

**Tomasz Pawłowicz**

Koło Naukowe „Sylwan”

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku

## **PRZEGLĄD GRZYBÓW Z RODZAJU *CORDYCEPS* POD KĄTEM ICH WYKORZYSTANIA W DYWERSYFIKACJI SPOŻYCIA BIAŁKA: POTENCJAŁ, KORZYŚCI I WYZWANIA**

### **Streszczenie**

Artykuł prezentuje dogłębną analizę potencjału grzybów z rodzaju *Cordyceps* jako alternatywnego źródła białka w kontekście dywersyfikacji spożycia białka. W świetle rosnących problemów związanych z tradycyjnymi źródłami białka, takimi jak mięso, nabiał i rośliny strączkowe, ze względu na ich wpływ środowiskowy, etyczny i zdrowotny, wykorzystanie grzybów o bogatych w białko, jak i liczne inne substancje bioaktywne pozytywnie wpływających na organizm, jawi się jako obiecująca alternatywa. Niniejsza praca koncentruje się na charakterystyce biologicznej i morfologicznej dwóch najpowszechniej wykorzystywanych w przemyśle grzybów z rodzaju *Cordyceps*: *Cordyceps militaris* oraz *Cordyceps sinensis*, wskazując na ich różnorodne właściwości i zastosowania. Artykuł zawiera analizę składu aminokwasowego i struktury białek tych grzybów, wskazując na ich znaczące wartości odżywcze oraz potencjalne korzyści zdrowotne. Ponadto, szczegółowo opisano techniki hodowli, podkreślając ich zrównoważony charakter oraz wyzwania z nimi związane. Przegląd pozwala wskazać, że stosowanie grzybów *Cordyceps* w diecie może przynieść korzyści zdrowotne, a dalsze badania mogą prowadzić do rozwoju nowych leków przeciwko chorobom przewlekłym.

### **Abstract**

This article presents an in-depth analysis of the potential of Cordyceps mushrooms as an alternative protein source in the context of diversifying protein intake. In light of the increasing problems associated with traditional protein sources such as meat, dairy and legumes due to their environmental, ethical and health impacts, the use of mushrooms rich in protein, as well as numerous other bioactive substances positively affecting the body, appears as a promising alternative. This paper focuses on the biological and morphological characterisation of the two most widely used industrial mushrooms of the genus Cordyceps: *Cordyceps militaris* and *Cordyceps sinensis*, indicating their various properties and uses. The article analyses the amino acid composition and protein structure of these mushrooms, indicating their significant nutritional value and potential health benefits. In addition, breeding techniques are described in detail, highlighting their sustainability and the challenges associated with them. The review helps to indicate that the use of Cordyceps mushrooms in the diet may provide health benefits, and further research may lead to the development of new drugs against chronic diseases.

**Słowa kluczowe:** Cordyceps, grzyby entomopatogeniczne, związki bioaktywne, alternatywne źródła białka

## Wstęp

Białka są złożonymi makrocząsteczkami pełniącymi kluczowe role w prawie każdym procesie biologicznym w organizmie. Składają się z aminokwasów połączonych wiązaniami peptydowymi i mogą występować w różnych strukturach i rozmiarach. Ich funkcje obejmują działanie jako enzymy, przekaźniki sygnałów, struktury komórkowe i czynniki transportujące (Altschul i in., 1997).

Białko jest niezbędne dla zdrowia ludzkiego, odgrywając kluczową rolę w budowie i naprawie tkanek, produkcji enzymów i hormonów, a także w zapewnieniu źródła energii. Niedobór białka może prowadzić do różnych problemów zdrowotnych, w tym osłabienia układu odpornościowego i opóźnionego wzrostu u dzieci (Ahsan i in., 2003).

Tradycyjne źródła białka obejmują mięso, nabiał i rośliny strączkowe. Każde z tych źródeł ma swoje unikalne właściwości odżywcze i jest ważne w różnych dietach na całym świecie. Mięso i produkty mleczne są cenione za wysoką zawartość białka o pełnym profilu aminokwasowym, podczas gdy rośliny strączkowe są ważnym źródłem białka w dietach wegetariańskich i wegańskich (Germano i in., 2012). Tradycyjne źródła białka wiążą się z różnymi wyzwaniami środowiskowymi, etycznymi i zdrowotnymi. Produkcja mięsa ma znaczący wpływ na środowisko, w tym emisję gazów cieplarnianych i zużycie wody. Kwestie etyczne dotyczące dobrostanu zwierząt również budzą obawy. Ponadto, nadmierne spożycie czerwonego mięsa i przetworzonych produktów mięsnych zostało powiązane z podwyższonym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych i niektórych rodzajów raka (Willett i in., 2019).

Grzyby stanowią obiecujące alternatywne źródło białka, które może pomóc w rozwiązaniu niektórych z tych wyzwań. Są one niskokaloryczne, mają wysoką zawartość białka i błonnika, a także zawierają różne witaminy i minerały. Grzyby mogą być uprawiane w sposób zrównoważony i mają znacznie mniejszy wpływ na środowisko w porównaniu z tradycyjnymi źródłami białka (Finkel, Holbrook, 2000).

Badania nad grzybami jako źródłem białka koncentrują się na ich wartości odżywczej, potencjale w dietach specjalnych oraz możliwościach zastosowania w przemyśle spożywczym. Grzyby są badane pod kątem ich zdolności do zastąpienia mięsa w produktach spożywczych, co ma znaczenie dla zdrowia publicznego i zrównoważonego rozwoju (Erjavec i in., 2012).

*Cordyceps* (maczużnik) to rodzaj grzybów, który od dawna jest wykorzystywany w medycynie tradycyjnej w Azji ze względu na swoje rzekome właściwości lecznicze. Grzyby te są znane z wysokiej zawartości białka i unikalnych składników bioaktywnych, które mogą przynosić korzyści zdrowotne, wobec czego mogą stanowić doskonałe alternatywne źródło białka (de Jong, 2008).

## Grzyby *Cordyceps*

Rodzaj grzybów *Cordyceps*, jest znany ze swojej unikalnej zdolności do pasożytowania na owadach i innych stawonogach. Grzyby te charakteryzują się wyjątkowym cyklem życiowym, w którym mycelium infekuje swojego żywiciela, zastępując jego tkanki i ostatecznie tworząc owocnik na ciele gospodarza (Paterson, 2008). Grzyby *C.* są cenione w tradycyjnej medycynie chińskiej ze względu na swoje liczne właściwości zdrowotne i jest często wykorzystywany jako tonik wzmacniający organizm.

W obrębie rodzaju *Cordyceps* istnieje wiele gatunków, z których najbardziej znane to *Cordyceps militaris* (tab. 1) i *Cordyceps sinensis* (tab. 2). Te gatunki różnią się od siebie zarówno morfologicznie, jak i biologicznie, a także miejscem występowania i gospodarzami, na których pasożytują (Paterson, 2008).

**Tabela 1. Klasyfikacja taksonomiczna *Cordyceps militaris***

Domena	eukarionty
Królestwo	grzyby
Typ	workowce
Klasa	<i>Sordariomycetes</i>
Rząd	<i>Hypocreales</i>
Rodzina	<i>Cordycipitaceae</i>
Rodzaj	<i>Cordyceps</i>
Gatunek	<i>Cordyceps militaris</i> (L.) Fr. (1818)

**Tabela 2. Klasyfikacja taksonomiczna *Cordyceps sinensis***

Domena	eukarionty
Królestwo	grzyby
Typ	workowce
Klasa	<i>Sordariomycetes</i>
Rząd	<i>Hypocreales</i>
Rodzina	<i>Ophiocordycipitaceae</i>
Rodzaj	<i>Ophiocordyceps</i>
Gatunek	<i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora

### *Cordyceps militaris*

*C. militaris* jest jednym z bardziej znanych i szeroko badanych gatunków w rodzaju *C.* (fot. 1). Charakteryzuje się jaskrawo pomarańczowymi owocnikami i jest znany z występowania w różnych regionach świata, w tym w Azji i Europie (Paterson, 2008). *C. militaris* od dawna jest wykorzystywany

w tradycyjnej medycynie chińskiej. Jego zastosowanie sięga setek lat wstecz, gdzie był stosowany jako środek wzmacniający, poprawiający wydolność i ogólną witalność organizmu (Zhu i in., 1998).



**Fotografia 1. Maczuźnik bojowy (*C. militaris*)**

Źródło: opracowanie własne

*C. militaris* zawiera szereg aktywnych składników biochemicznych, w tym polisacharydy, peptydy, nukleozydy i sterole. Te związki wykazują różnorodne działania farmakologiczne, w tym przeciwnowotworowe, przeciwutleniające, immunomodulujące i hipolipemiczne (Paterson, 2008).

### ***Cordyceps sinensis***

*C. sinensis*, znany również jako chiński grzyb gąsienicowy, jest gatunkiem grzybów należącym do rodziny *Cordycipitaceae*. Jest to pasożyt owadów, który rozwija się wewnątrz larw różnych gatunków motyli, a następnie



tworzy owocnik wyrastający z ciała swojego żywiciela. *C. sinensis* jest cenniejszy w tradycyjnej medycynie chińskiej ze względu na swoje liczne właściwości lecznicze (Zhu i in., 1998).

*C. sinensis* od wieków jest stosowany w tradycyjnej medycynie chińskiej. Uważany jest za cenny środek wzmacniający zdrowie, poprawiający wydolność fizyczną i seksualną, a także jako środek przeciwstarzeniowy. Jego popularność wynika z przekonania o zdolności do zwiększania energii życiowej i poprawy funkcji wielu narządów wewnętrznych (Zhu i in., 1998). Zawiera on szereg aktywnych składników, w tym polisacharydy, peptydy, nukleozydy (np. kordycepinę) oraz różne witaminy i minerały. Te związki wykazują działanie przeciwutleniające, przeciwzapalne, immunomodulujące oraz mogą mieć korzystny wpływ na zdrowie serca i układu krążenia. Badania sugerują również potencjalne działanie przeciwnowotworowe i poprawiające metabolizm (Zhu i in., 1998).

### **Hodowla grzybów *Cordyceps***

Maczuźniki mają specyficzny cykl życiowy - jest grzybem entomopatogenicznym, co oznacza, że jego naturalnymi żywicielami są owady. Cykl życiowy grzyba rozpoczyna się, gdy zarodniki infekują owada, często poprzez bezpośredni kontakt. Po infekcji, grzybnia (mycelium) rozwija się wewnątrz ciała owada, konsumując jego wewnętrzne organy i ostatecznie zabijając go. Po śmierci żywiciela, grzyb wytwarza owocnik, który wyłania się z ciała owada. Owocnik ten produkuje zarodniki, które są następnie rozprzestrzeniane w środowisku, rozpoczynając nowy cykl życiowy (Rodriguez i in., 2009).

Grzyby *C.* wykorzystują owady jako żywicieli do swojego rozwoju. Ta interakcja jest przykładem złożonej relacji pasożytniczej, w której grzyb korzysta z zasobów żywiciela do własnego rozwoju i reprodukcji. Interesujące jest to, że różne gatunki *C.* bardzo często specjalizują się w infekowaniu konkretnych gatunków owadów, co świadczy o wysokim stopniu adaptacji i koewolucji między tymi organizmami (Gao i in., 2011).

Zarodniki grzybów *C.* są przystosowane do przetrwania w różnych warunkach środowiskowych, co zwiększa szanse na zainfekowanie nowego żywiciela. W laboratorium, hodowla *C.* może być przeprowadzana na sztucznych podłożach, co umożliwia badanie i wykorzystanie tego grzyba w różnych celach, w tym medycznych i komercyjnych (Gao i in., 2011).

### **Warunki hodowli *C. militaris***

Hodowla *C. militaris* wymaga specjalnie dostosowanych warunków środowiskowych. Badanie przeprowadzone przez Spirilai i in. współpracowników (2023) podkreśla znaczenie odpowiedniego źródła azotu w hodowli

*C. militaris*. Używając ekstraktu z nasion roślin jako źródła azotu, badacze osiągnęli wyższą produkcję cordycepinu, kluczowego związku bioaktywnego w *C. militaris*. To podkreśla, jak ważne jest dostosowanie składników odżywczych w hodowli. Temperatura i wilgotność są również kluczowe dla optymalnego wzrostu grzybnii. Chociaż konkretne dane na temat tych warunków nie zostały znalezione w dostępnych badaniach, ogólnie przyjmuje się, że *C. militaris* najlepiej rośnie w umiarkowanych temperaturach i przy wysokiej wilgotności.

Techniki laboratoryjne stosowane w hodowli *C. militaris* obejmują kontrolę warunków środowiskowych, takich jak temperatura, wilgotność i składniki odżywcze (fot. 2). W pracy Llanaj i in. (2023) omówiono zastosowanie biotechnologii w hodowli grzybów, co ma zastosowanie również do *C. militaris*. Biotechnologia pozwala na precyzyjne kontrolowanie warunków hodowli, co jest kluczowe dla optymalizacji wzrostu i produkcji związków bioaktywnych.



**Fotografia 2. Hodowla laboratoryjna grzybów *C. militaris***

Źródło: <https://www.medicalnewstoday.com/>

Analiza kosztów i wydajności hodowli *C. militaris* jest złożona i zależy od wielu czynników, w tym od skali produkcji i zastosowanych technologii. Patthirasinsiri (2023) badał postawy konsumentów wobec nowych na rynku produktów ziołowych i grzybowych. Podkreśla on rosnące zainteresowanie konsumentów produktem, co może przekładać się na wyższą opłacalność hodowli.

## Warunki hodowli *C. sinensis*

*C. sinensis*, znany również jako *Ophiocordyceps sinensis* rozwija się podobnie jak *C. militaris* na larwach owadów, jednak w warunkach hodowlanych najczęściej stosuje się larwy *Hepialus xiaojinensis*.

Hodowla *C. sinensis* napotyka na specyficzne wyzwania, takie jak zapewnienie odpowiednich żywicieli i kontrola środowiska hodowlanego. Znalezienie i utrzymanie odpowiednich warunków dla larw, które są żywicielami dla *C. sinensis*, jest kluczowe dla sukcesu hodowli. Ponadto, kontrola środowiska hodowlanego, w tym temperatura, wilgotność i inne czynniki, jest niezbędna dla optymalnego wzrostu grzybni.

Porównanie kosztów i efektywności hodowli *C. sinensis* z *C. militaris* jest złożone. *C. militaris* jest łatwiejszy do hodowli w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, co może być mniej kosztowne i bardziej przewidywalne niż hodowla *C. sinensis*, która wymaga specyficznych żywicieli i bardziej złożonych warunków środowiskowych. Dodatkowo, Llanaj i in. (2023) oraz Bhagarathi i in. (2023) podkreślają znaczenie biotechnologii i innowacyjnych metod hodowli w produkcji grzybów, co może mieć zastosowanie do obu gatunków *C.*

## Skład aminokwasowy i struktura białek

### *C. militaris*

Aminokwasy w *C. militaris* odgrywają kluczową rolę w jego właściwościach leczniczych i odżywczych. W jednym z badań stwierdzono, że *C. militaris* zawiera różnorodne składniki bioaktywne, w tym polisacharydy, sterole i terpenoidy, które są przygotowywane przy użyciu 15 różnych rozpuszczalników z 53 gatunków grzybów (Nandi i in., 2023).

*C. militaris* ma zbliżony profil aminokwasowy do *C. sinensis*, również zawiera pełny zestaw niezbędnych aminokwasów. Białka w *C. militaris* stanowią około 20-25% suchej masy (Kim i in., 2015). Aminokwasy niezbędne obecne w *C. militaris* obejmują izoleucynę, leucynę, lizynę, metioninę, fenyloalaninę, treoninę, tryptofan i walinę (Yong i in., 2019). Podobnie jak w przypadku *C. sinensis*, *C. militaris* zawiera również niezbędne aminokwasy siarkowe, takie jak cysteina i metionina (Yong i in., 2019).

*C. militaris* zawiera również inne składniki odżywcze, takie jak polisacharydy, które wykazują działanie przeciw zmęczeniowe poprzez osie jelitowo-mięśniowe. Te polisacharydy mogą być aktywowane podczas przetwarzania żywności lub trawienia w przewodzie pokarmowym, wywierając unikalne efekty (Zhou i in., 2023). Ponadto, *C. militaris* zawiera bioaktywne peptydy, które są znane ze swoich właściwości antyoksydacyjnych, przeciwstarzeniowych, przeciwbakteryjnych, przeciwzapalnych i przeciw nadciśnieniowych, a także wspomagają poprawę pamięci i funkcji poznawczych (Li i in., 2023).

### ***C. sinensis***

W *C. sinensis* białka stanowią około 28,4-32,6% suchej masy, a ich skład aminokwasowy obejmuje zarówno niezbędne, jak i nieistotne aminokwasy (Li i in., 2023). Niezbędne aminokwasy to te, których organizm nie może sam wyprodukować i muszą być dostarczane wraz z dietą. W *C. sinensis* obecne są aminokwasy takie jak izoleucyna, leucyna, lizyna, metionina, fenyloalanina, treonina, tryptofan i walina (Li i in., 2001). Ponadto, *C. sinensis* zawiera również niezbędne aminokwasy siarkowe, jak cysteina i metionina, które odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu zdrowia i prawidłowym funkcjonowaniu organizmu (Wang i in., 2010).

Aminokwasy w *C. sinensis* odgrywają kluczową rolę w jego właściwościach leczniczych i odżywczych. *C. sinensis* ponadto ma pozytywny wpływ na przewlekłe choroby ludzkie, takie jak m.in. cukrzyca (Liu i in., 2023). *C. sinensis* zawiera różnorodne składniki bioaktywne, które mają pozytywny wpływ na zdrowie. Biotechnologiczny potencjał metabolitów wtórnych, w tym tych występujących w *C. sinensis* został już wykazany w badaniach (Khan i in., 2023). Te związki, w tym aminokwasy, peptydy, polisacharydy i inne bioaktywne składniki, mają szeroki zakres działania, w tym antyoksydacyjne, przeciwzapalne i immunomodulujące.

Podobnie jak *C. militaris*, *C. sinensis* zawiera również inne składniki odżywcze, m.in. jak polisacharydy mogące wspierać funkcjonowanie układu odpornościowego i wykazywać działanie przeciwzapalne.

### **Dyskusja**

Białko jest jednym z kluczowych składników odżywczych w *C. militaris* i *C. sinensis*. Oba te gatunki grzybów zostały dokładnie przebadane, aby zrozumieć ich zawartość białka oraz potencjał jako źródło białka w diecie. Badania przeprowadzone przez Nandi i in. (2023) wykazały, że *C. militaris* może zawierać znaczną ilość białka, co czyni go interesującym źródłem tego składnika. Również badania Liu i in. (2023) potwierdziły, że *C. sinensis* jest bogatym źródłem białka o potencjalnym wpływie na zdrowie człowieka.

Hodowla *C. militaris* i *C. sinensis* staje się coraz ważniejsza z uwagi na ich wartość odżywczą i potencjał terapeutyczny. Badania przeprowadzone przez Rathod i in. (2023) ukierunkowane na ulepszanie szczepów *C. militaris* podkreślają znaczenie hodowli tych grzybów. Warto zaznaczyć, że hodowla pozwala kontrolować jakość i zawartość składników odżywczych, w tym białka, co jest istotne z punktu widzenia zrównoważonego wykorzystania tych grzybów.

Porównanie *C. militaris* i *C. sinensis* ujawnia istotne różnice i podobieństwa w ich składzie białkowym. Prace badawcze przeprowadzone przez Khan i in. (2023) sugerują, że oba te gatunki grzybów różnią się składem



aminokwasów, co może wpływać na ich działanie terapeutyczne. Z drugiej strony, Turk i in. (2023) podkreślają podobieństwa w zawartości cordycepin w *C. militaris* i *C. sinensis*, co może mieć znaczenie w kontekście prowadzonych terapii.

Oba gatunki grzybów mają potencjał jako innowacyjne źródło białka w diecie. Badania przeprowadzone przez Liu i in. (2023) sugerują, że skład aminokwasowy tych grzybów może przyczyniać się do różnorodnych korzyści zdrowotnych. Ich zdolność do wzmacniania układu odpornościowego i potencjalne właściwości przeciwnowotworowe czynią je atrakcyjnym składnikiem diety.

Zastosowanie *C. militaris* i *C. sinensis* w diecie może mieć pozytywny wpływ na zdrowie człowieka. Badania Prescott i in. (2023) podkreślają znaczenie grzybów jako źródeł leków przeciw przewlekłym chorobom. Składniki odżywcze, w tym białko, w tych grzybach mogą wspomagać zdrowie i dobrostan.

Wartości odżywcze *C. ów* warto porównać z tradycyjnymi źródłami białka, takimi jak mięso czy rośliny strączkowe. Badania przeprowadzone przez Khan i in. (2023) pozwalają ocenić, jak te grzyby wypadają w porównaniu do innych produktów spożywczych pod względem zawartości białka i innych składników odżywczych.

Chociaż *C. militaris* i *C. sinensis* mają duży potencjał, to istnieją wyzwania związane z ich hodowlą i badaniami. Prace badawcze przeprowadzone przez Rathod i in. (2023) sugerują, że dalsze prace nad ulepszaniem szczepów i optymalizacją procesów hodowlanych są konieczne. Rozwój hodowli obu grzybów może przynieść korzyści zarówno w kontekście produkcji żywności, jak i medycyny. Badania nad zrównoważonym wykorzystaniem tych grzybów są ważne dla zachowania ich populacji w warunkach naturalnych.

Dalsze badania nad grzybami są niezbędne, aby lepiej zrozumieć ich potencjał terapeutyczny i wartość odżywczą. Przyszłe badania powinny skupić się na identyfikacji nowych składników i mechanizmów działania tych grzybów.

Przyszłe odkrycia związane z *C. militaris* i *sinensis* mogą mieć istotny wpływ na żywienie i medycynę. Możliwe jest wykorzystanie tych grzybów jako składników diety lub źródeł leków do leczenia różnych schorzeń.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań w oparciu o literaturę specjalistyczną sformułowano następujące wnioski:

1. *C. militaris* i *C. sinensis* są cennymi źródłami białka. Oba gatunki wykazują potencjał jako innowacyjne źródło białka w diecie, mogące wspomagać układ odpornościowy i mieć potencjalne właściwości przeciwnowotworowe.

2. Hodowla *C. militaris* i *C. sinensis* ma kluczowe znaczenie dla kontrolowania jakości i zawartości składników odżywczych tych grzybów oraz dla zrównoważonego wykorzystania ich populacji.
3. Istnieją istotne różnice w składzie aminokwasów między *C. militaris* a *C. sinensis*, co może wpływać na ich działanie terapeutyczne i potencjał zdrowotny.
4. Zastosowanie *C. militaris* i *C. sinensis* w diecie może przynieść korzyści zdrowotne, a badania nad nimi mogą prowadzić do rozwoju nowych leków przeciw chorobom przewlekłym.
5. Wartości odżywcze obu gatunków można porównać z tradycyjnymi źródłami białka, aby ocenić ich miejsce w diecie i potencjalne korzyści zdrowotne.
6. Dalsze badania nad składem, właściwościami i hodowlą *C. militaris* i *C. sinensis* są niezbędne, aby pełniej zrozumieć ich potencjał i możliwości zastosowania. W kontekście przyszłości, przyszłe odkrycia mogą mieć istotny wpływ na żywienie i medycynę, otwierając nowe perspektywy dla zdrowia i dobrostanu ludzi

### Piśmiennictwo

1. Ahsan H., Ali A., Ali R. (2003), Oxygen free radicals and systemic autoimmunity. *Clinical & Experimental Immunology*, 131, 3, pp. 398-404.
2. Altschul S.F., Madden T.L., Schäffer A.A., Zhang J., Zhang Z., Miller W., Lipman D.J. (1997), Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic acids research*, 25, 17, pp. 3389-3402.
3. Bhagarathi, L.K., Subramanian, G. and DaSilva, P.N. (2023), A review of mushroom cultivation and production, benefits and therapeutic potentials. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 15, 2, pp. 1-56.
4. De Jong S. (2008), Drug delivery and nanoparticles: Applications and hazards. *International Journal of Nanomedicine*, 3, 2, pp. 133-149.
5. Erjavec J., Kos J., Ravnikar M., Dreo T. and Sabotič J. (2012), Proteins of higher fungi—from forest to application. *Trends in biotechnology*, 30, 5, pp. 259-273.
6. Finkel T., Holbrook N.J. (2000), Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*, 408, 6809, pp. 239-247.
7. Gao Q., Jin K., Ying S.H., Zhang Y., Xiao G., Shang Y., Duan Z., Hu X., Xie X.Q., Zhou G., Peng G. (2011), Genome sequencing and comparative transcriptomics of the model entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. acridum*. *PLoS Genetics*, 7, 1, pp. 1001264.
8. Germano G., Hoes A., Karadeniz S., Mezzani A., Prescott E., Ryden L., Scherer M., Syvanne M., Reimer W.J., Vrints C., Zamorano J.L. (2012), European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). *Eur Heart J*, 33, pp. 1635-701.

9. Khan S.S., Kour D., Ramniwas S., Singh S., Kumar S., Kour S., Sharma R., Kour H., Rasool S., Rustagi S. and Singh S. (2023), Biotechnological potential of secondary metabolites: Current status and future challenges. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 11, pp. 11-30.
10. Kim S.W., Hwang H.J., Xu C.P., Sung J.M., Choi J.W., Yun J.W. (2015), Optimization of submerged culture conditions for the production of mycelial biomass and exo-biopolymer by *C. militaris* C738. *Journal of Applied Microbiology*, 94, 1, pp. 120-126.
11. Li H., Gao J.A., Zhao F., Liu X. and Ma B. (2023), Bioactive peptides from edible mushrooms – the preparation, mechanisms, structure – activity relationships and prospects. *Foods*, 12, 15, p. 2935.
12. LIU H., LIU X., XIE J. and CHEN S. (2023), Structure, function and mechanism of edible fungus polysaccharides in human beings chronic diseases. *Food Science and Technology*, 43.
13. Li S.P., Li P., Lai C.M., Gong Y.X., Kan K.K., Dong T.T. (2001), Simultaneous determination of ergosterol, nucleosides, and their bases from natural and cultured *C.* by pressurized liquid extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 7, pp. 3168-3173.
14. Llanaj X., Törös G., Hajdú P., Abdalla N., El-Ramady H., Kiss, A., Solberg S. Ø., Prokisch J. (2023), Biotechnological Applications of Mushrooms under the Water-Energy-Food Nexus: Crucial Aspects and Prospects from Farm to Pharmacy. *Foods*, 12, 14, p. 2671.
15. Nandi S., Sikder R., Rapior S., Arnould S., Simal-Gandara J. and Acharya K. (2023), A review for cancer treatment with mushroom metabolites through targeting mitochondrial signaling pathway: In vitro and in vivo evaluations, clinical studies and future prospects for mycomedicine. *Fitoterapia*, p. 105681.
16. Paterson R.R.M. (2008), Cordyceps – a traditional Chinese medicine and another fungal therapeutic biofactory?. *Phytochemistry*, 69(7), pp. 1469-1495.
17. Patthirasinsiri N. (2023), Exploring consumer attitudes: Organic herb cordyceps and intention to purchase. *International Journal of Data and Network Science*, 7, 4, pp. 1603-1612.
18. Prescott T.A., Hill R., Mas-Claret E., Gaya E. and Burns E. (2023), Fungal Drug Discovery for Chronic Disease: History, New Discoveries and New Approaches. *Biomolecules*, 13, 6, p. 986.
19. Rathod L.B., Pasha S.M., Rajan A. and Pasha C. (2023), Sequential Strain Improvement of *Cordyceps militaris*. *Journal of Advances in Microbiology*, 23, 3, pp. 13-20.
20. Rodriguez R.J., White Jr, J.F., Arnold A.E. and Redman A.R.A. (2009), Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New phytologist*, 182, 2, pp. 314-330.
21. Sripilai K., Chaicharoenaudomrung N., Phonchai R., Chueaphromsri P., Kunhorm P. and Noisa P. (2023), Development of an animal-free nitrogen source for the liquid surface culture of *Cordyceps militaris*. *Letters in Applied Microbiology*, 76, 5, pp. 23-55.

22. Turk A., Lee S., Yeon S.W., Ryu S.H., Han Y.K., Kim Y.J., Ko S.M., Kim B.S., Hwang B.Y., Lee K.Y. and Lee M.K. (2023), Adenosine Deaminase Inhibitory Activity of Medicinal Plants: Boost the Production of Cordycepin in *Cordyceps militaris*. *Antioxidants*, 12, 6, p.1260.
23. Yong T., Zhang M., Chen D., Shuai O., Chen S., Su J. (2019), Nutrient compositions and antioxidant capacity of 34 edible macrofungi from Southwest China. *Food Science & Nutrition*, 7, 5, pp. 1695-1703.
24. Wang X., Yin H., Li Y. (2010), The comparison of the contents of sugar, fat, and protein in *C. sinensis* and its substitutes. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 4, 11, pp. 793-796.
25. Willett W., Rockström J., Loken B., Springmann M., Lang T., Vermeulen S., Garnett T., Tilman D., DeClerck F., Wood A., Jonell M. (2019), Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393, 10170, pp. 447-492.
26. Zhou Y., Chu Z., Luo Y., Yang F., Cao F., Luo F. and Lin Q. (2023), Dietary polysaccharides exert anti-fatigue functions via the gut-muscle axis: Advances and prospectives. *Foods*, 12(16), p. 3083.
27. Zhu J.S., Halpern G.M. and Jones K. (1998), The scientific rediscovery of an ancient Chinese herbal medicine: *Cordyceps sinensis* Part I. *The Journal of alternative and complementary medicine*, 4, 3, pp. 289-303.