



PROPRIETA' NUTRITIVE E SALUTARI DEL FUNGO COLTIVATO



ASSOCIAZIONE
ITALIANA
FUNGICOLTORI

CONTENUTI

INTRODUZIONE

1. Produzione e consumo di funghi
2. Funghi: un alimento poco conosciuto
 - Da una prospettiva organolettica
 - Da una prospettiva nutrizionale
 - Da una prospettiva medicinale

PROPRIETA' NUTRITIVE DEI FUNGHI

1. Energia e umidità
2. Carboidrati
3. Fibre
4. Lipidi
5. Proteine
6. Minerali
7. Vitamine

COMPOSTI BIOATTIVI DEI FUNGHI

1. Polisaccaridi
 - Beta glucani
 - Complesso Proteina-Polisaccaride
2. Altri composti bioattivi
 - Composti a basso peso molecolare
 - Composti ad alto peso molecolare

PROPRIETA' BENEFICHE DEI FUNGHI

1. Antiossidanti
2. Antitumorali
3. Immunomodulante
4. Antiobesità e anti iperlipidemico
5. Proprietà di ridurre il livello di colesterolo
6. Antidiabetico
7. Anti Ipertensivo
8. Epatoprotettivo
9. Antiallergenico
10. Antimicrobico
11. Antivirale
12. Ruolo dei funghi nelle malattie neurodegenerative

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

Libro tradotto e stampato da Associazione Italiana Fungicoltori, prodotto dal Associazione Fungicoltori Spagnola e GEPC presentato al Convegno della Dietologia Mondiale di Milano 2016 – Verona Via Torricelli 71/a 37136 tel 045 952058 sito www.fun.go.it - mail info@fun.go.it

INTRODUZIONE

1. Produzione e consumo di funghi

La coltivazione di funghi ha subito un notevole incremento in tutto il mondo negli ultimi anni e questo trend sembra proseguirà anche per gli anni a venire. In Europa la produzione del fungo fresco ha avuto una crescita, mentre la produzione del fungo trasformato è rimasta stabile, ma in leggero calo. Il consumo del fungo fresco sta aumentando in molti stati europei, mentre il consumo del fungo confezionato sta diminuendo, in particolare nei paesi in cui tradizionalmente si rilevava un alto consumo, come Francia e Germania. L'incremento generale nel consumo è probabilmente indotto dalla migliore conoscenza del prodotto e dalle sue virtù salutari e nutritive.

La Cina è il maggiore produttore al mondo, seguito dall'Unione Europea e dagli Stati Uniti. In Europa, la Polonia è lo stato con più elevata produzione, seguito dall'Olanda, Francia e Spagna.

Il fungo maggiormente coltivato in Europa è la specie *Agaricus bisporus* (fungo bottone), che rappresenta il 95% della produzione. Altre specie comunemente coltivate sono i *Pleurotus ostreatus* (funghi ostrica) e i *Lentinula edodes* (shiitake). In Europa il 65% dei funghi sono prodotti per essere venduti al mercato fresco, e il 35% sono trasformati per l'industria conserviera e il surgelato.

Il Gruppo Europeo dei produttori di funghi (European Mushroom Growers Group, GEPC), è stato creato nel 1980 dalla Francia, Germania e Olanda. Oggigiorno il GEPC è composto di 10 delegazioni che rappresentano i produttori di funghi dal Belgio, Danimarca, Francia, Germania, Ungheria Irlanda, Italia, Olanda, Polonia e Spagna. Nel 2015, questi dieci stati rappresentavano il 90% della produzione Europea di funghi, che ammontava a 1,111,700 tonnellate – di funghi (sgambati).

Il GEPC difende gli interessi della produzione del fungo coltivato fresco e trasformato a livello europeo e internazionale.

Lentinula edodes
(Shiitake)



Agaricus bisporus
(Champiñón)

Pleurotus ostreatus
(Seta de ostra)



2. Funghi: un alimento poco conosciuto

Tradizionalmente, i funghi sono stati usati all'est sia come alimento sia come medicinale. In Europa hanno iniziato ad essere usati solo in tempi relativamente recenti. In alcuni Stati come nel caso della Spagna, il loro consumo è raro e non sono tipicamente usati come alimento principale di un pasto salvo che siano usati sporadicamente. Le persone non sono a conoscenza dei benefici che questo alimento può avere nella salute e il ruolo che lo stesso può avere nella prevenzione di alcune malattie. Lo scopo di questo report è di divulgare questa informazione tra i professionisti di salute e nutrizione, e conseguentemente, alla società.

Studi scientifici sulle proprietà mediche e nutrizionali dei funghi stanno diventando sempre più importanti. Questo report è una compilation delle loro proprietà salutari e dei recenti studi che esistono in materia. Una miglior conoscenza dei benefici che questi prodotti hanno aiuterà noi a seguire una dieta più equilibrata e migliorare il nostro stato di salute.

Da una prospettiva organolettica

La prima cosa dei funghi ad attirare la nostra attenzione è il loro sapore, aroma e gusto, cioè le loro **caratteristiche organolettiche**. I funghi hanno un sapore caratteristico, conosciuto come **umami** (deliziosamente salato in giapponese), che li rende ricchi di gusto e versatili per essere usati in varie ricette culinarie.

Per decenni ci hanno detto che ci sono solo quattro sensazioni base catturate dal senso del gusto: dolce, salato, acido e amaro. Tuttavia, c'è una quinta percezione del gusto: umami. Questo sapore si trova negli alimenti ricchi di glutammato. Il glutammato è un aminoacido naturale presente in quasi tutti gli alimenti, particolarmente nelle proteine, come ad esempio prodotti caseari, carne e pesce, e nelle verdure e funghi. I funghi shiitake sono un ottimo esempio di questo sapore.

Benefici del sapore umami

Il sapore umami, e più precisamente il suo ingrediente principale glutammato, è usato per ridurre l'assorbimento del sale. Quando il glutammato è aggiunto ai cibi, la quantità di sale può essere ridotta del 30 al 40% , senza influenzarne l'appetibilità. Un'eccessiva assunzione di sale ha

effetto sulla pressione sanguigna, che può causare ipertensione e malattia cardio coronariche e , quando l'assunzione eccede i limiti raccomandati nella popolazione spagnola, ci sono in questo periodo molti studi scientifici in corso sull'accettazione di sostituire parte del gusto dato dal sale, nei cibi, con il sapore dell'umami.

In uno studio fatto in Finlandia, Stati Uniti e Giappone, nel quale il glutammato era aggiunto in cibi poveri di sale, è stato osservato che accettabilità per questi cibi aumentava. Infatti, *The United States Institute of Medicine* ha scoperto che la combinazione dell'acido glutammico con il sodio, forma un composto di glutammato monopodico, responsabile del sapore umami, ed è stato provato che è possibile mantenere l'appetibilità dei cibi con un inferiore livello di sodio quando il glutammato monopodico è sostituito per parte del sale (*Institute of Medicine*, 2010; Roininen et al., 1996).

Inoltre, l'assunzione di glutammato incrementa la secrezione dei succhi digestivi e dell'insulina, che aiutano la digestione. Hanno anche dimostrato che glutammato libero gioca un ruolo benefico nella regolazione delle funzioni gastrointestinali che possono essere usate nel trattamento di malattie gastriche come dispepsia e gastrite. (Nakamura et al., 2008).

Da una prospettiva nutrizionale

I funghi sono un alimento con proprietà nutrizionali molto apprezzate, in particolare la caratteristica di avere basso contenuto calorico, ottenuto grazie all'alto contenuto d'acqua (80-90%), e delle 26-35 kcal/100gr; inoltre sono una buona fonte di proteine con una composizione di aminoacidi, molto più simile alle proteine animali che a quelle vegetali, che li rende un elemento ideale per la dieta vegetariana. Il loro alto contenuto di fibre e basso di grassi sono caratteristiche desiderate per un alimento sano.

Per quanto riguarda i microelementi, i funghi sono un'importante fonte di vitamina del gruppo B, specialmente B2 e B3, e di vitamina D precursore come ergosterolo che facilita l'assorbimento di calcio e fosforo (Barros et al., 2007°). Inoltre contengono minerali essenziali per il corretto funzionamento del nostro corpo, principalmente selenio, fosforo e potassio (Manzi et al., 2011): Il basso contenuto di sodio li favorisce per essere utilizzati come elementi per le diete a basso contenuto di sale.

Da una prospettiva medica

Come in precedenza anticipato, nei paesi dell'est, Asia, questi alimenti sono noti da migliaia di anni per le loro proprietà curative e mediche. Tuttavia, nei paesi dell'occidente sono stati utilizzati a questo scopo solo negli ultimi decenni. I funghi erano usati nella medicina asiatica popolare per curare varie malattie poiché considerati rimedi naturali. La farmacopea cinese documenta l'uso di centinaia di specie di funghi per una vasta gamma di malattie. Oggi è noto che le proprietà salutari dei funghi provengono dalle proprietà bioattive che possiedono.

Alcuni dei composti e frazioni isolate dai funghi medicinali hanno mostrato proprietà promettenti come immunomodulatori, antitumorali, cardio-vascolare, antivirali, antibatterici, antiparassitari, protettori epatici e antidiabetici. I polisaccaridi ottenuti dai funghi sono considerati un composto capace di modulare le risposte immunitarie negli animali e negli umani e di inibire la crescita di certi tumori (Lindequist et al.,2005; Cheung, 2008).

I funghi sono una preziosa fonte di sostanze nutritive e composti bioattivi, e il solo sapore aroma caratteristico ha recentemente risvegliato un crescente interesse culinario. I loro potenziali effetti benefici nella salute umana li pongono come concreti candidati per quello che può essere definito un alimento funzionale.

Nome Scientifico	Nome Comune
Agaricus	.
Agaricus bisporus	Common, button, prataiolo, Champignon de paris, Portobello (grande aperto)
Agaricus blazei	Brazil, sun
Agaricus brunnescens	Portobello
Pleurotus	..
P. ostreatus	Oyster, Brisa, Manina,
P. eryngii	King oyster

<i>P. cornucopiae</i> (var. <i>citrinopileatus</i>)	Yellow oyster
<i>P. cornucopiae</i>	Branched oyster
<i>P. pulmonarius</i>	Italian, Indian, Lung
<i>P. sajor-caju</i> (<i>P. djamor</i>)	Pink oyster
Lentinula Edodes	Shiitake
<i>Agrocybe Aegerita</i>	Popolar, Pioppino
<i>Ganoderma lucidum</i>	Reishi, Lingzhi
<i>Pholiota Nameko</i>	Nameko
<i>Hericium Erinaceus</i>	Lion's mane
<i>Hypsizygus Ulmarius</i>	Elm
<i>Hypsizygus Tessulatus</i>	White beech (Shimeji)
<i>Grifola frondosa</i>	Maitake
<i>Flammulina velutipes</i>	Enoki
<i>Cantharellus cibarius</i>	Chanterelle

Tabella 1. Sintesi di alcuni funghi menzionati in questo rapporto

PROPRIETA' NUTRIZIONALI DEI FUNGHI

La tabella di seguito riporta i dati del contenuto nutrizionale dei funghi coltivati:

	Champiñón (por 100g de porción)	Pleurotus (por 100g de porción comestible)	Shiitake (por 100g de porción comestible)	CDR hombres	CDR mujeres
Energía	26	26	34	3000	2300
Proteínas (g)	1,8	1,8	2,24	54	41
Lípidos	0,3	0,3	0,49	<100	<77
AG saturados	0,07	0,07	-	<23	<18
AG	Tr	Tr	Tr	>57	>43
AG poliinsat.	0,17	0,17	-	10-20	8-15
Ω-3 (g)	0,133	0,133	-	0,33-3,3	0,25-2,6
Ω-6 (g)	0,032	0,032	-	1,3-16,5	1,2-10,4
Colesterol	0	0	0	<300	<230
Hidratos de C	4	4	6,79	375-450	288-345
Fibra (g)	2,5	2,5	2,5	38	29
Agua (g)	91,4	91,4	89,74	1000-2000	1000-2000
Calcio (mg)	9	9	2	800	800
Hierro (mg)	1	1	0,41	10	18
Yodo (µg)	3	3		140	110
Magnesio	14	14	20	350	330
Zinc (mg)	0,1	0,1	1,03	15	15
Sodio (mg)	5	5	9	<2400	<2400
Potasio (mg)	47	470	304	3500	3500
Fósforo (mg)	11	115	112	700	700
Selenio (µg)	9	9	5,7	70	55
Tiamina (mg)	0,1	0,1	0,015	1,2	0,9
Riboflavina	0,41	0,41	0,217	1,8	1,4
Niacina (mg)	4,6	4,6	3,877	20	15
Vitamina B6	0,1	0,1	0,293	1,8	1,6
Ácido fólico	23	23	18	400	400
Vitamina B12	0	0	0	2	2
Vitamina C	4	4	0	60	60
Vitamina A	0	0	0	1000	800
Vitamina D	0	0	0,5	5	5
Vitamina E	0,12	0,12	0	12	12

Tabella 2. Profilo nutrizionale tratto da “Food Comparison Tables”, *Moreiras et al., (2007)*, (*MUSHROOM*). Raccomandazioni: assunzione giornaliera raccomandata (RDI) per uomini e donne tra i 20 e i 39 anni associato ad una moderata attività fisica.

		Campiñones crudos	Champiñones en conserva	Champiñones fritos	Champiñones guisados sin sal
		por 100 g	por 100g	por 100g	por 100g
Macro nutrientes					
Energía	kcal	22,0	25,0	26,0	28,0
Proteínas	g	3,1	1,9	3,6	2,2
Grasas	g	0,3	0,3	0,3	0,5
Grasas saturadas	g	0,05	0,04	0,04	0,06
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0,2	0,1	0,2	0,2
Colesterol	g	0,00	0,00	0,00	0,00
Carbohidratos	g	3,3	5,1	4,0	5,3
Azúcares	g	2,0	2,3	0,0	2,3
Fibras	g	1,0	2,4	1,8	2,2
Agua	g	92,5	91,1	91,1	91,1
Vitaminas					
Vitamina B1 (tiamina)	mg	0,1	0,1	0,1	0,1
Vitamina B2 (riboflavina)	mg	0,4	0,0	0,5	0,3
Vitamina B3 (niacina)	mg	3,6	1,6	4,0	4,5
Vitamina B5 (ácido pantoténico)	mg	1,5	0,8	1,5	2,2
Vitamina B6	mg	0,1	0,1	0,0	0,1
Folato total *	µg	30,0	10,0	11,0	8,0
Vitamina C (ácido ascórbico)	mg	2,1	0,0	0,0	4,0
Minerales					
Calcio	mg	3,0	11,0	4,0	6,0
Hierro	mg	0,5	0,8	0,3	1,7
Magnesio	mg	9,0	15,0	11,0	12,0
Fósforo	mg	86,0	66,0	105,0	87,0
Potasio	mg	318,0	129,0	396,0	356,0
Sodio	mg	5,0	425,0	12,0	2,0
Cobre	mg	0,3	0,2	0,3	0,5
Selenio*	µg	0,0	2,0	13,0	7,0

fuelle: Audit champignon 2009 - NutriMarketing pour ANICC-

* fuente: ANSES, Table CiquaI 2008, www.afssa.fr/tableCIQUAL

> de 15 % de la energía diaria requerida

> de 30 % de la energía diaria requerida

Bajo en

Tabella 3. Diferenze nella composizione nutrizionale dei funghi , variabili in base al processo culinario cui sottoposti.

1. Contenuto energetico e di acqua

Il valore calorico o energetico di un alimento è correlato alla quantità di calorie (kcal) che contiene. Per calcolare il valore energetico di un alimento dobbiamo conoscere la quantità di nutrienti che contiene e le calorie di ciascuno (carboidrati 4 kcal/g, proteine 4kcal/g, grassi 9 kcal/g).

I funghi hanno approssimativamente 26-35 kcal/100g che variano in base alla varietà. Per essere precisi, il fungo comune è uno di quelli che contiene il minor numero di calorie (26 kcal/100g), e sebbene lo shiitake sia la varietà più calorica, contiene solo 35 kcal/100g.

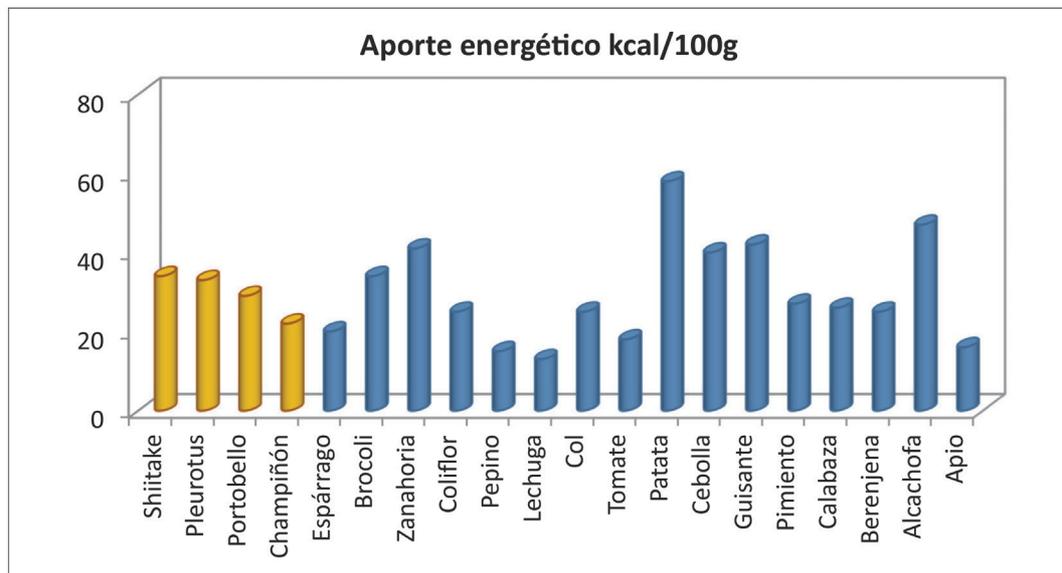


Figura 4. Contenuto energetico di alcuni funghi confrontati con altre verdure comunemente consumate (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>).

I funghi commestibili hanno una percentuale molto alta di acqua (81.8-94.8%). La variabilità di questa percentuale dipende dalla specie, dalla coltura, dalle condizioni di coltivazione e conservazione, etc. (Manzi et al., 1999).

A causa del loro contenuto d'acqua, i funghi hanno un corso di vita molto breve. L'industria alimentare cerca di conservare questi alimenti per il maggior tempo possibile e di preservare le loro qualità nutritive con diversi tipi di trasformazioni, come ad esempio l'essiccazione, la sterilizzazione e il congelamento (Barros et al., 2007), arrivando perfino, negli ultimi anni a venderli essiccati-congelati (Hernando et al., 2008).

Il contenuto di materiale secco nei funghi freschi è tuttavia molto basso, circa il 10%, e per lo più contenuto nei carboidrati, proteine, fibre e minerali.

I funghi sono un alimento con alto potenziale di saziabilità e bassa densità energetica, relazione tra le calorie e il volume di un alimento. L'alto tasso di acqua che contengono è correlato alla sensazione di sazietà che danno sebbene contengano poche calorie, per questo sono un elemento utilizzato nelle diete a basso contenuto calorico.

2. Carboidrati

Il contenuto totale di carboidrati nei funghi, sia quelli digeribili sia quelli non digeribili, varia, in accordo con la specie, dal 35 al 70% del peso a secco (Diez, Alvarez, 2001; Mau et al., 2001). I tipi di carboidrati digeribili presenti nei funghi sono: mannitolo (0.3-5.5% a secco; Vaz et al., 2011), glucosio (0.5-3.6%; Kim et al., 2009) e glicogeno (1-1.6% a secco; Diez, Alvarez, 2001). I carboidrati non digeribili includono oligosaccaridi, ad esempio, trealosio e polisaccaridi non amidacei, ad esempio chitina, β -glucani e mannani, che rappresentano la maggior parte dei carboidrati nei funghi.

Secondo la bibliografia, il livello di carboidrati varia in base alle diverse specie di funghi. Reis e i suoi colleghi (2012) hanno eseguito uno studio sulla composizione nutrizionale dei funghi coltivato maggiormente consumati al mondo. I risultati affermano lo **shiitake (17,62 g/100g)** contiene la maggior quantità di carboidrati totali in confronto al **fungo prataiolo (5.98 g/100g)**, al **fungo pleurotus (9.30 g/100g)** e al pleos **gigante (8.95 g/100g)**. In questo studio viene anche analizzato il contenuto di zucchero, come il fruttosio, mannitolo e trealosio. Lo shiitake si dimostra ancora una volta essere quello con valori più alti rispetto agli altri funghi. E' interessante notare che il fungo comune contiene polisaccaridi tipici del mondo animale, come il glicogeno, e non contiene né amido né cellulosa, che sono caratteristici del mondo vegetale.

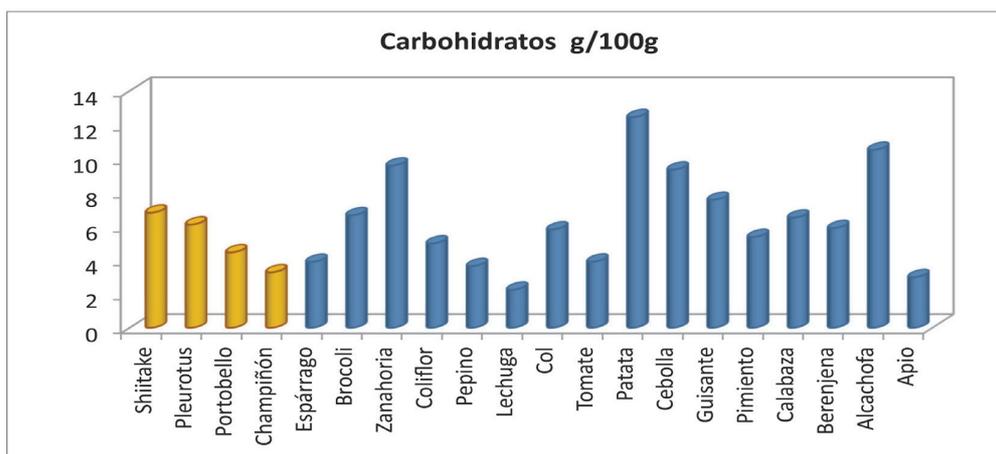


Figura 5. Contenido de carboidratos de algunos tipos de hongos a confronto con altre verdure di consumo comune (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>).

L'indice glicemico di un alimento misura il suo effetto immediato nell'incremento di zucchero nel sangue ed è un numero definito e costante. Il contenuto di carboidrati complessi e di fibre nei funghi li conferma un alimento a bassissimo tasso glicemico (IG=15), perciò la loro digestione è più lenta e lo zucchero è rilasciato gradualmente. I cibi con basso indice glicemico sono raccomandabili per persone che soffrono di diabete giacché inducono un basso incremento della glicemia postprandiale.

3. Fibre

I polimeri sono considerati fibre alimentari originati dalle piante formate da 10 o più monosaccaridi che non possono essere endogeni idrolizzati dagli enzimi digestivi e che esercitano un effetto psicologico benefico per la salute. Le fibre alimentari includono i polisaccaridi, oligosaccaridi e lignina. Il consumo di fibre alimentari e dei suoi composti promuove il mantenimento della salute e previene certe patologie come il diabete, cancro, malattie cardiovascolari, ipercolesteromia e obesità (Theuwissen e Mensink, 2008; Charles, 2005; Bordonaro e Sartorelli, 2008). Le fibre regolano l'assorbimento dello zucchero, assorbono certi composti organici come gli acidi bilici e possono ritardare l'assorbimento intestinale dello zucchero, che è molto benefico per la cura del diabete.

I funghi sono una buona fonte di fibre alimentari. In accordo con database bibliografico, i funghi contengono una maggior quantità di fibre insolubili (2.28-8.99 g/100g) che di solubili

(0.32-2.20 g/100g) (Manzi et al., 2004). I polisaccaridi che si trovano in maggior proporzione nelle fibre dei funghi comuni sono i β -glucani (4.13% del totale delle fibre alimentari) seguiti da chitina (Guillamon et al., 2010). Come per altri alimenti, il contenuto delle fibre varia in base alla specie, morfologia e tipologia di coltivazione dei funghi, e alla conservazione e processo alimentare a cui questi sono sottoposti. Secondo Manzi, i funghi che presentano una più alta percentuale di fibre sono *Agrocybe aegerita*, *Agaricus bisporus*, *Pleurotus eryngii* e *Pleurotus ostreatus*.

Uno studio eseguito in Inghilterra dimostra che 100g di funghi freschi contiene tra il 5 e il 25% della dose giornaliera raccomandata di fibre (18g fibra/g in Inghilterra) (Manzi et al., 2001).

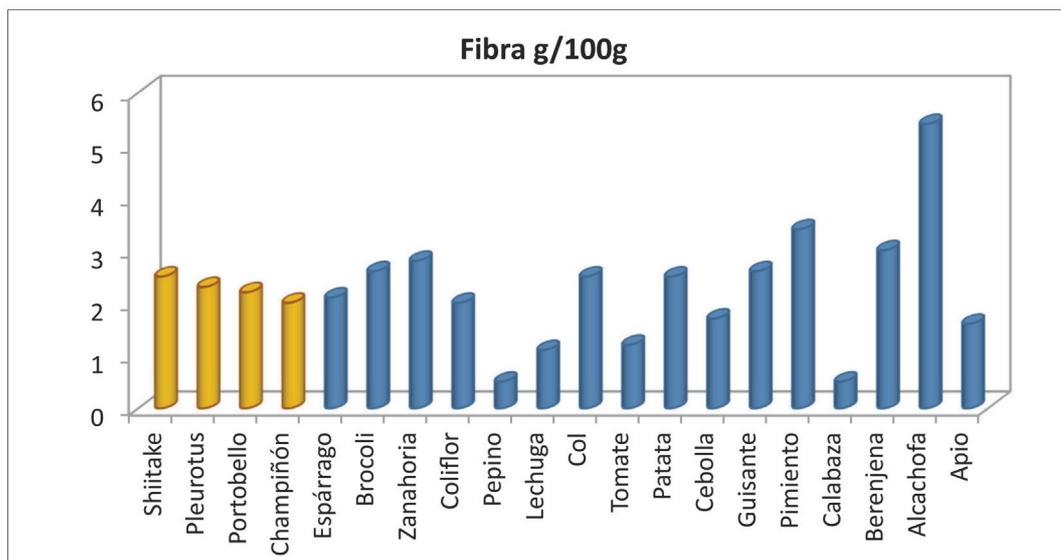


Figura 6. Quantità di fibra dei funghi rispetto ad alcune verdure comunemente consumate (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>)

Come già prima analizzato, le fibre hanno molti effetti benefici per la salute. Negli ultimi anni numerosi studi sono stati fatti sull'effetto che le fibre dei funghi hanno sulla salute. In primo luogo, mangiare più fibre aiuta a regolare il transito intestinale, inoltre, il composto bioattivo delle fibre, come i β -glucani, è considerato composto bioattivo che ha effetto, tra gli altri, di stimolare la risposta immunitaria, ed è anticancro, ipoglicemico e antiossidante.

E' stato osservato che i beta glucani isolati dal corpo fruttifero della *Lentinula edodes*, *lentinani*, stimolano il sistema immunitario negli animali, inibendo il proliferare di cellule tumorali. Beta glucani sono stati usati come immunomodulatori in terapie anticancro con successo.

In questo periodo, molta attenzione è stata data, specie sotto il profilo commerciale, alle proprietà funzionali che certi composti di fibre dei funghi possiedono. Digni di nota sono i beta

glucani dei *Pleurotus* per le loro proprietà immunomodulatorie. Inoltre, è stato dimostrato che il pleuran, un beta glucano di questo tipo, ha un effetto repressivo nei tumori (karacsonyi- Kuniak, 1994).

4. Lipidi

Generalmente I funghi hanno **basso contenuto di grassi (meno del 5% a peso secco)**. I fattori ambientali che influiscono sul contenuto di grassi nei funghi, la loro concentrazione dipende dalle condizioni di coltivazione, possono essere fattori nutrizionali, ossigeno, temperatura e natura del substrato (Pedneault et al., 2007). Il contenuto di acidi grassi insaturi è predominante nei funghi e perciò in quantità maggiore rispetto a quelli saturi. La percentuale di 'acido linoleico nei funghi è molto elevata (Díez e Alvarez, 2001).

Linolenico e linoleico sono acidi grassi essenziali per l'essere umano e, dal momento che il nostro corpo non li sintetizza, dobbiamo ingerirli con il cibo. L'acido linoleico è un acido grasso omega-6 e linolenico è omega 3 entrambi polinsaturi, che possono essere sintetizzati dal resto degli acidi omega-6 e omega-3. Oltre a l'importanza nutrizionale dell' acido linoleico, va anche sottolineata la sua funzione di precursore, nei funghi, di composto volatile: come 1-Otten-3-olo, 3-ottanolo, 1-Otten-3-one e 3-octanone (Combet et al., 2006), che sono i principali composti aromatici nella maggior parte delle specie (Maga, 1981). Questi composti contribuiscono al sapore della maggior parte delle specie di funghi analizzati (Guedes de Pinho et al., 2008).

Secondo il lavoro di Reis et al. (2012a), in cui è stato effettuato uno studio comparativo di diversi funghi coltivati, si è concluso che il shiitake è quello con i più alti livelli di acidi grassi polinsaturi e una minore quantità di acidi grassi saturi rispetto alla resto dei funghi analizzati. Le specie del genere *Pleurotus* ha un profilo di grasso acido molto simile ed è noto come quello che presenta maggior acidi grassi monoinsaturi.

5. Proteine

Il contenuto proteico dei funghi varia tra il **15 e il 35% del peso secco**, a seconda della specie, varietà e stadio di sviluppo del corpo fruttifero (Manzi et al, 2004;. Díez e Alvarez, 2001). **La digeribilità delle proteine di funghi in generale è abbastanza buona**, per *P. ostreatus* e *L. edodes* è 73,4% e 76,3%, rispettivamente (Adewusi et al, 1993;. Dabbour e Takruri, 2002). Questi valori sono paragonabili a quelli dei legumi (70-80%) (Wong e Cheung, 1998) ma sono inferiori a quelli delle proteine animali che hanno una digeribilità di oltre il 90% (McDonough et al., 1990).

Il fungo comune, a differenza del resto delle verdure, **contiene tutti gli aminoacidi essenziali** (Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val) che sono quelli che il corpo umano non è in grado di generare da solo e che devono essere ingeriti nella dieta. , Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), i funghi più comuni sono particolarmente ricchi di acido glutammico, acido aspartico e arginina. Gli aminoacidi presenti in maggior quantità nei funghi comuni sono metionina e cisteina (Manzi et al., 1999). Il genere *Pleurotus* sembra essere quello che presenta la più grande qualità di proteine; alcune varietà di questo genere hanno una buona distribuzione sia di aminoacidi essenziali che di quelli non essenziali (Dundar et al, 2008 ;. Patil et al., 2010).

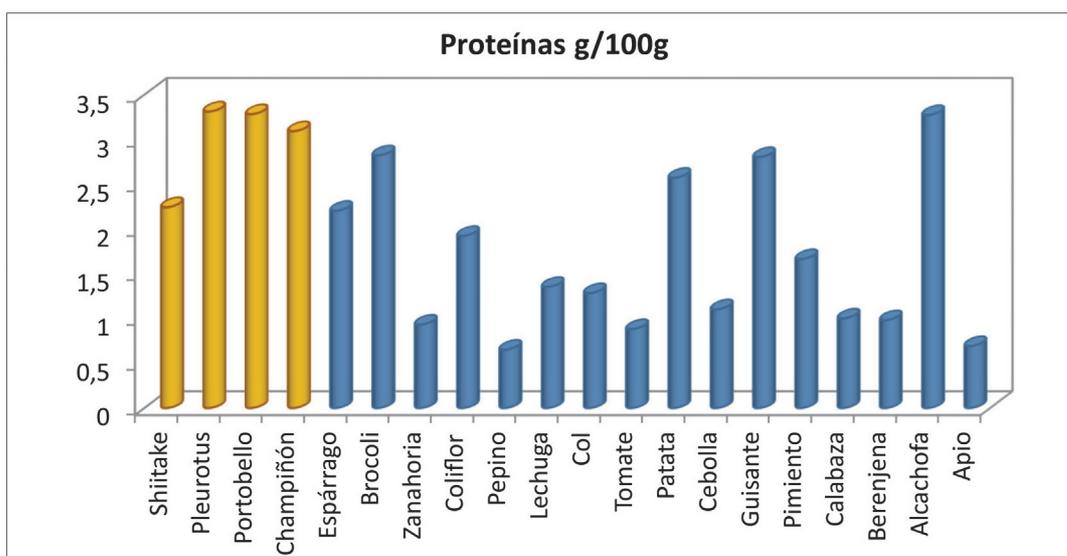


Figura 7. Il contenuto proteico di alcuni funghi in confronto alle verdure normalmente consumati (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>)

La presenza di aminoacidi in forma libera è rara. Alcuni di questi sono l'acido glutammico, alanina e ornitina (Kim et al., 2009). La loro importanza fondamentale è che essi contribuiscono al particolare aroma e al sapore dei funghi, per esempio **l'acido glutammico è principalmente responsabile per il gusto umami.**

Secondo l'Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura (Food and Agriculture Organization), **la qualità delle proteine dei funghi è migliore di quella della maggior parte delle verdure** (FAO, 1981). La composizione in aminoacidi delle proteine dei funghi è **paragonabile a quella delle proteine animali**, che è importante oggi per contrastare l'alto consumo di alimenti con proteine animali specialmente nei paesi sviluppati (Guillamon et al., 2010).

Gli scienziati americani hanno eseguito uno studio in individui sani ed obesi, sostituendo carne con funghi comuni, a pranzo, per quattro giorni consecutivi. Il risultato fu che l'ammontare di valore energetico e di grassi ingerito al giorno si riduceva quando il fungo veniva inserito nella dieta e sostituito alla carne. Per quanto riguarda la " valutazione dei pasti " l'appetibilità e la sensazione di appetito e sazietà i soggetti , non sono state osservate differenze significative nel mangiare le varie preparazioni culinarie . **Gli autori suggeriscono di includere calorie con più bassa densità, come funghi comuni , in alimenti nella dieta quotidiana** al posto di alimenti con maggiore densità di energia , come strategia per ridurre la prevalenza di obesità e sovrappeso nella popolazione (Cheskin et al . , 2008) .

6. Minerali

I minerali sono elementi chimici fondamentali per le normali funzioni metaboliche del nostro organismo. I nutrienti minerali giocano ruoli strutturali e metabolici essenziali. La dieta li deve contenere in sufficiente ma non eccessiva quantità, al fine di coprire il fabbisogno del corpo, così come accessibilmente, in modo da soddisfare le esigenze.

Alcuni sono necessari in quantità superiori a 100 milligrammi al giorno (calcio, fosforo, sodio e potassio) e altri, chiamati oligoelementi (ferro, fluoro, iodio, rame, zinco, selenio, ecc), sono necessari in quantità inferiori.

Il contenuto di minerali nei funghi varia tra il 6 e l' 11% di materia secca, a seconda delle specie. Ad esempio, *Pleurotus ostreatus* ne contiene il 6,90%, il *Pleurotus eryngii* l'8,60% , lo *Shiitake* *Hericium erinaceus* il 5,85% e l'*Hericium erinaceus* il 9,35%.

Rispetto ad altre verdure, i funghi contengono una notevole quantità di minerali (Manzi et al., 1999). I macroelementi che abbondano nei funghi coltivati sono calcio, fosforo, potassio e magnesio e i microelementi che predominano sono il rame, selenio, ferro e zinco (Cheung, 2008).

Alcuni dei funghi coltivati più comuni, *A. bisporus*, *P. ostreatus* e *L. edodes*, tra tutti, sono ricchi di potassio (2670-4730 mg / 100 g di sostanza secca) e sono considerati come portatori di una buona fonte di fosforo (493-1390 mg / 100 g di sostanza secca), magnesio (20-200 mg / 100

g di sostanza secca), zinco (4,70-9,20 mg / 100 g di sostanza secca) e rame (0,52-3,50 mg / 100g a secco materia) (Cheung, 2008).

Per quanto riguarda il contenuto di minerali dei funghi, va sottolineato che la maggior parte dei funghi coltivati, così come alcune specie del genere *Boletus*, sono naturalmente ricchi di selenio (Cocchi et al., 2006).

Sodio

I requisiti di sodio negli esseri umani sono circa 3 g / di. Generalmente, la popolazione consuma molto sodio di quello consigliato, soprattutto a causa del maggior consumo di precotto. L'eccessivo consumo di sale provoca un maggior rischio di alta pressione sanguigna.

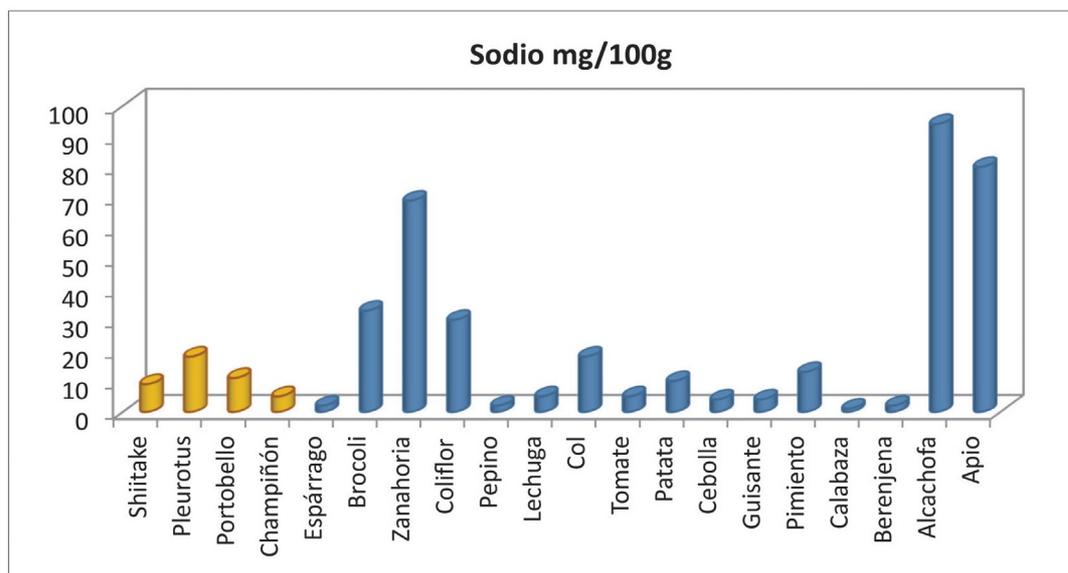


Figura 8. Contenuto di sodio di alcuni funghi in confronto alle verdure normalmente consumati (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>)

I funghi contengono una quantità molto bassa di sodio, il che significa che sono il cibo perfetto per una dieta a basso contenuto di sale. Inoltre, essi hanno il pregio di contenere glutammato in forma naturale. Questo aminoacido è principalmente responsabile per il gusto umami. Il gusto umami consente di ridurre la quantità di sale nei pasti senza perderne la percezione.

Potassio

Il fungo comune contiene concentrati relativamente alti di potassio con livelli pari al 7-9% della dose giornaliera raccomandata in una porzione di 85 g.

Fosforo

Il fosforo è un composto essenziale negli organismi viventi in quanto partecipa a numerose funzioni vitali. Fosforo e potassio sono gli elementi principali del fungo comune inoltre i funghi contengono una maggiore quantità di fosforo rispetto ad altri ortaggi.

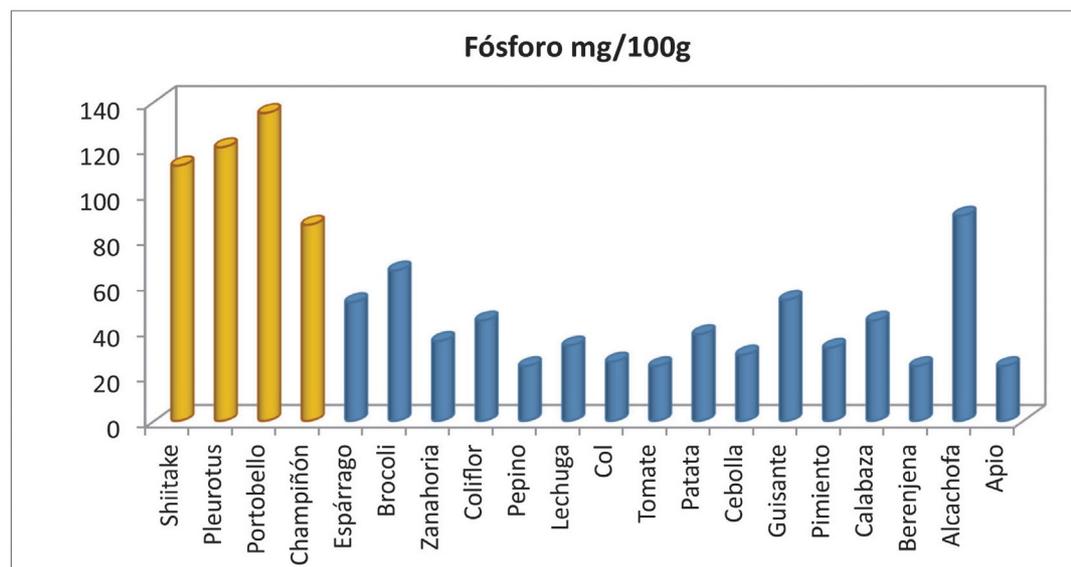


Figura 9. Il contenuto di fosforo di alcuni funghi in confronto con verdure normalmente consumati (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>).

Selenio

Rispetto ad altri minerali : come rame, magnesio e zinco, il selenio è un elemento che è necessario in dose minore. La dose giornaliera raccomandata di selenio per l'uomo è 57ug al giorno (anche se i valori variano tra il 30 e il 80 a seconda degli studi), La dose massima consigliata varia tra 100 e 200 (Jarzynska e Faldndysz, 2011). Anche se solo una piccola quantità è necessaria per coprire il fabbisogno di selenio, non è sempre facile ottenere la quantità raccomandata attraverso la dieta abituale.

Gli alimenti considerati essere buone fonti di selenio sono, tra gli altri: granchio, fegato, frutti di mare e pesce (Rayman, 2000). Attualmente, i funghi sono anch'esso considerati ricchi di selenio. In generale, frutta e verdura contengono livelli molto bassi di questo minerale che invece normalmente abbonda nel pesce e carne.

Il contenuto di selenio nel fungo comune varia da 0,46 a 5,63 ppm in sostanza secca a seconda della specie (Clemente, 1998), la media è fra l'1 e i 2 ppm di selenio. Questa quantità

rappresenta il 15% della dose giornaliera raccomandata negli Stati Uniti. I funghi accumulano selenio in funzione della disponibilità dell'elemento nel luogo-mezzo in cui essi stanno crescendo.

Tra i vari benefici che il selenio apporta per al nostro organismo, la sua capacità antiossidante è la più importante, e aiuta anche a neutralizzare i radicali liberi, induce l'apoptosi, stimola il sistema immunitario e interviene nella funzione della ghiandola tiroidea. Il selenio è anche un composto di varie proteine seleniche, proteina che includono una selenocisteina e un residuo di aminoacido, che giocano una funzione preventiva per certe forme tumorali (Lu e Holmgren, 2009). Aggiungere alla dieta basse dosi di Selenio sembra essere utile non solo nella cura preventiva del cancro, ma può avere anche un'influenza positiva su molte altre funzioni del corpo agendo come riduzione di infiammazione, malattie cardiache e la regolazione della pressione sanguigna (Brozmanova et al., 2009). L'efficacia di composti del selenio come agenti chemiopreventivi *in vivo* è correlata con la sua capacità di produrre la regolazione del ciclo cellulare, stimolando l'apoptosi e inibendo la migrazione delle cellule tumorali e l'invasione *in vitro* (Zeng e Combs, 2008).

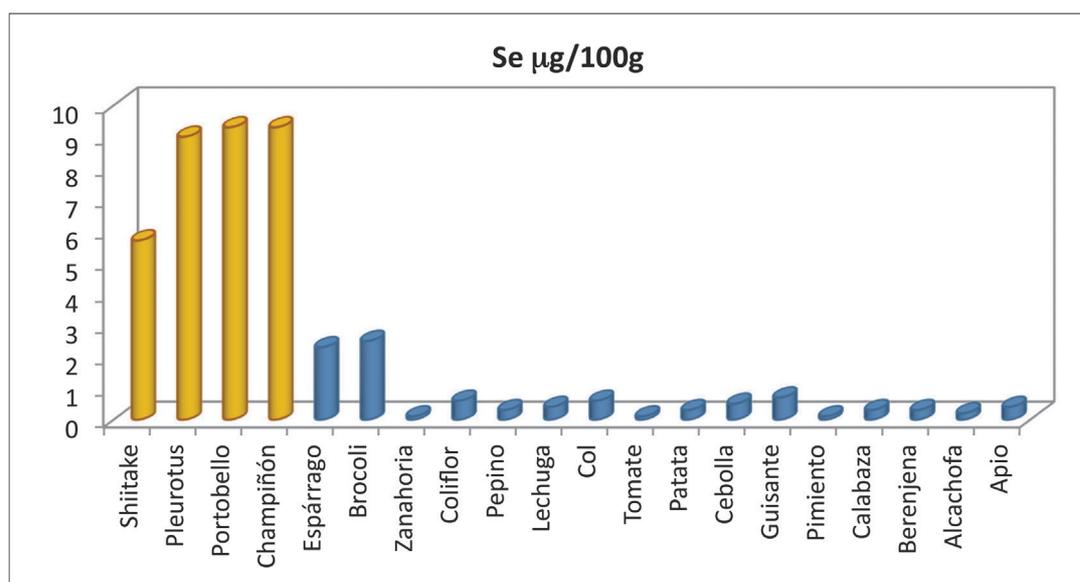


Figura 10. Contenuto di selenio di alcuni funghi in confronto con verdure normalmente consumate (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>)

Selenio e zinco sono minerali con un noto potenziale antiossidante. Il selenio svolge un'attività antiossidante attraverso le selenoproteine perossidasi e tioredoxine. Lo zinco è un cofattore importante di antiossidanti superossido dismutasi. Una carenza di selenio o di zinco comporta una riduzione della capacità antiossidante e viceversa-è stato dimostrato che quando c'è un supplemento di uno o entrambi questi, la condizione ossidativo è migliorata (Hu et al 2010 ;. Sahin e Kucuc , 2003).

In un recente studio (Yan,Chang, 2012), il *Pleurotus ostreatus*, arricchito con selenio e zinco, viene introdotto nella dieta degli animali da esperimento per verificare se l'attività antiossidante e antitumorale aumentano. *Pleurotus ostreatus* è capace di accumulare grandi quantità di oligoelementi e incorporarli come composti organici. Questo fungo in sé ha una elevata capacità antiossidante e, se ulteriormente arricchito con selenio e zinco, si può vedere per aumentare questa potenzialità. I risultati dello studio hanno mostrato che il *Pleurotus ostreatus* arricchito di selenio e zinco ha migliorato l'attività antiossidante e impedito lo sviluppo del cancro ai polmoni nei topi. Secondo gli autori, integrare i funghi con questi minerali è economico e sicuro e può contribuire ad aumentare la loro capacità antiossidante, aumentando così le loro proprietà antitumorali.

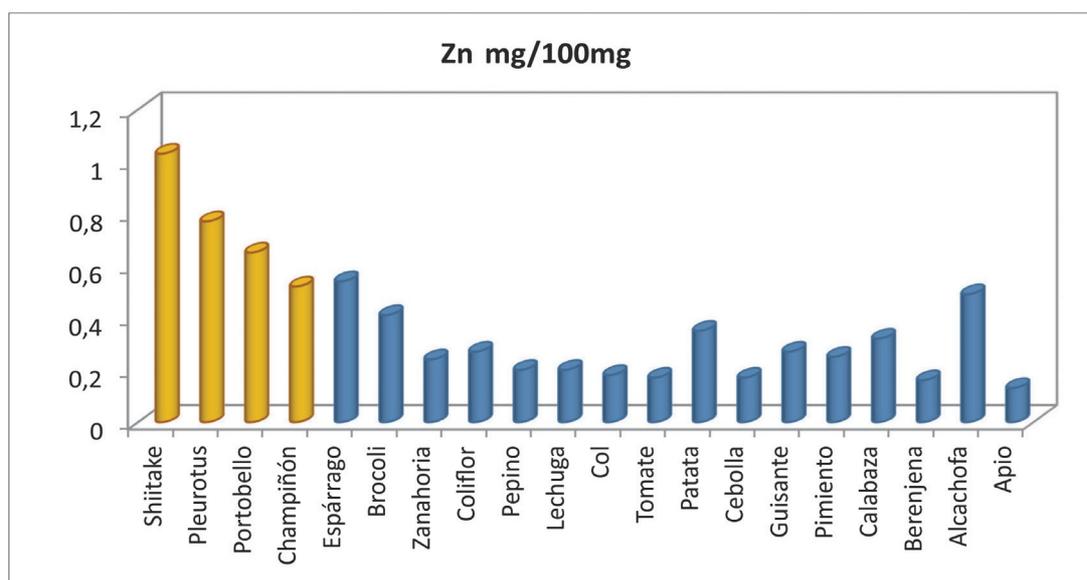


Figura 11. Contenuto di zinco di alcuni funghi in confronto con verdure normalmente consumate (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>)

Precedenti indagini svolte a CTICH (*Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón*), che consistevano nell'arricchire il fungo comune con il selenio nel ciclo di crescita, sono riuscite a dare un valore aggiunto a questo prodotto, aumentando il suo contenuto. Fortificare e arricchire il substrato è un altro potenziale percorso percorribile per aumentare il livello di oligoelementi nei funghi coltivati.

7. Vitamine

Le vitamine sono composti organici fondamentali per la vita che, se ingerita in modo equilibrato e in dosi essenziali, promuovono la corretta funzione fisiologica. La maggior parte delle

vitamine essenziali non possono essere sintetizzate dal corpo, il che significa che esse possono essere ottenute solo mediante l'assunzione di cibo. Ogni vitamina svolge un ruolo particolare nel corpo. Alcuni, noto come co-enzimi, fanno parte di sistemi enzimatici e catalizzano certe reazioni chimiche nel metabolismo degli alimenti. **I funghi sono considerate una buona fonte di vitamine**, in particolare riboflavina (B_2), niacina (B_3) e folati (B_9) che sono quelle contenute in maggiore quantità.

Mattila et al., (2001) hanno pubblicato alcuni dati relativi al contenuto di varie vitamine nei funghi coltivati, la concentrazione varia da 1,8 a 5,1 mg / 100 g di sostanza secca di riboflavina, da 31 a 65 mg / 100 g materia secca per niacina e 0,30-0,64 mg / 100 g sostanza secca per folati. È da notare che i funghi contengono folati in quantità che sono relativamente elevate e molto simili alla concentrazione che le verdure presentano (Beelman e Edwards, 1989). Il contenuto di riboflavina nei funghi è anche superiore alla concentrazione presente nei vegetali e, in aggiunta, alcune varietà di *Agaricus bisporus* presentano concentrazioni di riboflavina alte, allo stesso livello di quelle riscontrabili in uova e formaggio (Mattila et al., 2001).

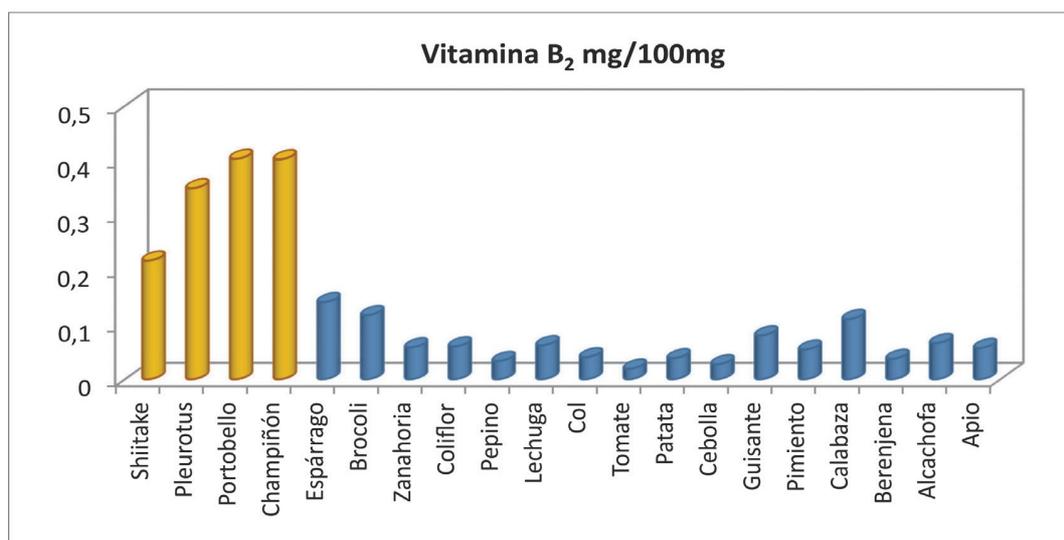


Figura 12. Contenuto di riboflavina di alcuni funghi in confronto con verdure normalmente consumate (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>)

Nei funghi coltivati, il contenuto di vitamina può variare da una specie all'altra. Nel caso di niacina, si osserva che il *P. ostreatus* presenta quantità che variano fra 34 e 109 mg / 100 g di sostanza secca, *L. edodes* tra 12 e 99 mg / 100 g di sostanza secca e *A. bisporus* tra il 36 e 57mg / 100 g di sostanza secca (Crisan e Sands, 1978; Bano e Rajarathnam, 1986).

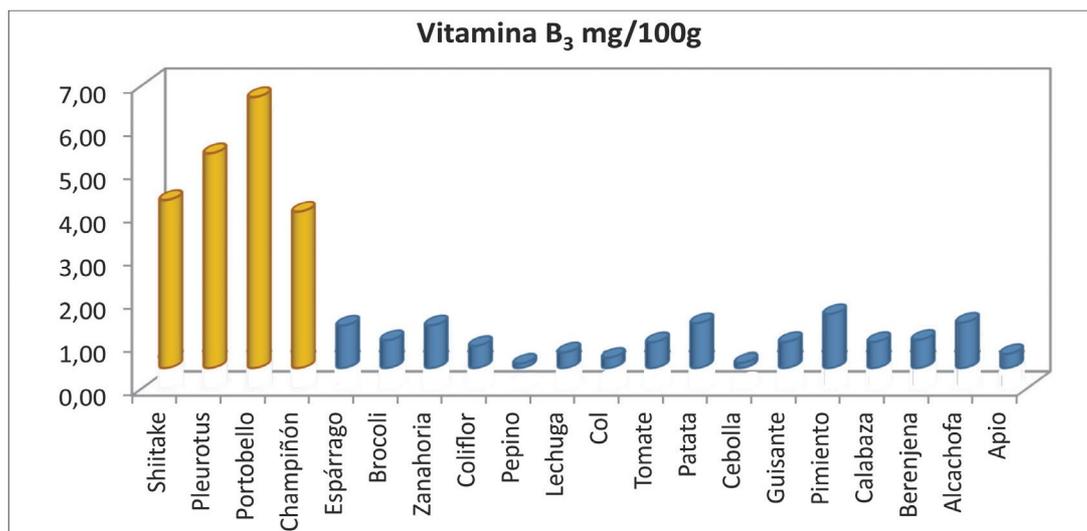


Figura 13. Contenuto di Niacina di alcuni funghi in confronto con verdure normalmente consumate (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>)

Le vitamine B1, B12 e C sono presenti nei funghi anche se in quantità minori (Mattila et al., 2002). La vitamina B1 o tiamina contenuta nei funghi varia approssimativamente tra 0,60 e 0,90 mg / 100 g di sostanza secca. Nel caso della vitamina B12, la quantità presente è molto inferiore, tra 0,60 e 0,80 μ g / 100 g peso a secco. Nonostante ciò, i funghi contengono più vitamina B12 delle comuni verdure giacché queste contengono quasi nessuna di questa vitamina. Le diete vegetariane sono quindi privi di B12.

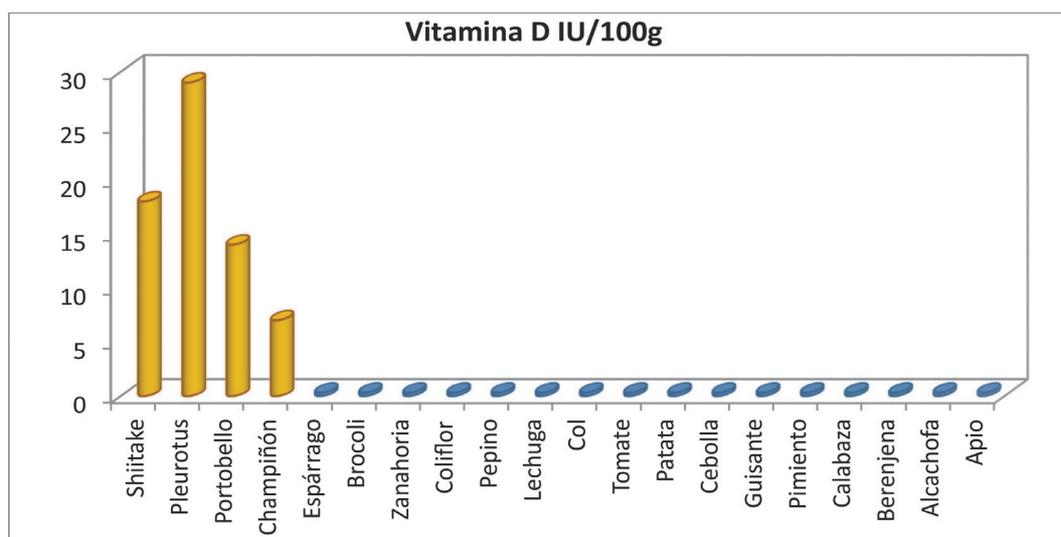
Vitamina D

La vitamina D svolge un ruolo importante nel mantenimento degli organi e sistemi attraverso molteplici funzioni, quali la regolazione dei livelli di calcio e fosforo nel sangue, promuovendo l'assorbimento intestinale di alimenti e il loro riassorbimento a livello renale. Con questo, contribuiscono alla formazione ossea e mineralizzazione, essenziali per lo sviluppo scheletrico. Inoltre, la vitamina D è stato oggetto di molta attenzione negli ultimi anni per il suo ruolo nella funzione muscolare, immunologica, cardiaca, malattie cardiovascolari e cancro, ecc (Phillips et al., 2012).

Per quanto riguarda la vitamina D, **i funghi sono l'unico alimento non animale che contiene questa vitamina (in forma di precursore)** e per questo sono la fonte naturale di vitamina D per i vegetariani. Il contenuto di D2 (ergocalciferolo), una delle forme di vitamina D, è presente in una quantità maggiore nelle specie di funghi selvatici che nelle specie coltivate. Più specificamente, nei funghi comuni è stato dimostrato che in realtà la presenza di vitamina D2 è

maggiore in funghi che in quelli coltivati. Inoltre, è stata studiata la distribuzione di questa vitamina nel corpo fruttifero di diverse specie, e la cappella del fungo è risultata essere la parte con la massima concentrazione (Mattila et al., 2002).

Figura 14. contenuto di vitamina D di alcuni funghi in confronto con verdure normalmente consumato (U.S.D.A., <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>).



Come già descritto, la vitamina D non è presente come tale nei funghi ma è il suo precursore, ergosterolo, ad essere presente. I livelli di ergosterolo, la provitamina di ergocalciferolo (vitamina D2), sono relativamente alte (da 400 a 600 mg / 100 g di sostanza secca) (Mattila et al., 2002). La presenza di vitamina D nei funghi è attribuito all'esposizione alla luce solare, che catalizza la conversione dell'ergosterolo nei funghi in vitamina D2 attraverso una serie di reazioni fotochimiche.

I coltivatori di funghi hanno incorporato trattamenti di luce UV nella loro crescita, e in questo modo i funghi contengono una quantità di vitamina D simili a quella nei selvatici (Simon et al., 2013). Recenti analisi, negli Stati Uniti, effettuate su 10 diverse specie di funghi coltivati mostrano che la concentrazione di vitamina D2 varia tra 0,03 e 63,2 mg / 100 g (1,2 2528 UI / 100 g) in peso fresco, ed è inoltre risultato che i più alti livelli corrispondono ai funghi che erano stati esposti ai raggi UV durante la loro produzione (Phillips et al., 2011). Molti articoli (Ko et al, 2008;.. Koyyalamudi et al, 2009; Simon et al, 2011) confermano che l'esposizione ai raggi UV aumenta notevolmente il contenuto biodisponibile della vitamina D2. Sembra che il trattamento sia più efficace se i sacchi sono disposti in un unico strato e uniformemente distribuiti. Il contenuto di

vitamina D2 può raggiungere un livello di 100 mg / kg di sostanza secca in condizioni ottimali (Kalac, 2013).

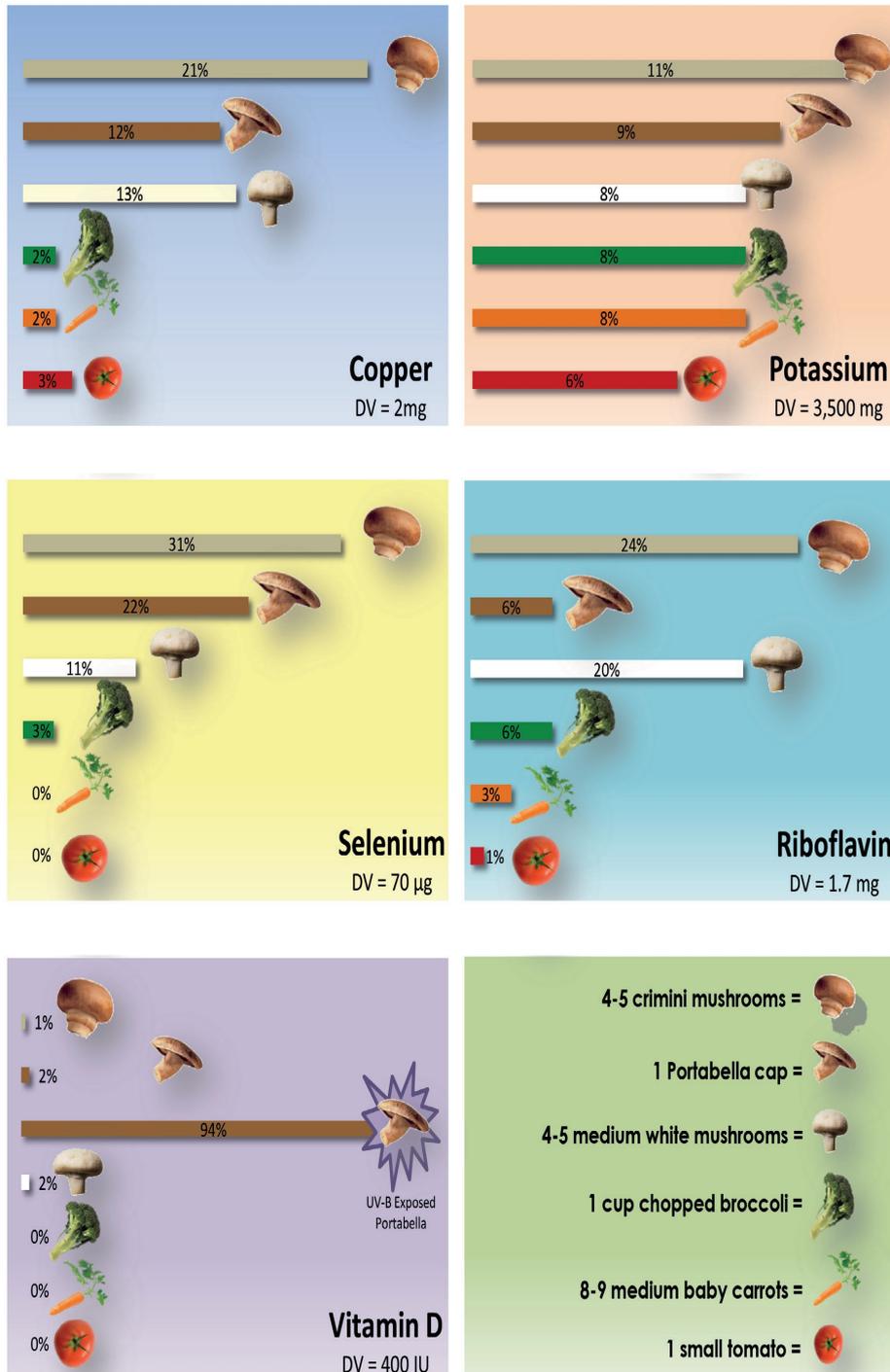


Figura 15. Confronto tra il contenuto di alcuni micronutrienti tra funghi e altre verdure (USDA Nutrient Data Laboratory, 2010). Sulla base della porzione standard di funghi (84 g) e verdura (85 g) della FDA. ([Www.ars.usda.gov/nutrientdata](http://www.ars.usda.gov/nutrientdata))

Composizione Bioattiva dei funghi

Tradizionalmente, indagini scientifiche sono state centrate sulle proprietà nutrizionali dei funghi. Nell'ultimo decennio, anche lo studio della composizione nutrizionale dei funghi, lo studio dei composti biologicamente attivi che contengono sono diventati più importanti, così come quelli che hanno testato con notevoli proprietà benefiche per la salute.

Numerosi composti bioattivi sono stati identificati nei funghi. La concentrazione di questi dipenderà dalla varietà, substrato, coltivazione, stoccaggio e condizioni di lavorazione, ecc (Barros et al., 2007b). Tra i composti bioattivi ci sono polisaccaridi, proteine, composti fenolici (flavonoidi, lignani e acidi fenolici) lignina, triterpeni, ecc. Questi composti sono responsabili delle proprietà medicinali che i funghi hanno, come ad esempio la loro capacità antiossidante, proprietà immunomodulante e le capacità antitumorali e di epatoprotettore, tra le altre.

1. Polisaccaridi

Tra i composti bioattivi nei funghi, i polisaccaridi sono quelli che mostrano più attività antitumorale, antivirale e immunomodulante (Mizuno e Nishitani, 2013). In particolare, i polisaccaridi che si trovano sulla parete cellulare sono quelli che mostrano più bioattività. Questi polisaccaridi sono: (Zhang et al, 2007) **chitina, cellulosa, complessi proteico-polisaccaride e beta-glucani**. Questi polisaccaridi biologicamente attivi possono essere trovati in corpi fruttiferi e micelio coltivato, e possono anche essere estratti dall'ambiente in cui vengono coltivati. Ci sono numerosi studi, sia in vivo che in vitro, in cui beta-glucani e complessi polisaccaride-proteina sono stati isolati da diversi funghi ed è stato dimostrato che essi hanno importanti proprietà biologiche come immunomodulante, antitumorale, ipoglicemizzante e agente antiossidante (Cheung, 2010). Recenti indagini hanno osservato che **i polisaccaridi di funghi possono contribuire ad evitare l'ontogenesi**, attraverso la loro attività antitumorale diretta contro vari tumori e anche prevenire le metastasi del tumore. Gli effetti sono migliori quando sono utilizzati insieme con la chemioterapia (Wasser, 2002).

Di seguito sono evidenziati alcuni dei più noti polisaccaridi presenti nei funghi, ai quali sono attribuite numerose proprietà medicinali.

β-glucans

Pleuran. È un polisaccaride β -glucano tipo che si trova in specie di funghi appartenenti al genere *Pleurotus*. Questo polisaccaride ha una significativa **attività antitumorale** e stimola il sistema immunitario (Khan e Tania, 2012). Nello studio di Jesenak et al., (2013), si è dimostrato che il Pleuran riduce la morbilità, causata da infezioni ricorrenti delle vie respiratorie, attraverso cambiamenti nella immunità umorale e cellulare.

Effetti positivi sono stati associati a questo composto nella riduzione dei livelli di colesterolo nel sangue dei ratti (Bobek et al., 2001) e criceti (Cheung, 1998). Nell'uomo i beta-glucani derivati da funghi sembrano anche ridurre il colesterolo (Braaten et al., 1994) e LDL nel sangue (Behall et al., 1997). Tra le attività dei β -glucani, il Pleuran si distingue come avente il migliore stato antiossidante (aumenta le attività di superossido dismutasi, glutazione perossidasi e glutazione reduttasi nel fegato), come dimostrato in una prova effettuata su ratti (Bobek e Galbavý, 2001).

- **Lentinan.** Polisaccaride del fungo *Lentinula edodes* (shiitake). Secondo la bibliografia consultata, **Lentinan e Pleuran sono i due beta-glucani più utilizzati dall'industria farmaceutica** poiché sembrano essere quelli con la migliore attività biologica. Lentinan si distingue soprattutto per la sua attività antitumorale e immunomodulante. Diversi studi hanno dimostrato che questo polisaccaride stimola la funzione immunitaria, ad esempio, nel lavoro di Gordon et al., (1995) con i pazienti con HIV, il trattamento di questa malattia è stato combinato con 2 mg de Lentinan e l'evoluzione della malattia è stata migliorata grazie al suo effetto immunomodulante. Sulla stessa linea, come il polisaccaride da *Pleurotus*, **Lentinan ha anche proprietà antitumorale** (Rathee et al., 2011). È stato osservato che la somministrazione di Lentinan associata alla chemioterapia, (per il trattamento del cancro), prolunga il tempo di sopravvivenza dei pazienti, migliora i parametri immunologici e aumenta la qualità della vita dei pazienti con cancro dello stomaco, cancro del colon e altri carcinomi, in confronto con i pazienti trattati solo con chemioterapia (Hazama et al., 1995). Altri effetti che sono stati collegati a questo β -glucano sono l'aumento della resistenza all'infiammazione muco intestinale (Zeman et al., 2001) e l'inibizione allo sviluppo di ulcere intestinali (Nosalova et al., 2001). Inoltre, mostra un effetto positivo nella peristalsi, contrazione prodotta dal sistema nervoso enterico che invia impulsi al mioenterico di Auerbach presente nell'intestino. (Van Nevel et al., 2003). Infine, la sua capacità di promuovere l'attività enzimatica antiossidante è significativa.

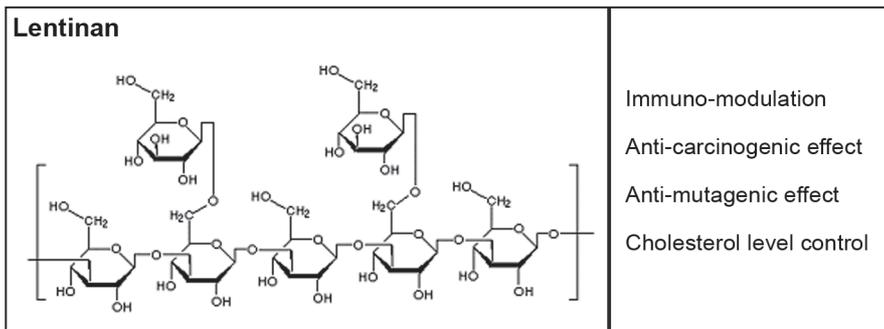


Figura 16. Struttura del lentinan polisaccaride (<http://www.biospectrum.com>).

- **Ganopoli.** Questo polisaccaride è stato isolato da *Ganoderma lucidum*, uno dei funghi più noti per proprietà farmaceutiche. Le proprietà bioattive di Ganopoli si allineano con quelle scritte in precedenza per Pleuran e Lentinan. Ha elevata attività antitumorale; la sua efficacia clinica è stata dimostrata in terapie antitumorali perché migliora i sintomi derivanti da questa malattia (Gao et al., 2003).

L'attività antidiabetica che è associata adesso è determinata dalla sua capacità di abbassare la glicemia post-prandiale nei pazienti con diabete di tipo II livello (Gao et al., 2004). E 'stato dimostrato anche che questo polisaccaride può agire come potente immunostimolante (El Enshasy e Hatti-Kaul, 2013).

- **Grifolan.** β -glucano estratto dal fungo *Grifola frondosa*. Questo composto possiede importanti proprietà medicinali, che favoriscono l'attività del macrofago e aumentando la produzione di interleuchina IL-1 migliorando la risposta immunitaria. E 'stato dimostrato che il polisaccaride **Grifolan è in grado di aumentare la produzione di insulina**, che significa che questo composto potrebbe essere utilizzato per il trattamento del diabete (Manohar et al., 2002). L'attività antifungina è un'altra proprietà attribuita a questo composto. Secondo Uchiyama et al., (2002), è in grado di sopprimere i patogeni del fungo *Candida albicans* che possono causare infezioni nelle membrane della cavità orale e sistemica, e le infezioni dei polmoni, linfonodi, fegato e milza. Oltre alle caratteristiche già descritte per questa β -glucano, in uno studio su topi è stato osservato che Grifolan può sopprimere l'infiammazione delle mucose delle vie respiratorie (Korpi et al., 2003). Questo polisaccaride ha anche un'attività antitumorale perché è in grado di ripristinare l'immunità cellulare che distrutta a seguito dei trattamenti radio- e chemioterapia (Ooi e Liu, 2000).

Complesso Polisaccaride-proteico

I complessi polisaccaride-proteici dei funghi aumentano la risposta immunitaria, sia innata che cellulare, e mostrano anche attività antitumorale negli animali e nell'uomo (Mizuno, 1999; Reshetnikov et al., 2001). La stimolazione della difesa immunitaria dell'ospite da polisaccaridi bioattivi derivati da funghi medicinali ha un effetto significativo sulla maturazione, differenziazione e la proliferazione di molti tipi di cellule immunitarie nell'ospite (Wasser, 2011).

Insieme con i complessi polisaccaride-proteina, glicoproteici e complessi polisaccaridi-peptidici anche persegue un'importante attività antitumorale ed immunomodulante. Ad esempio, lo studio del fungo *Trametes versicolor* ha permesso la scoperta di due composti molto interessanti, un complesso idrosolubile polisaccaride-proteina, polisaccaride-K (PSK) nome commerciale Krestino, e un polisaccaride-peptide (PSP), entrambi ottenuti dal micelio, e con una straordinaria attività immunopotenziante e antitumorale (Rowan et al., 2002). In altri funghi, sono stati individuati polisaccaridi con proprietà immunomodulatorie, come il complesso polisaccaride-proteina nota come LEM, nel micelio del *Lentinula edodes*, glicoproteico con attività immunostimolante (FIP) e un complesso polisaccaride-peptide (GPP) di *Ganoderma lucidum* (Rop et al., 2009).

2. Altri composti bioattivi

Oltre a polisaccaridi e proteine, i funghi contengono altri composti bioattivi che sono classificati in base al loro peso molecolare. I composti con maggiore peso molecolare sono, tra tutti, la lignina e la lectina e quelli con minor peso sono i triterpeni e composti fenolici (Lindequist et al., 2005).

Composti a basso peso molecolare

I Triterpeni rappresentano uno dei più grandi gruppi di composti bioattivi che si trovano nei funghi medicinali. Il *Ganoderma lucidum* è un buon esempio perché ha più di 120 differenti triterpeni (Kim e Kim, 1999). **E 'stato dimostrato che diversi triterpeni da *G. lucidum* sono agenti antivirali attivi contro tipo I'HIV e contro il virus herpes di tipo I** (El-Mekawy et al., 1998; Mothana et al., 2003). Altri possono inibire la sintesi del colesterolo (Komoda et al., 1989) e, in aggiunta, alcuni sono capaci di inibire gli enzimi che partecipano alla conversione di

angiotensina (Morigiwa et al., 1986) o aggregazione piastrinica (Su et al., 1999), riducendo così il rischio di aterosclerosi.

I composti fenolici, anche composti bioattivi di funghi, **sono caratterizzati da elevata capacità antiossidante**. Numerose opere condotte su varie specie di funghi, tra cui *G. frondosa*, *H. erinaceus*, *L. edodes* e *P. ostreatus*, hanno dimostrato che i loro estratti acquosi e metanolici sono ricchi di composti fenolici e che hanno una elevata capacità antiossidante *in vitro* (Mau et al, 2002; Elmastas et al., 2007). Ai composti fenolici è stato anche riscontrato un potere antiossidante in altre specie di funghi oltre a quelle sopra citate.

Flavoglaucin, un composto fenolico isolato dal micelio del fungo *Eurotium chevalieri*, è un ottimo antiossidante in oli vegetali in una concentrazione dello 0,05% (Elmastas et al., 2007). Nella maggior parte di questi studi, una correlazione positiva si trova tra il contenuto fenolico totale estratto dai funghi e le sue proprietà antiossidanti, **che conferma che i funghi commestibili hanno un ruolo importante come antiossidanti naturali** a causa della capacità dei composti fenolici di inibire l'ossidazione dei lipidi.

Oltre ai composti fenolici, i funghi hanno anche altri composti con attività antiossidante, come β -tocoferolo e β -carotene.

Composti ad alto peso molecolare

Le lectine sono proteine che si attaccano a zuccheri con una elevata specificità. Le lectine derivati da funghi si caratterizzano per le loro attività: immunomodulante, antiproliferativa e antitumorale (El Enshasy e Hatti-Kaul, 2013). Questi composti modulano il sistema immunitario umano perché stimolano la maturazione delle cellule immunitarie *in vitro* (Wang et al, 1996;.. Lin et al, 2009).

E' stato dimostrato che le lectine hanno anche una **attività ipoglicemizzante**. Nello studio di Ahmad et al., (1984) lectine sono stati isolati dai funghi *Agaricus campestris* e *Agaricus bisporus* e si è osservato che erano in grado di aumentare il rilascio di insulina in isole di Langerhans estratte dai topi.



<http://www.mushrooms.ca>

Le Lignine sono polimeri presenti nelle pareti cellulari dei funghi. E' stato dimostrato che lignine sciolte in acqua, se isolate da *Lentinula edodes*, hanno attività antivirale in quanto sono in grado di inibire in qualche modo lo sviluppo di HIV (Lindequist et al., 2005).

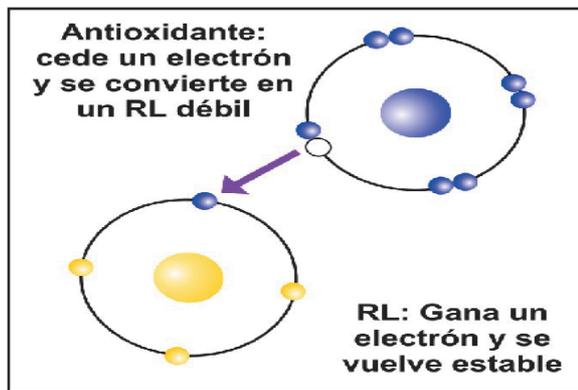
PROPRIETA' NUTRIZIONALI DEI FUNGHI

Per migliaia di anni, i funghi sono stati utilizzati nella medicina tradizionale orientale., Solo negli ultimi due o tre decenni, però, gli studi hanno cominciato ad evolversi per dimostrare le proprietà dei loro estratti nella prevenzione e nel trattamento di varie malattie, compreso il cancro , il morbo di Alzheimer, il diabete e l'obesità, ecc (Cheung, 2008). Grazie a questi studi, è stato dimostrato che **il consumo di funghi o loro composti bioattivi isolati comporta un beneficio per la salute** (Lakhanpal e Rana, 2005).

Alcune delle proprietà nutritive presenti nei funghi e nei loro composti bioattivi sono illustrate di seguito:

1. Antiossidante

Attualmente, la capacità antiossidante di alimenti sta incrementando il suo livello di importanza come mezzo di lotta contro lo stress ossidativo. Il metabolismo cellulare produce naturalmente specie che sono reattive all'ossigeno, note come "radicali liberi". Quando il meccanismo antiossidante non è in grado di decontaminare un eccesso di queste specie, il risultato è lo stress ossidativo.



Gli antiossidanti possono essere endogenia, generato dal corpo stesso,, o esogeni, che sono quelli derivanti dalla dieta. Aumentare l'apporto di antiossidanti aiuta a proteggere l'organismo dai radicali liberi e rallentare il progresso di molte malattie croniche (Liu et al., 2013). Ci sono vari tipi di antiossidanti a seconda del loro meccanismo d'azione: preventivi, quelli che inibiscono la formazione di radicali liberi; radicali liberi enzimi sequestranti e enzimi di riparatori, che sono responsabili per la riparazione dei danni, una volta che si è verificato.

Vi è un'ampia varietà di alimenti ricchi di composti ad attività antiossidante riconosciuta, compresi i funghi. Il potenziale antiossidante dei funghi, sia coltivate che selvatici, è oggi il motivo di molti studi scientifici e pubblicazioni. **Il valore antiossidante dei funghi è paragonabile a quello degli alimenti di origine vegetale**, i composti responsabili del potere antiossidante nei funghi sono diversi: selenio, composti fenolici, ergothioneine, tocoferoli, carotenoidi, ecc. E 'stato dimostrato che un buon numero di funghi commestibili potrebbero essere utilizzati come **antiossidanti naturali** per il loro alto potenziale contro lo stress ossidativo (Kim et al, 2008;.. Liu et al, 2012;. Palacios et al, 2011;. Reis et al, 2012b).

Tra i **fenoli** identificati tra i funghi comuni ci sono la tirosina, il catechol, gli acidi fenolici, l'acido p-idrossibenzoico, l'acido tr-cinnamico, l'acido p-cumarico e l'acido vanillico (Dubost, 2007). Negli animali, è stato dimostrato che l'estratto dei *Pleurotus* protegge gli organi di ratti anziani contro lo stress ossidativo e le basi sono state messe in grado di dimostrare l'attività di questi estratti nell'uomo (Jayakumar et al, 2007;. Jayakumar et al ., 2006). Inoltre, questo autore ha suggerito di incorporare l'estratto nella dieta come integratore alimentare per aumentare le difese dell'organismo contro lo stress ossidativo (Jayakumar et al., 2007). In un altro studio dello stesso autore con i ratti di età avanzata, è stato osservato che un estratto da *P. ostreatus* stava aumentando l'espressione del gene per l'enzima antiossidante catalasi e riducendo l'incidenza di ossidazione delle proteine indotte da radicali liberi, che significa che questo estratto sembra proteggere contro la comparsa di disturbi associati con quelli dell'età in cui sono implicati i radicali liberi (Jayakumar et al., 2010).

Per quanto riguarda i polifenoli, il fungo comune è quello che contiene il massimo livello di questi antiossidanti. Una porzione di funghi comuni (85 g) contiene tra 43 e 75 mg di fenoli totali. Una relazione positiva è stata trovata tra l'elevato contenuto di fenolo e la capacità sequestrante dei radicali liberi, in quanto questi fenoli sono i composti che contribuiscono maggiormente alla capacità antiossidante (Dubost, 2007).

Inoltre, i *polisaccaridi* dei funghi possono aumentare i sistemi di difesa *in vivo* contro il danno ossidativo. I corpi fruttiferi di *Pleurotus abalonus* producono un polisaccaride-peptide complesso (F22) in grado di aumentare l'attività e l'espressione genica di enzimi antiossidanti e di ridurre la perossidazione lipidica nei topi con senescenza accelerata (Li et al., 2007). Pleuran, un'altro β -1,3-D-glucano estratto dal *Pleurotus ostreatus*, migliora lo stato antiossidante di ratti, aumenta l'attività dell'enzima superossido dismutasi (SOD), glutazione perossidasi (GSH- PX) e glutazione reduttasi (GRD) (Bobek e Galbavý, 2001).

L'Ergothioneine è un composto che si trova nei funghi che è un ottimo antiossidante *in vivo* (Dubost et al., 2007) e, inoltre, protegge le cellule dai danni ossidativi (Aruoma et al., 1999). *Boletus edulis* è il fungo che presenta la più alta concentrazione tra tutti gli alimenti (528,1 mg / kg di materia umida) (Ey et al., 2007). Altri funghi meno comuni, come *A. bisporus* mostrano concentrazioni che si aggirano intorno ai 0,21-0,47 mg / g di sostanza secca (Dubost et al, 2006;.. Dubost et al, 2007), anche se *P. ostreatus* (2-2,59 mg / g sostanza secca) e *L. edodes* (1,98-2,09 mg / g di sostanza secca) mostrano livelli più alti. Così, i funghi commestibili contengono una quantità di ergothioneine adatta al miglioramento della capacità antiossidante durante i pasti.

Il Selenio svolge un ruolo molto importante nei sistemi antiossidanti del corpo umano, agendo come co-fattore di glutazione (è il più potente tra gli antiossidanti prodotti dall'organismo)perossidasi, aumentando le attività di tocoferolo α - e aiutando i meccanismi di riparazione del DNA. Come accennato in precedenza, di funghi del genere *Boletus* posseggono alte concentrazioni di questo composto, da 1 a 5 mg / kg in sostanza secca (*B. edulis*, *B. pinicola* e *B. aestivalis*) (Kalac, 2009). I substrati di coltivazione di altre specie di funghi che presentano concentrazioni più basse di questo minerale, come *Agaricus bisporus*, possono essere integrati con l'aggiunta di sodio selenito per aumentarne la concentrazione (Spolar et al., 1999).

Al CTICH (*Centro Tenológico de Investigacion del Champiñón*) , sono stati condotti studi sulla capacità antiossidante dei funghi. In particolare, l'attività antiossidante è stata determinata da 10 specie di funghi che erano stati coltivati in proprio substrato di La Rioja. I risultati ottenuti suggerisce che i funghi come *Agaricus bisporus*, *Hypsizygus ulmarius*, *Agrocybe aegerita* e

Pleurotus ostreatus hanno una elevata capacità antiossidante e un'alta concentrazione di fenoli (Grifoll et al., 2014).

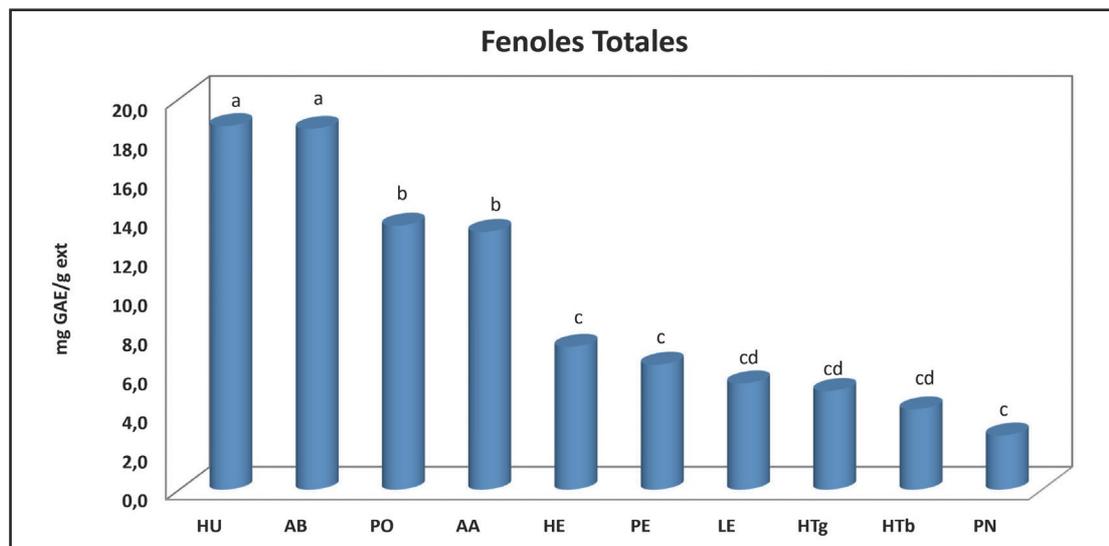


Figura 17. Contenuto di fenoli totali in diversi funghi coltivati a La Rioja (HU = *Hypsizygos ulmarius*, AB = *Agaricus bisporus*, PO = *Pleurotus ostreatus*, AA = *Agrocybe aegerita*, HE = *Hericium*, PE = *Pleurotus eryngii*, LE = *Lentinula edodes*, HTG = *Hypsizygos tessulatus* grigio, HTB = *Hypsizygos tessulatus* bianco, PN = *pholiota nameko*). Diverse lettere indicano differenze significative tra i vari funghi ($p < 0,05$) (Grifoll et al., 2014).

2. Antitumorale

Nella maggior parte dei paesi, il cancro è la seconda causa di mortalità nella popolazione ed è considerato come un'epidemia globale. È possibile impedire quasi il 30% dei casi di cancro modificando i principali fattori di rischio, come il cibo, il tabacco, l'alcol e la mancanza di esercizio fisico. Secondo molti studi, una dieta ricca di frutta, verdura, cereali integrali, fibre alimentari e di alcuni micronutrienti (vitamine e minerali), aiuta a proteggere il corpo contro alcuni tipi di tumore (Menendez e Lupu, 2006).

I Funghi contengono una serie di composti, già menzionato sopra, che l'attività antitumorale di visualizzazione. **Il consumo di funghi può ridurre il rischio di soffrire di alcuni tumori o prevenirli.** Ad esempio, in uno studio condotto tra le donne coreane in post-menopausa, è stato osservato che il consumo regolare di funghi ha ridotto il rischio di cancro al seno (Hong, 2008).

Studi epidemiologici hanno dimostrato che l'assunzione abituale di funghi con proprietà antitumorale, come parte di una dieta normale, riduce il rischio di formazione di tumori. I livelli di

mortalità per cancro in gruppi di popolazione che stavano mangiando *Agaricus blazei* e *Flammulina velutipes* come parte della loro dieta regolare erano significativamente più bassi rispetto a quelli per il resto della popolazione mondiale (Gi-Young et al., 2005). Il consumo del fungo Maitake aumenta l'attività delle cellule T ausiliari che attaccano le cellule tumorali (Israilides et al., 2008) ed ha un effetto positivo sul seno (Chan et al., 2011), nel colon (Masuda, 2009) e nel cancro alla prostata (Fullerton, 2000). Le opere di Tanaka et al., (2011) e Sliva (2003) mostrano che anche shiitake e reishi hanno attività antitumorale in studi in vivo con gli animali. Alcuni funghi del genere *Cordyceps* sono in grado di inibire la divisione e la proliferazione delle cellule tumorali (Das et al., 2010). Il fungo bianco comune può anche modulare l'attività dell'enzima aromatasi e ridurre la produzione di estrogeni in situ nelle donne in postmenopausa, il che lo rende un ottimo agente chemiopreventivo nel cancro al seno (Chen et al., 2006).

Tra i composti ad attività antitumorale nei funghi, i polisaccaridi sembrano essere i più potenti. Studi scientifici dimostrano che **i polisaccaridi dei funghi comuni possono evitare oncogenesi**, attraverso la loro attività antitumorale diretta contro vari tumori e, **inoltre prevenire le metastasi del tumore**. La loro attività è aumentata quando viene utilizzato in combinazione con la chemioterapia (Wasser, 2011). Un altro esempio è la somministrazione di lentina durante il trattamento di chemioterapia, che è stato osservato aumenti la qualità della vita dei pazienti con tumore dello stomaco e del colon e altri carcinomi, in confronto con i pazienti che sono stati trattati solo con chemioterapia (Hazama et al., 1995).

Più polisaccaridi sono stati studiati nel dettaglio, come ad esempio lo schizophyllan da *Schizophyllum* comune. Gli studi clinici sugli esseri umani con questo composto hanno dimostrato la sua attività benefica in pazienti con cancro gastrico operabile e ricorrente. Altri studi indicano la sua attività come inibitore in cancro del collo dell'utero in secondo stadio e gradi avanzati di carcinoma cervicale (Hobbs, 1995; Borchers et al, 1999). Inoltre degni di nota sono gli studi clinici condotti con Ganopoly, il polisaccaride estratto dal *Ganoderma lucidum*, in cui è stato rilevato che i sintomi correlati al cancro, come sudore o insonnia, migliorano quando trattati con Ganopoly tre volte al giorno (dose: 1800 mg).

3. Immunomodulante

Un immunomodulante è una sostanza che modifica (possono aumentare o diminuire) la capacità del sistema immunitario di eseguire una o più delle sue funzioni, quali la produzione di anticorpi, il riconoscimento antigenico o la secrezione di mediatori infiammatori. La modulazione del sistema immunitario attraverso la stimolazione o soppressione può contribuire al mantenimento

di un buono stato di salute. L'uso di agenti che attivano meccanismi di difesa dell'ospite (Immunostimolanti o immunopotenziatori), fornirebbero un ulteriore strumento terapeutico alla chemioterapia convenzionale nelle persone immunocompromesse.

I Funghi commestibili comprendono una **sorgente di composti che "incrementano la difesa dell'ospite" attraverso la loro attività stimolante sul sistema immunitario**. Varie sostanze con un effetto immunostimolante sono state isolate dal micelio e dai corpi fruttiferi di funghi diversi, fondamentalmente polisaccaridi con il tipo di β - glucano struttura, lectine e terpeni; questi composti stimolano diverse popolazioni cellulari come macrofagi, cellule NK (un tipo di linfociti), neutrofili o linfociti e inducono la sintesi di citochine (Chen e Seviour, 2007); così, alcuni polisaccaridi o complessi polisaccaride-proteina di funghi sono in grado di stimolare il sistema immunitario non specifico e svolgere attività antitumorale attraverso la stimolazione dei meccanismi di difesa degli ospiti (Rathee et al., 2012).

A seconda del peso molecolare dei polisaccaridi estratti da funghi, il meccanismo di azione immunomodulante sarà diverso. Polisaccaridi con basso peso molecolare possono penetrare nelle cellule e quindi avere un effetto di richiamo sul sistema immunitario, mentre quelli con maggiore peso molecolare non possono entrare nella cellula, e si attaccano a specifici recettori della membrana cellulare e propagano la risposta in questo modo (El Enshasy e Hatti-Kaul, 2013).



Figura18. Meccanismo d'azione di un β -glucano di sistema immune modulatore (www.progal-bt.com).

Ci sono molte specie di funghi che hanno attività immunomodulante. Uno dei più rappresentativi è il *Ganoderma*. Studi effettuati con polisaccaridi *Ganoderma lucidum* mostrano che questi composti sono in grado di stimolare il sistema immunitario di topi immunodepressi. Gli autori affermano che questi composti potrebbero essere usati come potenziatori per attenuare una immunosoppressione indotta attraverso la chemioterapia (Zhu et al., 2007).

L'attività immunomodulante di *Grifola frondosa* deve anche essere presa in considerazione dal momento che varie indagini suggeriscono che il meccanismo attività antitumorale del polisaccaride *Grifola* è fortemente legato all'immunomodulazione. È stato dimostrato che questo polisaccaride attiva i macrofagi in vitro per produrre il fattore di necrosi tumorale (TNF- α) (Ishibashi et al., 2001).

I composti bioattivi di altri funghi come *Agaricus brazei*, *Lentinula edodes*, *Hericiium erinaceus* e *Pleurotus ostreatus* sono in grado di indurre la produzione di TNF- α , aumentare l'espressione di citochine e interleuchine (IL-1 β , IL-4, IL-8, IL-12), attivando così il sistema immunitario, e di agire in tal modo come immunomodulatori (Lee et al, 2009;. El Enshasy e Hatti-Kaul, 2013).

4. Proprietà Anti-obesità e Anti-iperlipidemiche

L'obesità è un grave problema di salute pubblica che ha raggiunto proporzioni epidemiche in molti paesi sviluppati. In effetti, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) l'ha definita come "l'epidemia del 21 ° secolo". L'aumento del grasso corporeo accompagnato da obesità può essere dovuto ad una variazione nel numero e / o della dimensione degli adipociti, più abbondanti cellule del tessuto adiposo. L'assunzione di energia in eccesso viene immagazzinata all'interno di adipociti come trigliceridi e quando il corpo ha bisogno di energia, questi i trigliceridi vengono idrolizzati in acidi grassi liberi e glicerolo in un processo chiamato lipolisi.

Negli ultimi anni, numerosi studi hanno dimostrato **l'effetto benefico di alcune varietà di funghi nella prevenzione di disturbi obesità e associati** (Handayani et al, 2014;.. Kanagasabapathy et al, 2013;. Schneider et al, 2011). Jeong e colleghi (2010) hanno trovato che la somministrazione orale di *Agaricus bisporus* ai ratti, alimentati con una dieta ipercolesterolemica, riduce sia trigliceridi plasmatici che livelli di glucosio; ne consegue che questo fungo è utile nel metabolismo lipidico, che potrebbe essere molto vantaggioso nel trattamento dell'obesità.

È stato dimostrato che **la specie *Pleurotus* impedisce l'aumento di peso e l'iperlipidemia** in C57BL / 6J topi, alimentati con una dieta ad alta percentuale di grassi, in quanto è in grado di indurre la lipolisi e inibire la differenziazione degli adipociti. Ad esempio, i beta-glucani del *Pleurotus SajoR-caju* fungo impediscono lo sviluppo di obesità e lo stress ossidativo nei topi alimentati con una dieta ricca di grassi (Kanagasabapathy et al., 2013). Precedenti studi

effettuati nel CTICH (*Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón*) in collaborazione con il CIBIR (*Centro de Investigación Biomédica de La Rioja*) hanno dimostrato che l'applicazione di un trattamento estratto dal *Pleurotus ostreatus*, in colture cellulari di adipociti sottocutanei aumenta la lipolisi, questo potrebbe essere un meccanismo con cui gli estratti di questo fungo sono in grado di ridurre le dimensioni degli adipociti, e pertanto, il tessuto adiposo (Aguilera-Lopez et al., 2013). Inoltre, il trattamento con *P. ostreatus* ha diminuito i livelli di leptina negli adipociti sottocutanei, un ormone che si trova normalmente a livelli più alti di obesità. **Complessivamente, tutti questi dati suggeriscono che il “fungo ostrica” offre potenziali effetti protettivi per l'obesità e le patologie associate.**

Continuando con la proprietà di diminuire i lipidi della specie *Pleurotus*, si è trovato che i **polisaccaridi della *Pleurotus eryngii* sono in grado di abbassare il livello di lipidi nel sangue in topi alimentati con una dieta ad alto contenuto di grassi** (Chen et al., 2012). E 'stato anche dimostrato essere più efficace nell'inibire l'accumulo di lipidi rispetto ad altri polisaccaridi estratti da funghi, come *Hericium erinaceus*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* o *Pleurotus ostreatus* (Chen et al., 2013).

I funghi **Shiitake** sono anche **noti per i loro effetti benefici in relazione all'obesità**, poiché possono contribuire a ridurre il livello di lipidi nel plasma e prevenire l'aumento di peso. La somministrazione di questo fungo a ratti in una dieta ad alto contenuto di grassi ha portato ad una riduzione del 55% dei livelli di colesterolo plasmatico e all'accumulo di grasso inferiore, rispetto a un altro gruppo di ratti che hanno consumato solo una dieta ricca di grassi, senza funghi shiitake (Handayani et al., 2011). Uno studio successivo dallo stesso autore correlato al β -glucano di funghi shiitake ha evidenziato un basso livello di trigliceridi nel sangue, una riduzione di accumulo del grasso, un minore aumento di peso corporeo e una diminuzione dell'accumulo di grasso nel fegato (Handayani et al., 2014). Il PNPS-1 polisaccaride di *Pholiota nameko* ha anche un significativo effetto ipolipemizzante, dal momento che è stato confermato che possa ridurre sia i livelli di lipidi sierici che quelli del fegato. Inoltre, è stato anche scoperto che questo polisaccaride ha ridotto l'aumento di peso e l'accumulo di grasso viscerale, che è molto interessante in quanto l'incremento di grasso viscerale è una delle cause principali della sindrome metabolica (Li et al., 2010).

5. Le proprietà che abbassano il colesterolo

I Funghi e loro estratti potrebbero essere considerati come una nuova fonte di composti con **effetti ipocolesterolemizzanti**, in quanto sono ricchi in derivati di ergosterolo, beta-glucani e inibitori della riduttasi HMG-CoA. Ci sono diversi studi, alcuni dei quali sono già accennati in precedenza, che descrivono gli effetti benefici dei funghi sui livelli di colesterolo nel sangue (Gil-Ramirez et al, 2011; Gil-Ramirez et al, 2013a).

Tra le varie specie di funghi, **la specie *Pleurotus* si distingue come potenziale regolatore del metabolismo del colesterolo**. Questi funghi sono in grado di sintetizzare la lovastatina, una statina altamente ipocolesterolemizzante che inibisce l'enzima HMG-CoA reduttasi, un enzima chiave nella regolazione della biosintesi del colesterolo nel fegato (Gil-Ramirez et al., 2013b).

La lovastatina aumenta anche l'attività dei recettori del colesterolo LDL. Inoltre, alcuni beta-glucani di *Pleurotus* sono in grado di legarsi agli acidi biliari, riducendo la formazione di micelle e assorbimento di colesterolo (Fidge, 1993; Bobek e Galbavý, 1999).

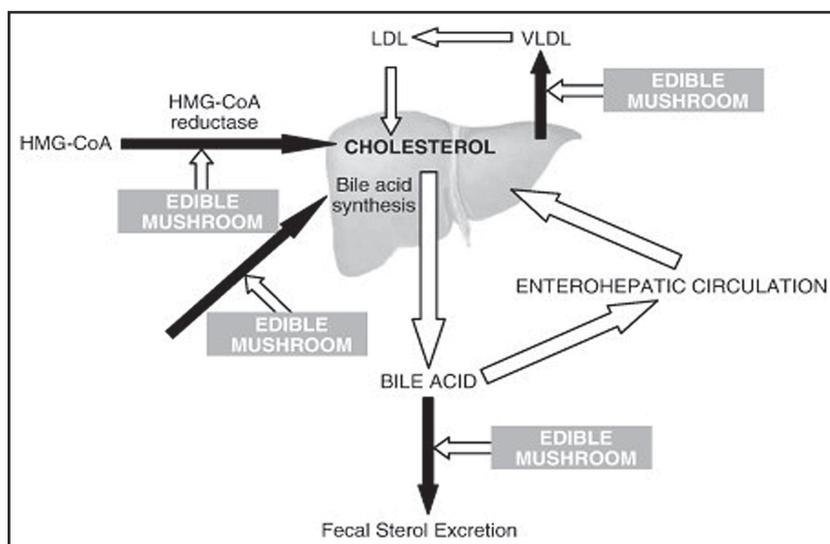


Figura 19. Effetto di funghi sul metabolismo del colesterolo (Guillamón et al., 2010).

Nel caso dei funghi, il loro effetto ipocolesterolemizzante è stata descritta in molti studi, come lo studio di Jeong et al. (2010), che completava una dieta molto grassa, con i funghi per i ratti e ha scoperto che il colesterolo nel sangue è diminuito in questi animali rispetto ai controlli fatti in quella senza i funghi. Lo stesso effetto è stato osservato anni prima in un altro studio, quando

questo fungo è stato aggiunto ad una dieta ricca di fibre. Ha anche mostrato che il livello di colesterolo era inferiore quando gli animali seguivano la dieta con i funghi (Fukushima et al., 2000)

FUNGHI	
Agaricus bisporus	↓ LDL Cholesterol ↓ Total serum cholesterol
	↓ HDL Cholesterol
	↑ Hepatic LDL receptor
	↓ Fatty deposits ↓ Triglycerides in liver
Auricularia auricula	↓ LDL Cholesterol ↓ Total serum cholesterol
Lentinus edodes	↓ Cholesterol level
	↓ Plasma phospholipids
	Modification of hepatic phospholipid metabolism
Pleurotus citrinopileatus	↓ Total lipids ↓ Total cholesterol
	↓ Triglycerides in liver and plasma
	↑ Excretion of bile acids
	HMG-CoA reductase inhibitors
Pleurotus ostreatus	↓ VLDL Cholesterol ↓ LDL Cholesterol
	↓ Total serum cholesterol
	↓ Plasma triglycerides
	↓ Blood pressure
	↓ Antioxidant activity of glutathione peroxidase
	HMG-CoA reductase inhibitors

Tabella 1. proprietà ipocolesterolemizzante di funghi (Guillamón et al . , 2010) .

I Composti ottenuti dal *Ganoderma lucidum* come acido ganoderico e triterpenici , hanno dimostrato di possedere proprietà ipocolesterolemizzanti , nonché polisaccaridi dal padiglione auricolare Auricularia (Hobbs , 1995; Rowan et al., 2002) .

Le proprietà ipocolesterolemizzanti sono attribuite al fungo shiitake , in particolare l'effetto è dovuto all'eritadenine , questo composto esercita il suo effetto riducendo la secrezione di colesterolo dal fegato nel sangue e / o mediante l'aumento della distribuzione del colesterolo dal plasma ai tessuti periferici (Shimada et al . , 2003) . Inoltre , è stato dimostrato che la supplementazione con funghi shiitake e composti di eritadenine inibisce lo sviluppo di ipercolesterolemia risultante da una dieta ad alto contenuto di grassi (Yang et al. , 2013) .

6. Proprietà antidiabetiche

Secondo l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), il diabete è una malattia cronica che si verifica quando il pancreas non produce abbastanza insulina o quando l'organismo non usa in modo efficace l'insulina che produce. L'insulina è un ormone che regola lo zucchero nel sangue. L'effetto del diabete non controllato è iperglicemia (eccesso di zucchero nel sangue), che provoca a poco a poco seri danni a molti organi e sistemi, in particolare ai nervi e vasi sanguigni.

Un gran numero di studi sono stati condotti sul ruolo di funghi nel regime alimentare del diabete, concludono che **i funghi sono l'alimento ideale per la prevenzione di iperglicemia per il loro alto contenuto di fibre e proteine e per i composti bioattivi che possiedono** , come ad esempio polisaccaridi e lectine (Alarcon-Aguilara et al, 1998;.. Horio et al, 2001; kiho et al., 2002).

I Glucani estratti dall'Agaricus blazei ridurre il livello di glucosio, trigliceridi e colesterolo nel sangue simulando l'effetto dell'insulina. Lo studio è stato condotto su ratti con diabete indotto che sono stati alimentati quotidianamente con patata dolce (*Ipomoea batatas*) e *A. Blazei*. I Ricercatori hanno osservato una diminuzione del glucosio plasmatico, quando a stomaco vuoto, e dell'emoglobina glicata, nonché una diminuzione nella perdita di peso corporeo causato dal diabete (Mascaro et al., 2014).

In un altro studio, in questo caso con l'*Agaricus sylvaticus*, è risultato un effetto benefico nel controllare il diabete di tipo I, riducendo i livelli di glucosio nel sangue, colesterolo e trigliceridi. Inoltre, migliora la funzione pancreatica aumentando il numero di cellule delle isole di Langerhans con buoni risultati nei sintomi della malattia (Mascaro et al., 2014).

Studi sperimentali con le specie *Pleurotus* mostrano ottimi risultati per quanto riguarda l'effetto ipoglicemizzante di questi funghi. **La somministrazione orale di *P. ostreatus* ai ratti ha ridotto i livelli di zucchero nel sangue** in entrambi gli animali insulino-dipendenti e quelli che non erano dipendenti da insulina (Chorváthová et al., 1993). Studi successivi, in vitro, in cui gli adipociti sottocutanei sono stati trattati con questo fungo ha mostrato significativi effetti insulino-sensibilizzanti, aumentando in modo significativo l'assunzione di glucosio durante il rilascio di glicerolo (Aguilera-Lopez et al., 2013). Introdurre *P. eryngii* al 7% nella dieta ha portato anche ad un miglioramento della sensibilità all'insulina, nonché una diminuzione dei livelli di glucosio e di colesterolo in ratti con diabete indotto (Kim et al., 2010). L'estratto acquoso di *P. pulmonarius* e *P. citrinopileatus* ha anche rivelato un potente effetto antidiabetico, abbassando i livelli di glucosio su ratti diabetici (Badole et al, 2008; Hu et al., 2006).

Non ci sono solo prove di attività ipoglicemizzante nella specie *Pleurotus* dalla sperimentazione animale, infatti sono stati condotti anche studi sugli esseri umani; Agrawal et al. (2010). Uno studio sperimentale su 120 pazienti diabetici ha ottenuto i seguenti risultati: il consumo di *Pleurotus sajor-caju* ha ridotto significativamente i livelli di glucosio nel sangue a digiuno ($p < 0.005$), e colesterolo ($P < 0,05$) e HbA1c (emoglobina glicosilata) ($P < 0.05$).

La somministrazione di *Grifola frondosa* al 20% nella dieta dei ratti con diabete indotto ha portato ad un aumento dell'escrezione di insulina e diminuito i livelli di glucosio nel sangue (Kurushima et al., 2000). Un polisaccaride di *Ganoderma lucidum*, Ganopoly, è anche noto per il suo effetto ipoglicemizzante. In uno studio di 71 pazienti con diabete di tipo due, trattati con Ganopoly, è stato osservato che i livelli di glucosio postprandiale è diminuito in modo significativo rispetto al gruppo che non prendeva l'estratto (Gao et al., 2004).

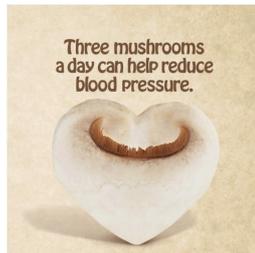
7. Proprietà antiipertensivi

L'ipertensione arteriosa è una malattia cronica caratterizzata da un continuo aumento della pressione arteriosa. È stato associato con significativamente elevati tassi di morbilità e mortalità, quindi considerato uno dei più gravi problemi di salute pubblica, soprattutto nei paesi sviluppati, che colpisce quasi un miliardo di persone in tutto il mondo.

Diversi farmaci antiipertensivi sono stati identificati nelle verdure e in altri alimenti. Molti antiipertensivi sono inibitori dell'enzima di conversione dell'angiotensina (ACE-inibitori), che inibiscono una serie di reazioni(sistema renina angiotensina aldosterone) che regolano la pressione sanguigna. Gli ACE-inibitori sono stati rilevati in varie specie di funghi: *Grifola frondosa* (Choi et al,2001) *Ganoderma lucidum* o *Pleurotus cornucopia* , tra gli altri (Morigiwa et al., 1986; Jang et al , 2011) . Diversi farmaci antiipertensivi sono stati identificati nelle verdure e altri alimenti. Molti antiipertensivi sono inibitori dell'enzima di conversione dell'angiotensina (ACE-inibitori), che inibiscono una serie di reazioni (sistema renina angiotensina androsterone) che regolano la pressione sanguigna . Gli ACE-inibitori sono stati rilevati in vari funghi:

Funghi	ACE inhibitor activity IC50 (mg/ml)
Agrocybe sp.	0.890 ± 0.046
Auricularia auricula-judae	0.510 ± 0.018
Ganoderma lucidum	0.050 ± 0.009
Hericium erinaceus	0.580 ± 0.023
Pleurotus cystidiosus	0.054 ± 0.002
Pleurotus eryngii	0.067 ± 0.026
Pleurotus flabellatus	0.058 ± 0.002
Pleurotus florida	0.050 ± 0.013
Pleurotus sajor-caju	0.056 ± 0.012
Schizophyllum commune	0.320 ± 0.007
Volvariella volvacea .	0.760 ± 0.023

Tabella 2. attività ACE inibitore di funghi diversi. Valori di IC50 sono interpolati dalla curva dose-risposta per gli ACE-inibitori per ogni specie di funghi (Abdullah et al., 2012).



Di seguito sono descritti alcuni studi che mostrano gli effetti antipertensivi di funghi. Gli estratti acquosi dei funghi *Hypsizygus marmoreus* hanno mostrato un chiaro effetto antipertensivo con l'attività degli ACE-inibitori in uno studio su ratti con ipertensione (Kang et al., 2013). Un altro fungo, **Maitake**, con il quale sono stati compiuti diversi studi, **ha anche dimostrato effetti favorevoli per l'ipertensione**. Talpur et al. (2002). In uno studio con i ratti ipertesi sono anche stati trovati potenziali effetti antipertensivi del fungo **Maitake**. Anni prima, Kabir e Kimura (1989) hanno compiuto un altro studio di alimentazione in ratti ipertesi con funghi Maitake per otto settimane.

8. Proprietà epatoprotettive

Il fegato è uno degli organi più complessi e importanti nel nostro corpo. Svolge funzioni vitali singolari come la sintesi delle proteine plasmatiche, stoccaggio di vitamine e glicogeno, ecc. Inoltre, è responsabile di rimuovere sostanze dal sangue che possono essere dannose per il corpo, trasformandole in altre sostanze innocue. Il fegato è coinvolto nel metabolismo di proteine, grassi e carboidrati, mantiene un livello stabile di glucosio nel sangue, immagazzinandolo quando in quantità elevate nel sangue (gluconeogenesi) e rilasciandolo (glicogeno lisi) quando necessario.

Il ruolo dei **funghi e dei loro composti bioattivi**, nelle funzioni del fegato, è stato sottoposto a ricerche per diversi anni. Si è trovato che questi composti **possono riparare danni al fegato da tossine, fungere da protezione contro gli agenti tossici, rigenerare epatociti danneggiati, ridurre l'infiammazione, etc.**

La maggior parte degli studi, sul ruolo di epatoprotettivi dei funghi, sono stati condotti con *Ganoderma lucidum* o estratti. Gli steroli isolati da *Ganoderma lucidum* esercitano un potente effetto antinfiammatorio su idroperossido butile o tetracloruro di carbonio riducendo i danni alla linea di cellule del fegato (Ah fare et al, 2013; Sudheesh et al, 2012). È stato anche scoperto che *G. lucidum*, attraverso un meccanismo antiossidante, può proteggere le cellule del fegato avvelenate con amanitina (uno dei più potenti tossine del fegato, ottenuto dalla famiglia Amanita) (Wu et al., 2013). Un altro studio ha trovato che pure spore in polvere del *Ganoderma lucidum* è particolarmente vantaggioso per i danni delle cellule del fegato causata da avvelenamento da cadmio (Jin et al., 2013). È stato anche dimostrato che ***G. lucidum* agisce contro l'epatite B**. Uno studio clinico è stato condotto in cui il trattamento con polisaccaridi di questo fungo ha ridotto l'epatite B in pazienti con HIV dopo dodici settimane (Gao et al., 2002).

L'effetto epatoprotettiva è stato attribuito alla specie *Pleurotus*. Ci sono studi su animali **che confermano l'effetto protettivo di *P. ostreatus* (Jayakumar et al., 2006) e *P. florida* (Arunavadas e Umadevi, 2008) contro il tetracloruro di carbonio che causa danni al fegato**. Inoltre, *P. ostreatus*, *P. SajoR-caju* e *P. florida* sono in grado di proteggere il fegato da perossidazione lipidica, secondo gli studi effettuati su campioni di tessuto di fegato in condizioni ipercolesterolemici, (Hossain et al, 2003 ; Alam et al, 2009). In un altro studio con un estratto acquoso di *P. eryngii*, ricchi di polisaccaridi, è stato osservato un aumento dell'attività degli enzimi antiossidanti e una minore concentrazione di radicali liberi nel fegato danneggiato (Chen et al., 2012). Sulla base di questi studi, ne consegue che il potenziale di funghi *Pleurotus* contro il danno epatico è dovuto al loro effetto antiossidante.

Infine, è stato anche rilevato che i polisaccaridi dei funghi *Hericium erinaceus* possiedono forti effetti antiossidanti in vivo e un effetto come potenti epatoprotettivi. Gli autori suggeriscono che questi polisaccaridi possono essere utilizzati come integratori antiossidanti nella prevenzione delle malattie del fegato (Zhang et al., 2012).

9. Proprietà anallergiche

L'allergia è un'ipersensibilità a una particella o ad una sostanza che, se inalata, ingerita o toccata, produce alcuni sintomi caratteristici. Si tratta di un tipo di risposta immunologica esagerata a uno stimolo non patogeno per la maggior parte della popolazione. Le sue manifestazioni cliniche

sono diverse, poiché dipendono l'agente eziologico e dall'organo colpito. Attualmente, più di un terzo della popolazione mondiale soffre di una malattia di origine allergica.

Gli estratti di alcuni funghi sono in grado di stimolare il sistema immunitario, il che potrebbe essere interessante per il trattamento delle allergie come nel caso di estratti acquosi ottenuti da *H. marmoreus*, *F. velutipes*, *P. nameko* e *P. eryngii*, che hanno mostrato significativi effetti antiallergici in studi effettuati su topi con allergia indotta (Sano et al., 2002).

Alcuni composti estratti da *Ganoderma lucidum* (acidi ganoderici C e D) sono in grado di inibire il rilascio di istamina dalle cellule di ratto albero, riducendo la reazione allergica (Kohda et al., 1985; Tasaka et al., 1988).

L'isolato β -glucano del *Pleurotus ostreatus*, Pleuran, è stato studiato anche riguardo all'effetto antiallergico dei funghi. È stata anche condotta una ricerca sulla prevalenza di atopia in un gruppo di bambini con infezione del tratto respiratorio ricorrente trattato con l'effetto antiallergico di Pleuran sui marcatori d'infiammazione. Il trattamento con Pleuran attivo ha mostrato un potenziale effetto antiallergico (Jesenak et al., 2014).

La maggior parte delle ricerche pubblicate, utilizza estratti o composti derivati da funghi, ma ci sono solo alcune pubblicazioni che gestiscono l'intera specie dei funghi, come nel caso dello studio sul *Tricholoma Populinum*, che osserva che il consumo di questo fungo ha portato a una scomparsa dei sintomi di allergia in pazienti con orticaria (Kreisel et al., 1990).

10. Proprietà antimicrobiche

Composti antimicrobici naturali hanno la capacità di inibire la crescita di microrganismi e sono sintetizzati da alcuni tipi di piante e verdure. I Funghi producono sostanze antibatteriche e antimicotiche per respingere altre specie, che conferiscono proprietà antimicrobiche contro batteri, lieviti e altri funghi (infezioni).

Diversi composti antimicrobici sono stati isolati dai funghi (Rathee et al., 2012). Molti dei metaboliti secondari, secreti dai funghi, sono usati per combattere le infezioni batteriche e fungine e prolungare la durata di conservazione di altri prodotti alimentari. Uno dei funghi più studiati, in termini di proprietà antimicrobiche, è *Lentinula edodes*. Estratti isolati da questo fungo hanno dimostrato essere attivo contro alcuni batteri come *Actinomyces spp.*, *Lactobacillus spp.* e *Pophyromonas spp.* (Hirasawa et al., 1999). Sembra che l'acido ossalico sia uno degli agenti responsabili dell'effetto antimicrobico di *L. edodes* contro lo *Staphylococcus aureus* e altri batteri

(Bender et al., 2003). Inoltre, una proteina chiamata lentina, con un significativo effetto antimicotico, è stata estratta dai corpi fruttiferi di *L. edodes* (Ngai e Ng, 2003). Questa proteina con un peso molecolare di 27,5 kDa inibisce la crescita del micelio in un gran numero di fungicidi, inclusi *Phycolospora piricola*, *Botrytis cinerea* e *Hycosphaerella arachidicola*.

Studi effettuati con *Ganoderma lucidum* e altre specie di *Ganoderma* mostrano che questi funghi producono diversi composti antimicrobici che sono in grado di inibire la crescita di batteri gram positivi e / o batteri gram-negativi. Eestratti acquosi di corpi fruttiferi di *G. lucidum* sono in grado di inibire la crescita di quindici tipi di batteri gram-positivi e batteri gram-negativi, in particolare di *Micrococcus luteus* (Yoon et al., 1994). E 'stato anche scoperto che gli estratti di *G. Pfeiffer* inibiscono la crescita di microrganismi responsabili di malattie della pelle (*Pityrosporum ovale*, *Staphylococcus epidermidis*, *Propionibacterium acnes*) (Mothana et al., 2000).

I funghi *Pleurotus* , estratti e composti bioattivi hanno anche un'attività antimicrobica notevole . Alcuni composti volatili estratti dal corpo fruttifero di *Pleurotus ostreatus* hanno avuto un forte effetto antibatterico contro *B. cereus* , *B. subtilis* , *E. coli* e *S. typhimurium* (Beltran - Garcia et al . , 1997) . Inoltre , da questo fungo è stato estratto un peptide con capacità di antimicotico , chiamato pleurostrin , che inibisce la crescita del micelio della specie *Fusarium oxyporum*, *Mucosphaerella arachidicola* e *Phycalospora piricola* (Chu et al . , 2005) . Dal *Pleurotus eryngii*, è stato isolato un altro peptide antimicotico , chiamato erygin , che inibisce la crescita di *Fusarium oxyporum* e *Mycosphaerella arachidicola* (Wang e Ng , 2004) .

Anche se ci sono stati alcuni studi su funghi selvatici riguardo agli effetti antimicrobici e corrispondenti composti bioattivi, alcuni studi hanno scoperto che un peptide prodotto dalle specie *Boletus* ha mostrato avere effetti antimicrobici contro i batteri gram-positivi (Lee et al, 1999;.. Barros et al, 2007b). Gli acidi isobariche e 10-idrossi-8-decanoico ottenuti dalla *Cantharellus cibarius* hanno mostrato alcuni effetti antimicrobici (Anke et al., 1996).

11. Proprietà antivirali

Le malattie virali non possono essere trattate con antibiotici comuni; sono necessari invece farmaci specifici contro i virus che causano queste infezioni. L'attività antivirale nei funghi è descritta sia per funghi nel suo intero e per i composti bioattivi estratti da questi; nel caso di funghi, l'azione antivirale può avvenire direttamente inibendo certi enzimi virali, attraverso la sintesi di

alcuni acidi nucleici del virus o per assorbimento e con la replicazione del virus nelle cellule; o anche indirettamente, stimolando il sistema immunitario (Brandt e Piraino, 2000). Il tipo di azione contro il virus è determinata dalla dimensione delle molecole fungine.

Tra le molecole più piccole isolate da diverse specie di funghi ci sono vari triterpeni isolati dal *Ganoderma lucidum*, ad esempio l'acido ganoderico, che ha dimostrato una **significativa attività antivirale contro l'HIV di tipo 1 (HIV-1)** (El-Mekkawy et al., 1998). Allo stesso modo, il Ganodermadiol, l'acido licidadiol e aplanoxidico, dal *Ganoderma Pfeiffer*, possiedono effetti antivirali contro il virus di tipo A dell'influenza. Inoltre, il ganodermadiol inibisce anche la duplicazione del virus herpes simplex di tipo 1 (Mothana et al., 2003).

Per quanto riguarda l'attività antivirale di molecole più complesse, è stato dimostrato che le lignine idrosolubili, isolate dal *Fuscoporia obliqua* sono attive contro l'HIV (Ichimura et al., 1998). Inoltre, le lignine solubili in acqua, isolate da *L.edodes* e da un polisaccaride chiamato lentinan, sono in grado di inibire in una certa misura lo sviluppo di HIV (Lindequist et al., 2005). In questo senso, un polisaccaride isolato da *Agaricus brasiliensis* ha dimostrato di inibire l'infezione da poliovirus di tipo 1 (Faccin et al., 2007). Inoltre, le proteine legate ai polisaccaridi isolati da *Ganoderma lucidum*, sono anche in grado di ritardare lo sviluppo del virus herpes, perché inibiscono la penetrazione vincolante e successiva del virus nelle cellule (Eo et al., 2000).

Da segnalare anche l'effetto antivirale delle specie Pleurotus, studi scientifici dimostrano che *P. ostreatus*, un enzima isolato da questo fungo, è in grado di inibire l'entrata del virus dell'epatite C nelle cellule del sangue, impedendone così la duplicazione (El-Fakharany et al., 2010). Un altro enzima estratto questa volta da *P. cornucopie*, può ridurre l'attività del virus dell'HIV di tipo 1 (Wong et al., 2010). Anche altre specie Pleurotus, come *P. SajoR-caju* e *P. citrinopileatus*, hanno anche dimostrato di avere un forte effetto antivirale contro il virus dell'HIV (Kidukuli et al., 2010). Inoltre, i polisaccaridi ottenuti dalla sclera di *P. tubero-Regium* mostrano effetti antivirali contro il virus simplex herpes di tipo 1 e di tipo 2 (Zhang et al., 2004).

12. Il ruolo di funghi in malattie neurodegenerative

Le malattie neurodegenerative, in particolare il morbo di Alzheimer, sono malattie legate all'invecchiamento e colpiscono sempre più la popolazione sopra i 65 anni di età. Il numero di casi

aumenta ogni anno in tutto il mondo ; secondo l'OMS , lo 0,5% della popolazione mondiale soffre di qualche forma di demenza .

Tra le specie di funghi note per i loro effetti biologici legati al sistema nervoso e alla salute del cervello sono : *Sarcodon scabrosus* , *Ganoderma lucidum* , *Grifola frondosa* e *Hericium erinaceus*(Sabaratnam et al 2013). Il *Ganoderma lucidum* contiene composti neuro attivi che possono indurre la differenziazione neuronale e prevenire l'apoptosi di NGF -dipendente neuroni (fattore di crescita trasformante) (Cheung et al . , 2000) . Tuttavia , fino ad ora , il fungo che ha dimostrato avere più effetto contro le malattie neurodegenerative e ha ricevuto più attenzione da parte della comunità scientifica è l'*Hericium erinaceus*(nome comune : Cyanea) .

Una delle funzioni dell'*H. erinaceus*, per il sistema nervoso, è che **può regolare la crescita e lo sviluppo dei neuroni**. E 'stato dimostrato che gli esopolisaccaridi di micelio dell' *H. erinaceus* migliorano la crescita delle cellule nervose surrenali dei ratti e l'estensione delle neuriti di cellule PC12 (Park ed altri 2002;. Mori et al., 2008).

Un altro studio condotto da **Kolotushkina et al.** (2003) mostrò che gli estratti di questo fungo promuovono lo sviluppo delle cellule del cervelletto e regolano il processo di mielinizzazione *in vitro*. In linea con questi risultati, Moldavan et al. (2007) riportarono che *H. erinaceus* migliorava il processo di mielinizzazione delle fibre muscolari mature e che potrebbe anche esercitare un'azione neurotrofica. Questo fungo è anche coinvolto nell'espressione di alcuni geni e proteine che possono promuovere la rigenerazione degli assoni e re innervazione di piastre terminali del motore (Jiang et al., 2014).

Nell'Alzheimer vi è una perdita progressiva della funzione neurale. Gli studi che sono stati compiuti fino ad oggi, hanno dimostrato che **H. erinaceus** allevia il decadimento cognitivo lieve derivante dalla malattia dell'Alzheimer (Mori et al., 2009), così come alcuni sintomi associati con la malattia, per esempio, migliora la qualità del sonno e migliora la depressione (Nagano et al., 2010). Al fine di esaminare l'efficacia della somministrazione orale di *H. erinaceus*, uno studio è stato condotto nel 2009 con uomini e donne giapponesi, di età compresa tra 50 e 80 anni, con diagnosi di decadimento cognitivo lieve, dimostrando che i soggetti del gruppo che ha preso *H. erinaceus* (3 volte al giorno per 16 settimane) avevano avuto un miglioramento della funzione cognitiva rispetto al gruppo di controllo (Mori et al., 2009).

CONCLUSIONI

I funghi sono un alimento con preziose proprietà nutritive. Essere a basso contenuto di calorie e una buona fonte di fibre, li rendono alimento ideale per le diete di consumo e di perdita di peso. I funghi sono anche una buona scelta per le diete a basso contenuto di sale a causa del loro basso contenuto di sodio. Hanno anche un aroma e gusto, che è molto apprezzato dai consumatori.

I funghi sono naturalmente a molto basso contenuto di grassi. Del contenuto totale di lipidi, circa l'80% sono acidi grassi insaturi; comunemente indicati come "grasso buono" e non contengono colesterolo. Questo rende i funghi un alimento molto raccomandato per prevenire il rischio cardiovascolare.

I funghi sono considerati un alimento sano e ricco di minerali e vitamine. Si distinguono come una fonte importante di vitamine del gruppo B, in particolare B2 e B3, e dei precursori della vitamina D, come ergosterolo, che favorisce l'assorbimento di calcio e fosforo. Essi contengono anche minerali essenziali per il corretto funzionamento del nostro corpo, soprattutto selenio, fosforo e potassio.

Ci sono oggi numerosi studi in corso sulla presenza di composti bioattivi nei funghi per fornire un'evidenza scientifica a quanto già noto e applicato nella medicina tradizionale orientale, dove i funghi sono utilizzati nel trattamento di molte malattie. I Funghi e loro composti bioattivi sono attualmente considerati un potenziale strumento per il mantenimento e la promozione della salute, la longevità e la qualità della vita.

Le loro implicazioni terapeutiche sono enormi. Come riflesso nella presente relazione, hanno notevoli proprietà salutari che li rendono potenziali agenti terapeutici per le malattie come il cancro, il morbo di Alzheimer e le malattie cardiovascolari. I funghi sono utilizzati anche per la prevenzione di malattie come l'aterosclerosi e il diabete a causa della loro capacità di ridurre il colesterolo e glucosio nel sangue e anche a causa del loro elevato contenuto di antiossidanti.

In conclusione, i funghi sono un alimento ideale da inserire nella nostra dieta quotidiana per le loro proprietà nutrizionali e salutari, che migliorano la salute e facilitano la prevenzione delle malattie.

BIBLIOGRAFIA

Abdullah N., Ismail S.M., Aminudin N., Shuib A.S., Lau B.F. (2012) Evaluation of selected culinary-medicinal mushrooms for antioxidant and ACE inhibitory activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012: 464238.

Adewusi S.R.A., Alofe F.V., Odeyemi O., Afolabi O.A., Oke O.L. (1993) Studies on some edible wild mushrooms from Nigeria: 1. Nutritional, teratogenic and toxic considerations. *Plant Foods for Human Nutrition*, 43: 115–121.

Agrawal R.P., Chopra A., Lavekar G.S., Padhi M.M., Srikanth N., Ota S., Jain S. (2010) Effect of oyster mushroom on glycemia, lipid profile and quality of life in type 2 diabetic patients. *Australian Journal of Herbal Medicine*, 22: 50–54.

Aguilera-Lizarraga J., Pérez-Martínez L., Pérez-Clavijo M., Oteo J.A., Pérez-Matute P. (2013) Efectos de la seta ostra (*Pleurotus ostreatus*) sobre el metabolismo glucídico y lipídico y la producción de leptina y adiponectina en cultivos de adipocitos humanos. XXXVI Congreso SEBBM.

Ahmad N., Bansal A.K., Kidwai J.R. (1984) Effect of PHA-B fraction of *Agaricus bisporus* lectin on insulin release and $^{45}\text{Ca}^{2+}$ uptake by islet of Langerhans in vitro. *Acta Diabetologica*, 21: 63–70.

Alam N., Amin R., Khan A., Ara I., Shim M.J., Lee M.W., Lee U.Y., Lee T.S. (2009) Comparative effects of oyster mushrooms on lipid profile, liver and kidney function in hypercholesterolemic rats. *Mycobiology*, 37: 37–42.

Alarcon-Aguilara F.J., Roman-Ramos R., Perez-Gutierrez S., Aguilera-Contreras A., Contreras-Weber C.C., Flores-Sanez J.L. (1998) Study of the antihyperglycemic effect of plants used as antidiabetics. *Journal of Ethnopharmacology*. 61: 101-110.

Anke H., Morales P., Sterner O. (1996) Assays of the biological activities of two fatty acid derivatives formed in the edible mushrooms *Cantharellus cibarius* and *C. tubaeformis* as a response to injury. *Planta Medica*, 62: 181-183.

Arunavadas S.S., Umadevi P. (2008) Hepatoprotective effect of the ethanolic extract of *Pleurotus florida* and *Calocybe indica* against CCl_4 induced hepatic damage in albino rats. *The IUP Journal of Life Sciences*, 2: 17–24.

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: 1043– 1053.

- Badole S.L., Patel N.M., Thakurdesai P.A., Bodhankar S.L. (2008) Interaction of aqueous extract of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quel-Champ with glyburide in alloxan induced diabetic mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 5: 159–164.
- Bano Z., Rajarathnam S. (1986) Vitamin values in *Pleurotus* mushrooms. *Quality of Plant Foods for Human Nutrition*, 36: 11–15.
- Barros L., Ferreira M.J., Queirós B., Ferreira I.C.F.R, Baptista P. (2007a) Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 103: 413–419.
- Barros L., Baptista P., Estevinho L.M., Ferreira, I.C.F.R. (2007b) Bioactive properties of the medicinal mushroom *Leucopaxillus giganteus* mycelium obtained in the presence of different nitrogen sources. *Food Chemistry*, 105: 179-186.
- Beelman R.B., Edwards C.G. (1989) Variability in the composition and nutritional value of the cultivated mushrooms *Agaricus bisporus*. *Mushroom News*, 37: 17–26.
- Behall K.M., Scholfield D.J., Hallfrisch J. (1997) Effect of beta-glucan level in oat fiber extracts on blood lipids in men and women. *The Journal of American College of Nutrition*, 16: 46–51.
- Beltran-Garcia M.J., Estarron-Espinosa M., Ogura T. (1997) Volatile compounds secreted by the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and their antibacterial activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 4049-4052.
- Bender S., Dumitrache C.N., Backhaus J., Christie G., Cross R.F., Lonergan G.T., Baker W.L. (2003) A case for caution in assessing the antibiotic activity of extracts of culinary-medicinal Shiitake mushroom [*Lentinus edodes* (Berk.) Singer] (Agaricomycetidae). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 5:31–35.
- Bobek P., Galbavy S. (2001) Effect of pleuran (beta-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: 164-168.
- Bobek P., Nosalova V., Cerna S. (2001) Effect of pleuran (beta glucan from *Pleurotus ostreatus*) in diet or drinking fluid on colitis rats. *Molecular Nutrition and Food Research*, 45: 360–363.
- Borchers A.T., Stern J.S., Hackman R.M., Keen C.L., Gershwin E.M. (1999) Mushrooms, tumors, and immunity. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 221: 281- 293.
- Bordonaro M., Sartorelli A.C. (2008) Fiber, cancer stem cells and the Wnt signalling continuum. *Chinese Journal of Cancer*, 27: 1–4.
- Braaten J.T., Wood P.J., Scoty F.W., Wolynetz M.S., Lowe M.K., Bradley-White P., Collins M.W.

(1994) Oat beta-glucan reduces blood cholesterol concentration in hypercholesterolemic subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 48: 465–474.

Brandt C.R., Piraino F. (2000) Mushrooms antivirals. *Recent Research Developments in Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 4: 11-26.

Brozmanova J., Manikova D., Vlckova V., Chovanec M. (2010) Selenium: A double-edged sword for defense and offence in cancer. *Archives of Toxicology*, 84: 919–938.

Chan J.Y., Chan E., Chan S.W., Sze S.Y., Chan M.F., Tsui S.H., Leung K.Y., Chan R.Y., Chung I.Y. (2011) Enhancement of in vitro and in vivo anticancer activities of polysaccharide peptide from *Grifola frondosa* by chemical modifications. *Pharmaceutical Biology*, 49(11): 1114- 1120.

Charles S.B. (2005) Dietary fiber, glycemic response, and diabetes. *Molecular Nutrition and Food Research*, 49: 560–570.

Chen S., Adams L.S., Belury M., Shrode G.E., Kwok S.L., Ye J.J., Hur G., Phung S., Oh S.-R., Williams D. (2006) Anti-aromatase activity of phytochemicals in white button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Cancer Research*, 66(24): 12026-12034.

Chen J, Seviour R. (2007) Medicinal importance of fungal β -(1→3), (1→6)-glucans. *Mycological Research*, 3: 635-652

Chen J.J., Mao D., Yong Y., Li J.L., Wei H., Lu L. (2012) Hepatoprotective and hypolipidemic effects of water-soluble polysaccharidic extract of *Pleurotus eryngii*. *Food Chemistry*, 130(3):687–694.

Chen J., Yong Y., Xing M., Gu Y., Zhang Z., Zhang S., Lu L. (2013) Characterization of polysaccharides with marked inhibitory effect on lipid accumulation in *Pleurotus eryngii*. *Carbohydrate Polymers*, 97(2): 604-613.

Cheskin L.J., Davis L.M., Lipsky L.M., Mitola A.H., Lycan T., Mitchell V., Mickle B., Adkins E. (2008) Lack of energy compensation over 4 days when white button mushrooms are substituted for beef. *Appetite*, 51: 50–57.

Cheung P.C.K. (1998) Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are altered in hamsters fed Straw mushroom diets. *Journal of Nutrition*, 128: 1512–1516.

Cheung P.C.K. (2008) Mushrooms as functional foods. Editorial John Wiley & Sons. Wiley: Hoboken, NJ.

Cheung W.M., Hui W.S., Chu P.W., Chiu S.W., Ip N.Y. (2000) Ganoderma extract activates MAP kinases and induces neuronal differentiation of rat pheochromocytoma PC12 cells. *FEBS Letters*, 486: 291-296.

- Choi H.S., Cho H.Y., Yang H.C., Ra K.S., Suh H.J. (2001) Angiotensin I-converting enzyme inhibitor from *Grifola frondosa*. *Food Research International*, 34(2-3): 177–182.
- Chorváthová V., Bobek P., Ginter E., Klvanová J. (1993) Effect of the oyster fungus on glycaemia and cholesterolaemia in rats with insulin-dependent diabetes. *Physiology Research*, 42: 175–179.
- Chu K.T., Xia L., Ng T.B. (2005) Pleurostrin, an antifungal peptide from the oyster mushroom. *Peptides*, 26: 2098-2103.
- Clement I. (1998) Lessons from basic research in selenium and cancer prevention. *Journal of Nutrition*, 128(11): 1845-1854.
- Cocchi L., Vescovi L., Petrini L.E., Petrini O. (2006) Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chemistry*, 98: 277-284.
- Combet E., Henderson J., Eastwood D.C., Burton K.S. (2006) Eight-carbon volatiles in mushrooms and fungi: properties, analysis, and biosynthesis. *Mycoscience*, 47: 317–326.
- Crisan E.V., Sands A. (1978) Nutritional values. In: *The biology and cultivation of edible mushrooms*. Eds.: Chang S.T., Hayes W.A. Academic Press: New York, pp.: 137–168.
- Dabbour I., Takturi H.R. (2002) Protein quality of four types of edible mushrooms found in Jordan. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57: 1–11.
- Das S.K., Masuda M., Sakurai A., Sakakibara M. (2010) Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: Current state and prospects. *Fitoterapia*, 81(8): 961-968.
- Diez V.A., Alvarez A. (2001) Compositional and nutritional studies on two wild edible mushrooms from northwest Spain. *Food Chemistry*, 75: 417–422.
- Dubost J. (2007) The mushrooming health benefits of fungi. *Food Technology*, 17: 61-68.
- Dubost N.J., Beelman R.B., Peterson D., Royse D.J. (2006) Identification and quantification of ergothioneine in cultivated mushrooms by liquid chromatography-mass spectrometry. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 8: 215-222.
- Dubost N.J., Ou B., Beelman R.B. (2007) Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry*, 105: 727–735.
- Dundar A., Acay H., Yildiz A. (2008) Yield performances and nutritional contents of three oyster mushroom species cultivated on wheat stalk. *African Journal of Biotechnology*, 7: 3497– 3501.
- El Enshasy H.A., Hatti-Kaul R. (2013) Mushroom immunomodulators: unique molecules with unlimited applications. *Trends in Biotechnology*, 31(12): 668-677.

El-Fakharany E.M., Haroun B.M., Ng T.B., Redwan E.R. (2010) Oyster mushroom laccase inhibits hepatitis C virus entry into peripheral blood cells and hepatoma cells. *Protein and Peptide Letters*, 17: 1031–1039.

Elmastas M., Isidak O., Turkekul I., Temur N. (2007) Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 337–345.

El-Mekkawy S., Meselhy M.R., Nakamura N., Tezuka Y., Hattori M., Kakiuchi N., Shimotohno K., Kawahata T., Otake T. (1998) Anti- HIV-1 and HIV-1-protease substances from *Ganoderma lucidum*. *Phytochemistry*, 49: 1651–1657.

Eo S.-K., Kim Y.-S., Lee C.-K., Han S.-S. (2000) Possible mode of antiviral activity of acidic protein bound polysaccharide isolated from *Ganoderma lucidum* on herpes simplex viruses. *Journal of Ethnopharmacology*, 72: 475-481.

Ey J., Schomig E., Taubert D. (2007) Dietary sources and antioxidant effects of ergothioneine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 6466-6474.

Faccin L.C., Benati F., Rincão V.P., Mantovani M.S., Soares S.A., Gonzaga M.L., Nozawa C., Carvalho Linhares, R.E. (2007) Antiviral activity of aqueous and ethanol extracts and of an isolated polysaccharide from *Agaricus brasiliensis* against poliovirus type 1. *Letters in Applied Microbiology*, 45: 24-28.

FAO (Food and Agriculture Organization) (1991) Protein quality evaluation. Food and Agricultural Organization of the United Nations: Rome.

Fidge N.H. (1993) Fighting high cholesterol levels-lipid lowering drugs. *The Medical Journal of Australia*, 159: 815-819.

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: 2151-2156.

Fullerton S.A. (2000) Induction of apoptosis in human prostatic cancer cells with beta-glucan (maitake mushroom polysaccharide). *Molecular Urology*, 4(1): 7-13.

Gao Y., Zhou S., Chen G., Dai X., Ye J. (2002) A phase I/II study of a *Ganoderma lucidum* (Curt.:Fr.) P.Karst. extract (Ganopoly) in patients with advanced cancer. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 4: 207–214.

Gao Y., Dai X., Chen G., Ye J., Zhou S. (2003) A randomized, placebo controlled, multicenter study of *Ganoderma lucidum* polysaccharides (Ganopoly R) in patients with advanced lung cancer.

International Journal of Medicinal Mushrooms, 5: 369–381.

Gao Y., Lan J., Dai X., Ye J., Zhou S. (2004) A phase I/II study of lingzhi mushroom *Ganoderma lucidum* extract in patients with type II diabetes mellitus. International Journal of Medicinal Mushrooms, 6: 33–39.

GEPC (2013) UE production button mushroom (*Agaricus bisporus*) (1996-2012).

Gil-Ramirez A., Clavijo C., Palanisamy M., Soler-Rivas C., Ruiz-Rodriguez A., Marín F.R., Reglero G., Pérez M. (2011) Edible mushrooms as potential sources of new hypocholesterolemic compounds. Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP7), 110.

Gil-Ramírez A., Clavijo C., Palanisamy M., Ruiz-Rodríguez A., Navarro-Rubio M., Pérez M., Marín F.R., Reglero G., Soler-Rivas C. (2013a) Study on the 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl CoA reductase inhibitory properties of *Agaricus bisporus* and extraction of bioactive fractions using pressurised solvent technologies. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(11): 2789-2796.

Gil-Ramírez A., Clavijo C., Palanisamy M., Ruiz-Rodríguez A., Navarro-Rubio M., Marín F.R., Reglero G., Soler-Rivas C. (2013b) Screening of edible mushrooms and extraction by pressurized water (PWE) of 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl CoA reductase inhibitors. Journal of Functional Food, 5(1): 244-250.

Gordon M., Guralnik M., Kaneko Y., Mimura T., Goodgame J., DeMarzo C. (1995) A phase II controlled study of a combination of the immune modulator, lentinan, with didanosine (DDI) in HIV patients with CD4 cells of 200–500/MM (3). Journal of Medicine, 26: 193-207.

Grifoll V., Tello M.L., Roncero-Ramos I., Pérez M. (2014) Poder antioxidante de hongos cultivados en La Rioja. Actas de Horticultura: XIII Jornadas del Grupo de Horticultura y I Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud, 65: 59-64.

Guedes de Pinho P., Ribeiro B., Gonçalves R.F., Baptista P., Valentão P., Seabra R.M., Andrade P.B. (2008) Correlation between the pattern volatiles and the overall aroma of wild edible mushrooms. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56: 1704–1712.

Guillamón E., García-Lafuente A., Lozano M., D'Arrigo M., Rostagno M.A., Villares A., Martínez J.A. (2010) Edible mushrooms: Role in the prevention of cardiovascular diseases. Fitoterapia, 81: 715–723.

Ha do T., Oh J., Khoi N.M., Dao T.T., Dung le V., Do T.N., Lee S.M., Jang T.S., Jeong G.S., Na M. (2013) In vitro and in vivo hepatoprotective effect of ganodermanontriol against t-BHP- induced oxidative stress. Journal of Ethnopharmacology, 150(3): 875-885.

- Hagiwara S.Y., Takahashi M., Shen Y., Kaihou S., Tomiyama T., Yazawa M., Tamai Y., Sin Y., Kazusaka A., Terazawa M. (2005) A phytochemical in the edible Tamogi-take mushroom (*Pleurotus cornucopiae*), D-mannitol, inhibits ACE activity and lowers the blood pressure of spontaneously hypertensive rats. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 69: 1603– 1605.
- Handayani D., Chen J., Meyer B.J., Huang X.F. (2011) Dietary Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) prevents fat deposition and lowers triglyceride in rats fed a high-fat diet. *Journal of Obesity*, 2011: 1–8.
- Handayani D., Meyer B.J., Chen J., Brown S.H.J., Mitchell T.W., Huang X-F. (2014) A high-dose shiitake mushroom increases hepatic accumulation of triacylglycerol in rats fed a high-fat diet: underlying mechanism. *Nutrients*, 6(2): 650-662.
- Hazama S., Oka M., Yoshino S., Iizuka N., Wadamori K., Yamamoto K., Hirazawa K., Wang F., Ogura Y., Masaki Y., et al. (1995) Clinical effects and immunological analysis of intraabdominal and intrapleural injection of lentinan for malignant ascites and pleural effusion of gastric carcinoma. *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 22: 1595-1597.
- Hirasawa M., Shouji N., Neta T., Fukushima K., Takada K. (1999) Three kinds of antibacterial substances from *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (Shiitake, an edible mushroom). *International Journal of Antimicrobial Agents*, 11: 151-157.
- Hobbs C. (1995) Medicinal mushrooms: an exploration of tradition, healing and culture. En: Botanica Press, Santa Cruz, CA.
- 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: 919-923.
- Horio H., Ohtsuru M. (2001) Maitake (*Grifola frondosa*) improve glucose tolerance of experimental diabetic rats. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 47: 57-63.
- 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: 470–475.
- Hu S.H., Wang J.C., Lien J.L., Liaw E.T., Lee M.Y. (2006) Antihyperglycemic effect of polysaccharide from fermented broth of *Pleurotus citrinopileatus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 70: 107–113.
- Hu Y., McIntosh G.H., Le Leu R.K., Young G.P. (2010) Selenium enriched milk proteins and selenium yeast affect selenoprotein activity and expression differently in mouse colon. *British Journal of Nutrition*, 104: 17–23.

Ichimura T., Watanabe O., Maruyama S. (1998) Inhibition of HIV-1 protease by water-soluble lignin-like substance from an edible mushroom, *Fuscoporia obliqua*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62: 575-577.

Institute of Medicine (2010) Taste and flavor roles of sodium in foods: a unique challenge to reducing sodium intake. In: *Strategies to reduce sodium intake in the United States*. The National Academy Press Washington, DC, pp.65.

Ishibashi K., Miura N., Adachi Y., Ohno N. (2001) Relationship between solubility of grifolan, a fungal 1,3 B- D- glucan, and production of tumor necrosis factor by macrophages in vitro. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 65(9): 1993-2000.

Israilides C., Kletsas D., Arapoglou D., Philippoussis A., Pratsinis H., Ebringerová A., Hířbalová V., Harding S.E. (2008) In vitro cytostatic and immunomodulatory properties of the medicinal mushroom *Lentinula edodes*. *Phytomedicine*, 15(6-7): 512-519.

Jang J.-H., Jeong S.-C., Kim J.-H., Lee Y.-H., Ju Y.-C., Lee J.-S. (2011) Characterisation of a new antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from *Pleurotus cornucopiae*. *Food Chemistry*, 127(2): 412–418.

Jarzynska G., Falandysz J. (2011) Selenium and 17 other largely essential and toxic metals in muscle and organ meats of Red Deer (*Cervus elaphus*)– Consequences to human health. *Environment International*, 37: 882–888.

Jayakumar T., Ramesh E., Geraldine P. (2006) Antioxidant activity of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on CCl₄-induced liver injury in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 44: 1989-1996.

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: 183-191.

Jayakumar T., Thomas P.A., Isai M., Geraldine P. (2010) An extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, increases catalase gene expression and reduces protein oxidation during aging in rats. *Journal of Chinese Integrative Medicine*, 8: 774–780.

Jeong S.C., Yang B.K., Islam R., Koyyalamudi S.R., Pang G., Cho K.Y., Song C.H. (2010) White button mushroom (*Agaricus bisporus*) lowers blood glucose and cholesterol levels in diabetic and hypercholesterolemic rats. *Nutrition Research*, 30(1): 49-56.

Jesenak M., Majtan J., Rennerova Z., Kyselovic J., Banovcin P., Hrubisko M. (2013) Immunomodulatory effect of pleuran (βglucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections. *International Immunopharmacology*, 15: 395–399.

- Jesenak M., Hrubisko M., Majtan J., Rennerova Z., Banovcin P. (2014) Anti-allergic effect of Pleuran (β -glucan from *Pleurotus ostreatus*) in children with recurrent respiratory tract infections. *Phytotherapy Research*, 28(3): 471-474.
- Jiang S., Wang S., Sun Y., Zhang Q. (2014) Medicinal properties of *Herichium erinaceus* and its potential to formulate novel mushroom-based pharmaceuticals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98: 7661–7670.
- Jin H., Jin F., Jin J.X., Xu J., Tao T.T., Liu J., Huang H.J. (2013) Protective effects of *Ganoderma lucidum* spore on cadmium hepatotoxicity in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 52: 171- 175.
- Kabir Y., Kimura S. (1989) Dietary mushrooms reduce blood pressure in spontaneously hypertensive rats (SHR). *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 35(1): 91-94.
- Kaláč P. (2013) A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2): 209–218.
- Kaláč P. (2009) Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. *Food Chemistry*, 113: 9-16.
- Kanagasabapathy G., Malek S.N., Mahmood A.A., Chua K.H., Vikineswary S., Kuppusamy U.R. (2013) Beta-glucan-rich extract from *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer prevents obesity and oxidative stress in C57BL/6J mice fed on a high-fat diet. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013: 1-10.
- Kang M.G., Kim Y.H., Bolormaa Z., Kim M.K., Seo G.S., Lee J.S. (2013) Characterization of an antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from the edible mushroom *Hypsizygus marmoreus*. *BioMed Research International*, 13: 283964.
- Karacsonyi Š., Kuniak L. (1994) Polysaccharides of *Pleurotus ostreatus*: isolation and structure of pleuran, an alkali-insoluble β -d-glucan. *Carbohydrate Polymers*, 24: 307–312.
- Khan A., Tania M. (2012) Nutritional and medicinal importance of *Pleurotus* mushrooms: An overview. *Food Reviews International*, 28(3): 313-329.
- Kidukuli A.W., Mbwambo Z.H., Malebo H., Mgina C.A., Mihale M.J. (2010) In vivo antiviral activity, protease inhibition and brine shrimp lethality of selected Tanzanian wild edible mushrooms. *Journal of Applied Biosciences*, 31: 1887–1894.
- Kiho T., Kochi M., Usui S., Hirano K., Aizawa K., Inakuma T. (2002) Antidiabetic effect of an acidic polysaccharide (TAP) from *Tremella aurantia* Schw.:Fr. (Heterobasidiomycetes) in genetically diabetic KKAY mice. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 4: 291-297.
- Kim H.W., Kim B.K. (1999) Biomedicinal triterpenoids of *Ganoderma lucidum*. *International*

Journal of Medicinal Mushrooms, 1: 121–138.

Kim G.Y., Lee M.Y., Lee H.J., Moon D.O., Lee C.M., Jin C.Y., Choi Y.H., Jeong Y.K., Chung K.T., Lee J.Y., Choi I.H., Park Y.M. (2005) Effect of water soluble proteoglycan isolated from *Agaricus blazei* on the maturation of murine bone marrow-derived dendritic cells. *International Immunopharmacology*, 5: 1523-1532.

Kim M.Y., Seguin P., Ahn J.K., Kim J.J., Chun S.C., Kim E.H., Seo S.H., Kang E.Y., Kim S.L., Park Y.J., Ro H.M., Chung I.M. (2008) Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 7265–7270.

Kim M.Y., Chung I.M., Lee S.J., Ahn J.K., Kim E.H., Kim M.J. (2009) Comparison of free amino acid, carbohydrates concentrations in Korean edible and medicinal mushrooms. *Food Chemistry*, 113: 386–393.

Kim J.I., Kang M.J., Im J., Seo Y.J., Lee Y.M., Song J.H. Lee J.H., Kim M.E. (2010) Effect of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on insulin resistance and dyslipidemia in db/db mice. *Food Science and Biotechnology*, 19: 239–242.

Ko J.A., Lee B.H., Lee J.S., Park H.J. (2008) Effect of UV-B exposure on the concentration of vitamin D₂ in sliced shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) and white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 3671–3674.

Kohda H., Tokumoto W., Sakamoto K., Fujii M., Hirai Y., Yamasaki K., Komoda Y., Nakamura H., Ishihara S., Uchida M. (1985) The biologically-active constituents of *Ganoderma lucidum* (Fr) Karst—histamine release-inhibitory triterpenes. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 33: 1367–1373.

Kolotushkina E.V., Moldavan M.G., Voronin K.Y., Skibo G.G. (2003) The influence of *Hericium erinaceus* extract on myelination process in vitro. *Fiziologichnyi zhurnal*, 49: 38–45.

Komoda Y., Shimizu M., Sonoda Y., Sato Y. (1989) Ganoderic acid and its derivatives as cholesterol synthesis inhibitors. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 37: 531–533.

Korpi A., Kasanen J.P., Kosma V.M., Rylander R., Pasanen A.L. (2003) Slight respiratory irritation but no inflammation in mice exposed to 1,3-beta-D-glucan aerosols. *Mediators of Inflammation*, 12: 139–146.

Koyyalamudi S.R., Jeong S.C., Song C.H., Cho K.Y., Pang G. (2009) Vitamin D₂ formation and bioavailability from *Agaricus bisporus* button mushroom treated with ultraviolet irradiation. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57: 3351–3355.

Kreisel H., Lindequist U., Horak M. (1990) Distribution, ecology and immunosuppressive properties of *Tricholoma populinum* (Basidiomycetes). *Zentralblatt für Mikrobiologie*, 145: 393-396.

Kuniak E., Augustin J., Karacsonyi K. (1992) Sposobizolacie a adjustacie fungálneho β -1,3 glukanu. *Patente Cs.* 2761192.

Kurushima H., Kodama N., Nanba H. (2000) Activities of polysaccharides obtained from *Grifola frondosa* on insulin-dependent diabetes mellitus induced by streptozotocin in mice. *Mycoscience*, 41: 473-480.

Lakhanpal T.N., Rana M. (2005) Medicinal and nutraceutical genetic resources of mushrooms. *Plant Gene Research*, 3: 288-303.

Larumbe E. (2007) Estrategias push and pull de marketing en el sector de setas y champiñones. En: *Propiedades saludables del consumo de champiñón. Actas de I Jornada sobre champiñón. Logroño, España*, 63-78.

Lee S.J., Yeo W.H., Yun B.S., Yoo I.D. (1999) Isolation and sequence analysis of new peptaibol, boletusin, from *Boletus* spp. *Journal of Peptide Science*, 5: 374-378.

Lee J.S., Cho J.Y., Hong E.K. (2009) Study on macrophage activation and structural characteristics of purified polysaccharides from the liquid culture broth of *Hericium erinaceus*. *Carbohydrate Polymers*, 78(1): 162-168.

Li L., Ng T.B., Song M., Yuan F., Liu Z.K., Wang C.L., Jiang Y., Fu M., Liu F. (2007) A polysaccharide-peptide complex from abalone mushroom (*Pleurotus abalonus*) fruiting bodies increases activities and gene expression of antioxidant enzymes and reduces lipid peroxidation in senescence-accelerated mice. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 75: 863-869.

Lin Y.L., Laing Y.C., Tseng Y.S., Huang H.Y., Chou S.Y., Hseu R.S., Huang C.T., Chiang B.L. (2009) An immunomodulatory protein, Ling Zhi-8, induced activation and maturation of human monocyte-derived dendritic cells by the NF- κ B and MAPK pathways. *Journal of Leukocyte Biology*, 86: 877-889.

Li H., Zhang M., Ma G. (2010) Hypolipidemic effect of the polysaccharide from *Pholiota nameko*. *Nutrition*, 26(5): 556-562.

Lindequist U., Niedermeyer T.H.J., Jülich W.D. (2005) The pharmacological potential of mushrooms. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2: 285-299.

Liu Y.-T., Sun J., Luo Z.-Y., Rao S.-Q., Su Y.-J., Xu R.-R., Yang Y.-J. (2012) Chemical composition of five wild edible mushrooms collected from Southwest China and their

antihyperglycemic and antioxidant activity. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 1238–1244.

Liu J., Jia L., Kan J., Jin G. (2013) In vitro and in vivo antioxidant activity of ethanolic extract of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food and Chemical Toxicology*, 51: 310–316.

Lu J., Holmgren A. (2009) Selenoproteins. *Journal of Biological Chemistry*, 284: 723–727. Maga J. (1981) Mushroom flavor. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 29: 1–4. MAGRAMA (2013) Base de datos de consumo en hogares, periodo diciembre 2013.

Manohar V., Talpur N.A., Eduard B.W., Lieberman S., Preuss H.G. (2002) Effects of a water-soluble extract of Maitake mushroom on circulation glucosa/insulin concentrations in KK mice. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 4: 43–48.

Manzi P., Grambelli L., Marconi S., Vivanti V., Pizzoferrato L. (1999) Study of the embryofetotoxicity of alpha-terpinene in the rat. *Food Chemistry*, 65: 477–482.

Manzi P., Aguzzi A., Pizzoferrato L. (2001) Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chemistry*, 73: 321–325.

Manzi P., Marconi S., Guzzi A., Pizzoferrato L. (2004) Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry*, 84: 201–206.

Mascaro M.B., França C.M., Esquerdo K.F., Lara M.A., Wadt N.S., Bach E.E. (2014) Effects of dietary supplementation with *Agaricus sylvaticus* Schaeffer on glycemia and cholesterol after streptozotocin-induced diabetes in rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014: 107629.

Masuda Y. (2009) A polysaccharide extracted from *Grifola frondosa* enhances the anti-tumor activity of bone marrow-derived dendritic cell-based immunotherapy against murine colon cancer. *Cancer Immunology, Immunotherapy*, 59(10): 1531-1541.

Mattila P., Konko K., Euro 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: 2343-2348.

Mattila P., Lampi A.M., Ronkainen R., Toivo J., Piironen V. (2002) Sterol and vitamin D2 contents in some wild and cultivated mushrooms. *Food Chemistry*, 76: 293-298.

Mau J.L., Lin H.C., Ma J.T., Song S.F. (2001) Non-volatile taste components of several speciality mushrooms. *Food Chemistry*, 73: 461–466.

Mau J.L., Lin H.C., Song S.F. (2002) Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Research International*, 35: 519–526.

McDonough F.E., Steinke F.H., Sarwar G., Eggum B.O., Bressani R., Huth P.J., Barbeau W.E., Mitchell G.V., Phillips J.G. (1990) In vivo rat assay for true protein digestibility: collaborative study. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 73: 801–5.

Menendez J.A., Lupu R. (2006) Mediterranean dietary traditions for the molecular treatment of human cancer: Anti-oncogenic actions of the main olive oil's monounsaturated fatty acid oleic acid. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 7(6): 495-502.

Miyazawa N., Okazaki M., Ohga S. (2008) Antihypertensive effect of *Pleurotus nebrodensis* in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Oleo Science*, 57: 675–681.

Mizuno T. (1999) The extraction and development of antitumoractive polysaccharides from medicinal mushrooms in Japan (review). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 1: 9-30.

Mizuno M., Nishitani Y. (2013) Immunomodulating compounds in Basidiomycetes. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 52(3): 202–207.

Moldavan M.G., Gryganski A.P., Kolotushkina O.V., Kirchhoff B., Skibo G.G., Pedarzani P. (2007) Neurotropic and trophic action of lion's mane mushroom *Herichium erinaceus* (Bull.: Fr.) Pers. (Aphyllorphomycetideae) extracts on nerve cells in vitro. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 9: 15–28.

Mori K., Obara Y., Hirota M., Azumi Y., Kinugasa S., Inatomi S., Nakahata N. (2008) Nerve growth factor-inducing activity of *Herichium erinaceus* in 1321N1 human astrocytoma cells. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 31: 1727–1732.

Mori K., Inatomi S., Ouchi K., Azumi Y., Tsuchida T. (2009) Improving effects of the mushroom Yamabushitake (*Herichium erinaceus*) on mild cognitive impairment: a double-blind placebo-controlled clinical trial. *Phytotherapy Research*, 23: 367–372.

Morigiwa A., Kitabatake K., Fujimoto Y., Ikekawa N. (1986) Angiotensin converting enzyme inhibitory triterpenes from *Ganoderma lucidum*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 34: 3025–3028.

Mothana R.A.A., Jansen R., Julich W.D., Lindequist U. (2000) Ganomycin A and B, new antimicrobial farnesyl hydroquinones from the basidiomycete *Ganoderma pfeifferi*. *Journal of Natural Products*, 63: 416-418.

Mothana R.A.A., Awadh N.A.A., Jansen R., Wegner U., Mentel R., Lindequist U. (2003) Antiviral lanostanoid triterpenes from fungus *Ganoderma pfeifferi*. *Fitoterapia*, 74: 177–180.

Nagano M., Shimizu K., Kondo R., Hayashi C., Sato D., Kitagawa K., Ohnuki K. (2010) Reduction of depression and anxiety by 4 weeks *Herichium erinaceus* intake. *Biomedical Research*, 31: 231–

237.

Nakamura E., Torii K., Uneyama H. (2008) Physiological roles of dietary free glutamate in gastrointestinal functions. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 31(10): 1841-1843.

Ngai P.H.K., Ng T.B. (2003) Lentin, a novel and potent antifungal protein from shitake mushroom with inhibitory effects on activity of human immunodeficiency virus-1 reverse transcriptase and proliferation of leukemia cells. *Life Sciences*, 73: 3363-3374.

Niwa A., Tajiri T., Higashino H. (2011) *Ipomoea batatas* and *Agaricus blazei* ameliorate diabetic disorders with therapeutic antioxidant potential in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 48(3): 194–202.

Nosalova V., Bobek P., Cerna S., Galbavy S., Stvrtina S. (2001) Effects of pleuran (beta-glucan isolated from *Pleurotus ostreatus*) on experimental colitis in rats. *Physiological Research*, 50: 575–581.

Ooi V.E.C., Liu F. (2000) Immunomodulation and anti-cancer activity of polysaccharide – protein complexes. *Current Medicinal Chemistry*, 7: 715–729.

Palacios I., Lozano M., Moro C., D'Arrigo M., Rostagno M.A., Martínez J.A., García-Lafuente A., Guillamón E., Villares A. (2011) Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 128: 674– 678.

Park Y.S., Lee H.S., Won M.H., Lee J.H., Lee S.Y., Lee H.Y. (2002) Effect of an exopolysaccharide from the culture broth of *Hericium erinaceus* on enhancement of growth and differentiation of rat adrenal nerve cells. *Cytotechnology*, 39: 155–162.

Patil S.S., Ahmed S.A., Telang S.M., Baig M.M.V. (2010) The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr) Kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 7: 66–76.

Pedneault K., Angers P., Avis T.J., Gosselin A., Tweddell R.J. (2007) Fatty acid profiles of polar and non-polar lipids of *Pleurotus ostreatus* and *P. cornucopiae* var. 'citrino-pileatus' grown at different temperatures. *Mycological Research*, 111: 1228–1234.

Phillips K.M., Ruggio D.M., Horst R.L., Minor B., Simon R., Feeney M.J., Byrdwell W.C., Haytowitz D.B. (2011) Vitamin D and sterol composition of ten types of mushrooms from retail suppliers in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 7841– 7853.

Phillips K.M., Horst R.L., Koszewski N.J., Simon R.R. (2012) Vitamin D₄ in mushrooms. *PLoS One*, 7(8): 40702.

Rathee S., Rathee D., Rathee D., Kumar V., Rathee P. (2012) Mushrooms as therapeutic agents.

Brazilian Journal of Pharmacognosy, 22(2): 459-474.

Rayman M.P. (2000) The importance of selenium to human health. *The Lancet*, 356: 233-241.

Reis F.S., Barros L., Martins A., Ferreira I. (2012a) Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: An inter-species comparative study. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 191–197.

Reis F.S., Martins A., Barros L., Ferreira I.C.F.R. (2012b) Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: a comparative study between in vivo and in vitro samples. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 1201–1207.

Reshetnikov S.V., Wasser S.P., Tan K.K. (2001) Higher basidiomycetes as a source of antitumor and immunostimulating polysaccharides (review). *International Journal of Medicinal Mushroom*, 3: 361–394.

Roininen K., Lähteenmäki L., Tuorila H. (1996) Effect of umami taste on pleasantness of low- salt soups during repeated testing. *Physiology Behaviour*, 60: 953.

Rop O., Mlcek J., Jurikova T. (2009) Beta-glucans in higher fungi and their health effects. *Nutrition Reviews*, 67(11): 624-631.

Rowan N.J., Smith J.E., Sullivan R. (2002) Medicinal mushrooms: Their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments. *University Of Strathclyde / Cancer Research UK*, 21-42.

Sabaratnam V., Kah-Hui W., Naidu M., David P.R. (2013) Neuronal health – Can culinary and medicinal mushrooms help? *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 3(1): 62– 68.

Sahin K., Kucuk O. (2003) Zinc supplementation alleviates heat stress in laying Japanese quail. *Journal of Nutrition*, 133: 2808–2811.

Sano M., Yoshino K., Matsuzawa T., Ikekawa T. (2002) Inhibitory effects of edible higher basidiomycetes mushroom extracts on mouse type IV allergy. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 4: 37-41.

Schneider I., Kressel G., Meyer A., Krings U., Berger R., Hahn A. (2011) Lipid lowering effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in humans. *Journal of Functional Foods*, 3: 17-24.

Shimada Y., Morita T., Sugiyama K. (2003) Eritadenine-induced alterations of plasma lipoprotein lipid concentrations and phosphatidylcholine molecular species profile in rats fed cholesterol-free and cholesterol-enriched diets. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 67: 996-1006.

Simon R.R., Phillips K.M., Horst R.L., Munro I.C. (2011) Vitamin D mushrooms: comparison of

the composition of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) treated postharvest with UVB light or sunlight. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 59: 8724–8732.

Simon R.R., Borzelleca J.F., DeLuca H.F., Weaver C.M. (2013) Safety assessment of the post-harvest treatment of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) using ultraviolet light. *Food and Chemical Toxicology*, 56: 278-89.

Sliva D. (2003) *Ganoderma lucidum* (reishi) in cancer treatment. *Integrative Cancer Therapies*, 2(4): 358-364.

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: 145-150.

Su C.Y., Shiao M.S., Wang C.T. (1999) Predominant inhibition of ganoderic acid S on the thromboxane A₂-dependent pathway in human platelets response to collagen. *Biochimica Biophysica Acta*, 1437: 223–234.

Sudheesh N.P., Ajith T.A., Mathew J., Nima N., Janardhanan K.K. (2012) *Ganoderma lucidum* protects liver mitochondrial oxidative stress and improves the activity of electron transport chain in carbon tetrachloride intoxicated rats. *Hepatology Research*, 42: 181-191.

Talpur N.A., Echard B.W., Fan A.Y., Jaffari O., Bagchi D., Preuss H.G. (2002) Antihypertensive and metabolic effects of whole Maitake mushroom powder and its fractions in two rat strains. *Molecular and Cellular Biochemical*, 237(1-2): 129-136.

Tanaka K., Ishikawa S., Matsui Y., Tamesada M., Harashima N., Harada M. (2011) Oral ingestion of *Lentinula edodes* mycelia extract inhibits b16 melanoma growth via mitigation of regulatory t cell-mediated immunosuppression. *Cancer Science*, 102(3): 516-521.

Tasaka K., Mio M., Izushi K., Akagi M., Makino T. (1988) Anti-allergic constituents in the culture medium of *Ganoderma lucidum*. (II). The inhibitory effect of cyclooctasulfur on histamine release. *Agents Actions*, 23: 157–160.

Theuwissen E., Mensink R.P. (2008) Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease: a review. *Physiological Behaviour*, 94: 285–292.

Uchiyama M., Ohno N., Miura N.N., Adachi Y., Yadomae T. (2002) Antigrifolan antibody reacts with the cell wall beta-glucan and the extracellular mannoprotein-beta-glucan complex of *C. albicans*. *Carbohydrate Polymers*, 48: 333–340.

Van Nevel C.J., Decuypere J.A., Dierick N., Molly K. (2003) The influence of *Lentinus edodes* (Shiitake mushroom) preparations on bacteriological and morphological aspects of the small

intestine piglets. *Archives of Animal Nutrition*, 57: 399–412.

Vaz J. A., Barros L., Martins A., Santos-Buelga C., Vasconcelos M.H., Vasconcelos I.C.F.R. (2011) Chemical composition of wild edible mushrooms and antioxidant properties of their water soluble polysaccharidic and ethanolic fractions. *Food Chemistry*, 126: 610–616.

Wang H.X., Liu W.K., Ng T.B., Ooi V.E.C., Chang S.T. (1996) The immunomodulatory and antitumor activities of lectins from the mushroom *Tricholoma monogolicum*. *Immunopharmacology*, 31: 205–211.

Wang H., Ng T.B. (2004) Eryngin, a novel antifungal peptide from fruiting bodies of the edible mushroom *Pleurotus eryngii*. *Peptides*, 25: 1-5.

Wasser S.P. (2002) Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Applied Microbiology Biotechnology*, 60: 258–274.

Wasser S.P. (2011) Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 89: 1323–1332.

Wong K.H., Cheung P.C.K. (1998) Nutritional assessment of three Chinese indigenous legumes in growing rats. *Nutrition Research*, 18: 1573–1580.

Wong J.H., Ng T.B., Jiang Y., Liu F., Sze S.C., Zhang K.Y. (2010) Purification and characterization of a Laccase with inhibitory activity toward HIV-1 reverse transcriptase and tumor cells from an edible mushroom (*Pleurotus cornucopiae*). *Protein and Peptide Letters*, 17: 1040–1047.

Wu X., Zeng J., Hu J., Liao Q., Zhou R., Zhang P., Chen Z. (2013) Hepatoprotective effects of aqueous extract from Lingzhi or Reishi medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (higher basidiomycetes) on α -amanitin-induced liver injury in mice. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 15: 383-391.

Yan H., Chang H. (2012) Antioxidant and antitumor activities of selenium and zinc-enriched oyster mushroom in mice. *Biological Trace Elements Research*, 150: 236–241.

Yoon S.Y., Eo S.K., Kim Y.S., Lee C.K., Han S.S. (1994) Antimicrobial activity of *Ganoderma lucidum* extract alone and in combination with some antibiotics. *Archives of Pharmacal Research*, 17: 438-442.

Yoshida M., Kato S., Oguri S., Nagata Y. (1994) Purification and properties of lectins from a mushroom *Pleurotus cornucopiae*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 58: 498- 501.

Zeman M., Nosalova V., Bobek P., Zakalova M., Cerna S. (2001) Changes of endogenous melatonin and protective effect of diet containing pleuran and extract of black elder in colonic

inflammation in rats. *Biologia*, 56: 659–701.

Zeng H., Combs G.F. (2008) Selenium as an anticancer nutrient: Roles in cell proliferation and tumor cell invasion. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 19: 1–7.

Zhang M., Cheung P.C.K., Ooi V.E.C., Zhang L. (2004) Evaluation of sulfated fungal β -glucans from the sclerotium of *Pleurotus tuber-regium* as a potential water-soluble anti-viral agent. *Carbohydrate Research*, 339: 2297-2301.

Zhang M., Cui S.W., Cheung P.C.K., Wang Q. (2007) Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science and Technology*, 18: 4–19.

Zhang Z., Lv G., Pan H., Pandey A., He W., Fan L. (2012) Antioxidant and hepatoprotective potential of endo-polysaccharides from *Hericium erinaceus* grown on tofu whey. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51: 1140–1146.

Zhu X-L., Chen A-F., Lin Z-B. (2007) *Ganoderma lucidum* polysaccharides enhance the function of immunological effector cells in immunosuppressed mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 111(2): 219–226.

Pagine web consultate per la raccolta e l'elaborazione di queste informazioni:

<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods>

<http://www.progal-bt.com/usuario/anti-cancer-activities-of-ganoderma-lucidum-active-ingredients-and-pathways.pdf>

<http://www.magrama.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-y-comercializacion-y-distribucion-alimentaria/panel-de-consumo-alimentario/base-de-datos-de-consumo-en-hogares/resultado.a>



ASSOCIAZIONE
ITALIANA
FUNGICOLTORI

