

Funghi

http://www.antoninosicilia.it/database_funghi/menu.php

Al regno dei **funghi** (**Fungi**, Linnaeus 1753, dal latino) o **miceti**, dal greco μύκης (*mykes*), appartiene una categoria di organismi, da unicellulari a complessi, classificati scientificamente da Linneo e inizialmente accorpati alle Piante, poi elevati al rango di regno da Nees nel 1817 e con i criteri attuali da Whittaker nel 1968, anche per la loro biochimica, correlata a quella degli animali per eterotrofia, ruolo di chitina e glicogeno come polisaccaridi strutturali e di riserva, ed altro, di cui si approfondisce nel paragrafo "caratteristiche", che comprende più di 100.000 specie.

Altri organismi storicamente classificati come Funghi sono tuttora di classificazione incerta: alcuni autori li classificherebbero nel Regno Protista o Protoctista, che comprenderebbe organismi unicellulari delle classi Plasmodiophoromycetes e Myxomycetes. Thomas Cavalier-Smith ha proposto anche un sesto regno (Chromista), comprendente le classi dei Hyphochytridiomycetes e Oomycetes.

La classificazione dei funghi è stata sottoposta a molti cambiamenti negli ultimi anni, come conseguenza dell'intensificazione degli studi. L'avvento degli studi molecolari ha fortemente contribuito, negli ultimi 10-15 anni, a produrre un ordinamento sistematico più obiettivo, basato sulla filogenesi, ordinamento che promette un maggior grado di stabilità.

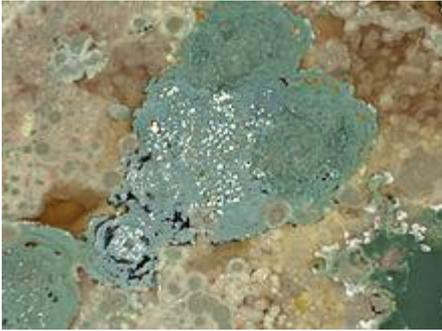
Etimologia

Fungo e il latino *fungus* (da cui *funghi*) si accostano al greco σπόγγος ο σφόγγος (*spóngos* o *sphóngos*), "spugna", e all'armeno *sunk*, da un tema mediterraneo dalla iniziale interdentale^[1] (cfr. anche *ficus*, gr. σῦκον, *sýkon* e arm. *thuz*).^[2] Ogni altra etimologia (come quella secondo cui *fungus* significherebbe "portatore di morte") è da considerarsi di origine popolare.

Caratteristiche



[Lepista nuda](#)



Muffe sulla superficie d'una soluzione di amido; la maggior parte delle muffe sono rappresentanti degli Ascomycota. Tra i generi più noti Aspergillus e Penicillium

La categoria comprende più di 100 000 specie di organismi, aventi le seguenti principali caratteristiche:

- Alimentazione eterotrofa
- Completa mancanza di tessuti differenziati e di elementi conduttori
- Sistema riproduttivo attraverso elementi detti spore (e non attraverso uno stadio embrionale come avviene per animali e piante)

Al regno dei funghi appartengono inoltre organismi eterotrofi riproductentisi da spore, da molto semplici, unicellulari a più complessi, pluricellulari con struttura vegetativa eventualmente organizzata in cellule formanti strutture, e non differenziate in tessuti, filamentose dette ife o micelio primario.

A differenza delle cellule vegetali, che hanno una parete costituita prevalentemente da cellulosa, la parete cellulare dei funghi è costituita da differenti glucani (β-glucani non celluloseici prevalentemente) e da un altro polisaccaride, la chitina, polimero dell'aminozucchero N-acetil-glucosamina, presente anche nell'esoscheletro degli artropodi^[3]. La chitina, rispetto alla cellulosa è molto più resistente alla degradazione microbica. In passato i polisaccaridi strutturali chitinosi venivano chiamati *micosina*.

Riguardo ai polisaccaridi di riserva, i funghi possono accumulare, analogamente agli animali, sostanze di riserva energetica sotto forma di glicogeno, diversamente dai vegetali che utilizzano l'amido. Le cellule che costituiscono le ife possono essere mono o polinucleate e possono essere divise da setti. La presenza o meno dei setti è una caratteristica distintiva di alcuni gruppi di funghi rispetto ad altri. Negli Zigomiceti, infatti, le ife non sono settate, cosa che invece è presente negli Ascomiceti, nei Basidiomiceti e nei Deuteromiceti.

Il setto può essere:

- intero, senza poro;
- perforato, con poro centrale che consente il passaggio del protoplasma e di organi cellulari;
- a barile o **doliporo**, con poro circondato da un bordo costituito da fibre di chitina che arriva a formare una struttura cilindrica (presente in alcuni gruppi di Basidiomiceti).

Le ife si sviluppano all'interno del substrato di crescita fino a formare un reticolo intrecciato detto micelio.

Una delle caratteristiche di alcuni funghi è quella di emettere luce, come ad esempio la clitocibe dell'ulivo (Omphalotus olearius), che si illumina per via delle lamelle bioluminescenti.

Riproduzione



Ife di un [micelio](#) fungino nel [terreno](#), osservate dopo la rimozione di una pietra

I funghi si possono riprodurre in maniera asessuata o in maniera sessuata attraverso la produzione di [spore](#) dette endospore, come avviene per la maggior parte di essi. Le spore possono essere prodotte in maniera sessuata, attraverso la fusione di due o più nuclei, o asessuata, senza che ciò avvenga. A seconda del [phylum](#) cui appartengono i funghi che le producono si parlerà di **ascospore** ([Ascomycota](#)), **basidiospore** ([Basidiomycota](#)) o **zigospore** ([Zygomycota](#)).

Riproduzione asessuata

La riproduzione asessuata può avvenire per:

scissione binaria

come avviene nei [lieviti](#) ([Ascomycota](#)), consiste nella divisione della cellula madre in due cellule figlie uguali, con lo stesso patrimonio genetico attraverso un processo chiamato [mitosi](#). I funghi che adottano questo sistema riproduttivo hanno un accrescimento esponenziale.

gemmazione

comune anch'essa nei lieviti, è un sistema in cui le cellule figlie compaiono come protuberanze (**gemme**) della cellula madre dalla quale poi si possono distaccare diventando autonome o possono restare attaccate formando una colonia; è diversa dalla scissione in quanto nella gemmazione avviene una ripartizione diseguale del citoplasma.

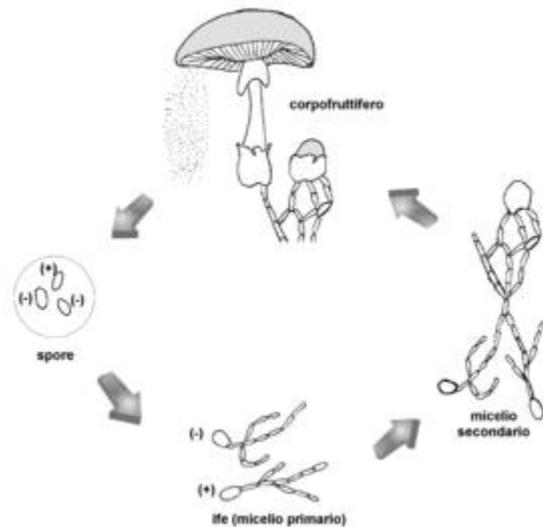
frammentazione

avviene con il distacco di una parte più o meno sviluppata che si accresce in maniera indipendente.

sporogenesi

attraverso un processo mitotico vengono prodotte spore (**mitospore**), capaci di generare un nuovo individuo, in cellule specializzate (**sporocisti**). Le mitospore, protette da una spessa parete, possono essere mobili e flagellate (**zoospore**), oppure no (**aplanospore**). In alcuni gruppi di funghi viene prodotto un particolare tipo di aplanospore, esternamente alla sporocisti, chiamate **conidiospore**.

Riproduzione sessuata



Riproduzione sessuata dei funghi

La riproduzione sessuata è subordinata alla produzione di spore che, prodotte a milioni da ciascun individuo, vengono diffuse sostanzialmente attraverso il vento, l'acqua o gli insetti. In numerose specie appartenenti ad esempio ai phyla [Oomycota](#), [Zygomycota](#) ed [Ascomycota](#) le spore maschili e femminili si uniscono formando un'unica struttura polinucleata che in seguito alla fusione dei nuclei (evento che non avviene subito dopo la fusione tra le spore) subisce meiosi producendo spore aploidi, le quali non appena trovate le condizioni adatte germinano formando nuovi miceli. Nelle specie appartenenti al phylum dei [Basidiomycota](#) la spora di una determinata polarità sessuale, una volta raggiunto il terreno o il substrato più adatto, nelle condizioni più favorevoli di umidità e temperatura, germina formando un filamento di cellule detto ifa (micelio primario). Per poter completare il ciclo biologico e organizzare le strutture riproduttive, dal micelio primario si deve passare al micelio secondario, vero organismo fungino. Così l'ifa generata da una spora con carica maschile si unisce ad una con carica sessuale opposta, fenomeno noto come somatogamia, per formare il micelio secondario che genererà il frutto (carpoforo) portatore di nuove spore.

Quando in un micelio i nuclei cellulari, nell'ambito dello stesso citoplasma, hanno un patrimonio genetico simile si parla di [omocariosi](#). Può avvenire, invece, che nello stesso citoplasma siano presenti nuclei geneticamente differenti a seguito di mutazione o di fusione di ife geneticamente diverse, in tal caso si parla di [eterocariosi](#), fenomeno scoperto dal micologo tedesco [Buryef](#) nel 1912. L'eterocariosi è fondamentale per l'evoluzione dei funghi in quanto garantisce l'opportuno mescolamento del patrimonio genetico con una conseguente maggior variabilità delle specie.

Nutrizione

Tutti i funghi sono [eterotrofi](#), cioè ricavano le sostanze nutritive dall'ambiente esterno assorbendole attraverso le pareti; essi rivestono un ruolo ecologico importantissimo perché sono in grado di decomporre il materiale organico presente nel terreno.

Essi costituiscono un anello importantissimo dell'ecosistema, in quanto permettono la chiusura del ciclo della materia rendendola nuovamente disponibile all'organizzazione da parte delle piante verdi.

L'eterotrofia dei funghi li costringe sempre ad un tipo di vita dipendente che si può differenziare in tre modalità, distinte in base ai rapporti del fungo stesso con il substrato di crescita: [saprofitismo](#), [parassitismo](#) e [mutualismo](#).

A seconda delle loro esigenze nutritive i funghi si dividono in [saprofiti](#), [parassiti](#) e [simbionti](#) o mutualistici.

Saprofiti

Si definiscono [saprofiti](#) tutti quei *funghi* che degradano sostanze non viventi di origine animale o vegetale in composti meno complessi. Ad esempio vari composti organici come la [lignina](#) e la [cellulosa](#) vengono aggredite e disgregate da una miriade di differenti funghi, che con i loro enzimi sono in grado di smontarli e nutrirsi in una catena metabolica molto intricata rendendo questi composti sempre più semplici fino a ottenere un residuo minerale assimilabile dal fungo. Ogni fungo occupa una propria posizione in questa catena di demolitori altamente specializzati, tanto che se per una qualsiasi ragione un anello in questa successione venisse a mancare il processo metabolico si interromperebbe e l'insieme di organismi dipendenti dai precedenti muore. In pratica non esiste composto organico che i funghi non riescano a degradare. Ad esempio, la specie [*Hermodendron resinae*](#) è capace di metabolizzare il [cherosene](#). Si comprende il ruolo di estrema importanza che questi organismi hanno nel riciclare la materia organica di rifiuto.



[Armillaria mellea](#)

Parassiti

Si definiscono parassiti quei *funghi* che si nutrono di organismi viventi, portandoli a volte gradatamente a morte. In natura essi operano la selezione dei più forti. Alcuni fra questi funghi, come ad esempio *Armillaria mellea*, dopo un iniziale comportamento da simbionte, diventano parassiti, per cui l'ospite (una pianta) viene ucciso, continuano poi con comportamento saprofita a nutrirsi della loro vittima anche quando questa è ormai morta; al contrario quelli definiti parassiti obbligati per distinguerli dai precedenti che vengono detti facoltativi, muoiono se muore il loro ospite. Il parassitismo colpisce anche gli animali, l'uomo, gli insetti e gli stessi funghi, con specializzazioni ancora una volta anche estreme, ad esempio esistono funghi specializzati nel degradare solo le *tegmine* delle cavallette oppure di colpire una particolare specie di insetto. Ne esistono anche di predatori, capaci cioè di catturare, con trappole anche sofisticate (cappi strozzanti, bottoni adesivi), le loro prede come ad esempio i nematodi. Di recente, si tenta con successo di utilizzare questi parassiti nella lotta biologica contro specie che sono risultate resistenti agli insetticidi. Ad esempio, le zanzare del genere *Anopheles* portatrici della malaria, vengono uccise da *Beauveria bassiana*; basta infatti spruzzare una emulsione di acqua, olio e micelio, dove l'olio serve a conservare l'umidità necessaria perché il fungo sopravviva.

Simbionti

Si definiscono simbionti quelle forme di parassitismo controllato in cui una specie si avvantaggia dell'ospite e questi trae vantaggio dalla contaminazione col "parassita"; lo scambio è alla fine mutualistico. Ad esempio il fungo estrae zuccheri dalle radici della pianta ma per scambio chimico cede sali minerali, azoto potassio, fosforo. Il processo di infezione viene detto micorrizza. Il fungo cede anche acqua, nel costruire le proteine durante il processo di polimerizzazione tra il gruppo amminico di un amminoacido e il gruppo carbossilico di un secondo, di cui la pianta attraverso l'assorbimento radicale si impadronisce. Si comprende come in caso di siccità questo meccanismo possa essere di grande aiuto. In un altro caso di simbiosi (*Orchidee*), il fungo cede zuccheri alla piantina in crescita, almeno fintanto che non si sviluppa il processo di fotosintesi. Poiché il seme della pianta è estremamente piccolo e non contiene praticamente carboidrati, la simbiosi è qui vitale. I funghi possono anche formare simbiosi con delle alghe per formare i licheni. Questi organismi pionieri sono formati da un fungo (micobionte) e da un'alga verde (fotobionte) e talvolta cianobatteri (o alghe azzurre).

Sistematica

Classificazione scientifica



Flammulina velutipes

Secondo Ainsworth et al. (1973)^[8] il regno dei Funghi veniva suddiviso in due divisioni Myxomycota ed Eumycota. In quest'ultima gli autori individuavano cinque sottodivisioni: Mastigomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina, Basidiomycotina e Deuteromycotina.

Nella rivisitazione del Regno dei Funghi (Hawksworth et al., 1995)^[9] vengono accettati come componenti solo quattro divisioni (Ascomycota, Basidiomycota, Chytridiomycota e Zygomycota) di cui si elencano di seguito i sottordinati taxa:

- **Divisione Ascomycota**
 - Classe Ascomycetes
 - Ordine Elaphomycetales, Helotiales, Pezizales, Sphaeriales, Tuberales
 - Classe Dothiomycetes
 - Classe Pneumocystidomycetes
 - Classe Saccharomycetes
 - Classe Schizosaccharomycetes
 - Classe Taphrinomycetes
- **Divisione Basidiomycota**
 - Classe Basidiomycetes
 - Sottoclasse Aphyllorphoromycetidae
 - Ordine Cantharellales, Clavariales, Corticiales, Ganodermatales
 - Ordine Hericiales, Hymenochaetales, Polyporales, Thelephorales
 - Sottoclasse Gasteromycetidae
 - Ordine Lycoperdales, Sclerodermatales, Nidulariales, Phallales
 - Sottoclasse Hymenomycetidae
 - Ordine Agaricales, Amanitales, Boletales, Cortinariales
 - Ordine Entolomatales, Pluteales, Russulales, Tricholomatales
 - Sottoclasse Phragmomycetidae
 - Ordine Calocera
- **Divisione Chytridiomycota**

- Divisione [Zygomycota](#)

Classificazione empirica

Empiricamente i funghi si possono dividere in:

- micromiceti, spesso agenti patogeni di [micosi](#) o altre [patologie](#);
- macromiceti, i "funghi di bosco" comunemente intesi, che possono essere:
 - [epigei](#) se il [corpo fruttifero](#) si sviluppa sopra il terreno;
 - [ipogei](#) se il corpo fruttifero si sviluppa sotto nel terreno.

I funghi nell'uso umano e come risorsa alimentare

L'uso umano di funghi per la preparazione del cibo e la loro conservazione è ampia ed ha una lunga storia. La coltivazione di funghi e la loro raccolta porta allo sviluppo di grandi industrie in molti paesi. Lo studio degli usi storici e l'impatto sociologico dei funghi è noto come [etnomicologia](#). A causa della capacità di questo gruppo di produrre una gamma enorme di molecole naturali come antimicrobici o di altro, molte specie sono da tempo state utilizzate o sono in fase di sviluppo industriale per la produzione, nel campo farmaceutico, di antibiotici, vitamine e antitumorali o per abbassare il colesterolo. Più di recente, sono stati sviluppati metodi per l'ingegnerizzazione genetica di funghi, con finalità di ingegneria metabolica delle specie fungine. Per esempio, la modificazione genetica di specie di lieviti, facili a crescere a ritmi rapidi in grandi impianti di fermentazione, ha aperto diverse vie nella produzione farmaceutica di principi potenzialmente più efficienti a livello di produzione che non quelli originati da parte degli organismi originali. Usi diversi dei funghi come insetticidi ed altri di lotta biologica integrata, negli interventi ambientali allo scopo di degradare inquinanti chimici pericolosi, l'uso come organismi modello in biologia e l'utilizzo a scopo allucinogeno o comunque psicotropo di una vasta varietà di specie, sono solo alcuni tra le innumerevoli interazioni delle attività umane con il regno dei funghi.

Vari usi alimentari

Il lievito di Birra o [Saccharomyces cerevisiae](#), un fungo unicellulare, è usato per fare il pane e altri prodotti a base di grano, come pizza o altre paste lievitate. Inoltre è la specie di lievito più utilizzata per produrre bevande alcoliche attraverso la [fermentazione alcolica](#), ma sono impiegati anche altre specie di *saccharomyces* e, raramente, non *saccharomyces*. L'[Aspergillus oryzae](#), noto come *kōji-kin* è un ingrediente essenziale nella produzione di salsa [shoyu](#) (di soia), e la preparazione di [miso](#), mentre specie di [Rhizopus](#) sono usate per fare il [tempeh](#). Molti di questi funghi sono specie che sono state selezionate in base alla loro capacità di fermentare gli alimenti senza produrre [micotossine](#) dannose, ad esempio prodotte da aspergilli molto strettamente connessi a organismi utili. Il Quorn, un sostituto della carne, è ottenuto da [Fusarium venenatum](#).

Specie commestibili e velenose

I funghi commestibili, in senso comune sono in genere un'ampia gamma di specie di macromiceti. Molti sono commercialmente coltivate, ma altre devono essere raccolte in natura. [Agaricus bisporus](#), venduto come fungo champignon, dal termine francese indicante genericamente i funghi macroscopici è una specie comunemente mangiata, viene usato in insalate, minestre, e molti altri piatti. Molti funghi asiatici son coltivati su scala commerciale e hanno via via aumentato in popolarità in Occidente. Spesso sono disponibili freschi in negozi e supermercati, tra cui funghi di

muschio ([*Volvariella volvacea*](#)), funghi ostrica ([*Pleurotus ostreatus*](#)), la [*Lentinula edodes*](#) e le [*Flammulina spp.*](#)

Ci sono molte più specie di funghi che vengono raccolti dal loro ambiente naturale per il consumo personale o per la vendita commerciale (prataioli, spugnole, finferli, tartufi, trombette, galletti e funghi porcini) e per tale motivo la domanda impone un prezzo elevato sul mercato. Essi sono spesso utilizzati nei piatti d'alta cucina e di cucina tipica.

Alcuni tipi di formaggi richiedono l'inoculazione di cagliata di latte con le specie fungine che conferiscono un sapore unico e la consistenza particolare del formaggio. Alcuni esempi sono il blu di formaggi come [*Stilton*](#) e [*Roquefort*](#), che sono fatti per inoculazione con [*Penicillium roqueforti*](#). I ceppi utilizzati nella produzione di formaggio non sono tossici e sono quindi sicuri per il consumo umano, tuttavia, micotossine come aflatossine, roquefortine C, patulina, o altre possono accumularsi a causa della crescita di altri funghi durante la stagionatura e la conservazione errata.

Molte specie di funghi sono velenose per l'uomo, con tossicità che producono da lievi problemi digestivi o allergici fino a più gravi come le allucinazioni, gravi danni di organi (spesso il fegato) e la morte.

Generi di funghi contenenti tossine letali includono [*Conocybe*](#), [*Galerina*](#), [*Lepiota*](#), [*Gyromitra*](#), [*Cortinatius*](#) e la più pericolosa, [*Amanita*](#), che comprende anche specie commestibili. Le specie [*Amanita verna*](#), [*Amanita virosa*](#) e [*Amanita phalloides*](#) sono responsabili dei più frequenti avvelenamenti mortali da funghi. La [*Gyromitra esculenta*](#) è a volte considerata una prelibatezza quando è cotta, ma può essere molto tossica se mangiata cruda. Il [*Tricholoma equestre*](#) è stato considerato commestibile fino a essere implicato in avvelenamenti gravi, causando [*rabdomiolisi*](#) anche mortale.

L'[*Amanita muscaria*](#) è anche causa occasionale di avvelenamenti, anche a seguito di ingestione per l'uso come droga, per i suoi effetti allucinogeni dovuti a fenomeni tossici. Storicamente, questa specie è stata utilizzata da diversi popoli in [*Europa*](#) e [*Asia*](#) e il suo utilizzo religioso o sciamanico. L'uso viene segnalato in alcuni gruppi etnici come il popolo [*Koryak*](#) del nord-est della [*Siberia*](#). Poiché è difficile individuare con precisione un fungo sicuro, senza un'adeguata formazione e conoscenza, è spesso consigliato di assumere che un fungo selvatico sia velenoso e quindi non consumarlo.

I funghi vanno comunque consumati, in genere e se non se ne è mai fatto un uso precedente, saltuariamente ed in modiche quantità in quanto spesso contengono carboidrati complessi e poco comuni negli altri alimenti, primo tra tutti, la chitina, che appesantiscono il lavoro dell'apparato digerente. La risposta dell'organismo a simili stimoli è spesso strettamente individuale, escludendo i casi di allergia ed intolleranza alimentare, la dotazione enzimatica dell'organismo umano atta a digerire queste molecole è estremamente variabile e personale.

Leggende e mitologia



Il cosiddetto "cerchio delle streghe"

I funghi, proprio per il fatto che sembrano spuntare dal nulla su terreno o su tronchi di piante nonché per via della velenosità e la pericolosità di talune specie e per via degli effetti allucinogeni di altre, hanno sin dai tempi antichi suscitato la fantasia degli uomini, avvolgendosi in un alone di magia e mistero e divenendo protagonisti di credenze e leggende popolari.

Secondo alcune credenze, infatti, si afferma che i funghi che crescono in "cerchio" siano generati da danze notturne di streghe o di gnomi ("cerchio delle streghe").

Nella Cina antica, ad esempio, il fungo *ku* o *chih* era considerato simbolo di lunga vita, magico, divino e legato in qualche maniera all'immortalità.

Gli [Aztechi](#) ed i [Maya](#) consideravano i funghi allucinogeni "carne divina", per le loro proprietà allucinogene.

Anche nell'[antica Grecia](#), come in [Cina](#), il fungo era considerato simbolo di vita e pertanto divino. Narra infatti una leggenda che l'eroe Perseo, dopo un lungo viaggio, trovandosi stanco ed assetato, si poté rifocillare con dell'acqua raccolta all'interno del cappello di un fungo; per questo motivo decise di fondare in quel posto una nuova città che chiamò [Micene](#) (che deriverebbe così da $\mu\acute{\upsilon}\kappa\eta\varsigma$ *mýkēs* = fungo), dando vita alla [civiltà micenea](#).

Invece nella [Roma antica](#) il fungo, pur apprezzatissimo per le sue qualità culinarie (ad esempio l'[Amanita caesarea](#)), diventò anche simbolo di morte: sono vari gli episodi tra leggenda e realtà legati alla concezione funesta dei funghi. Si narra ad esempio che l'imperatore [Claudio](#) era così ghiotto di funghi che morì proprio a causa di questi: la moglie [Agrippina](#), conoscendo questa sua debolezza culinaria e desiderando mettere sul trono, al suo posto, il figlio di primo letto [Nerone](#), lo avrebbe fatto avvelenare proprio con dei funghi velenosi.

La mitologia nordica, invece, narra che una volta [Odino](#) era inseguito dai diavoli e le gocce di bava rossa che cadevano dalla bocca di [Sleipnir](#), il suo mitico cavallo ad otto zampe, si trasformarono magicamente in funghi rossi.

In [Siberia](#), come racconta James Arthur, un [etnobiologo](#) di fama internazionale, "*gli sciamani usavano e usano il fungo [Amanita muscaria](#) come un sacramento religioso. Essi - dice - entrano attraverso un'apertura del tetto e portano questi funghi (allucinogeni) in grandi sacchi*". Sono vestiti di rosso e bianco, i colori dell'[Amanita](#), che in Siberia cresce nei boschi di conifere.