgewicht komen de fytaat-gehalten in champignon en oesterzwam daarmee op resp. 3.2 en 5.1 mg/100 g. Dat zijn relatief lage concentraties. Ter vergelijking, het fytaatgehalte in erwten (*Pisum sativum*) is ongeveer 130 mg/100 g (Wang *et al.*, 2008), terwijl dat in granen (tarwe, gerst, haver, mais) tussen de 0.5 en 2 g/100 g ligt (Hídvégi & Lásztity, 2002).

Ekanem & Ubengama (2002) bepaalden in Nigeria het gehalte aan fytaat in oesterzwammen die geteeld werden op stobben van een mango-boom en kwamen daarentegen op een waarde van 42.2 mg per 100 g versgewicht. Door te koken in water daalde het fytaatgehalte naar 14 mg/100 g versgewicht.

Het oxalaatgehalte dat Goyal *et al.* (2006) in champignons en oesterzwammen vonden was resp. 220 en 280 mg/100 g droge stof. Omgerekend naar vers gewicht waren de gehalten 22 en 29 mg/100 gram. Savage *et al.* (2001) onderzochten het oxalaatgehalte in 6 verschillende soorten eetbare paddenstoelen die ze in Zweedse supermarkten kochten. In champignons vonden zij een oxalaatgehalte van 59 mg/100 g droge stof. Vrijwel al het in champignons aanwezige oxalaat was in een onoplosbare vorm. In oesterzwammen (*Pleurotus ostreatus*) vonden zij een oxalaatgehalte van 104 mg/100 g droge stof. Hiervan was 90% in een oplosbare vorm. In shiitake vonden ze een oxalaatgehalte van 101 mg/100 g droge stof, waarvan meer dan 99% in onoplosbare vorm was. In cantharellen en eekhoortjesbrood werden oxalaatgehalten van 42.1 en 43.6 mg/100 g droge stof gemeten. In deze laatste twee paddenstoelensorten was alle oxalaat in oplosbare vorm aanwezig. De onderzoekers maakten onderscheid in oplosbaar en onoplosbaar oxalaat om het in Zweden de gewoonte is om in het wild verzamelde paddenstoelen eerst te koken voordat ze worden gebakken. Wateroplosbare stoffen hebben daardoor de kans om in het kookproces uitgelooft te worden. De commercieel geteelde paddenstoelen worden daarentegen meteen gebakken waardoor er geen uitloofproces kan plaatsvinden. Door het ontsnappen van water worden in de paddenstoelen aanwezige stoffen zelfs geconcentreerd.

Samengevat kan worden gesteld dat de gehalten aan de antinutritieele factoren fytaat en oxalaat vrij laag zijn in paddenstoelen.

Lectines vormen een tweede klasse antinutritieele factoren. Lectines zijn eiwitten die specifiek suikerketens herkennen en er aan binden. Doordat sommige lectines aan rode bloedcellen kunnen binden, worden ze hemagglutinine of phytohaemagglutinine genoemd. Lectines worden niet afgebroken in het maag-darmkanaal. Daardoor kunnen ze binden aan de suikergroepen op membraanreceptoren van de cellen van de dunne darm en daarmee schadelijke reacties opwekken. Deze schadelijke reacties variëren al naar gelang het betreffende lectine. Sommige lectines zijn heel onschuldig, maar andere zijn echt giftig. Lectines zijn aanwezig in de meeste groenten zoals tomaat, aardappel, bonen, erwten, wortelen, soja-bonen, kersen, zwarte bessen, tarwekiemen, rijst, mais, knoflook, pinda's, paddenstoelen, avocado's, krootjes, prei, kool, thee, peterselie, oregano, etc. (Vasconcelos & Oliveira, 2004 en de daarin vermeldde referenties). Biologisch gezien, zouden lectines voor de plant wel eens dienst kunnen doen als verdedigingsmiddel tegen insectenvraat.

Zoals in veel andere paddenstoelen zijn zowel in champignon (Presant & Kornfeld, 1972; Sueyoshi *et al.*, 1985; Sueyoshi *et al.*, 1988), oesterzwam (Kogure, 1975; Conrad & Rudiger, 1994, Wang *et al.*, 2000) en shiitake (Jeune *et al.*, 1990; Vetchinkina *et al.*, 2008) lectines gevonden. Er zijn echter geen literatuurgegevens over een mogelijke antinutritieele werking van deze lectines. Mogelijke uitzondering is een lectine uit oesterzwam. Japanse onderzoekers hebben in onderzoek met ratten aangetoond dat een lectine uit oesterzwam een verlies aan eetlust veroorzaakt bij de proefdieren (Kawagishi *et al.*, 2000). Toevoeging van 0.1% van het gezuiverde lectine aan het

dieet veroorzaakte een 50% verlaging van de voedselinname bij de ratten. Het lectine kwam alleen in oesterzwam voor. Bij andere geteste paddenstoelsoorten (zoals andere oesterzwamsoorten, shiitake, Enokitake, champignon, Pholiota, Maitake) kwam dit lectine niet voor.

Secundaire metabolieten

Bio-actieve stoffen

Antioxidanten

Antioxidanten voorkomen schade aan het lichaam als gevolg van de inwerking van vrije radicalen. Omdat we als mens afhankelijk zijn van zuurstof voor de ademhaling, zijn zuurstof-gebaseerde radicalen zoals het superoxide en hydroxyl radicaal biologisch gezien het meest belangrijk (Halliwell, 1990). Daarnaast kan het lichaam reactieve stikstofverbindingen genereren die schade kunnen aanrichten. Radicalen zijn zeer reactief en daardoor zijn ze betrokken bij verschillende nevenreacties zoals "DNA-beschadiging" en "celveroudering". Ernstigere vormen van DNA-beschadiging leiden tot mutaties die de celcyclus negatief kunnen beïnvloeden en zelfs kanker kunnen veroorzaken (Ames *et al.*, 1995). Antioxidanten kunnen op twee manieren werken (Huang *et al.*, 2005). Sommige antioxidant neutraliseren vrije radicalen door met hen te reageren, waardoor ze onschadelijk worden (bijvoorbeeld vitamines E en C, carotenoiden, polyfenolische verbindingen). Andere antioxidant voorkomen de vorming van vrije radicalen (bijvoorbeeld chelators van metaalionen (EDTA), remmers van oxidatieve enzymen en cofactoren van antioxidant enzymen (selenium, coenzym Q₁₀)).

Vanuit een voedingskundig oogpunt zijn de enzymen minder belangrijk. Zij verliezen immers hun werkzaamheid door koken of door vertering in het maag-darmkanaal.

Bij het vaststellen van het gehalte aan antioxidant speelt het probleem dat er wel 15 methoden in omloop zijn die claimen het totaalgehalte om antioxidantgehalte te meten, maar dat elke methode slechts een deelaspect lijkt te meten. Het gebruik van verschillende antioxidant-metmethoden maakt het lastig om onderzoeken goed met elkaar te vergelijken (Huang *et al.*, 2005).

Paddenstoelen blijken redelijke hoeveelheden antioxidant te bevatten. In vergelijking met de meeste groenten bevatten champignons relatief veel antioxidant, vergelijkbaar met broccoli en iets minder dan knoflook (Miller *et al.*, 2000). Er is een groot aantal publicaties waarin onderzoek aan antioxidant in paddenstoelen wordt beschreven. In paddenstoelen worden verschillende moleculen onderzocht op hun vermogen om als antioxidant te fungeren. Het gaat daarbij om enzymen zoals de combinaties superoxide dismutase/catalase, glutathione peroxidase/glutathione reductase (Savoie *et al.*, 2008), polyfenoloxidasen (tyrosinase, Shi *et al.*, 2002; laccase) of peroxidases (Ramirez-Anguiano *et al.*, 2007), en hun substraten, zoals fenolische verbindingen (Cheung *et al.*, 2003; Choi *et al.*, 2006) en ergothioneine (Dubost *et al.*, 2007; Ey *et al.*, 2007).

Fu *et al.* (2002) vergeleek de antioxidant activiteit in ethanol extracten van commercieel verkrijgbare paddenstoelen in Taiwan. Indien gerangschikt op antioxidant activiteit werd met hun meetmethode de hoogste activiteit gevonden in champignon (*Agaricus bisporus*), gevolgd door beukezwam (*Hypsizigum marmoreus*), rijststro-paddestoel (*Volvariella volvacea*), enokitake (*Flammulina velutipes*), koningsoesterzwam (*Pleurotus eryngii*), oesterzwam (*Pleurotus ostreatus*), apekop (*Hericium erinaceus*) en shiitake (*Lentinula edodes*). Het is in dit onderzoek echter niet duidelijk welke stoffen het antioxidant effect in paddenstoelen veroorzaken.

Ramirez-Anguiano *et al.* (2007) onderzochten oesterzwamsoorten (niet nader gespecificeerd), champignon (*Agaricus bisporus*), morielje (*Morchella esculenta*), eekhoortjesbrood (*Boletus edulis*) en shiitake (*Lentinula edodes*) op antioxidant activiteit kwam tot de conclusie dat laag-moleculaire (< 10 kD) fenolische verbindingen voor een groot deel verantwoordelijk zijn voor de antioxidant activiteit. Ook Cheung *et al.* (2003) richtten zich in hun onderzoek op de relatie tussen antioxidant activiteit en het gehalte aan fenolische verbindingen in paddenstoelen. Zij bestudeerden extracten van shiitake (*Lentinula edodes*) en rijststro-paddestoel (*Volvariella volvacea*) met 3 verschillende meetmethoden en vonden ongeacht de meetmethode de meeste antioxidant activiteit in shiitake. Ook zij vonden een verband tussen het gehalte aan fenolische verbindingen en de antioxidant activiteit. Choi *et al.* (2006) bestudeerden het effect van verhitting op de antioxidant activiteiten en polyfenolen in shiitake. Verhitting van verse shiitake paddenstoelen verhoogde de antioxidant activiteit en het polyfenolgehalte. Er was een goede correlatie tussen het totaalgehalte aan polyfenolen en de antioxidant activiteit. Het verband tussen het gehalte aan fenolische verbindingen en de antioxidant activiteit in shiitake werd nogmaals bevestigd door Kitzberger *et al.* (2007). Zij

bestudeerden verschillende extractiemethoden voor extractie van antioxidanten en antibacteriële middelen uit shiitake, gebruikmakend van verschillende organische oplosmiddelen en superkritische vloeistoffen. Ook deze onderzoekers vonden een correlatie tussen hoge gehalten aan fenolische verbindingen in de extracten en hoge antioxidant activiteit.

In ethanol-extracten van champignon hebben Tsai *et al.* (2008) antioxidante werking aangetoond. Zij vonden in hun extracten kleine hoeveelheden ascorbinezuur (vitamine C) en diverse tocopherolen (vitamine E) en grote hoeveelheden fenolische verbindingen. De gehalten aan deze stoffen in de diverse extracten correleerden goed met de antioxidante activiteit.

Naast fenolische verbindingen bevatten paddenstoelen echter ook non-fenolische verbindingen met antioxidante activiteit. Dubost *et al.* (2007a) bepaalden, naast polyfenolen, ook het gehalte aan ergothioneine in een aantal commercieel in de VS geteelde paddenstoelen en relateerden deze gehalten aan de antioxidante activiteit van deze paddenstoelen. Ergothioneine is een antioxidant *in vivo* (Hartman 1990, Akanmu *et al.*, 1991) en beschermt cellen tegen beschadiging ten gevolge van oxidatieve stress (Aruoma *et al.*, 1999; Chaudiere & Ferrari-Iliou, 1999). Ergothioneine is in menselijk weefsel aanwezig in concentraties van 1-2 millimol/l (Hartman, 1990). Aangezien ergothioneine niet door mensen of dieren zelf aangemaakt wordt, is de in het lichaam aanwezige ergothioneine uit het voedsel afkomstig (Ey *et al.*, 2007). De biologische rol van ergothioneine wordt momenteel onderzocht. Ergothioneine is het belangrijkste substraat van een transporteiwit dat als een indicator wordt beschouwd voor verhoogd risico op autoimmuun ziekten zoals reumatoïde artritis en ziekte van Crohn (Ey *et al.*, 2007 en de daarin genoemde referenties).

Dubost *et al.* (2007a) vonden in witte champignons, crimini's en portabella's ergothioneine-gehalten van resp. 0.21, 0.40 en 0.45 mg/g droge stof. In maitake (*Grifola frondosa*), shiitake (*Lentinula edodes*) en oesterzwammen (*Pleurotus ostreatus*) vonden zij gehalten van 1.13, 1.98 en 2.59 mg/g droge stof. Omgerekend zou de consument met de consumptie van een portie paddenstoelen (85 g) in geval van champignons 1-3 mg ergothioneine tot zich nemen. Bij consumptie van eenzelfde hoeveelheid maitake, shiitake of oesterzwam zou men echter resp. 16, 20 of 26 mg ergothioneine tot zich nemen.

Ook de gehalten aan fenolische verbindingen werd bepaald en uitgedrukt in galzuur equivalenten. In witte champignons werd 8 mg galzuur equivalenten/g droge stof gevonden, terwijl in crimini's en portabella's resp., 9.9 en 10.7 mg/g droge stof werd gevonden. In maitake, shiitake en oesterzwammen werd 4.2-4.3 mg/g droge stof gemeten.

Dubost *et al.* (2007a) bepaalden daarnaast op 4 verschillende manieren het totale antioxidante vermogen in paddenstoelen en berekenden de bijdrage van ergothioneine en polyfenolen aan het antioxidante vermogen. Zij vonden een slechte correlatie tussen ergothioneine en het totale antioxidante vermogen en een goede correlatie tussen het gehalte aan polyfenolen en het totale antioxidant vermogen. Dat wil niet zeggen dat ergothioneine geen rol speelt in gezonde voeding. Zoals in bovenstaande paragraaf reeds vermeld, is speelt ergothioneine mogelijk een rol in de pathogenese van autoimmuunziekten. Ey *et al.* (2007) bestudeerden het gehalte aan ergothioneine in een reeks aan voedingsmiddelen en het vermogen van ergothioneine om in celkweken cellen te beschermen tegen verschillende vormen van oxidatieve stress. Zij gebruikten daarvoor cellen die het transporteiwit OCTN1 aanmaken. Dit eiwit zorgt er voor dat ergothioneine in deze cellen kan accumuleren.

In witte champignons en portabella's vonden Ey *et al.* (2007) gehalten van 0.46 en 0.93 mg/kg versgewicht. In oesterzwammen en eekhoorntjesbrood werden zelfs gehalten gevonden van resp. 119 en 528 mg/kg versgewicht. Het gehalte in shiitake bleek onder de detectielimiet te liggen. Andere goede bronnen van ergothioneine waren kippelever, varkenslever en varkensniertjes (resp 10.8, 8.7 en 7.7 mg/g versgewicht), "black turtle bean" en "red kidney bean" (resp. 13.5 en 4.5 mg/g versgewicht) en haverzemelen (oat bran, 4.4 mg/g versgewicht). De meeste andere voedingsmiddelen bevatten slechts bijzonder lage gehalten aan ergothioneine.

Uit hun proeven met celkweken concludeerden Ey *et al.* (2007) dat ergothioneine in vergelijking met glutathion minder effectief was in het voorkomen van celschade door oxidatieve stress. Dat was in tegenstelling tot de verwachting. De onderzoekers vermoeden dat de verschillende resultaten kunnen worden verklaard door verschillen in manier van testen (testen in celvrije systemen i.t.t. testen in celkweken / testen in aanwezigheid van extracellulaire ergothioneine i.t.t. testen met intracellulaire concentraties ergothioneine, etc.).

Opmerkelijk is dat Ey *et al.* (2007) ongeveer 10 x zo veel ergothioneine aantreffen in champignons dan Dubost *et al.* (2007a) vonden met de door hen gebruikte methode. Evenzeer opmerkelijk is dat Ey *et al.* (2007) geen ergothioneine vonden in shiitake, terwijl Dubost *et al.* (2007a) in shiitake juist gehalten vonden die veel hoger waren dan in champignon. Ey *et al.* (2007) suggereren dat deze verschillen veroorzaakt worden door verschillen in

kweekomstandigheden (waardoor een verschil in beschikbaarheid van histidine, een precursor voor de synthese van ergothioneine ontstaan) of verschillen in oogsttijdspip (waarbij er van uit gegaan wordt dat ergothioneine vooral in de sporen wordt gesynthetiseerd). Deze hypothese is vervolgens getest door Dubost *et al.* (2007b). Zij toonden aan toevoeging van histidine aan compost een verhoging van het ergothioneine gehalte van de champignons in latere vluchten tot gevolg had (van 0.66 mg/g droge stof in de derde vlucht van de controle naar 1.01 mg/g droge stof in de derde vlucht van de behandeling met 20 mM histidine in de compost). Ook stress factoren in de teelt, zoals droge compost of opruwen leverden een aanzienlijk verhoging (soms met 1.3 mg/d droge stof) van het ergothioneine gehalte op. Opslag van geoogste champignons gedurende 6 dagen bij 12°C leverde een daling van het ergothioneine gehalte met ruim 50% op. De verschillen van een factor 10 en meer in het ergothioneine gehalte van paddenstoelen tussen de studie van Dubost *et al.* (2007a) en Ey *et al.* (2007) worden daarmee echter niet volledig verklaard.

Toevoeging van antioxidanten uit paddenstoelen aan het dieet heeft mogelijk effect op de antioxidant status van het lichaam. Jayakumar *et al.* (2007) onderzochten het effect van een ethanol extract van oesterzwam op de antioxidant status tijdens veroudering. Hiervoor vergeleken ze het effect van toevoeging van oesterzwam extract aan het dieet van jonge ratten (4 maanden oud) met het effect van toevoeging aan het dieet van verouderde ratten (24 maanden oud). Zij gebruikten de concentratie van malondialdehyde als indicator voor de mate waarin vrije radicalen schade in het lichaam hadden aangericht en vonden verhoogde waarden van deze stof in lever, nieren, hart en hersenen van oude ratten. Daarnaast vonden ze in oude ratten aanzienlijk verlaagde niveau's van antioxidanten (gereduceerd glutathion, vitamine C en vitamine E). Ook was in oude ratten de activiteit van enzymen met antioxidante werking (catalase, superoxide dismutase en glutathion reductase) een stuk lager dan in jonge ratten. De invloed van het extract van oesterzwam werd bepaald door oude ratten gedurende 21 dagen 200 mg extract/kg lichaamsgewicht in de buikholte te injecteren en de effecten op dag 22 te meten. Injectie van het extract in verouderde ratten leverde verhoogde gehalten aan antioxidanten (gereduceerd glutathion, vitamine C en vitamine E) in de diverse organen op. Ook de activiteiten van antioxidant enzymen werden verhoogd. De bereikte waarden verschillend statistisch niet van de waarden die in jonge ratten werden gemeten. Het is uiteraard de vraag of deze effecten ook bereikt worden indien oesterzwammen gegeten worden (i.p.v. injectie van een geconcentreerd extract).

Er zijn echter aanwijzingen dat dergelijke effecten ook bereikt kunnen worden door toevoeging van paddenstoelen of extracten van paddenstoelen aan het dieet. Hu *et al.* (2006) onderzochten de effecten van toevoeging van verpoederde droge gele oesterzwammen (*Pleurotus citrinopileatus*) of extracten van deze paddenstoel op de antioxidant status en het cholesterol gehalte van hamsterratten. In vergelijking met de controle groep kregen de hamsterratten een dieet met 10% spek en 0.3% cholesterol te eten tot ze cholesterolgehalten van 220 mg/L in hun serum hadden. Vervolgens werd een deel van de hamsterratten hetzelfde vetrijke dieet voor gezet met toevoeging van ofwel verschillende doses gedroogde verpoederde paddenstoelen, ofwel verschillende doses van een warmwaterextract van de paddenstoelen, ofwel verschillende doses van een methanolextract van de paddenstoelen, ofwel verschillende doses van een ethylacetaatextract.

In vergelijking met de hamsterratten die uitsluitend het vetrijke dieet consumeerden, was het cholesterolgehalte van de hamsterratten significant verlaagd bij de hamsterratten die dagelijks de vetrijke diëten met de hoogste doseringen (0.5 g/kg lichaamsgewicht) van de methanol- of ethylacetaat extracten consumeerden. Tevens was in deze groepen het gehalte HDL-cholesterol hoger. De ratten die vetrijk dieet met ethylacetaat extract consumeerden hadden de hoogste gehalten van de antioxidante enzymen glutathion peroxidase en superoxide dismutase in hun serum. De hoogste antioxidante activiteiten (enzymen + hun substraten) werden gevonden in het serum van de ratten die ofwel de methanolextracten, ofwel de ethylacetaat extracten consumeerden. De belangrijkste componenten in de methanol- en ethylacetaat extracten waren respectievelijk ergosterol en nicotinezuur. In de bovenstaande paragrafen wordt vooral gekeken naar de gehalten aan stoffen in paddenstoelen die antioxidatieve eigenschappen hebben doordat ze kunnen reageren met vrije radicalen. Paddenstoelen bevatten echter ook stoffen die het lichaam er toe aanzetten om zelf meer antioxidatieve capaciteit te ontwikkelen. Bobek & Galbavý (2001) toonden aan dat toevoeging van β -glucanen uit oesterzwammen (pleuran) aan het dieet van ratten een positief effect heeft op de activiteit van de antioxidante enzymen die deze ratten produceren. In hun onderzoek vergeleken zij toevoeging van 10% pleuran of 10% cellulose aan het dieet met een cellulosevrij dieet. Effecten werden gemeten in ratten die behandeld waren met een chemische stof die kanker aan de dikke darm veroorzaakt. Toevoeging van 10% pleuran of 10% cellulose aan het dieet verlaagde de activiteit van glutathion peroxidase in de rode bloedcellen en verhoogde de activiteit van catalase. Toevoeging van pleuran verhoogde de activiteit van superoxide dismutase, glutathion peroxidase en glutathion reductase in de lever en beide diëten verlaagden het

gehalte aan glutathion in de dikke darm. Naast enzymen met antioxidant werking werd in de dikke darm het aantal beschadigingen gemeten die als voorstadium voor kanker gelden. Beide diëten verlaagden het aantal beschadigingen, maar de sterkste reductie werd gevonden bij het dieet met pleuran.

Effecten van de consumptie van paddenstoelen lijken daarmee in principe mogelijk. Het blijft echter de vraag of deze effecten ook bij mensen optreden en of met de consumptie van normale hoeveelheden paddenstoelen deze effecten ook bereikt kunnen worden.

Aromatase remmer

Champignons blijken een stof te bevatten die het enzym aromatase (een cytochroom P450 enzym-complex) kan remmen. Aromatase is een enzym dat een rol lijkt te spelen bij het ontstaan van borstkanker. Bij vrouwen na de menopauze lijkt de productie van oestrogeen in de borsten een rol te spelen bij het ontstaan van borstkanker. In vergelijking met niet kankercellen, maken borstkankercellen extra aromatase aan. Aromatase zet in tumoren in de borst androgenen om in oestrogen en kan daardoor een belangrijke rol spelen in de ontwikkeling van borstkanker. Planten bevatten stoffen zoals flavonen en isoflavonen, die in staat zijn om de werking van aromatase te remmen (Grube *et al.* (2001), Chen *et al.*, (2002) en de daarin vermelde referenties). Grube *et al.* (2001) maakten warmwaterextracten door spinazie, selderij, broccoli, worteltjes, lenteui, paprika en champignon te koken. Vervolgens werden de extracten getest op hun vermogen om aromatase te remmen. Alleen het extract van champignon was in staat om aromatase goed te remmen. Vervolgens maakten zij extracten van andere paddenstoelen, zoals judasoor (*Auricularia auricula*), oesterzwammen (*Pleurotus ostreatus*), enokitake (*Flammulina velutipes*), shiitake (*Lentinula edodes*) en cantharel (*Cantharellus* spp.) en van verschillende variëteiten van de champignon (crimini's, gewone witte champignon, mini-champignons, portabello's etc) en vonden dat vooral de verschillende variëteiten van de champignon en in mindere mate shiitake in staat waren om aromatase te remmen. In eerdere studies toonden deze onderzoekers aan dat ook druiven stoffen bevatten die aromatase kunnen remmen (Chen *et al.*, 1998).

Indien extract van champignon toegevoegd werd aan celkweken van een aromatase producerende borstkankercellijn, bleek het extract ook daar zijn remmende werking uit te oefenen. Daarnaast bleek het extract van champignon de kankerceldeling af te remmen. Deling van normale cellen werd niet geremd (Chen *et al.*, 2006).

Er blijken meerdere stoffen in champignon aanwezig te zijn die het aromatase remmen. De meest krachtige remmers die in champignon aanwezig zijn, zijn onverzadigde vetzuren zoals linolzuur, linoleenzuur en geconjugeerd linoleenzuur (als in een meervoudig onverzadigde verbinding de dubbele bindingen vlak naast elkaar liggen en in hetzelfde vlak dan heten de dubbele bindingen geconjugeerd, dit levert extra stabiliteit voor de verbinding).

Waarschijnlijk is het geconjugeerd linoleenzuur en haar derivaten fysiologisch de meest relevante remmer. De *in vivo* werking van de remmers uit champignon werd aangetoond door muizen met een defect immuunsysteem te injecteren met borstkankercellen. Effecten van champignonextracten werden bepaald door een deel van de muizen vanaf een week voorafgaand aan de implantatie van de kankercellen dagelijks 100 µl 4 keer geconcentreerd champignonextract te voeren (naast het normale dieet). Het effect was dat het champignonextract het gewicht van de ontstane tumoren met 58% verminderde. De groeisnelheid van de kankercellen was ruim 21% lager. Het champignonextract remde dus de groei van de tumoren, maar had geen afdodend effect.

Er lijkt een kans te bestaan dat vrouwen na de menopauze met de consumptie van paddenstoelen de kans op borstkanker kunnen verkleinen. Hong *et al.* (2008) hebben een case-control studie uitgevoerd naar het effect van paddenstoelconsumptie op het risico op borstkanker bij Koreaanse vrouwen. In het Verre Oosten zijn paddenstoelen al sinds menscheugenis onderdeel van het voedingspatroon en om die reden is een case-control studie in die landen beter uit te voeren dan in het Westen, waar de consumptie veel lager ligt. In Korea worden vooral shiitake (*Lentinula edodes*), oesterzwam (*Pleurotus ostreatus*) en enokitake (*Flammulina velutipes*) geconsumeerd. Hong *et al.* (2008) hebben hun studie uitgevoerd aan de hand van de gegevens van 362 vrouwen in de leeftijd van 30 tot 65 jaar. Hiervan waren 235 vrouwen nog voor de menopauze en 127 na de menopauze. De resultaten van de studie tonen aan dat er een omgekeerde relatie bestaat tussen paddenstoelconsumptie en het voorkomen van borstkanker. Een hogere consumptie aan paddenstoelen brengt een lagere kans op borstkanker met zich mee. Dit effect is vooral in de groep met vrouwen na de menopauze zichtbaar. Op basis van hun gegevens stellen Hong *et al.* (2008) dat consumptie van minstens 15.1 g paddenstoelen per dag of een inname van minstens 3 maal per week gunstige effecten kan hebben voor vrouwen na de menopauze. In hoeverre er een link bestaat naar de remmende stoffen die in champignon aanwezig zijn, is niet te zeggen. Zoals al eerder opgemerkt, wordt champignon niet zo vaak gegeten in Korea. Grube *et al.* (2001) toonden echter wel aan dat ook shiitake stoffen bevat die een remmend

effect op aromatasenactiviteit hebben. Hong *et al.* (2008) nuanceren de resultaten van hun onderzoek. Hoewel ze in de statistische analyse hebben gecorrigeerd voor gezondheidsgerelateerde factoren zoals hoeveelheid lichaamsbeweging, rookgedrag, drankgebruik, gebruik van multivitaminen supplementen en body mass index, zijn er toch nog andere gezondheidsbeïnvloedende factoren waar geen correctie op mogelijk was. Zo zullen de mensen die paddenstoelen eten vanwege hun gezondheidsbevorderende effecten, ook andere gezonde gewoonten hebben. Desalniettemin zijn de resultaten van het onderzoek naar de mogelijkheden om met champignon het ontstaan en de groei van borstkankercellen en prostaatkankercellen af te remmen, reden voor de onderzoekers van het Amerikaanse onderzoekscentrum City of Hope om klinisch onderzoek op te starten met patiëntengroepen (<http://www.cityofhope.org/>). City of Hope is één van de 40 nationale kankeronderzoekscentra in de VS. In de komende jaren zullen twee onderzoeken met patiëntengroepen van start gaan; één gericht op prostaatkanker (getiteld A Phase Ib of Mushroom Powder in Biochemically Recurrent, Hormone Naive Prostate Cancer) en één gericht op borstkanker (getiteld: A Translational Breast Cancer Prevention Trial of Mushroom Powder in Postmenopausal Breast Cancer Survivors).

Lovastatine

Onderzoekers hebben in oesterzwammen de stof lovastatine aangetoond (Alarcón *et al.*, 2003; Alarcón & Aguila, 2005; Gunde-Cimerman & Cimerman, 1995; Gunde-Cimerman *et al.*, 1993). Dat is een stof die in staat is om een van de cruciale enzymen in de biosynthese van cholesterol te remmen. Ongeveer tweederde van het cholesterol in de meeste mensen wordt door het lichaam zelf gemaakt. Statines zijn medicijnen die gericht zijn op de verlaging van het cholesterolgehalte in het serum en zij remmen de aanmaak van cholesterol door het lichaam. De belangrijkste snelheidsbepalende stap in de biochemische route voor de vorming van cholesterol is de omzetting van 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzym A (HMG-CoA) naar mevalonaat door het enzym HMG-CoA reductase (Alberts, 1988).

Lovastatine, dat op commerciële schaal wordt geproduceerd m.b.v. de filamenteuze schimmel *Aspergillus terreus* is een specifieke remmer van het enzym HMG-CoA reductase. Wasser & Reshetnikov (2002, US Patent: 6,372,462) hebben het gebruik van *Pleurotus*-soorten als cholesterolverlagend middel gepatenteerd.

Volgens Gunde-Cimerman & Cimerman (1995) was de concentratie lovastatine in de door hen onderzochte oesterzwammen omstreeks 2 mg/g droge stof; hetgeen overeenkomt met ongeveer 0.1 mg/g versgewicht. Een portie van 100 g oesterzwammen zou dan 10 mg lovastatine bevatten. Dat is een concentratie die zeer waarschijnlijk een effect kan hebben bij consumptie. Khatun *et al.* (2007) melden op basis van hun onderzoek met 89 diabetici, dat de consumptie van oesterzwammen een cholesterolverlagend effect heeft op mensen. In hoeverre dat een gevolg is van eventueel in die oesterzwammen aanwezig lovastatine is, is moeilijk te zeggen.

Bobek *et al.* (1991) bestudeerden het effect van toevoeging van oesterzwammen in het dieet op het cholesterolgehalte van ratten die erfelijk met een te hoog cholesterolgehalte waren belast. Men gebruikte daarvoor 4% gedroogde oesterzwammen in een dieet met 1% cholesterol. In vergelijking met een controlegroep met ratten die i.p.v. gedroogde oesterzwammen cellulosevezels in hun dieet hadden gekregen was na 7 weken het cholesterolgehalte bijna 40% verlaagd. Het ging daarbij vooral om een verlaging van LDL-cholesterol. Sinds die tijd heeft Bobek ruim 30 publicaties geschreven om het werkingsmechanisme van het cholesterolverlagend effect te onderbouwen. Telkens ging het daarbij om dierproeven in ratten, konijnen of hamsters. Volgens Bobek en zijn collega's is het cholesterolverlagend effect van de consumptie van oesterzwammen in zijn proefdieren enerzijds te wijten aan de remming van de cholesterolproductie door het lichaam en anderzijds een versnelde verwijdering van LDL cholesterol uit het bloed door de lever. Deze effecten zouden te wijten kunnen zijn aan het lovastatine uit de oesterzwammen. Voedingsvezels uit oesterzwammen zouden een extra rol kunnen spelen doordat de lever via de productie van gal zich beter van het cholesterol zou kunnen ontdoen (Bobek *et al.*, 1998). Daarnaast speelt volgens deze onderzoekers de antioxidatieve werking van oesterzwammen mogelijk een aanvullende rol in het verlagen van het cholesterolgehalte. De resultaten van Bobek en zijn collega's zijn bevestigd door Hossain *et al.* (2003), eveneens in proeven met ratten met een erfelijke aanleg voor een te hoog cholesterolgehalte.

Consumptie van oesterzwammen lijkt ook bij mensen effect te hebben op de hoogte van de bloedsuikerspiegel en het cholesterolgehalte. Onderzoekers uit Bangladesh hebben bij 89 patiënten met diabetes de effecten van de consumptie van oesterzwammen gevolgd (Khatun *et al.*, 2007). Patiënten met een gediagnosticeerde diabetes en een "nuchtere" bloedsuikerwaarde van 8-20 mmol/L (een normale nuchtere waarde ligt tussen de 4 en de 6,4 mmol/l) en een te hoog cholesterolgehalte, werden toegelaten tot het experiment. In een 3 weken durend experiment hebben zij de patiënten gedurende de eerste week drie maal daags 50 g gekookte oesterzwam laten eten als onderdeel van hun normale dieet. Na deze eerste week werden gewicht en bloeddruk gemeten en werden

bloedmonsters genomen voor analyse van bloedsuiker en lipiden vóór en na een maaltijd. De tweede week was een oesterzwamvrij week. Na deze week werden dezelfde gegevens verzameld als na de eerste week. De derde week was wederom een week met dagelijks drie porties gekookte oesterzwam (50 g per portie, gemengd met andere groenten). Ook deze week werd afgesloten met het verzamelen van de benodigde gegevens. Bij de controlegroep werden de oesterzwammen vervangen door een mengsel van andere groenten.

Aan het einde van de studie bleken de gegevens van slechts 30 patiënten bruikbaar. Een groep van 11 deelnemers voelde zich niet lekker bij de consumptie van de oesterzwammen. Een groep van 19 deelnemers wilde geen bloed geven voor analyse van de bloedwaarden. Een groep van 9 deelnemers at overmatig veel calorïen tijdens de duur van het experiment. Een groep van 5 kreeg koorts en 15 deelnemers maakte de kuur om persoonlijke redenen niet af. Geen van de patiënten had onmiddellijk na de maaltijd klachten over de consumptie van de oesterzwammen. De patiëntengroep met bruikbare gegevens, bevatte 17 mannen en 13 vrouwen. De gemiddelde leeftijd was 46.3 jaar (standaard deviatie 10 jaar). Ten opzichte van de controlegroep die geen oesterzwammen consumeerde, was in de experimentele groep de bloeddruk (zowel bovendruk als onderdruk) na 1 week consumptie van oesterzwammen statistisch significant lager (bovendruk $p < 0.01$; onderdruk $p < 0.05$). Ook de waarden voor bloedsuiker waren significant lager (nuchtere waarde en waarde 2 uur na een maaltijd (post-prandial), beide $p < 0.001$). Verder waren de waarden voor totaal-cholesterol ($p = 0.002$) en triglyceriden ($p = 0.000$) statistisch significant lager.

Indien de consumptie van oesterzwammen na de eerste week werd gestaakt, stegen de waarden voor bloeddruk (onderdruk), bloedsuiker (nuchtere waarde en post-prandial waarde), totaal-cholesterol en triglyceriden. Staken van de consumptie had geen invloed op het lichaamsgewicht, bovendrukwaarde van de bloeddruk en op het HDL-cholesterol.

Hervatten van de consumptie in de derde week had vervolgens een statistisch significant effect op bloeddruk (lagere onderdruk, $p = 0.018$), bloedsuikerwaarde (lagere "nuchtere" bloedsuikerwaarde ($p = 0.000$) en lagere post prandial waarde ($p = 0.000$)), totaal cholesterol ($p = 0.000$) en triglyceride waarde ($p = 0.05$).

Eritadenine

Van shiitake (*Lentinula edodes*) is reeds lange tijd het cholesterolverlagend effect bekend (Kaneda & Tokuda, 1966; Tokita *et al.*, 1972; Tokuda *et al.*, 1974). De cholesterolverlagende werking wordt veroorzaakt door het nucleotide analoog eritadenine (Chibata *et al.*, 1969). Eritadenine reduceert het cholesterolgehalte in serum van ratten niet door de synthese van cholesterol te remmen, maar door in te grijpen in het fosfolipiden en vetzuurmetabolisme in de lever. Het exacte mechanisme dat ten grondslag is aan het cholesterolverlagend effect in onderwerp van onderzoek (Sugiyama *et al.*, 1995; Sugiyama *et al.*, 1997a; Sugiyama *et al.*, 1997b; Sekiya *et al.*, 2006; Fukada *et al.*, 2006; Yamada *et al.*, 2007), maar tot op heden nog niet opgehelderd. Eritadenine is een effectieve remmer van het enzym S-adenosylhomocysteine hydrolase (EC 3.3.1.1.). De hypothese is dat deze remming een hele reeks veranderingen in het metabolisme tot gevolg heeft, waaronder een aanpassing van het fosfolipiden- en vetzurenmetabolisme. Suzuki & Ohshima (1994) rapporteren dat het cholesterolverlagend effect ook bereikt wordt in mensen. Zowel voor jonge vrouwen als mensen van 60 jaar en ouder melden zij een verlaging van het serumcholesterol met ongeveer 10% na een consumptie van 90 gram verse shii-take gedurende zeven achtereenvolgende dagen. In ratten wordt door de consumptie van *Lentinus edodes* zowel de bloeddruk als het cholesterolgehalte van het serum verlaagd (Kabir & Kumura, 1989).

Vanwege het vermogen om het enzym S-adenosylhomocysteine hydrolase te remmen, heeft eritadenine ook een breed-spectrum antivirale werking (De Clercq *et al.*, 1984; De Clercq, 1987). S-adenosylhomocysteine verzorgt de omzetting van S-adenosylhomocysteine in homocysteine en adenosine. S-adenosylhomocysteine is zowel het product als een feedback-remmer van S-adenosylmethionine afhankelijke methyltransferases. Als S-adenosylhomocysteine ophoopt doordat het enzym S-adenosylhomocysteine hydrolase niet goed werkt, zullen methyleringsreacties die essentieel zijn voor de synthese van nieuwe virusdeeltjes niet optimaal meer plaatsvinden. Marec & Gelbič (1994) onderzochten mutageniteit van eritadenine door zuiver eritadenine in concentraties van 0.01 tot 1.0 % door de voedingsbodem van larven van fruitvliegen te mengen en vervolgens in de volwassen fruitvliegen te zoeken naar vlekken op de vleugels. Deze vlekken zijn indicatief voor mitotische recombinaties in het DNA. Eritadenine bleek het aantal mutaties in het DNA van de fruitvliegen aanzienlijk te verhogen.

Shiitake heeft in het Verre Oosten een zeer lange geschiedenis van menselijke consumptie en staat, ondanks de effecten van eritadenine op enzymactiviteit van S-adenosylhomocysteine hydrolase en de DNA structuur, niet bekend als een giftige paddenstoel. Enman *et al.* (2008) onderzochten de productie van eritadenine in vloeistofkweken

(geschudde flessen en bioreactoren) met de bedoeling om op een snellere manier grote hoeveelheden eritadenine te produceren.

Het gehalte aan eritadenine in shiitake is afhankelijk van de gebruikte stam. Enman *et al.* (2007) bepaalde m.b.v. een HPLC-methode het eritadenine gehalte van 4 verschillende shiitake stammen, afkomstig uit de VS, Nederland en Finland en vond gehalten die varieerden rond 3.2 mg/g droge stof en één stam (uit Finland) bevatte 6.33 mg/g droge stof. Omgerekend naar versgewicht onder aanname van een droge stof gehalte van 10% kom je uit op gehalten van 31 tot 63 mg/100 g versgewicht. Vitányi *et al.* (1998) ontwikkelden een methode voor de bepaling van het eritadeninegehalte gebaseerd op gaschromatografie gekoppeld aan massaspectrometrie. Met behulp van hun methode komen deze onderzoekers op eritadenine gehalten van 50-60 mg/100 g versgewicht in de hoeden van shiitake en 30-40 mg/100 g versgewicht in de steeltjes.

Smaakstoffen

Veel paddenstoelen worden vooral om hun smaak gegeten. Het is echter nog niet helemaal duidelijk hoe de verschillende stoffen die in paddenstoelen aanwezig zijn, samen de smaak bepalen. Er zijn daarentegen wel stoffen geïdentificeerd die sterke invloed hebben op de smaak. De smaak van paddenstoelen wordt bepaald door het samenspel van vluchtige verbindingen en niet vluchtige verbindingen (Maga, 1981; Hadar & Dosoretz, 1991). Schimmels kunnen een brede reeks van vluchtige verbindingen maken. Dijkstra & Wikén (1976) identificeerden de vluchtige stoffen in champignonextract. Zij vonden als belangrijkste vluchtige verbindingen 1-octen-3-ol (- vorm), benzaldehyde, benzylalcohol, boterzuur en isovaleriaanzuur. Om de smaak van champignon na te bootsen, maakten zij gebruik van mengsels van stoffen die in champignon voorkomen en lieten die beoordelen door een smaakpanel. Uit deze experimenten kwam naar voor dat 1-octen-3-ol (- vorm) verantwoordelijk was voor de karakteristieke champignongeur en bijdroeg aan de smaak, maar dat de champignonsmaak daarnaast zeer sterk bepaald werd door de aminozurenfractie, de nucleotidenfractie en de koolhydraatfractie. In de aminozurenfractie was vooral glutaminezuur smaakbepalend. Elk van de andere aminozuren kon worden weggelaten zonder duidelijk effect op de smaak. In de nucleotidenfractie waren vooral GMP (Guanosine monofosfaat) en AMP (Adenosine monophosphate, vitamine B8) van invloed op de smaak. In de koolhydraatfractie waren glucose (0.76 g/L), sucrose (0.17 g/L), mannitol (3.83 g/L) en fructose (0.16 g/L) prominent aanwezig. Indien op basis van de bekende stoffen een synthetische champignonsmaak werd samenesteld en aangeboden aan het smaakpanel, was er geen statistisch significant verschil in smaakintensiteit met champignon extract. Het belangrijkste kritiekpunt was echter wel dat het een synthetisch-aandoende champignonsmaak was. Daaruit vloeit voort dat er waarschijnlijk nog enkele onbekende stoffen in de champignon een kleine invloed uitoefenen.

Dijkstra (1976) onderzocht de smaak van onder andere de nauw aan champignon verwante *Agaricus bitorquis* en oesterzwam (*Pleurotus ostreatus*). Hoewel de smaak van deze paddenstoelen verschilt van die van champignon, wordt ook in deze paddenstoelen 1-octen-3-ol, GMP en glutamaat gevonden in concentraties die belangrijk kunnen zijn voor smaak. Deze stoffen vormen waarschijnlijk een basis paddenstoelensmaak. Smaakverschillen tussen paddenstoelen worden waarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van andere stoffen. Uit zijn onderzoek bleek dat *Agaricus bitorquis* 5.5 keer meer 1-octen-3-ol bevat dan champignon. Veel mensen in de smaakpanels vinden de smaak van *Agaricus bitorquis* wat aan de sterke kant. Dat zou kunnen betekenen dat hoge concentraties 1-octen-3-ol als minder prettig worden ervaren. De concentratie aan 1-octen-3-ol in oesterzwam was vergelijkbaar met die in *Agaricus bitorquis*. Oesterzwammen bevatten daarnaast hoge concentraties GMP (Guanosine monofosfaat), ruim 2 maal zo hoog als in champignon. De concentratie aan glutaminezuur was daarentegen slechts de helft van die in champignon. Wat precies de belangrijkste niet-vluchtige determinanten van de smaak van oesterzwammen zijn, is niet goed bekend. Volgens Yang *et al.* (2001) zijn de aminozuren m.b.t. smaakbeleving in te delen in 4 groepen; umami-smaak (glutaminezuur en asparaginezuur), zoet-smakend (alanine, glycine, serine en threonine), bitter-smakend (arginine, histidine, isoleucine, methionine, fenylalanine, tryptofaan en valine) of zonder smaak (lysine en tyrosine). Vooral de zoetsmakende en umami-smakende aminozuren dragen volgens deze auteurs bij aan de natuurlijke smaak van paddenstoelen. In de door hen onderzochte oesterzwammen bedroegen de gezamenlijke gehalten aan umami-smakende aminozuren en zoet-smakende aminozuren resp. 21% en 55% van het totale vrije aminozuur gehalte. De bitter smakende en aminozuren zonder smaak droegen voor 19% en 5% aan het totale vrije aminozuren gehalte. Chen (1986) rapporteert dat de smaak van paddenstoelen in het algemeen bepaald wordt door de zoet smakende aminozuren alanine, glycine en threonine en door de umami-smakende aminozuren asparaginezuur en glutaminezuur.

Yang *et al.* (2001) bevestigen dat oesterzwammen hoge concentraties smaakversterkende nucleotiden bevatten, maar in de door hen onderzochte cultivars (niet gespecificeerd) was het gehalte aan GMP ongeveer 8 keer lager dan dat van AMP (adenosinemonofosfaat) of CMP (cytosinemonofosfaat).

Lizárraga-Guerra *et al.* (1997) bestudeerden de bijdrage van geurstoffen aan de smaak van oesterzwam. Zij claimen, mede op basis van de publicatie van Hadar & Dosoretz (1991) dat vooral de vluchtige verbindingen bepalend zijn voor de smaak. Lizárraga-Guerra *et al.* (1997) konden 19 verschillende vluchtige verbindingen aantonen. De geursterkte van deze verbindingen werd met elkaar vergeleken aan de hand van de "flavor dilution" factor (FD; de sterkste verdunning waarbij een stof nog steeds geroken wordt). Uit oesterzwammen werden stoffen geëxtraheerd met FD waarden van 1 tot 1000. Sotolon (3-hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanon, een caramelgeur) en een niet nader geïdentificeerde stof met een paddenstoelengeur hadden beide een FD waarde 1000. Andere sterk geurende stoffen uit oesterzwam waren methional, 2-acetyl-2-pyrroline, 1-octen-3-ol en 3-octanol (FD waarde 10).

Liu *et al.* (2005) stelden vast dat de smaak van oesterzwammen slechts voor een klein deel bepaald wordt door het substraat waarop ze worden geteeld. Voor hun onderzoek teelden zij oesterzwammen op suikerbietenpulp, soyaboonpeulen, zonnebloempithulsjes of tarwestro, al dan niet met toevoeging van calciumcarbonaat / calciumsulfaat en/of maisgluten. De geogste oesterzwammen werden gedroogd en na wellen beoordeeld op basis van structuur/mondgevoel (taaiheid, vezeligheid, rubberachtig), kleur en smaak. Daarnaast werd een chemische analyse uitgevoerd naar smaakcomponenten. De onderzoekers concludeerden dat het gebruikte substraat geen invloed had op de taaiheid of vezeligheid van de geproduceerde oesterzwammen. Er bleken wel kleine verschillen in de mate van rubberachtigheid van de paddenstoelen die leken samen te hangen met de toevoeging van maisgluten. Toevoeging van maisgluten aan het substraat gaf een minder rubberachtig mondgevoel.

Ook met betrekking tot de kleur en smaak van de oesterzwammen werd geen grote invloed van het gebruikte substraat gevonden. Het gebruikte substraat leek een kleine invloed te hebben op de bittertonen en de zoettonen in het smaakpalet. De gehalten aan vrije aminozuren in de oesterzwammen bleken wel beïnvloed te worden door het gebruikte substraat maar leken in het algemeen geen duidelijke relatie te hebben tot de smaak. Opvallend was dat hoge gehalten aan methionine significant correleerden met mais-achtige smaak, bittere smaak, taaie structuur, vezelige structuur en rubberachtige structuur. Goede verklaringen voor de gevonden correlaties konden echter niet worden gegeven.

Ook de gehalten aan nucleotiden (smaakversterkende stoffen) bleken beïnvloed te worden door het gebruikte teeltsubstraat. Vooral de gehalten aan inosinemonofosfaat (IMP) en cytosinemonofosfaat (CMP) bleken te correleren met umami-smaak ervaring en paddenstoelsmaak ervaring.

Yang *et al.* (2001) analyseerden de niet-vluchtige smaakcomponenten ook van shiitake. Zij richtten zich daarbij op de gehalten aan opgeloste suikers (glucose, mannitol en trehalose), vrij aminozuren en 5'-nucleotiden. Het gehalte aan zoet-smakende aminozuren was 5.4 en 7.8 mg/g droge stof voor de twee onderzochte shiitake rassen. De gehalten aan umami-smakende aminozuren waren 1.7 en 1.9 mg/g droge stof. De gehalten aan bitter smakende aminozuren 2.5 en 2.8 mg/g en de smaakloze aminozuren 0.5 en 0.4 mg/g droge stof.

De belangrijkste 5'-nucleotiden in shiitake waren 5'-CMP (10 en 7.3 mg/g droge stof), 5'-XMP (8.8 en 0.9 mg/g droge stof), 5'-IMP (2.8 en 0.6 mg/g) en 5'-UMP (2.6 en 0.7 mg/g). Voor de meeste van de aangetoonde 5'-nucleotiden zijn er dus nogal grote verschillen tussen de shiitake rassen. Opmerkelijk genoeg werd geen 5'-GMP aangetoond.

Wu & Wang (2000) onderzochten de vluchtige verbindingen die door shiitake worden afgegeven. Verse shiitake bevatte erg lage gehalten aan vluchtige verbindingen. De belangrijkste waren 1-octen-3-ol, 3-octanon, dimethyl disulfide en dimethyl trisulfide. Als het mycelium beschadigd werd, doordat bijvoorbeeld het mycelium geplet werd, nam het gehalte aan vluchtige C8-verbindingen (1-octen-3-ol, 3-octanon) enorm toe. Ook drogen had een groot effect op de vluchtige verbindingen. De gehalten van stoffen zoals 1-octen-3-ol, 3-octanon, dimethyl disulfide en dimethyl trisulfide nam af, maar het gehalte aan cyclische zwavelverbindingen zoals 1,2,4-trithiolan en 1,2,4,5-tetrathian nam sterk toe. Als vervolgens de gedroogde shiitake werden geweekt in water van 40 of 70°C, nam het gehalte aan cyclische zwavelverbindingen nog sterker toe, vooral van 1,2,4-trithiolan en van lenthionine (1,2,3,5,6-pentathiepan). Shiitake wordt om twee redenen gedroogd. Enerzijds uit oogpunt van houdbaarheid, maar anderzijds ook omdat zich dan een zeer specifiek shiitake aroma ontwikkelt. Vooral de zwavelverbindingen spelen daarin een rol. Dimethyl disulfide draagt bij aan een ui en kool-achtige geur, maar vooral lenthionine wordt gezien als de bepalende stof in het aroma van gedroogde shiitake. De andere cyclische zwavelverbindingen (1,2,4-trithiolan, 1,2,4,5-tetrathian, 1,2,5,6-tetrathian, 1,2,4,6-tetrathian en hexathiepan) dragen waarschijnlijk ook bij, maar er zijn geen beschrijvingen van de geur van de zuivere stoffen.

Hiraide *et al.* (2004) bestudeerden de relatie tussen de hoeveelheden van de vluchtige verbindingen en de geur van gedroogde shiitake. Hij kwam tot de conclusie dat de intensiteit van de shiitake geur correleerde met de concentratie van 3 stoffen; 1,2,4-trithiolan, 1,2,4,6-tetrathiepan en lenthionine (1,2,3,5,6-pentathiepan) (statistische significantie $p=0.05$). Op basis van zijn metingen stelde hij voor om 1,2,4-trithiolan te gaan gebruiken als indicator voor de geurintensiteit van gedroogde shiitake. In een vervolgstudie (Hiraide *et al.*, 2005) probeerden de onderzoekers een verband te leggen tussen het gehalte aan vluchtige cyclische zwavelverbindingen en consumentenvoorkeuren. Geur is een van de belangrijkste factoren bij het beoordelen van de kwaliteit van voedingsmiddelen. Voorkeuren variëren al naar gelang de leeftijd van de consument, de sexe en land van herkomst. De onderzoekers hebben geprobeerd om vast te stellen welk geurprofiel van gedroogde shiitake het best past bij verschillende groepen consumenten.

In een derde studie hebben Hiraide *et al.* (2006) geprobeerd om de geur van de gedroogde shiitake aan te passen door de samenstelling van het teeltsubstraat te wijzigen. Uit analyse van de componenten van het substraat bleek dat rijst-zemelen de belangrijkste bron van zwavel zijn. Het zwavel in rijstzemelen is voornamelijk aanwezig in de vorm van methionine en cysteine. In hun experimenten hebben de onderzoekers gebruik gemaakt van een substraat bestaande uit zaagsel en 5% rijst zemelen (op droge stof basis). Aan dit medium hebben zij cysteine, methionine, ammoniumsulfaat, natriumsulfaat, biotine of thiamine in verschillende concentraties toegevoegd. De hoogste gehalten aan 1,2,4-trithiolan in de gedroogde shiitake werden verkregen met cysteine (80.7 $\mu\text{g/g}$) of methionine (68 $\mu\text{g/g}$) als zwavelbron. Ammoniumsulfaat (22.6 $\mu\text{g/g}$) en natriumsulfaat (21.1 $\mu\text{g/g}$) gaven veel kleinere gehalten. Het tegen-ion in deze zouten bleek niet van invloed te zijn. Biotine of thiamine hadden geen invloed op het gehalte aan 1,2,4-trithiolan.

De invloed van de hoeveelheid van de zwavelhoudende aminozuren in het substraat op het gehalte aan 1,2,4-trithiolan werd eveneens getest. Bij gehalten van 300-400 mg/kg substraat werd de maximale hoeveelheid 1,2,4-trithiolan gevonden (ong. 240 $\mu\text{g/g}$). Door naast de zwavelhoudende aminozuren ook het gehalte aan glutaminezuur in het substraat aan te passen kon het gehalte aan 1,2,4-trithiolan nog verder worden verhoogd. De grootste effecten werden daarbij gevonden bij de combinatie van 400 mg cysteine/kg substraat met 3 g glutaminezuur/kg substraat. Hierdoor werd in de gedroogde shiitake een 1,2,4-trithiolan gehalte van 603 $\mu\text{g/g}$ behaald.

Deze resultaten laten zien dat het mogelijk is om de smaak van paddenstoelen (oesterzwammen en shiitake) te beïnvloeden door het substraat aan te passen. Of dit ook bij champignons kan is niet onderzocht.

Natuurlijke toxines

Phenylhydrazines (agaritine)

Wat toxische stoffen betreft is de champignon ooit op het verdachtenlijstje geplaatst. Toxicologisch onderzoek uitgevoerd door Dr. Bela Toth (University of Nebraska) op muizen kreeg veel aandacht (Toth & Erickson, 1986, Toth *et al.*, 1997a). Zij toonden aan dat muizen die levenslang 3 dagen per week alleen rauwe champignons te eten kregen, tumoren ontwikkelden. Zij wezen agaritine (een fenylhydrazine) als oorzaak aan. Op deze onderzoeksmethode is echter veel kritiek gekomen van collega-onderzoekers. De muizen werden bijvoorbeeld gevoed met een hoeveelheid die vele malen groter is dan een normale menselijke consumptie (dagelijks 50% van hun lichaamsgewicht). Een ander kritiekpunt was de afwisseling tussen 3 dagen een dieet van alleen champignons en 4 dagen een normaal dieet. Sommige criticasters van het onderzoek stellen deze afwisseling eerder verantwoordelijk voor de tumoren dan de champignons. Toen Toth zijn onderzoeksmethode aanpaste tot het equivalent van 2 tot 8 keer een normale menselijke consumptie verdween de correlatie tussen consumptie van champignons en het ontstaan van tumoren (Toth *et al.*, 1997b). Er zijn daarnaast ook studies uit Japan (Matsumoto *et al.*, 1991), Denemarken (Pilegaard *et al.*, 1997) en Nederland (Schuurman *et al.*, 1998) bekend die de resultaten van de onderzoeken van dr. Toth tegenspreken. Het opmerkelijke is dat het fenylhydrazine agaritine dat aanvankelijk als boosdoener werd aangewezen, op zich niet carcinogeen is (Toth *et al.*, 1981; Pool Zobel *et al.*, 1990). De hypothese is dat precursors en afbraakproducten van agaritine (fenylhydrazine-derivaten) verantwoordelijk zijn voor een carcinogeen effect. Deze stoffen worden heel snel afgebroken in het maag-darmkanaal (Hajslova *et al.* 2002), maar hebben mogelijk effecten op het DNA (Kondo *et al.*, 2008). Ook door koken wordt het gehalte aan deze stoffen verminderd. Conserven champignons bevatten aanzienlijk minder agaritine (Shephard, 1995; Anderson *et al.*, 1999; Toth, 2000). Bovengenoemd onderzoek wordt nu ook niet meer op deze manier uitgevoerd. Voedingsexperimenten

waarbij slechts één gewas in groter hoeveelheid dagelijks wordt gegeven leidt in veel gevallen tot problemen en heeft weinig te maken met toxische componenten in een gewas (Van der Meer, 1987).

Agaridine komt overigens alleen in champignon en de andere leden van het geslacht *Agaricus* voor. Oesterzwammen bevatten geen agaridine (Stijve & Pittet, 2000).

Formaldehyde

Formaldehyde is een stof die wijdverspreid voorkomt in de natuur en in lage concentraties voor kan komen in een brede reeks van voedingsmiddelen. Tashkov (1996) bepaalde het gehalte aan formaldehyde in diverse soorten fruit, groenten, vlees en vis. Hij vond gehalten van 1-20 mg/kg. Volgens het Hong Kong Food and Environmental Hygiene Department bevatten paddenstoelen (inclusief shiitake) echter 300-400 mg formaldehyde per kg gedroogde paddenstoelen (<http://www.fehd.gov.hk/safefood/report/formaldehyde/formaldehyde.html>).

Formaldehyde wordt vaak gebruikt als een desinfectans en heeft als zodanig een toelating voor gebruik in de paddenstoelenteelt in Nederland (op voorwaarde dat de stof niet op het product wordt toegepast. Vanuit het oogpunt van volksgezondheid is formaldehyde een risico-stof. De World Health Organization (WHO, 1996) heeft de toelaatbare dagelijkse inname vastgesteld op 0.15 mg/kg lichaamsgewicht per dag. Voor een man van 100 kg is de toelaatbare dagelijkse inname 15 mg. Bij inname van 200 g shiitake (overeenkomend met 20 g droge shiitake) is de formale inname 6-8 mg. Het is dus heel onwaarschijnlijk dat een laag niveau van consumptie van formaldehyde nadelige gevolgen heeft voor de gezondheid. Formaldehyde wordt in het lichaam via normale metabole routes snel omgezet in allerlei andere stoffen (Restani & Galli, 1991).

Het International Agency on Research of Cancer (IARC, 1995) heeft op basis van studies waarin proefdieren en mensen werden blootgesteld aan inhalatie van formaldehyde, deze stof aangemerkt als mogelijk carcinogeen. Het WHO heeft echter aangegeven dat formaldehyde niet carcinogeen is indien het oraal wordt opgenomen (WHO, 1996).

De ongewoon hoge concentraties formaldehyde in gedroogde paddenstoelen heeft de vraag opgeworpen of het formaldehyde afkomstig was van oneigenlijk gebruik van formaline als desinfectiemiddel of dat de paddenstoelen zelf formaldehyde produceren. Mason *et al.* (2004) ontwikkelden een methode om formaldehyde gehalten goed te kunnen meten en constateerden formaldehydegehalten van 110-240 mg/kg in een beperkt aantal monsters shiitake die afkomstig waren uit de supermarkt. Vervolgens hebben zij hun metingen herhaald op monsters shiitake die afkomstig waren uit teelten waarin geen formaline was toegepast. In deze monsters vonden zij gehalten van 100 tot 320 mg formaldehyde/kg. Opslag gedurende 10 dagen bij 2-6°C had geen invloed op de hoogte van deze gehalten. Als de shiitake gedurende 6 minuten werden gebakken in plantaardige olie, werd het formaldehydegehalte gemiddeld ruim gehalveerd.

Gebruikmakend van een andere analysemethode hebben ook Liu *et al.* (2005) het formaldehyde gehalte in shiitake bepaald. Zij constateerden met hun methode formaldehyde gehalten van 119-494 mg/kg versgewicht in shiitake.

7 Gebruik van voedingswaarde gegevens voor marketing

Wereldwijde promotie-activiteiten

Wereldwijd zijn telers van eetbare paddenstoelen zich bewust van de waardevolle bijdrage die paddenstoelen kunnen leveren aan het voedingspatroon van mensen. Een organisatie als de International Society for Mushroom Science (<http://www.isms.biz/>) heeft zelfs een project getiteld Mushrooms and Health Global Initiative in het leven geroepen. In het kader van dit project verzamelt men wetenschappelijke informatie m.b.t. voedingswaarde en gezondheidseffecten die samenhangt met de consumptie van paddenstoelen. Deze informatie wordt aan belangstellenden gratis verspreid. Dit project is voortgekomen uit een vergadering over wereldwijde samenwerking m.b.t. marketing van paddenstoelen en paddenstoelproducten tijdens de 17th North American Mushroom Conference in maart 2004. Aan deze vergadering werd deelgenomen door vertegenwoordigers van de Australian Mushroom Growers Association (AMGA) en de Mushroom Council (de vereniging van telers in de VS). Sindsdien hebben de Canadese telersorganisatie (Mushrooms Canada), de gezamenlijke Europese telersorganisaties (GEPC), de Engelse en de Deense organisatie zich bij het initiatief aangesloten.

De bedoeling van dit samenwerkingsproject is de ondersteuning van public relations inspanningen die er toe leiden dat de wereldwijde consumptie van paddenstoelen en paddenstoelproducten toeneemt. Men wil graag bereiken dat het beeld dat consumenten hebben van paddenstoelen verandert van een (luxe) product dat gebruikt wordt als aanvulling op de maaltijd in een essentieel onderdeel van het voedingspatroon. Met gezondheid als belangrijkste drijvende kracht wil men paddenstoelen positioneren als het ultieme “superfood” dat het verdient om elke dag gegeten te worden. Om dat beeld waar te maken wil men de marketing inspanningen van de deelnemers voeden met een geloofwaardige wetenschappelijke onderbouwing. Daarnaast genereert men media-aandacht (radio, TV, tijdschriften) rondom het onderzoek dat gericht is op wetenschappelijke onderbouwing van de gezondheidseffecten van de consumptie van paddenstoelen. Over de voortgang en de successen van het project wordt 4 keer per jaar gerapporteerd in een nieuwsbrief (te downloaden via de website van het ISMS).

Wat kun je met voedingswaarde; voedings- en gezondheidsclaims?

In dit rapport ligt de nadruk niet zo zeer op speciale stoffen in paddenstoelen die gezondheidsbevorderende effecten hebben, maar op de hoeveelheden van verschillende voedingsstoffen die ook in andere voedingsmiddelen voorkomen. Het beeld dat hieruit naar voren komt, is dat paddenstoelen in het algemeen bijzonder weinig calorïen bevatten en een goede bron van B-vitamines, sommige mineralen en van voedingsvezels zijn. Bovendien kun je paddenstoelen relatief simpel aanpassen zodat ze veel vitamine D of mineralen zoals selenium bevatten. De aanwezigheid van allerlei stoffen met mogelijk speciale gezondheidsbevorderende effecten die van nature in paddenstoelen aanwezig zijn, komt daar dan nog bovenop.

Het is goed voorstelbaar dat men als producent van champignons of andere eetbare paddenstoelen de bijzondere voedingswaarden van paddenstoelen onder de aandacht van het grote publiek wil brengen. Verwijzingen naar de voedingswaarde en dus de mogelijk gunstige effecten die consumptie van paddenstoelen kunnen hebben op de gezondheid, worden door de overheid gezien als respectievelijk voedingsclaims en gezondheidsclaims. De Europese Unie heeft in verordening EG Nr. 1924/2006 van 20 december 2006 vastgelegd wat wel en wat niet toegestaan is m.b.t. voedings- en gezondheidsclaims (te downloaden via <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:404:0009:0025:NL:PDF>). Deze verordening is in het leven geroepen om drie redenen: (1) het voorkomen van ongelijke concurrentie op de Europese interne markt (door verschillende regelgeving in de verschillende lidstaten), (2) het beschermen van de consument tegen misleiding t.g.v. onterechte claims, (3) het stimuleren van onderzoek en ontwikkeling in de levensmiddelenindustrie door het beschermen van de door de industrie gedane investeringen.

De regeling staat het gebruik van voedings- en gezondheidsclaims onder voorwaarden toe. Voedingsclaims zijn claims die stellen, de indruk wekken of impliceren dat een levensmiddel bepaalde heilzame voedingseigenschappen heeft m.b.t.:

- a) de energetische waarde (calorische waarde) die het
 - i. levert
 - ii. in verlaagde of verhoogde mate levert, of
 - iii. niet levert,
en/of
- b) de nutriënten of andere stoffen die het
 - i. bevat,
 - ii. in verlaagde of verhoogde hoeveelheid bevat, of
 - iii. niet bevat.

Tabel 12 geeft een overzicht van de toegestane voedingsclaims, de voorwaarden daarvoor en de toegestane bewoordingen, zoals weergegeven in verordening EG Nr. 1924/2006.

Of voor een product *überhaupt* een voedingsclaim mag worden gebruikt, is afhankelijk van het voedingsprofiel dat op het levensmiddel van toepassing is. Een voedingsprofiel is een rekenmethode om de voedingswaarde van verschillende levensmiddelen te rangschikken. Het gebruik van voedingsprofielen als criterium voor het wel of niet toelaten van een gezondheidsclaim dient om situaties te vermijden waarbij een gezondheidsclaim de algemene voedingsstatus van een levensmiddel maskeert. Een voorbeeld is de claim “bevat geen vet” op een zakje met drop, waardoor men de consument een ongezonde keuze laat maken. Volgens verordening EG Nr. 1924/2006 moet de Commissie op 19 januari 2009 voedingsprofielen hebben vastgesteld.

Het vaststellen van een voedingsprofiel is nog niet zo eenvoudig. Drewnowski & Fulgoni (2008) en Erbersdobler (2007) lichten de praktische problemen uitvoerig toe. Een voedingsprofiel is bruikbaar voor verschillende maatschappelijk wenselijke zaken zoals:

- Voorlichting van het grote publiek over gezonde voeding
- Ontwikkeling van nieuwe voedingsproducten
- Hulpmiddel bij etikettering (food labeling)
- Onderbouwing van gezondheidsclaims
- Regelgeving m.b.t. adverteren en marketing gericht op kinderen.

Een bruikbaar voedingsprofiel moet een balans vormen tussen tegengestelde doelen. Enerzijds hebben de regelgevende instanties een rekenmodel nodig dat wetenschappelijk onderbouwd is, gemakkelijk te handhaven is, objectief en transparant is. Anderzijds moeten de belangen van de voedingsmiddelenindustrie niet uit het oog verloren worden. De voedingsmiddelenindustrie is met name bang dat sommige methoden van nutrient profiling een tweedeling laten ontstaan tussen goed en slecht en daardoor hele categorieën voedingsmiddelen diskwalificeren. Er zijn op dit moment in diverse landen verschillende rekenmethoden in gebruik om voedingsprofielen op te stellen. Deze verschillende rekenmethoden verschillen van elkaar m.b.t. de voedingstoffen waar ze waarde aan hechten. Zo zijn er rekenmethoden die alleen kijken naar voedingstoffen die goed zijn voor de gezondheid (zoals vitamines en mineralen). Andere rekenmethoden baseren zich alleen op voedingstoffen die slecht zijn voor de gezondheid zoals vetten, suikers en natrium. Een derde categorie rekenmethoden gebruikt combinaties van de twee voorgaande. De rekenmethoden die alleen naar “gezonde voedingstoffen” kijken, betrekken in hun simpelste vorm alleen naar macronutriënten (eiwit, voedingsvezel, essentiële vetzuren), vitamines (A en C) en mineralen (Calcium en IJzer). Meer uitgebreidere modellen betrekken ook de gehalten aan omega-3-vetzuren, B-vitamines, foliumzuur en mineralen zoals kalium, zink en magnesium. De precieze keuze van wat wel en wat niet in het rekenmodel wordt opgenomen, wordt vaak bepaald door de voedingstoffen die limiterend zijn in het voedingspatroon van de bevolking. Als er te weinig voedingsvezel wordt gegeten dan aanbevolen, heeft voedingsvezel een grote kans om in het voedingsprofiel te worden opgenomen. Als van een bepaalde voedingstof te weinig gegevens aanwezig zijn om een goede vergelijking tussen voedingsmiddelen te maken, kan dat een reden zijn om hem niet op te nemen in een model.

Een fundamentele vraag die beantwoord dient te worden is of de voedingsprofielen nadruk moeten leggen op “gezonde” voedingstoffen of de nadruk moeten leggen op het beperken van “ongezonde” voedingstoffen. Daarbij moet bedacht worden dat in verschillende landen verschillende behoeften kunnen gelden. Kwalitatief hoogwaardig eiwit is een voedingsstof waaraan in Europa niet snel een gebrek zal zijn. In sommige Afrikaanse landen ligt dat anders.

Met betrekking tot paddenstoelen is ook de vraag welke referentiewaarde gebruikt wordt belangrijk. Men kan een

Voedingsclaim	Voorwaarde
Lage energetische waarde	Deze claim is alleen toegestaan als de energetische waarde van het produkt maximaal 40 kcal/100 g voor vaste stoffen en [of] maximaal 20 kcal/ml voor vloeistoffen bedraagt
Verminderde energetische waarde	Deze claim is alleen toegestaan als de energetische waarde van het product met minimaal 30% verminderd is, onder vermelding van de eigenschap(pen) waardoor de totale energetische waarde van het levensmiddel verminderd is.
Bevat geen energie	Deze claim is alleen toegestaan als de energetische waarde van het product maximaal 4 kcal/100 ml bedraagt.
Vetarm	Deze claim is alleen toegestaan als het vetgehalte van het produkt maximaal 3 g/100 g voor vaste stof of 1.5 g/100 ml voor vloeibare stoffen bedraagt.
Vetvrij	Deze claim is alleen toegestaan als het vetgehalte van het produkt maximaal 0.5 g/100 g voor vaste stof of 0.5 g/100 ml voor vloeibare stoffen bedraagt. Claims als X % vetvrij zijn verboden.
Arm aan verzadigde vetten	Deze claim is alleen toegestaan als de som van de verzadigde vetzuren en de transvetzuren in het product niet groter is dan 1.5 g/100 g voor vaste stof of 0.75 g/100 ml voor vloeistoffen en op voorwaarde dat maximaal 10% van de energetische waarde afkomstig is van de som van de verzadigde vetzuren en de transvetzuren.
Vrij van verzadigde vetten	Deze claim is alleen toegestaan als de som van de verzadigde vetzuren en de transvetzuren in het product niet groter is dan 0.1 g/100 g voor vaste stof of 0.1 g/100 ml voor vloeistoffen
Suikerarm	Deze claim is alleen toegestaan als het suikergehalte van het produkt maximaal 5 g/100 g voor vaste stof of 2.5 g/100 ml voor vloeibare stoffen bedraagt.
Suikervrij	Deze claim is alleen toegestaan als het suikergehalte van het produkt maximaal 0.5 g/100 g voor vaste stof of 0.5 g/100 ml voor vloeibare stoffen bedraagt.
Zonder toegevoegde suikers	Deze claim is alleen toegestaan als aan het produkt geen mono- of disacchariden of andere vanwege hun zoetkracht gebruikte levensmiddelen zijn toegevoegd. Indien een levensmiddel van nature suikers bevat, dient ook het volgende op het etiket te staan: "DIT PRODUKT BEVAT VAN NATURE AANWEZIGE SUIKERS".
Natriumarm/zoutarm	Deze claim is alleen toegestaan als het produkt maximaal 0.12 g natrium, of de overeenkomstige waarde voor zout per 100 g of 100 ml bevat. Voor ander water dan mineraalwater dat onder toepassingsgebied van Richtlijn 80/777/EEG valt, mag deze waarde niet meer dan 2 mg natrium per 100 ml bedragen.
Zeer laag natriumgehalte/zoutgehalte	Deze claim is alleen toegestaan als het produkt maximaal 0.04 g natrium, of de overeenkomstige waarde voor zout per 100 g of 100 ml bevat. Voor mineraalwater en ander water mag deze claim niet gebruikt worden.
Natriumvrij/zoutloos	Deze claim is alleen toegestaan als het produkt maximaal 0.005 g natrium, of de overeenkomstige waarde voor zout per 100 g bevat.
Bron van vezels	Deze claim mag alleen gebruikt worden als het vezelgehalte van het produkt minimaal 3 g/100g of 1.5 g/100 kcal bedraagt.
Vezelrijk	Deze claim mag alleen gebruikt worden als het vezelgehalte van het produkt minimaal 6 g/100g of 3 g/100 kcal bedraagt.
Bron van eiwitten	Deze claim is alleen toegestaan als minimaal 12% van de energetische waarde van het levensmiddel wordt geleverd door eiwitten.
Eiwitrijk	Deze claim is alleen toegestaan als minimaal 20% van de energetische waarde van het levensmiddel wordt geleverd door eiwitten.

Tabel 12. Overzicht van de toegestane voedingsclaims, de voorwaarden daarvoor en de toegestane bewoordingen, zoals weergegeven in verordening EG Nr. 1924/2006

Bron van (<i>naam van vitamine(n)</i>) en/of (<i>naam van het mineraal/de mineralen</i>).	Deze claim is alleen toegestaan als het produkt minimaal een aanzienlijke hoeveelheid bevat zoals vastgesteld in de bijlage bij Richtlijn 90/496/EEG, of een hoeveelheid waarin is voorzien door afwijkingen die zijn toegestaan krachtens artikel 7 van Verordening EG nr. 1925/2006 van het Europees Parlement en de Raad van 20 december 2006 betreffende de toevoeging van vitaminen en mineralen en bepaalde andere stoffen aan levensmiddelen. In essentie gaat het om waarden van minimaal 15% van de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid per 100g of 100 ml, dan wel per verpakking indien deze slechts één portie bevat.
Rijk aan (<i>naam van vitamine(n)</i>) en/of (<i>naam van het mineraal/de mineralen</i>).	Deze claim is alleen toegestaan als het produkt ten minste tweemaal de onder "Bron van (<i>naam van vitamine(n)</i>) en/of (<i>naam van het mineraal/de mineralen</i>)" bedoelde hoeveelheid bevat..
Bevat (<i>naam van de nutriënt of andere stof</i>)	Deze claim is alleen toegestaan als het produkt aan alle desbetreffende bepalingen van de verordening EG Nr. 1924/2006, met name artikel 5, voldoet. In essentie moet de stof waarvoor de claim wordt gedaan een bewezen heilzaam nutritioneel of fysiologisch effect hebben, dat is vastgesteld a.h.v. algemeen aanvaarde wetenschappelijke gegevens. Daarnaast moet de stof in een significante hoeveelheid in het eindprodukt aanwezig zijn en wel in een hoeveelheid die volgens algemeen aanvaarde wetenschappelijke gegevens het geclaimde effect bewerkstelligt. Verder moet de stof waarvoor de claim gedaan wordt aanwezig zijn in een vorm die door het lichaam kan worden gebruikt. Tot slot moet de hoeveelheid van het produkt dat de consument, naar redelijkerwijs kan worden aangenomen, tot zich zal nemen, een voldoende grote hoeveelheid van de stof bevatten om volgens algemeen aanvaarde wetenschappelijke gegevens het geclaimde effect te kunnen bewerkstelligen. Voor vitaminen en mineralen gelden de voorwaarden van de claim "Bron van".
Verhoogd gehalte aan (<i>naam van de nutriënt</i>)	Deze claim is alleen toegestaan als het produkt voldoet aan de voorwaarden voor de claim "Bron van" en het desbetreffende gehalte minimaal 30% hoger is dan dat van een vergelijkbaar produkt.
Verlaagd gehalte aan (<i>naam van de nutriënt</i>)	Deze claim is alleen toegestaan als het desbetreffende gehalte van het produkt minimaal 30% lager is dan dat van een vergelijkbaar produkt, behalve voor mironutriënten, waarvoor een verschil van 10% t.o.v. de referentiewaarden van Richtlijn 90/496/EEG van de Raad aanvaardbaar is, en voor natrium of de equivalente waarde van zout, waarvoor een verschil van 25% aanvaardbaar is..
"Light"of Lite	Voor deze claim gelden dezelfde voorwaarden als voor de claim "verlaagd"; voorts moet bij de claim worden vermeld welke eigenschap(pen) het levensmiddel "light"of lite maken
Van nature/natuurlijk	Indien een levensmiddel van nature voldoet aan de in deze bijlage opgenomen voorwaarde(n) voor het gebruik van een voedingsclaim, mogen de woorden "van nature/natuurlijk" in de claim worden opgenomen

Tabel 12 (vervolg). Overzicht van de toegestane voedingsclaims, de voorwaarden daarvoor en de toegestane bewoordingen, zoals weergegeven in verordening EG Nr. 1924/2006

voedingsprofiel baseren op 100 kcal, op 100 g of op een portiegrootte die door de overheid wordt vastgesteld. Indien met een kleine portiegrootte wordt gewerkt (omdat van paddenstoelen i.h.a. slechts kleine porties worden geconsumeerd), kan dat nadelig uitpakken. Indien op basis van hoeveelheden van 100 g wordt gewerkt, komen vetrijke en zoute voedingsmiddelen die normaliter in kleine porties worden genuttigd slecht uit de verf. Een andere vraag is of een voedingsprofiel specifiek voor een voedingsmiddelengroep moet zijn of dat het alle voedingsmiddelen zonder onderscheid met elkaar moet vergelijken. Denk daar bij aan de schijf van 5. Fruit is een belangrijke bron van vitamine C, terwijl de groenten een belangrijke leverancier zijn van voedingsvezel, vitamine A en B6, kalium en koper. Granen zijn belangrijke leveranciers van koolhydraten, thiamine, foliumzuur, ijzer en magnesium. Vlees zorgt voor eiwit, vitamine B6, niacine en zink, enzovoort. In Europa lijkt de benadering om per voedingsmiddelen categorie en nutriënt profile model te ontwikkelen de beste kansen te hebben om tot het dominante model uit te groeien. Open vraag lijkt vooralsnog te zijn welke

voedingsmiddelen precies in welke voedingsmiddelen categorie vallen. Wat precies in welke categorie valt is cultuur bepaald. Nederland kent 14 categorieën voedingsmiddelen, de Zweden en de Denen kennen er 26 en het Eurofoods systeem maakt gebruik van 33 categorieën.

Uiterlijk op 19 januari 2009 stelt de Commissie specifieke voedingsprofielen op en moet er duidelijkheid zijn. Hoe het voedingsprofiel er precies uit gaat zien is van groot belang. Erbersdobler (2007) vergelijkt een aantal verschillende voedingsprofielen en laat zien dat een product gebaseerd op ontbijtgranen volgens het ene voedingsprofiel wel en volgens het andere geen voedingsclaim mag voeren. Het is dus belangrijk om te zien welk voedingsprofiel uiteindelijk door de overheid gebruikt gaat worden, voordat het voeren van een voedingsclaim mogelijk wordt.

Van gezondheidsclaims zijn 2 varianten te onderscheiden:

- a) claims m.b.t. het verkleinen van de kans op een ziekte
- b) andere gezondheidsclaims
 - a. m.b.t. de ontwikkeling en gezondheid van kinderen of het goed functioneren van het lichaam,
 - b. m.b.t. psychologische functies of gedragsfuncties
 - c. m.b.t. effecten op afslanken/gewichtsbeheersing/verminderen hongergevoel/versterken verzadigingsgevoel)

Om gezondheidsclaims m.b.t. het verkleinen van de kans op een ziekte te mogen voeren, moet een vergunningsprocedure worden doorlopen. Tijdens deze vergunningsprocedure moet de wetenschappelijke onderbouwing (d.m.v. onafhankelijke collegiaal getoetste studies) worden aangetoond. De Commissie gaat er daarbij voor zorgen dat de exploitanten van levensmiddelenbedrijven (met name MKB's) geassisteerd worden bij de voorbereiding en de indiening van een aanvraag voor een wetenschappelijke beoordeling.

Voor het opvoeren van een gezondheidsclaim die niet gericht is op het verkleinen van risico op ziekte, hoeft geen vergunningsprocedure te worden doorlopen wanneer aan een aantal voorwaarden is voldaan. Er moet (naast een gunstig voedingsprofiel) een wetenschappelijke onderbouwing voorhanden zijn gebaseerd op algemeen aanvaarde wetenschappelijke gegevens. Daarnaast moet de claim door de gemiddelde consument goed begrepen worden. Wat een voldoende wetenschappelijke onderbouwing inhoudt, en wat de gemiddelde consument wel en niet begrijpt, wordt bediscussieerd door wetenschappers van het bedrijfsleven en academici.

Om het eens te worden over de wetenschappelijke onderbouwing van claims wordt gediscussieerd door meer dan 160 wetenschappers in het EU project PASSCLAIM (Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods, Asp & Bryngelsson, 2008). Zij zijn het eens geworden over een lijst van 6 criteria:

1. Het voedingsitem of de voedingsstof waaraan het geclaimde effect wordt toegekend, moet goed gekarakteriseerd zijn
2. Onderbouwing van een claim moet gebaseerd zijn op studies met mensen, voornamelijk van interventie-studies. Bij de opzet van deze studies moet aandacht besteed zijn aan de volgende aspecten:
 - a. Studiegroep moet representatief zijn voor de doelgroep van de claim
 - b. Goede controle-groepen
 - c. Voldoende tijdsduur van blootstelling en follow-up om het bedoelde effect te laten zien
 - d. Beschrijving van het achtergrond-dieet van de studiegroep en andere relevante aspecten van haar life-style
 - e. Een hoeveelheid van het voedsel- of de voedingsstof die overeenkomt met het bedoelde consumptiepatroon van de doelgroep van de claim
 - f. Invloed van de voedselmatrix en de dieetcontext op het functionele effect van de voedingsstof
 - g. Monitoring van de mate waarin de onderzoeksgroep zich gehouden heeft aan de bedoelde inname van het te testen voedsel of de voedselcomponent
 - h. Proefopzet moet een goede statistische analyse mogelijk maken.

Interventiestudies omvatten ook de "randomized controlled trail" en het is wenselijk dat het geclaimde effect in meer dan één randomized controlled trail wordt aangetoond.

3. Als het geclaimde effect niet direct gemeten kan worden, moeten relevante markers worden gebruikt.
4. Markers moeten
 - a. Biologisch valide zijn (in die zin dat ze voldoende voorspellende waarde hebben en dat hun variatie binnen de populatie bekend is)
 - b. Goed en betrouwbaar te meten zijn

5. Effecten van nuttigging van het voedsel of de voedingstof waarvoor de claim geldt, moeten statistisch significant zijn en biologische relevantie hebben voor de doelgroep waarop de claim gericht is
6. Een claim moet onderbouwd worden door alle wetenschappelijke data van verschillende studies in de beoordeling mee te nemen. Daarnaast moeten de verschillende studies onderling “gewogen” worden; de meest relevante studies moeten het zwaarst wegen in de beoordeling.

EFSA heeft inmiddels een richtlijn ontwikkeld voor de indiening van een aanvraag voor een gezondheidsclaim (zie http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1178623592471.htm).

De Commissie gaat op termijn een openbare lijst bijhouden van toegestane voedings- en gezondheidsclaims en de daarvoor geldende voorwaarden (het “Repertorium”). Gezondheidsclaims waarvoor een vergunning is verleend op grond van door eigendomsrechten beschermde gegevens worden opgenomen in een aparte bijlage. In deze bijlage wordt vermeld, naam oorspronkelijke aanvrager, datum waarop vergunning is verleend, feit dat vergunning is verleend op basis van beschermde gegevens, feit dat het gebruik van de gezondheidsclaim is beperkt.

Daarnaast wordt ook een lijst opgesteld van afgewezen claims.

Samenvattend kan gezegd worden, dat het in principe mogelijk is om de voordelen van consumptie van paddenstoelen onder de aandacht van het grote publiek te brengen. Met betrekking tot voedingsclaims liggen de mogelijkheden eerder onder handbereik dan met betrekking tot gezondheidsclaims. Om gezondheidsclaims te onderbouwen zal meer onderzoek moeten worden gedaan met mensen als studieobject.

Nogal wat studies die in dit rapport worden geciteerd zijn niet in Nederland of zelfs niet in Europa uitgevoerd. Het is dan ook niet duidelijk of alle gegevens die gegenereerd zijn in andere landen direct gebruikt kunnen worden voor Nederlandse (Europese) paddenstoelen. Het selenium gehalte in paddenstoelen zal bijvoorbeeld afhangen van het selenium gehalte in stro. Het is bekend dat Amerikaans stro meer selenium bevat dan Europees stro en er zal dus ook wel een verschil zijn tussen het seleniumgehalte van Nederlandse (Europese) champignons en Amerikaanse champignons. Het is misschien aan te bevelen om voor een aantal voedingswaarden ook de analyse op Nederlandse of Europese producten te laten uitvoeren.

8. Geciteerde bronnen

- Akanmu D., Cecchini R., Aruoma O.I. & Halliwell B. (1991) The antioxidant action of ergothioneine. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 288(1), pp. 10-16.
- Alam I., Lewis K., Stephens J.W. & Baxter J.N. (2006) Obesity, metabolic syndrome and sleep apnoea: all pro-inflammatory states. *Obesity Reviews* 8, pp. 119-127.
- Alarcón J., Aguila S., Arancibia-Avila P., Fuentes O., Zamorano-Ponce E. & Hernández M. (2003) Production and purification of statins from *Pleurotus ostreatus* (Basidiomycetes) strains. *Zeitschrift für Naturforschung* 58c, pp. 62-64.
- Alarcón J. & Aguila S. (2006) Lovastatin production by *Pleurotus ostreatus*: effects of the C:N ratio. *Zeitschrift für Naturforschung* 61c, pp. 95-98.
- Alberts A.W. (1988) Discovery, Biochemistry and Biology of Lovastatin. *The American Journal of Cardiology* 62, pp 10j-15j.
- Ames B.n., Gold L.S. & Willet W.C. (1995) The causes and prevention of cancer. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 92, pp. 5258-5265.
- Anderson E.E. & Fellers C.R. (1942) The food value of mushrooms (*Agaricus campestris*). *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 41, pp. 301-304.
- Andersson H.C., Hajslová J., Schulzová V., Panovská Z., Hajkova L. & Gry, J. (1999) Agaritine content in processed foods containing the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*) on the Nordic and the Czech market. *Food Additives and Contaminants* 16(10), pp. 439-446.
- Anoniem (2007) Consensus document on compositional considerations for new varieties of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*: key food and feed nutrients, antinutrients and toxicants.
- Aruoma O.I., Spencer J.P.E. & Mahmood N. (1999) Protection against oxidative damage and cell death by the natural antioxidant ergothioneine. *Food and Chemical Toxicology* 37, pp. 1043-1053.
- Asp N-G. & Bryngelsson S. (2008) Health claims in Europe: New legislation and PASSCLAIM for substantiation. *The Journal of Nutrition* 138, pp. 1210S-1215S.
- Baars J.J.P. (2006) Reductie van het kiemgetal van bacteriën op champignons. PT projectnummer 12542.
- Baars J.J.P. (2006b) Gezonde paddestoelen. Bruikbaarheid van gezondheidsaspecten van in Nederland teelbare paddestoelen voor vermarkting. PPO rapport 2006-10. Te downloaden van website: <http://www.pri.wur.nl/NL/publicaties/PRIpublicaties/paddenstoelen/>
- Bano Z. & Rajarathnam S. (1986) Vitamin values of *Pleurotus* mushrooms. *Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition* 36 (1), pp. 11-15.
- Bano Z. & Rajarathnam S. (1988) *Pleurotus* mushrooms. Part II, nutritional value, post-harvest physiology, preservation and role as human food. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 27(2), pp 87-158.
- Bobek P. & Galbavý (2001) Effect of pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) on the antioxidant status of the organism and on dimethylhydrazine- induced precancerous lesions in rat colon. *British Journal of Biomedical Science* 58, pp. 164-168.
- Bobek P., Ginter E., Jurcovicova M. & Kuniak L. (1991) Cholesterol-lowering effect of the mushroom *Pleurotus ostreatus* in hereditary hypercholesterolemic rats. *Annals of Nutrition and Metabolism* 35, pp 191-195.
- Bobek P., Ozdin L. & Galbavy S. (1998) Dose- and time-dependent hypocholesterolemic effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in rats. *Nutrition* 14(3), pp 282-286.
- Bohn J.A. & BeMiller J.N. (1995) (1 \rightarrow 3)- β -D-Glucans as biological response modifiers: a review of structure-functional activity relationships. *Carbohydrate Polymers* 28, pp 3-14.
- Bonzom P.M.A., Nicolaou A., Zloh M., Baldeo W. & Gibbons W.A. (1999) NMR lipid profile of *Agaricus bisporus*. *Phytochemistry* 50, pp 1311-1321.
- Borchers A.T., Keen C.L. & Gershwin M.E. (2004) Mushrooms, tumors and immunity: an update. *Experimental Biology and Medicine* 229, pp 393-406.
- Bressa G., Cima L. & Costa P. (1988) Bioaccumulation of Hg in the mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Ecotoxicology and environmental safety* 16, pp. 85-89.

- Brooks J.D., Metter E.J., Chan D.W., Sokoll L.J., Landis P., Nelson W.G., *et al.* (2001) Plasma selenium level before diagnosis and the risk of prostate cancer development. *Journal of Urology* 166, pp. 2034-2038.
- Brown G.D. & Gordon S. (2005) Immune recognition of fungal β -glucans. *Cellular Microbiology* 7, pp. 471-479.
- Burk R.F., Hill K.R. & Motley A.K. (2003) Selenoprotein metabolism and function: evidence for more than one function for selenoprotein P. *The Journal of Nutrition* 133, pp. 1517S-1520S.
- Byrne A.R., Slejkovec Z., Stijve T., Fay L., Goessler W., Gailer J. & Irgolic K.J. (1995) Arsenobetaine and other arsenic species in mushrooms. *Applied Organometallic Chemistry* 9(4), pp 305-313.
- Çağlarirmak N. (2007) The nutrients of exotic mushrooms (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an estimated approach to the volatile compounds. *Food Chemistry* 105, pp. 1188-1194.
- Chansler M.W., Mutanen M., Morris V.C. & Levander O.A. (1986) Nutritional bioavailability to rats of selenium in Brazil nuts and mushrooms. *Nutrition Research* 6, pp. 1419-1428.
- Chaudiere J. & Ferrari-Iliou R. (1999) Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms. *Food and Chemical Toxicology* 37, pp. 949-962.
- Chen H.K. (1986) Studies on the characteristics of taste-active components in mushroom concentrate and its powderization. Master's Thesis, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan.
- Chen J. & Seviour R. (2007) Medical importance of fungal β -(1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 6)-glucans. *Mycological Research* 111, pp. 635-652.
- Chen S., Oh S-R., Phung S., Hur G., Ye J.J., Kwok S.L., Shrode G.E., Belury M., Adams L.S. & Williams D. (2006) Anti-aromatase activity of phytochemicals in white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Cancer research* 66(24), pp. 12026-12034.
- Chen S., Sun X.Z., Kao, Y.-C., Kwon, A., Zhou, D., Eng, E (1998) Suppression of breast cancer cell growth with grape juice. *Pharmaceutical Biology* 36 (SUPPL.), pp. 53-61.
- Chen S., Zhou D., Okubo T., Kao Y-C., Eng E.T., Grube B., Kwon A., Yang C. & Yu B. (2002) Prevention and treatment of breast cancer by suppressing aromatase activity and expression. *Annals of the New York Academy of Science* 963, pp. 229-238.
- Cheung L.M., Cheung P.C.K. & Ooi V.E.C. (2003) Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry* 81, pp. 249-255.
- Cheung P.C.K. (1996) Dietary fiber content and composition of some cultivated edible mushroom fruiting bodies and mycelia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44, pp 468-471.
- Cheung P.C.K. (1997) Dietary Fibre Content and Composition of Some Edible Fungi Determined by Two Methods of Analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 73, pp. 255-260.
- Cheung P.C.K. & Lee M-Y. (1998) Comparative chemical analysis of fiber material prepared by enzymatic and chemical methods from two mushrooms (*Pleurotus sayor-caju* and *Pleurotus tuber-regium*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 46, pp. 4854-4857.
- Chibata I., Okumura K., Takeyama S. & Kotera K. (1969) Lentinacin: a new hypocholesterolemic substance in *Lentinus edodes*. *Experienta* 25, pp. 1237-1238.
- Chihara G., Hamuro J., Maeda Y., Arai Y. & Fukuoka F. (1970) Fractionation and purification of the polysaccharides with marked antitumor activity, especially Lentinan, from *Lentinus edodes* (Berk.), Sing., an edible mushroom. *Cancer Research* 30, pp. 2776-2781.
- Choi Y., Lee S.M., Chun J., Lee H.B. & Lee J. (2006) Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry* 99, pp. 381-387.
- Clark L.C., Combs Jr. G.F., Turnbull B.W., *et al.* (1996) Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin: a randomized controlled trail. *Journal of the American Medical Association* 276, pp. 1957-1963.
- Coşkuner Y. & Özdemir Y. (1997) Effects of canning processes on the elements content of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Food Chemistry* 60(4), pp 559-562.
- Coates R.J., Weiss N.S., Daling J.R., Morris J.S. & Labbe R.F. (1988) Serum levels of selenium and retinol and the subsequent risk of cancer. *American Journal of Epidemiology* 128, pp. 515-523.
- Conrad F. & Rudiger H. (1994) The lectin from *Pleurotus ostreatus*: Purification, characterization and interaction with a phosphatase. *Phytochemistry* 36 (2), pp. 277-283.

- Crisan E.V. and Sands A. (1978). Nutritional value. In: Chang S.T. and Hayes W.A. (eds), *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. New York: Academic Press. pp.137-168.
- De Clercq E. (1987) S-Adenosylhomocysteine hydrolase inhibitors as broad spectrum antiviral agents. *Biochemical Pharmacology* 36(16), pp. 2567-2575.
- De Clercq E., Bergstrom D.E., Holy A. & Montgomery A. (1984) Broad spectrum antiviral activity of adenosine analogues. *Antiviral Research* 4, pp. 119-133.
- Demirbas, A. (2003) Heavy metal contents in the fruiting bodies of mushrooms growing in Turkey. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 99 (2), pp. 62-67.
- Díaz Huerta V., Fernández Sánchez M.L. & Sanz-Medel (2006) An attempt to differentiate HPLC-ICP-MS selenium speciation in natural and selenised *Agaricus* mushrooms using different species extraction procedures. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 384, pp. 902-907.
- Dikeman C.L., Bauer L.L., Flickinger E.A. & Fahey G.C. (2005) Effects of Stage of Maturity and Cooking on the Chemical Composition of Select Mushroom Varieties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53, pp. 1130-1138.
- Dorgan J.F., Sowell A., Swanson C.A., Potischman N., Miller R., Schussler N., *et al* (1998) Relationships of serum carotenoids, retinol, alpha-tocopherol, and selenium with breast cancer risk: results from a prospective study in Columbia, Missouri (United States). *Cancer Causes Control* 9, pp. 89-97.
- Drewnowski A & Fulgoni III V. (2007) Nutrient profiling of foods: creating a nutrient-rich food index. *Nutrition Reviews* 66(1), pp 23-39.
- Dubost N.J., Ou B. & Beelman R.B. (2007a) Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry* 105, pp. 727-735.
- Dubost N.J., Beelman R.B. & Royse D.J. (2007b) Influence of selected cultural factors and postharvest storage on ergothioneine content of common button mushroom *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach (*Agaricomycetidae*). *International Journal of Medicinal Mushrooms* 9, pp. 163-176.
- Dijkstra F.Y. (1976) Studies on Mushroom Flavours. 3. Some flavour compounds in fresh, canned and dried edible mushrooms. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -forschung* 160, pp. 401-405.
- Dijkstra F.Y. & Wikén T.O. (1976) Studies on Mushroom Flavours. 1. Organoleptic significance of constituents of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -forschung* 160, pp. 255-262.
- Eastell R. & Riggs B.L. (1997) Vitamin D and osteoporosis. In "Vitamin D", Feldman D., Glorieux F.H. & Pike J.W. (eds.), Academic Press, San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto, pp. 695-711.
- Ekanem E.O. & Ubengama V.S. (2002) Chemical composition, anti-nutritional factors and shelf life of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Science and Technology* 39(6), pp. 635-638.
- Enman J., Hodge D., Berglund K.A. & Rova U. (2008) Production of the bioactive compound eritadenine by submerged cultivation of shiitake (*Lentinus edodes*) mycelia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, pp. 2609-2612.
- Enman J., Rova U. & Berglund K.A. (2007) Quantification of the bioactive compound eritadenine in selected strains of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, pp. 1177-1180.
- Erbersdobler H.F. (2007) Nutrient profiles – a suitable means of nutrition information. *Annals of Nutrition and Metabolism* 51 (supplement 2), pp. 44-49.
- Ey J., Schömig E. & Taubert D. (2007) Dietary sources and antioxidant effects of ergothioneine. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 55, pp. 6466-6474.
- Feofilova E.P., Tereshina V.M., Garibova L.V., Zav'yalova L.A., Memorskaya A.S. & Maryshova N.S. (2004) Germination of basidiospores of *Agaricus bisporus*. *Applied Biochemistry and Microbiology* 40(2), pp. 186-191.
- Finley J.W. (2003) Reduction of cancer risk by consumption of selenium-enriched plants: enrichment of broccoli with selenium increases the anticarcinogenic properties of broccoli. *Journal of Medicinal Food* 6, pp. 19-26.
- Finley J.W. (2005) Proposed criteria for assessing the efficacy of cancer reduction by plant foods enriched in carotenoids, glucosinolates, polyphenols and selenocompounds. *Annals of Botany* 95, pp. 1075-1096.

- Finley J.W. (2007) Increased intakes of selenium-enriched foods may benefit human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, pp. 1620-1629.
- Frankhuizen R. & Boekestein A. (1995) Non-destructive determination of moisture content of fresh mushrooms by near infrared (NIR) spectroscopy. In "Science and Cultivation of Edible Fungi", Elliott T.J. (ed.), A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 755-763.
- Fröhlich M., Imhof A., Berg G., Hutchinson W.L., Pepys M.B., Boeing H., Muche R., Brenner H. & Koenig W. (2000) Association between C-reactive protein and features of the metabolic syndrome. *Diabetes Care* 23(12), pp 1835-1839.
- Fu H.-Y., Shieh D.-E. & Ho C.-T. (2002) Antioxidant and free radical scavenging activities of edible mushrooms. *Journal of Food Lipids* 9(1), pp 35-46.
- Fukada S-I., Setoue M., Morita T. & Sugiyama K. (2006) Dietary eritadenine suppresses guanidinoacetic acid-induced hyperhomocysteinemia in rats. *The Journal of Nutrition* 136, pp. 2797-2802.
- Fukushima M., Nakano M., Morii Y., Ohashi T., Fujiwara Y. & Sonoyama K. (2000) Hepatic LDL receptor mRNA in rats is increased by dietary mushroom (*Agaricus bisporus*) fiber and sugar beet fiber. *Journal of Nutrition* 130, pp. 2151-2156.
- Fukushima M., Ohashi T., Fujiwara Y., Sonoyama K. & Nakano M. (2001) Cholesterol-lowering effects of maitake (*Grifola frondosa*) fiber, shiitake (*Lentinus edodes*) fiber and enokitake (*Flammulina velutipes*) fiber in rats. *Experimental Biology and Medicine* 226(8), pp 758-765.
- Gergely V., Kubachka K.M., Mounicou S., Fodor P & Caruso J.A. (2006) Selenium speciation in *Agaricus bisporus* and *Lentinula edodes* mushroom proteins using multi-dimensional chromatography coupled to inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1101, pp. 94-102.
- Gezondheidsraad (2000) Voedingsnormen: calcium, vitamine D, thiamine, riboflavine, niacine, pantotheenzuur en biotine. Publicatie nr 2000/12. Te downloaden van www.gr.nl
- Gezondheidsraad. (2001) Voedingsnormen: energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten. Publicatie nr 2001/19R (gecorrigeerde editie; juni 2002). Te downloaden van www.gr.nl
- Gezondheidsraad (2003) Voedingsnormen; vitamine B₆, foliumzuur en vitamine B₁₂. Publicatie nr 2003/04. Te downloaden van www.gr.nl
- Gezondheidsraad (2006) Richtlijn voor de vezelconsumptie. Publicatie nr 2006-03. Te downloaden van www.gr.nl
- Gibson R.s., Perlas L. & Hotz C. (2006) Improving the bioavailability of nutrients in plant foods at the household level. *Proceedings of the Nutrition Society* 65, pp. 160-168.
- Ginterová A. & Lazarová A. (1987) Amino acid composition of wood rotting fungi (*Pleurotus*) and total amino acid balance of the cultivating system. *Food Chemistry* 23, pp. 35-41.
- Goodman G.E., Schaffer S., Bankson D.D., Hughes M.P. & Omenn G.S. (2001) Predictors of serum selenium in cigarette smokers and the lack of association with lung and prostate cancer risk. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention* 10, pp. 1069-1076.
- Goyal R., Grewal R.B. & Goyal R.K. (2006) Nutritional attributes of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus sajor caju* mushrooms. *Nutrition and Health* 18, pp. 179-184.
- Grube B.J., Eng E.T., Kao Y-C., Kwon A. & Chen S. (2001) White button mushroom phytochemicals inhibit aromatase activity and breast cancer cell proliferation. *Journal of Nutrition* 131, pp. 3288-3293.
- Gunde-Cimerman N. & Cimerman A. (1995) *Pleurotus* fruiting bodies contain the inhibitor of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoenzymeA reductase, lovastatin. *Experimental Mycology* 19, pp. 1-6.
- Gunde-Cimerman, N., Friedrich, J., Cimerman, A. & Benicki, N. (1993) Screening fungi for the production of an inhibitor of HMG CoA reductase: Production of mevlinolin by the fungi of the genus *Pleurotus*. *FEMS Microbiology Letters*, 111 (2-3), pp. 203-206.
- Gustafson B., Hammarstedt A., Andersson C.X. & Smith U. (2007) Inflamed adipose tissue; A culprit underlying the metabolic syndrome and atherosclerosis. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology* 27, pp. 2276-2283.
- Hadar Y. & Dosoretz C.G. (1991) Mushroom mycelium as a potential source of food flavour. *Trends in Food Science & Technology*, September 1991, pp. 214-218.
- Hajslová J., Hájková L., Schulzová V., Frandsen H., Gry J. & Andersson H.C. (2002) Stability of agaritine - A natural toxicant of *Agaricus* mushrooms. *Food Additives and Contaminants* 19(11), pp. 1028-1033.

- Halliwell B. (1990) How to characterize a biological antioxidant. *Free Radical Research Communications* 9, pp. 1-32.
- Hammond J.B.W. (1980) The composition of fresh and stored Oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). *Phytochemistry* 19, pp. 2565-2568.
- Hammond J.B.W. & Nichols R. (1976) Glycogen in *Agaricus bisporus*. *Transactions of the British Mycological Society* 66, pp. 325-327.
- Hartman P.E. (1990) Ergothioneine as an antioxidant. *Methods in Enzymology* 186, pp. 310-318.
- Hartman S.C., Beelman R.B. & Simons S. (2000) Calcium and selenium enrichment during cultivation improves the quality and shelf life of *Agaricus* mushrooms. *Mushroom Science* 15, pp. 499-505.
- Helzlsouer K.J., Huang H.Y., Alberg A.J., Hoffman S., Burke A., Norkus E.P., *et al.* (2000) Association between alpha-tocopherol, gamma-tocopherol, selenium and subsequent prostate cancer. *Journal of the National Cancer Institute* 92, pp. 2018-2023.
- Hídvégi M. & Lásztity R. (2002) Phytic acid content of cereals and legumes and interaction with proteins. *Periodica Polytechnica: Chemical Engineering* 46 (1-2), pp. 59-64.
- Hiraide M., Miyazaki Y. & Shibata Y. (2004) The smell and odorous components of dried shiitake mushroom, *Lentinula edodes* I. relationship between sensory evaluations and amounts of odorous components. *Journal of Wood Science* 50, pp. 358-364.
- Hiraide M., Yokoyama I. & Miyazaki Y. (2005) The smell and odorous components of dried shiitake mushroom, *Lentinula edodes* II. Sensory evaluation by ordinary people. *Journal of Wood Science* 51, pp. 628-633.
- Hiraide M. (2006) The smell and odorous components of dried shiitake mushroom, *Lentinula edodes* III. Substances that increase the odorous compounds content. *Journal of Wood Science* 52 (3), pp. 265-269.
- Holick M.F., Biancuzzo R.M., Chen T.C., Klein E.K., young A., Bibuld D., Reitz R., Salameh W., Ameri A. & Tannenbaum A.D. (2008) Vitamin D₂ is as effective as vitamin D₃ in maintaining circulating concentrations of 25-Hydroxyvitamin D. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 93(3), pp. 677-681.
- Hong S.A., Kim K., Nam S-J., Kong G. & Kim M-K. (2008) A case-control study on the dietary intake of mushrooms and breast cancer risk among Korean women. *International Journal of Cancer* 122, pp. 919-923.
- Hossain S., Hashimoto M., Choudhury E.K., Alam N., Hussain S., Hasan M., Choudhury S.K. & Mahmud I. (2003) Dietary mushroom (*Pleurotus ostreatus*) ameliorates atherogenic lipid in hypercholesterolaemic rats. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 30, pp. 470-475.
- Houghton L.A. and Vieth R. 2006. The case against ergocalciferol (vitamin D₂) as a vitamin supplement. *Am J Clin Nutr* 2006;84:694 –7.
- Hu S.H., Liang Z.C., Chia Y.C., Lien J.L., Chen K.S., Lee M.Y. & Wang J.C. (2006) Antihyperlipidemic and antioxidant effects of extracts from *Pleurotus citrinopileatus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, pp 2103-2110.
- Huang D., Ou B. & Prior R.L. (2005) The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, pp. 1841-1856.
- Huh S.Y. & Gordon C.M. (2008) Vitamin D deficiency in children and adolescents: epidemiology, impact and treatment. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders* 9(2), pp. 161-170.
- Hunter D.J., Morris J.S., Stampfer M.J., Colditz G.A., Speizer F.E. & Willett W.C. (1990) A prospective study of selenium status and breast cancer risk. *Journal of the American Medical Association* 264, pp. 1128-1131.
- IARC (1995) International Agency for Research on Cancer. *Summaries and Evaluation* 62, p. 217.
- Ikekawa T., Uehara N., Maeda Y., Nankinishi M. & Fukuoka F. (1969) Antitumor activity of aqueous extracts of edible mushrooms. *Cancer Research* 29, pp. 734-735.
- Ip C., Birringer M., Block E., Kotrebai M., Tyson J.F., Uden P.C. & Lisk D.J. (2000) Chemical speciation influences comparative activity of selenium-enriched garlic and yeast in mammary cancer prevention. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 48, pp. 2062-2070.
- Ip C. & Ganther H.E. (1990) Activity of methylated forms of selenium in cancer prevention. *Cancer research* 50, pp. 1206-1211.
- Ip C. & Lisk D.j. (1996) The attributes of selenium-enriched garlic in cancer prevention. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 401, pp. 179-187.

- Jasinghe V.J. & Perera C.O. (2005) Distribution of ergosterol in different tissues of mushrooms and its effect on the conversion of ergosterol to vitamin D₂ by UV irradiation. *Food Chemistry* 92, pp. 541-546.
- Jasinghe V.J. & Perera C.O. (2006) Ultraviolet irradiation: the generator of vitamin D₂ in edible mushrooms. *Food Chemistry* 95, pp. 638-643.
- Jasinghe V.J., Perera C.O. & Sablani S.S. (2007) Kinetics of the conversion of ergosterol in edible mushrooms. *Journal of Food Engineering* 79, pp. 864-869.
- Jayakumar T., Thomas P.A. & Geraldine P. (2007) Protective effect of an extract of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on antioxidants of major organs of aged rats. *Experimental Gerontology* 42, pp. 183-191.
- Jeune K.H., Moon I.J., Kim M.K. & Chung S.R. (1990) Studies on lectins from Korean higher fungi; IV. A mitogenic lectin from the mushroom *Lentinus edodes*. *Planta Medica* 56 (6), pp. 592.
- Kabir Y. & Kimura S. (1989) Dietary mushrooms reduce blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 35, pp. 91-94.
- Kalac P. & Svoboda L. (2000) A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry* 69, pp. 273-281.
- Kaneda T. & Tokuda S. (1966) Effect of various mushroom preparations on cholesterol levels in rats. *Journal of Nutrition* 90, pp 371-376.
- Kawagishi H., Suzuki H., Watanabe H., Nakamura H., Sekiguchi T., Murata T., Usui T., Sugiyama K., Suganuma H., Inakuma T., Ito K., Hashimoto Y., Ohnishi-Kameyama M. & Nagata T. (2000) A lectin from an edible mushroom *Pleurotus ostreatus* as a food intake-suppressing substance. *Biochimica et Biophysica Acta* 1474, pp. 299-308.
- Khatun K., Mahtab H., Khanam P.A., Sayeed M.A. & Khan K.A. (2007) Oyster mushroom reduced blood glucose and cholesterol in diabetic subjects. *Mymensingh Medical Journal* 16(1), pp. 94-99.
- Kim Y-W, Kim K-H., Choi H-J. & Lee D-S. (2005) Antidiabetic activity of β -glucans and their enzymatically hydrolyzed oligosaccharides from *Agaricus blazei*. *Biotechnology Letters* 27, pp 483-487.
- Kitzberger C.S.G., Smânia A., Pedrosa R.C. & Ferreira S.R.S. (2007) Antioxidant and antimicrobial activities of shiitake (*Lentinula edodes*) extracts obtained by organic solvents and supercritical fluids. *Journal of Food Engineering* 80, p. 631-638.
- Kloosterman J., Fransen H.P., de Stoppelaar J., Verhagen H. & Rompelberg C. (2007) Safe addition of vitamins and minerals to foods: setting maximum levels for fortification in the Netherlands. *European Journal of Nutrition* , 46, pp. 220-229.
- Knekt P., Marniemi J., Teppo L., Heliovara M. & Aroma A. (1998) Is low selenium status a risk factor for lung cancer? *American Journal of Epidemiology* 148, pp. 975-982.
- Kogure T. (1975) On the specificity of mushroom *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus spodoleucus* extracts. *Vox Sanguinis* 29 (3), pp. 221-227.
- Kolb H. & Mandrup-Poulsen T. (2005) An immune origin of type 2 diabetes? *Diabetologia* 48, pp. 1038-1050.
- Kondo K., Watanabe A., Akiyama H. & Maitani T. (2008) The metabolisms of agaritine, a mushroom hydrazine in mice. *Food and Chemical Toxicology* 46(3), pp. 854-862.
- Konno S., Aynehchi S., Dolin D.J. Schwartz A.M., Choudhury M.S. & Tazaki H. (2002) Anticancer and hypoglycemic effects of polysaccharides in edible and medicinal maitake mushroom [*Grifola frondosa* (Dicks.: Fr.) S. F. Gray]. *International Journal of Medicinal Mushrooms*.
- Kurkela R., Koivurinta J. & Kuusinen R. (1980) Non-protein nitrogen compounds in the higher fungi – a review. *Food Chemistry* 5, pp. 109-130.
- Kurtzman R.H. (1997) Nutrition from mushrooms, understanding and reconciling available data. *Mycoscience* 38, pp. 247-253.
- Laborde J. & Delpech P. (1991) Dry matter content of fruitbodies of *Agaricus bisporus* (Lange. Sing): evaluation during cropping. In "Science and Cultivation of Edible Fungi". Maher (ed.), Balkema, Rotterdam.
- Lamberg-Allardt C. (2006) Vitamin D in foods and as supplements. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 92, pp. 33-38.
- Lamberg-Allardt C., Kärkkäinen M., Seppänen R. & Biström H. (1993) Low serum 25-hydroxy-vitamin D concentration and secondary hyperparathyroidism in middle-aged Caucasian strict vegetarians. *The American Journal of Clinical Nutrition* 568, pp. 684-689.

- Larsen E.H., Hansen M. & Goessler W. (1998) Speciation and health risk considerations of arsenic in the edible mushroom *Laccaria amethystina* collected from contaminated and uncontaminated locations. *Applied Organometallic Chemistry* 12(4), pp. 285-291.
- Li H., Stampfer M.J., Giovannucci E.L., Morris J.S., Willett W.C., Gaziano J.M., *et al.* (2004) A prospective study of plasma selenium levels and prostate cancer risk. *Journal of the National Cancer Institute* 96, pp. 696-703.
- Liu J-f, Peng J-f, Chia Y-g & Jiang G-b (2005) Determination of formaldehyde in shiitake mushroom by ionic liquid-based liquid-phase microextraction coupled with liquid chromatography. *Talanta* 65, pp. 705–709.
- Liu J., Vijayakumar C., Hall C.A., Hadley M. & Wolf-Hall C.E. (2005) Sensory and chemical analyses of Oyster mushrooms (*Pleurotus sajor-caju*) harvested from different substrates. *Journal of Food Science* 70(9), pp. S586-S592.
- Lizárraga-Guerra R., Guth H. & López M.G. (1997) Identification of the most potent odorants in Huitlacoche (*Ustilage maydis*) and Austern Pilz (Pleurotus sp.) by aroma extract dilution analysis and static head-space samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, pp. 1329-1332.
- Longvah T. & Deosthale Y.G. (1998) Compositional and nutritional studies on edible wild mushroom from northeast India. *Food Chemistry* 63(3), pp. 331-334.
- Lull C., Wichers H.J. & Savelkoul H.F.J. (2005) Antiinflammatory and immunomodulating properties of fungal metabolites. *Mediators of Inflammation* 2, pp. 63-80.
- Maga J.A. (1981) Mushroom flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 29(1), pp 1-4.
- Manning K. (1985) Food value and chemical composition. In "The Biology and Technology of the Cultivated Mushroom", Flegg P.B., Spencer D.M. & Wood D.A. (eds.). John Wiley & Sons Ltd.
- Mantovani M.S., Bellini M.F., Angeli J.P.F., Oliveira R.J., Silva A.F. & Ribeiro L.R. (2008) β -glucans in promoting health: prevention against mutation and cancer. *Mutation Research* 658, pp. 154-161.
- Manzi P., Aguzzi A. & Pizzoferrato (2001) Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chemistry* 73, pp. 321-325.
- Manzi P., Gambelli L., Marconi S., Vivanti V. & Pizzoferrato L. (1999) Nutrients in edible mushrooms: an interspecies comparative study. *Food Chemistry* 65, pp. 477-482.
- Marec F. & Gelbič I. (1994) High recombinagenic activities of three antiviral agents, adenine derivatives, in the *Drosophila* wing spot test. *Mutation Research* 311, pp. 305-317.
- Mason D.J., Sykes M.D., Panton S.W. & Rippon E.H. (2004) Determination of naturally-occurring formaldehyde in raw and cooked Shiitake mushrooms by spectrophotometry and liquid chromatography-mass spectrometry. *Food Additives and Contaminants*, 21(11), pp. 1071–1082.
- Matsumoto K., Ito M., Yagyu S., Ogino H. & Hirono, I. (1991) Carcinogenicity examination of *Agaricus bisporus*, edible mushroom, in rats. *Cancer Letters* 58(1-2), pp. 87-90.
- Mattila P., Könkö K., Eurola M., Pihlava J-M., Astola J., Vahteristo L., Hietaniemi V., Kumpulainen J., Valtonen M. & Piironen V. (2001) Contents of vitamins, mineral elements and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49, pp. 2343-2348.
- Mattila P., Lampi A-M., Ronkainen R., Toivo J. & Piironen V. (2002b) Sterol and vitamin D₂ contents in some wild and cultivated mushrooms. *Food Chemistry* 76, pp. 293-298.
- Mattila P., Piironen V., Uusi-Rauva E. & Koivistoinen P. (1994) Vitamin D contents in edible mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42, pp. 2449-2453.
- Mattila P., Salo-Väänänen P., Könkö K., Aro H. & Jalava T. (2002) Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50, pp. 6419-6422.
- Mau J-L., Chen P-R. & Yang J-H. (1998) Ultraviolet irradiation increased vitamin D₂ content in edible mushrooms. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 46, pp 5269-5272.
- Mendez L.A., Castro C.A.S., Casso R.B. & Leal C.M.C. (2005) Effect of substrate and harvest on the amino acid profile of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Composition and Analysis* 18, pp. 447-450.
- Michalenko G.O., Hohl H.R. & Rast D. (1976) Chemistry and architecture of the mycelial wall of *Agaricus bisporus*. *Journal of General Microbiology* 92, pp. 251-262.
- Michalke B. (2003) Element speciation definitions, analytical methodology, and some examples. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56, pp. 122-139.

- Miller H.E., Rigelhof F., Marquart L., Prakash A. & Kanter M. (2000) Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American College of Nutrition* 19(3), pp 312S-319S.
- Mol P.C. & Wessels J.G.H. (1990) Differences in wall structure between substrate hyphae and hyphae of fruitbody stipes in *Agaricus bisporus*. *Mycological Research* 94(4), pp. 472-479.
- Monro J.A. (2003) Treatment of cancer with mushroom products. *Archives of Environmental Health* 58, pp 533-537.
- Moradali M-F., Mostafavi H., Ghods S. & Hedjaroude G-A. (2007) Immunomodulating and anticancer agents in the realm of macromycetes fungi (Macrofungi). *International Immunopharmacology* 7, pp. 701-724.
- Morais M.H., Ramos A.C., Matos N. & Santos Oliveira E.J. (2000) Note. Production of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) on lignocellulosic residues. *Food Science and Technology International* 6, pp. 123-128.
- Mutanen M. (1986) Bioavailability of selenium in mushrooms, *Boletus edulis*, to young women. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 56, pp. 297-301.
- Pedneault K., Angers P., Avis T., Gosselin A. & Tweddell R.J. (2007) Fatty acid profiles of polar and non-polar lipids of *Pleurotus ostreatus* and *P. cornucopiae* var. *citrinopileatus* grown at different temperatures. *Mycological Research* 111, pp. 1228-1234.
- Pickup J.C. (2004) Inflammation and activated innate immunity in the pathogenesis of type 2 diabetes. *Diabetes care* 27(3), pp. 813-823.
- Pickup J.C. & Crook M.A. (1998) Is type II diabetes mellitus a disease of the innate immune system? *Diabetologia* 41, pp. 1241-1248.
- Piepponen S., Liukkonen-Lilja H. & Kuusi T. (1983) The selenium content of edible mushrooms in Finland. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -forschung* 177, pp. 257-260.
- Pilegaard K., Kristiansen E., Meyer O.A. & Gry J. (1997) Failure of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*) to induce tumors in the A/J mouse lung tumor model. *Cancer Letters* 120(1), pp. 79-85.
- Pool-Zobel B.L., Schmezer P., Sinrachatanant Y., Kliagasioglu F., Reinhart K., Martin R., Klein P. & Tricker A.R. (1990) Mutagenic and genotoxic activities of extracts derived from the cooked and raw edible mushroom *Agaricus bisporus*. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology* 116(5), pp. 475-479.
- Presant C.A. & Kornfeld S. (1972) Characterization of the cell surface receptor for the *Agaricus bisporus* hemagglutinin. *Journal of Biological Chemistry* 247, pp. 6937-6945.
- Rácz L. & Oldal V. (2000) Investigations of uptake processes in a soil/mushroom system by AES and AAS methods. *Microchemical Journal* 67(1-3), pp. 115-118.
- Ramírez-Anguiano A.C., Santoyo S., Reglero G. & Soler-Rivas C. (2007) Radical scavenging activities, endogenous oxidative enzymes and total phenols in edible mushrooms commonly consumed in Europe. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, pp. 2272-2278.
- Rayman M.P. (2000) The importance of selenium to human health. *Lancet* 356, pp. 233-241.
- Restani P. & Galli C.L. (1991) Oral toxicity of formaldehyde and its derivatives. *Critical Reviews on Toxicology* 21, pp. 315-328.
- Roekens E.J., Robberecht H.J. & Deelstra H.A. (1986) Dietary selenium intake in Belgium for different population groups at risk for deficiency. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -forschung* 182, pp. 8-13.
- Sadler M. (2003) Nutritional properties of edible fungi. *Nutrition Bulletin* 28, pp. 305-308.
- Savage G.P., Nilzen V, Österberg K. & Vanhanen L. (2001) Soluble and insoluble oxalate content of mushrooms. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 53, pp. 293-296.
- Savoie J-M., Minvielle N. & Largeteau M.L. (2008) Radical-scavenging properties of extracts from the white button mushroom, *Agaricus bisporus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88, pp. 970-975.
- Schuurman A.G., Goldbohm R.A., Dorant E. & Van Den Brandt P.A. (1998) Vegetable and fruit consumption and prostate cancer risk: A cohort study in the Netherlands. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* 7(8), pp. 673-680.
- Sekiya A., Fukada S-I., Morita T., Kawagishi H. & Sugiyama K. (2006) Suppression of methionine-induced hyperhomocysteinemia by dietary eritadenine in rats. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 70 (8), pp. 1987-1991
- Shahidi F. & Abuzaytoun R. (2005) Chitin, chitosan and coproducts: chemistry, production, applications and health effects. *Advances in Food and Nutrition Research* 49, pp. 93-135.

- Shephard, S.E. (1995) Genotoxicity of agaritine in the lacI transgenic mouse mutation assay: Evaluation of the health risk of mushroom consumption. *Food and Chemical Toxicology* 33(4), pp. 257-264.
- Shi Y., Benzie I.F.F. & Buswell J.A. (2002) Role of tyrosinase in the genoprotective effects of the edible mushroom, *Agaricus bisporus*. *Life Sciences* 70 (14), pp. 1595-1608.
- Sistani N.A., Ball D.T. & Sabota C. (2007) Protein content of shiitake mushroom grown on nitrogen soaked sweetgum logs. *Journal of Plant Nutrition* 30, pp. 1279-1286.
- Slejkovec-Golob M. & Irgolic K.J. (1996) Uptake of arsenic by mushrooms from soil. *Chemical speciation and bioavailability* 8(3-4), pp. 67-73.
- Smith J.E., Rowan N.J. & Sullivan R. (2002b) Medicinal mushrooms: their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments. Te downloaden van http://www.icnet.uk/labs/med_mush/med_mush.html
- Soeroes Cs., Kienzl N., Ipolyi I., Dernovics M., Fodor P. & Kuehnelt D. (2005) Arsenic uptake and arsenic compounds in cultivated *Agaricus bisporus*. *Food Control* 16, pp 459-464.
- Spolar M.R., Schaffer E.M., Beelman R.B. & Milner J.A. (1999) Selenium-enriched *Agaricus bisporus* mushrooms suppress 7,12-dimethylbenz[a]anthracene bioactivation in mammary tissue. *Cancer Letters* 138, pp. 145-150.
- Stabnikova O., Ivanov V., Larionova I., Stabnikov V., Bryszewska M.A. & Lewis J. (2008) Ukrainian dietary bakery product with selenium-enriched yeast. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie* 41, pp. 890-895.
- Stijve T. & Bourqui B. (1991) Arsenic in edible mushrooms. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 87(10), pp. 307-310.
- Stijve T., Noorloos T., Byrne A.R., Slejkovec Z. & Goessler W. (1998) High selenium levels in edible *Albatrellus* mushrooms. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 94(8), pp. 275-279.
- Stijve T. & Pittet A. (2000) Absence of Agaritine in *Pleurotus* species and in other cultivated and wild-growing mushrooms not belonging to the genus *Agaricus*. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 96(7), pp. 251-254.
- Sueyoshi S., Tsuji T. & Osawa, T. (1985) Purification and characterization of four isolectins of mushroom (*Agaricus bisporus*). *Biological Chemistry Hoppe-Seyler* 366 (3), pp. 213-221.
- Sueyoshi S., Tsuji T. & Osawa, T. (1988) Carbohydrate-binding specificities of five lectins that bind to O-glycosyl-linked carbohydrate chains. Quantitative analysis by frontal-affinity chromatography. *Carbohydrate Research* 178 (1), pp. 213-224.
- Sugiyama K., Akachi T. & Yamakawa A. (1995) Hypocholesterolemic action of eritadenine is mediated by a modification of hepatic phospholipid metabolism in rats. *The Journal of Nutrition* 125, pp. 2134-2144.
- Sugiyama K., Yamakawa A., Kawagishi H. & Saeki S. (1997a) Dietary eritadenine modifies plasma phosphatidylcholine molecular species profile in rats fed with different types of fat. *The Journal of Nutrition* 127, pp. 593-599.
- Sugiyama K., Yamakawa A. & Saeki S. (1997b) Correlation of suppressed linoleic acid metabolism with the hypocholesterolemic action of eritadenine in rats. *Lipids* 32, pp. 859-866.
- Suzuki S. & Ohshima S. (1974) Influence of Shii-Ta-Ke (*Lentinus edodes*) on human serum cholesterol. *Mushroom Science* IX, pp. 463-467.
- Tabata T., Tomioka K., Iwasaka Y., Shinohara H. & Ogura T. (2006) Comparison of Chemical Compositions of Shiitake (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing) Cultivated on Logs and Sawdust Substrate. *Food Science and Technology Research* 12(4), pp. 252-255.
- Taguchi T. (1987) Clinical efficacy of lentinan on patients with stomach cancer: end point results of a four-year follow-up survey. *Cancer Detection and Prevention (Supplement 1)*, pp 333-349.
- Takamura K., Hoshino H., Sugahara T. & Amano H. (1991) Determination of vitamin D₂ in shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) by high-performance liquid chromatography 545, pp. 201-204.
- Talpur N., Echard B.w., Yasmin T., Bagchi D & Preuss H.G. (2003) Effects of niacin-bound chromium, Maitake mushroom fraction SX and (-)-hydroxycitric acid on the metabolic syndrome in aged diabetic Zucker fatty rats. *Molecular and Cellular Biochemistry* 252, pp. 369-377.
- Yashkov W. (1996) Determination of formaldehyde in foods, biological media and technological materials by headspace gas chromatography. *Chromatographia* 43, pp. 625-627.

- Teichmann A., Dutta P.C., Staffas A. & Jägerstad M. (2007) Sterol and vitamin D₂ concentrations in cultivated and wild grown mushrooms: Effects of UV irradiation. *Food Science and Technology* 40 (5), pp. 815-822
- Thimmel R. & Kluthe R. (1996) Über die Inhaltstoffe von Speisepilzen. *Akta Ernährungs Medizine* 21, pp 174-178.
- Thomson C.D. (1998) Selenium speciation in human body fluids. *Analyst* 123, pp. 827-831.
- Tokita F., Shibukawa N., Yasumoto T. & Kanada T. (1972) Isolation and chemical structure of the plasma cholesterol-reducing substance from shiitake mushroom. *Mushroom Science* VIII, pp. 783-788.
- Tokuda S., Tagiri A., Kano E., Sugawara Y., Suzuki S., Sato H & Kaneda T. (1974) Reducing mechanism of plasma cholesterol by Shii-Ta-Ke. *Mushroom Science*, IX, pp. 445-462.
- Toth, B. (2000) A review of the natural occurrence of synthetic production and use of carcinogenic hydrazines and related chemicals. *In vivo* 14, pp. 299-320.
- Toth B. & Erickson J. (1986) Cancer induction in mice by feeding of the uncooked cultivated mushroom of commerce *Agaricus bisporus*. *Cancer Research* 46 (8), pp. 4007-4011.
- Toth, B., Erickson, J., Gannett, P.M. & Patil, K. (1997a) Carcinogenesis by the cultivated baked *Agaricus bisporus* mushroom in mice. *Oncology Reports* 4(5), pp. 931-936.
- Toth, B., Erickson, J., Gannett, P. (1997b) Lack of carcinogenesis superfluous by the baked mushroom *Agaricus bisporus* in mice: Different feeding regimen. *In Vivo* 11(3), pp. 227-231.
- Toth B., Raha C.R., Wallcave L. & Nagel, D. (1981) Attempted tumor induction with agaritine in mice. *Anticancer Research* 1(5), pp. 255-258.
- Trang H.M., Cole D.E., Rubin L.A., Pierratos A., Siu S. & Vieth R. (1998) Evidence that vitamin D₃ increases serum 25-hydroxyvitamin D more efficiently than does vitamin D₂. *American Journal of Clinical Nutrition* 68(4), pp. 854-858.
- Tsai S-Y., Wu T-P., Huang S-J. & Mau J-L. (2008) Antioxidant properties of ethanolic extracts from culinary-medicinal button mushroom *Agaricus bisporus* (J. Lange) Imbach (Agaricomycetidae) harvested at different stages of maturity. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 10(2), pp. 127-137.
- Tshinyangu K.K. (1996) Effect of grass hay substrate on nutritional value of *Pleurotus ostreatus* var. *colombinus*. *Die Nahrung* 40, pp. 79-83.
- Tshinyangu K.K. & Hennebert G.L. (1996) Protein and chitin nitrogen contents and protein content in *Pleurotus ostreatus* var. *columbinus*. *Food Chemistry* 57(2), pp. 223-227.
- Van den Berg W. (2006) Product-info Champignon 2006 (2006/50) Zoetermeer, augustus 2006.
- Van den Brandt P.A., Zeegers M.P., Bode P. & Goldbohm R.A. (2003) Toenail selenium levels and the subsequent risk of prostate cancer; a prospective cohort study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention* 12, pp. 866-871.
- Van der Meer M.A. (1987) De samenstelling van de geteelde champignon I Beoordeling van de voedingswaarde. *De Champignoncultuur* 31 (7), pp. 331-347.
- Van Kreijl C.F. & Knaap A.G.A.C. (2004) Ons eten gemeten; gezonde voeding en veilig voedsel in Nederland. RIVM-rapportnummer 270555007.
- Van Roestel A.J.J. & van der Roest J. (2005) Een inventarisatie van risico's met betrekking tot voedselveiligheid van champignons. PPO Rapport 2005-12. Zie website www.paddenstoelen.wur.nl
- Vasconcelos I.M. & Oliveira J.T.A. (2004) Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon* 44, pp. 385-403.
- Vetchinkina E.P., Nikitina V.e., Tsivileva O.M. & Garibova L.V. (2008) Activity of Lentinus edodes intracellular lectins at various developmental stages of the fungus. *Applied Biochemistry and Microbiology* 44(1), pp. 66-72.
- Vetter J. (1989) Vergleichende Untersuchung des Mineralstoffgehaltes der Gattungen *Agaricus* (champignon) und *Pleurotus* (Austernseitling). *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 189, pp. 346-350.
- Vetter J. (2003) Chemical composition of fresh and conserved *Agaricus bisporus* mushroom. *European Food Research Technology* 217, pp. 10-12.
- Vetter J. (2007) Chitin content of cultivated mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*. *Food Chemistry* 102, pp 6-9.
- Vetter J. (2003) Data on sodium content of common edible mushrooms. *Food Chemistry* 81, pp. 589-593.

- Vetter J., Hajdú Cs., Györki J. & Maslavér P. (2005) Mineral composition of the cultivated mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinula edodes*. *Acta Alimentaria* 34(4), pp. 441-451.
- Vetter J. & Lelley J. (2004) Selenium level of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Acta Alimentaria* 33(3), pp. 297-301.
- Vitányi G., Lelik L., Bihátsi-Karsai É, Lefler J., Nagy-Gasztonyi M. & Vereczkey G. (1998) Detection of eritadenine in extracts from shiitake mushroom by gas chromatography/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 12, pp. 120-122.
- WVA (2005) Report of pesticide residue monitoring results of the Netherlands for 2004. Te downloaden van www.vwa.nl
- WVA (2006) Report of pesticide residue monitoring results of the Netherlands for 2005. Te downloaden van www.vwa.nl
- WVA (2007) Report of pesticide residue monitoring results of the Netherlands for 2006; Monitoring results of check sampling. Te downloaden van www.vwa.nl
- Wang H., Gao J. & Ng T.B. (2000) A New Lectin with Highly Potent Antihepatoma and Antisarcoma Activities from the Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 275 (3), pp. 810-816
- Wang N., Hatcher D.W. & Gawalko E.J. (2008) Effect of variety and processing on nutrients and certain anti-nutrients in field peas (*Pisum sativum*). *Food Chemistry* 111(1), pp. 132-138.
- Wasser S.P. & Weiss A.L. (1999) Medicinal properties of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: current perspectives (Review). *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1, pp. 31-62.
- WHO (1996) Guidelines for drinking water quality. Second edition Vol. 2; Health criteria and other supporting information. Geneva; World Health Organization.
- Willett W.c., Polk B.F., Morris J.S., Stampfer M.J., Pressel S., Rosner N., *et al.* (1983) Prediagnostic serum selenium and risk of cancer. *Lancet* 2(8342), pp. 130-134.
- Wood W.F., Farquar G.R. & Largent D.L. (2000) Different volatile compounds from mycelium and sporocarp of *Pleurotus ostreatus*. *Biochemical Systematics and Ecology* 28, pp. 89-90.
- Wu C-M. & Wang Z. (2000) Volatile compounds in fresh and processed shiitake mushrooms (*Lentinus edodes* Sing.). *Food Science and Technology Research* 6(3), pp. 166-170.
- Wu T., Zivanovic S., Draughon F.A. & Sams C.E. (2004) Chitin and chitosan – value-added products from mushroom waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, pp. 7905-7910.
- Yamada T., Komoto J., Lou K., Ueki A., Hua D.H., Sugiyama K., Takata Y., Ogawa H. & Takusagawa F. (2007) Structure and function of eritadenine and its 3-aza analogues: potent inhibitors of S-adenosylhomocysteine hydrolase and hypocholesterolemic agents. *Biochemical Pharmacology* 73, pp. 981-989.
- Yang J.H., Lin H-C. & Mau J.L. (2001) Non-volatile taste components of several commercial mushrooms. *Food Chemistry* 72, pp. 465-471.
- Yoshizawa K., Willett W.C., Morris S.J., Stampfer M.J., Spiegelman D., Rimm E.B., *et al.* (1998) Study of prediagnostic selenium level in toenails and the risk of advanced prostate cancer. *Journal of the National Cancer Institute* 90(16), pp. 1219-1224.
- Yu M-W., Horng I-S., Chiang Y-C., Liaw Y-F. & Chen C-J. (1999) Plasma selenium levels and the risk of hepatocellular carcinoma among men with chronic hepatitis virus infection. *American Journal of Epidemiology* 150, pp. 367-374.
- Zekovic D.B., Kwiatowski, S. , Vrcic M.M., Jakovljevic D. and Moran, C.A. 2005. Natural and modified 1-3 beta D glucans in health promotion and disease allevation.

Bijlage I.

Voedingswaarde van paddenstoelen.

Macronutriënten

Waarden per 100 gram	Eenheden	Witte champignons (rauw)	Oesterzwam (rauw)	Shii take (roerbak)	Rundvlees (T-bone steak, rauw)	Kip (drumstick, rauw)	Varkensvlees (hamlap, rauw)	Broccoli (rauw)	Worteltjes (rauw)	Korngommer (geschild, rauw)	Tomaten (rauw)	Tuinbonen (rauw)	Aardappel (ongeschild, rauw)	Ijsbergsla (rauw)
Water	g	92.4	88.8	87.7	64.3	76.4	62.5	89.3	88.3	96.7	94.8	72.6	79.3	95.4
Energie	kcal	22	35	48	212	119	245	34	41	12	16	88	77	14
Energie	kJ	94	145	199	886	498	1025	141	173	52	67	370	321	58
Eiwit	g	3.09	3.31	3.45	19.39	20.59	17.43	2.82	0.93	0.59	1.16	7.92	2.02	0.9
Vetten	g	0.34	0.41	0.35	14.31	3.42	18.87	0.37	0.24	0.16	0.19	0.73	0.09	0.14
Asgehalte	g	0.85	1.01	0.78	1.18	0.93	0.88	0.87	0.97	0.36	0.69	1.12	1.08	0.36
Koolhydraten	g	3.28	6.47	7.68	0	0	0	6.64	9.58	2.16	3.18	17.63	17.47	2.97
Voedingsvezel	g	1	2.3	3.6	0	0	0	2.6	2.8	0.7	0.9		2.2	1.2
Suikers	g	1.65	1.11	0.30	0	0		1.7	4.74	1.38			0.78	1.97

Mineralen

Waarden per 100 gram	Eenheden	Witte champignons (rauw)	Oesterzwam (rauw)	Shii take (roerbak)	Rundvlees (T-bone steak, rauw)	Kip (drumstick, rauw)	Varkensvlees (hamlap, rauw)	Broccoli (rauw)	Worteltjes (rauw)	Korngommer (geschild, rauw)	Tomaten (rauw)	Tuinbonen (rauw)	Aardappel (ongeschild, rauw)	Ijsbergsla (rauw)
Mineralen														
Calcium, Ca	mg	3	3	2	4	11	5	47	33	14	5	37	12	18
IJzer, Fe	mg	0.5	1.33	0.53	3.29	1.03	0.85	0.73	0.3	0.22	0.47	1.55	0.78	0.41
Magnesium, Mg	mg	9	18	19	20	23	20	21	12	12	8	33	23	7
Fosfor, P	mg	86	120	111	176	166	199	66	35	21	29	129	57	20
Kalium, K	mg	318	420	326	282	226	315	316	320	136	212	332	421	141
Natrium, Na	mg	5	18	5	54	88	47	33	69	2	42	25	6	10
Zink, Zn	mg	0.52	0.77	0.96	3.33	2.21	1.93	0.41	0.24	0.17	0.14	1	0.29	0.15
Koper, Cu	mg	0.318	0.244	0.163	0.08	0.063	0.065	0.049	0.045	0.071	0.062	0.402	0.108	0.025
Mangaan, Mn	mg	0.047	0.113	0.223	0.013	0.021	0.023	0.21	0.143	0.073	0.088	0.661	0.153	0.125
Fluoride, F	mcg	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	3.2	1.3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Selenium, Se	mcg	9.3	2.6	6.3	12.5	13.5	29.4	2.5	0.1	0.1	0.4	0.8	0.3	0.1

Vitaminen

Waarden per 100 gram	Eenheden	Witte champignons (rauw)	Oesterzwam (rauw)	Shii take (roerbak)	Rundvlees (T-bone steak, rauw)	Kip (drumstick, rauw)	Varkensvlees (hamlap, rauw)	Broccoli (rauw)	Worteltjes (rauw)	Komkommer (geschild, rauw)	Tomaten (rauw)	Tuinbonen (rauw)	Aardappel (ongeschild, rauw)	Ijsbergsla (rauw)
Vitamin C, (ascorbine-zuur)	mg	2.1	0.0	0.0	0	3.2	0.7	89.2	5.9	3.2	16	3.7	19.7	2.8
Thiamine (vit. B1)	mg	0.081	0.125	0.099	0.101	0.082	0.736	0.071	0.066	0.031	0.046	0.133	0.08	0.041
Riboflavine (vit. B2)	mg	0.402	0.349	0.274	0.175	0.199	0.2	0.117	0.058	0.025	0.034	0.29	0.032	0.025
Niacine (vit. B3)	mg	3.607	4,956	3870	3.675	5.778	4.574	0.639	0.983	0.037	0.593	2.249	1.054	0.123
Pantotheen-zuur (vit. B5)	mg	1.497	1,294	1360	0.315	1.287	0.685	0.573	0.273	0.24	0.186	0.225	0.296	0.091
Vitamine B-6	mg	0.104	0.110	0.174	0.389	0.34	0.401	0.175	0.138	0.051	0.06	0.104	0.295	0.042
Folium	µg	16	27	14	6	10	7	63	19	14	29	148	16	29
Vitamine B-12	µg	0.04	0.00	0.00	2.8	0.37	0.63	0	0	0	0	0	0	0
Vitamine A, IU	IU	0	48	0	0	57	7	623	16811	72	1496	333	2	502
Retinol	µg	0	0	0	0	17	2	0	0	0	0	0	0	0
Vitamin E (alpha-tocopherol)	mg	0.01	0.00	0.00	0.11	0.31	n.b.	0.78	0.66	0.03	n.b.	n.b.	0.01	0.18
Vitamin D	IU	18	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Vitamin K (phylloquinone)	µg	0	0.0	0.0	n.b.	2.9	n.b.	101.6	13.2	7.2	n.b.	n.b.	1.9	24.1

Vetzuren

Waarden per 100 gram	Eenheden	Witte champignons (rauw)	Oesterzwam (rauw)	Shii take (roerbak)	Rundvlees (T-bone steak, rauw)	Kip (drumstick, rauw)	Varkensvlees (hamlap, rauw)	Broccoli (rauw)	Worteltjes (rauw)	Komkommer (geschild, rauw)	Tomaten (rauw)	Tuinbonen (rauw)	Aardappel (ongeschild, rauw)	Ijsbergsla (rauw)
Verzadigde vetzuren (totaal)	g	0.043	0.020	0.030	5.566	0.88	6.54	0.039	0.037	0.013	0.025	0.118	0.026	0.018
Enkelvoudig onverzadigde vetzuren (totaal)	g	0	0.010	0.000	6.237	1.06	8.38	0.011	0.014	0.002	0.028	0.104	0.002	0.006
Meervoudig onverzadigde vetzuren (totaal)	g	0.139	0.040	0.140	0.569	0.85	2.01	0.038	0.117	0.002	0.076	0.342	0.043	0.074

