

DOI:10.16861/j.cnki.zggc.2025.0649

# 黄伞研究进展及应用现状

张晓佳, 韩 闯, 孙嘉泽, 赵彦姝, 戴肖东, 张先成

(黑龙江省科学院微生物研究所·国家食用菌种质资源库 哈尔滨 150010)

**摘要:** 黄伞作为一种兼具食用与药用价值的真菌资源,近年来在生物学特性、栽培技术及活性价值应用领域取得显著进展。本文梳理黄伞的生物学特性、栽培技术、药理活性及应用现状,揭示其在抗肿瘤、抗氧化、免疫调节等方面的潜力,并深入分析其产业化发展面临的现实挑战与未来前景,旨在为黄伞资源的深度开发与高效利用提供理论依据。

**关键词:** 黄伞;生物学特性;栽培现状;药理活性;产业化应用

**中图分类号:** S646

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-2871(2026)03-009-06

## Research progress and application status of *Pholiota adiposa*

ZHANG Xiaojia, HAN Chuang, SUN Jiaze, ZHAO Yanshu, DAI Xiaodong, ZHANG Xiancheng

(Institute of Microbiology, Heilongjiang Academy of Sciences/National Collection of Edible Fungi, Harbin 150010, Heilongjiang, China)

**Abstract:** *Pholiota adiposa* is a fungal resource with both edible and medicinal values. In recent years, significant progress has been made in the fields of biological characteristics, cultivation techniques and the application of active values. This paper systematically reviews the biological characteristics, cultivation techniques, pharmacological activity, and current status of application research of *Pholiota adiposa*. It reveals its functional potential in anti-tumor, anti-oxidation, immune regulation. Moreover, it conducts an in-depth analysis of the practical challenges and future prospects faced by its industrial development. The aim is to provide a theoretical basis for the in-depth development and efficient utilization of *Pholiota adiposa* resources.

**Key words:** *Pholiota adiposa*; Biological characteristics; Cultivation status; Pharmacological activity; Industrial application

黄伞(*Pholiota adiposa*)学名多脂鳞伞,属担子菌门球盖菇科鳞伞属(*Pholiota*)<sup>[1-2]</sup>。黄伞自然分布于黑龙江、吉林、云南、山西、陕西、河南、河北、甘肃、新疆等地,8—10月生于杨、柳、桦等阔叶树树干上,单生至丛生,多数丛生<sup>[3]</sup>。子实体色泽金黄、菌盖与菌柄表面均覆盖有密集的褐色鳞片状结构,肉质肥厚、滑嫩爽口、风味独特,富含蛋白质以及多种维生素和微量元素,具有较高的营养保健价值<sup>[4]</sup>。研究表明,黄伞具有增强免疫功能、抗肿瘤、抗氧化、降血脂等多种药用功效<sup>[5-12]</sup>。

近年来,随着对真菌资源开发利用的深入,黄伞在食用价值、药用价值及产业化应用等领域逐渐成为研究的热点。因此,笔者从黄伞的生物学特性、栽培现状、药理活性及产业化应用等4个方面系统梳理其研究进展,以期为黄伞的深度开发提供参考。

## 1 生物学特性

### 1.1 形态学特性

黄伞子实体单生或丛生,菌盖直径5~12 cm,初期半球形,后渐平展,表面覆盖黄褐色鳞片<sup>[13]</sup>。菌柄圆柱形,长4~11 cm,粗0.6~1.3 cm,表面有白色或褐色反卷鳞片<sup>[14]</sup>(图1-A);其担孢子椭圆形或长椭圆形,锈色,表面光滑(图1-B);菌丝具横隔和锁状联合,并形成浓密的气生菌丝;生理成熟时有大量深黄色至褐色水珠状分泌物<sup>[15-18]</sup>(图1-C~D)。

### 1.2 生活习性

黄伞为中低温型变温结实性木腐菌<sup>[19]</sup>,主要分布于亚洲的中国、日本及欧洲等地,多生于柳树、杨树、桦树等阔叶林的枯干、倒木上<sup>[20]</sup>。菌丝生长温度范围5~35℃,最适温度23~26℃;子实体形成温度

收稿日期:2025-09-10;修回日期:2025-11-14

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZBZ202506003)

作者简介:张晓佳,女,在读博士研究生,研究方向为食用菌种质资源评价与利用。E-mail:zhangxiaojia1998@163.com

通信作者:戴肖东,男,研究员,研究方向为食用菌种质资源利用与遗传育种。E-mail:heiweihlj@126.com

张先成,男,正高级工程师,研究方向为微生物。E-mail:zhangxiancheng@yeah.net

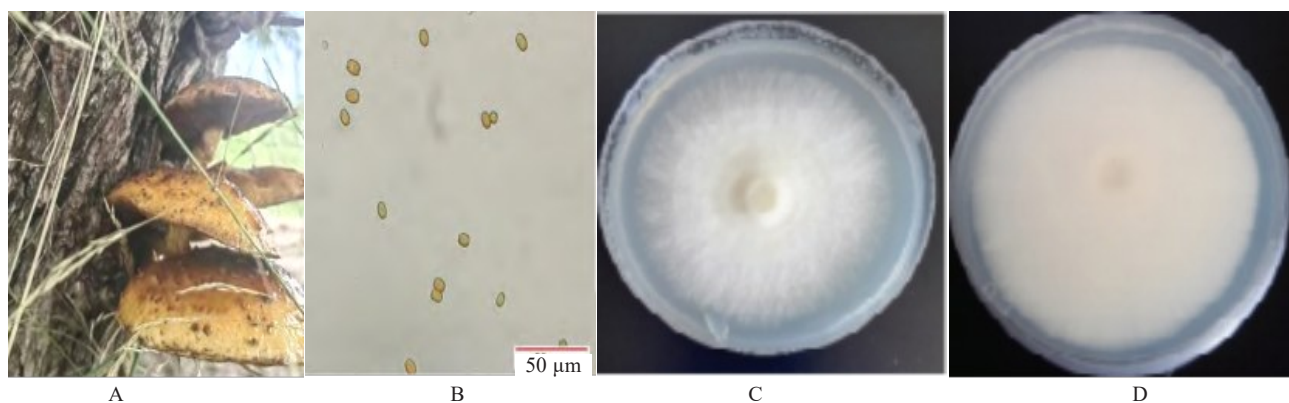


图1 野生黄伞子实体(A)、孢子显微观察(B)、菌落正面(C)、菌落反面(D)

Fig. 1 Wild fruiting body of *Pholiota adiposa*(A), microscopic observation spores(B), front (C) and back (D) characteristics of *Pholiota adiposa* mycelial colonies

8~18 °C,最适温度 15~18 °C<sup>[16]</sup>。

### 1.3 生长发育条件

黄伞的主要栽培原料有木屑、棉籽壳、玉米芯等,栽培料配方筛选试验显示,木屑为主料的配方菌丝长速最快,且提高其中麸皮含量可进一步加快菌丝生长;棉籽壳与玉米芯复合主料配方生物学效率最高,达 79.98%,农艺性状佳,粗多糖和粗脂肪含量最高,粗纤维含量中等,综合营养品质最优<sup>[21]</sup>。此外,研究表明,黄伞生长具有特定的环境适应性,其最适生长环境的 pH 为 6.0~6.5。在出菇阶段,良好的通风条件能够为子实体的生长发育提供充足的氧气,促进其正常生长,进而有效提高产量。在光照方面,黄伞菌丝生长与光照条件密切相关,持续光照会对菌丝生长产生抑制作用;然而,在发菌中后期,给予适当的光照刺激,则有助于原基的形成<sup>[22]</sup>。

## 2 栽培现状

黄伞人工栽培的历史相对较短。1946年,Batko等<sup>[23]</sup>率先开展了关于黄伞5个品种孢子差异的研究工作。1985年,苗长海<sup>[24]</sup>利用棉籽壳作为培养基,首次成功实现了黄伞的人工驯化。2003年,黄清荣等<sup>[25]</sup>采用液体培养技术开展黄伞菌种的培育工作,该研究为黄伞菌丝体的发酵工艺优化奠定了基础。此后,黄伞在栽培配方、药用成分开发、价值评估等方面取得较大进展。

### 2.1 袋料栽培法

在袋料栽培方面,研究人员利用不同的栽培配方,对黄伞进行生产,发现不同配方的生物学效率存在差异<sup>[26-30]</sup>。如表1所示,胡清秀等<sup>[26]</sup>采用不同的配方对黄伞进行栽培发现,不同栽培料配方,黄伞产量不同。万伍华等<sup>[27]</sup>发现不同品种的黄伞,栽培

配方相同,生物学效率存在差异。

### 2.2 液体发酵法

在液体发酵培养方面,黄伞菌丝的液体培养温度在 25 °C左右,最适 pH 为 5.0~6.0,转速为 150 r·min<sup>-1</sup><sup>[31-36]</sup>(表2)。

## 3 活性成分与药理价值

### 3.1 营养成分

黄伞子实体除含有蛋白质、脂肪、纤维素及多种维生素和无机盐外,还含有氨基酸、多糖、麦角固醇等多种生物活性物质<sup>[37]</sup>。其中,蛋白质含量高达 19.08%,总水溶性多糖含量为 40.54%,含 16 种氨基酸,必需氨基酸占比 42%<sup>[12]</sup>。

王晓岩<sup>[13]</sup>对人工栽培黄伞进行了化学成分的分析提取,结果如表3所示,黄伞子实体内含酯类化合物 7 种、酸类 1 种、烷烃类 2 种、醛类 1 种。

### 3.2 药理活性

**3.2.1 抗肿瘤** Wang等<sup>[38]</sup>利用黄伞乙醇提取物(EPA)来确定肝癌治疗的可能靶点,并分析其对肠道微孔的影响,发现 EPA 通过促进细胞凋亡和抑制血管生成,在体内表现出抗肿瘤活性。ELISA 结果表明,EPA 可能通过提高血清中的 IL-2、IL-6 和 IFN- $\gamma$  水平来增强免疫反应。H&E 染色和 TUNEL 染色用于观察肿瘤细胞的凋亡情况,结果显示,EPA 在 H22 荷瘤小鼠中通过诱导肿瘤细胞死亡/凋亡表现出显著的抗肿瘤效果。Zhou等<sup>[39]</sup>对黄伞多糖进行纯化处理,得到 SPAP2-1 和 SPAP2-2 两种多糖组分,发现 SPAP2-1 对 HeLa 细胞的细胞周期有很强的干扰作用,诱导细胞凋亡,可能具有用作肿瘤细胞抑制剂的潜力。

**3.2.2 抗氧化** 贺智杰等<sup>[40]</sup>用不同化学试剂对黄伞

表1 黄伞袋料栽培配方  
Table 1 Bag cultivation substrate formulas for *Pholiota adiposa*

黄伞种类 Type of <i>Pholiota adiposa</i>	配方 Formulation	生物学效率 Biological efficiency/%	参考文献 Reference
黄伞 <i>Pholiota adiposa</i> (Fr.) Quél	①棉籽壳 88%, 麸皮 10%, 石膏粉 1%, 过磷酸钙 1%。②棉籽壳 68%, 杂木屑 20%, 麸皮 10%, 石膏粉 1%, 过磷酸钙 1%。③棉籽壳 78%, 玉米芯粉 10%, 麸皮 10%, 石膏粉 1%, 过磷酸钙 1% ①Cottonseed hulls 88%, bran 10%, gypsum 1%, superphosphate 1%. ② Cottonseed hulls 68%, mixed sawdust 20%, bran 10%, gypsum 1%, calcium superphosphate 1%. ③ Cottonseed hulls 78%, corn cob flour 10%, bran 10%, gypsum powder 1%, calcium superphosphate 1%	100~120	[26]
黄柳菇 999 <i>Pholiota adiposa</i> 999	木屑 40%, 棉子壳 35%, 麸皮 17%, 玉米粉 5%, 白糖 2%, 石膏粉 1% Sawdust 40%, cottonseed hulls 35%, bran 17%, corn flour 5%, white sugar 2%, gypsum powder 1%	35.90	[27]
黄伞 1号 <i>Pholiota adiposa</i> No. 1	木屑 40%, 棉子壳 35%, 麸皮 17%, 玉米粉 5%, 白糖 2%, 石膏粉 1% Sawdust 40%, cottonseed hulls 35%, bran 17%, corn flour 5%, white sugar 2%, gypsum powder 1%	68.90	[27]
黄伞 2号 <i>Pholiota adiposa</i> No. 2	木屑 40%, 棉子壳 35%, 麸皮 17%, 玉米粉 5%, 白糖 2%, 石膏粉 1% Sawdust 40%, cottonseed hulls 35%, bran 17%, corn flour 5%, white sugar 2%, gypsum powder 1%	71.90	[27]
高温黄伞 High-temperature <i>Pholiota adiposa</i>	木屑 40%, 棉子壳 35%, 麸皮 17%, 玉米粉 5%, 白糖 2%, 石膏粉 1% Sawdust 40%, cottonseed hulls 35%, bran 17%, corn flour 5%, white sugar 2%, gypsum powder 1%	66.90	[27]
黄伞 <i>Pholiota adiposa</i>	棉籽壳 90%, 麸皮 8%, 石灰 1%, 磷肥 1% Cottonseed hulls 90%, bran 8%, lime 1% and phosphate fertilizer 1%	80.00	[28]
黄伞 XN-9-18 <i>Pholiota adiposa</i> XN-9-18	杂木屑 38.5%, 棉籽壳 38.5%, 麦麸 20%, 蔗糖 1.0%, 酸钙 1.5%, 硫酸铵 0.5% Mixed sawdust 38.5%, cottonseed hulls 38.5%, wheat bran 20%, sucrose 1.0%, calcium carbonate 1.5%, ammonium sulfate 0.5%	83.36	[29]
黄伞 <i>Pholiota adiposa</i>	棉籽壳 54%, 玉米芯 27%, 腐熟鸡粪 10%, 过磷酸钙 3%, 石膏粉 2%, 石灰粉 4% Cottonseed shells 54%, corn husks 27%, decomposed chicken manure 10%, calcium superphosphate 3%, gypsum powder 2%, lime powder 4%	97.40	[30]

表2 黄伞液体发酵条件  
Table 2 Submerged fermentation conditions for *Pholiota adiposa*

温度 Temperature/°C	pH	转速 Shaking incubator speed/(r·min <sup>-1</sup> )	发酵周期 Fermentation cycle/d	菌丝干质量 Dry mass of mycelium/(g·L <sup>-1</sup> )	菌丝鲜质量 Fresh mass of mycelium/(g·100 mL <sup>-1</sup> )	瓶装量 Bottled volume/ (mL·100 mL <sup>-1</sup> )	参考文献 Reference
25~28	5.0~6.0	150~180	--	--	--	--	[31]
24	5.0	150	10	11.16	--	--	[32]
25~28	5.0~6.0	150~180	--	--	--	42	[33]
25	6.0	150	6	--	--	40	[34]
25	6.0	150	6	--	38.5	40	[35]
24	--	150	5	13.95	--	30	[36]

注:--表示文献未提供该数据。

Note: -- represents that the data was not provided in the reference.

进行处理,提取其组分,多脂鳞伞乙酸乙酯提取组分对 ABTS·自由基的清除率可达 65.24%。黄伞胞外多糖(exopolysaccharide, EPS)与胞内多糖(intracellular polysaccharide, IPS)均具有较强的抗氧化能力。在体外抗氧化活性方面,首先,IPS 和 EPS 有明显抑制 O<sub>2</sub>·、OH 和 DPPH·自由基的作用,并具有一定的还原力,呈现量效关系。其次,EPS 可有效提

升小鼠组织以及全血中超氧化物歧化酶(SOD)与谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性,同时降低丙二醛(MDA)在体内的含量。这一作用机制增强了机体抵抗活性氧损伤的能力,为预防或缓解脂质过氧化损伤提供了科学且可靠的试验依据<sup>[41]</sup>。

3.2.3 降血脂 王谦等<sup>[42]</sup>研究了黄伞发酵提制物调节血脂的作用。采用黄伞发酵提制物对大鼠进行

表3 石油醚层上清油状物 GC-MS 分析结果

Table 3 Results of GC-MS analysis of the oil-like material from *Pholiota adiposa*

峰号 Number	保留时间 Retention time/min	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	匹配度 Similarity/%	相对含量 Relative content
1	18.576	2-丁基-2-辛烯醛 2-Octenal-2-butyl	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	98	0.77
2	20.449	正十六烷 Hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	98	0.44
3	24.999	棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	99	1.42
4	26.715	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutylphthalate	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	97	0.86
5	25.688	棕榈酸 n-Hexadecanoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	99	3.76
6	26.866	顺-13-十八碳酸甲酯 cis-13-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	99	3.12
7	26.962	亚油酸甲酯 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)- methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	99	4.49
8	27.530	亚油酸乙酯 9,12-Octadecadienoic acid ethyl ester	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	99	14.32
9	21.482	2,6,10,14-四甲基十五烷 2,6,10,14-tetramethyl pentadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	97	0.55
10	29.162	硬脂酸丁酯 Octadecanoic acid butyl ester	C <sub>39</sub> H <sub>78</sub> O <sub>4</sub>	98	11.41
11	30.122	2-丙烯酸 3-(4-甲氧基苯基)-2-乙基己基酯 2-Propenoic acid 3-(4-methoxyphenyl)-2-ethylhexyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O <sub>3</sub>	99	1.10

灌胃处理,然后测定其血清中总胆固醇、甘油三酯(TG)及高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)的含量。结果表明,相较于对照组,试验组大鼠血清中的TG含量显著降低,而HDL-C含量则呈升高趋势。基于上述结果,可初步推断黄伞发酵提制物对甘油三酯水平具有辅助调节作用。此外,李德海等<sup>[43]</sup>研究发现,黄伞子实体多糖对高脂血症小鼠有降血脂作用。

**3.2.4 免疫调节** 黄伞多糖 PAP-1a 可激活巨噬细胞分泌 NO 及 TNF- $\alpha$ 、IL-6、IL-12p70 等细胞因子。当肝癌细胞与巨噬细胞共培养时,观察到 PAP-1a 通过免疫调节抑制 Hep-G2、Hep-3B 和 Huh7 的生长<sup>[44]</sup>。Yang 等<sup>[45]</sup>研究发现,PAP-AuNPs 可以显著促进 NO 和细胞因子的产生。同时,根据 CCK-8 的分析结果,PAP-AuNPs 还能促进巨噬细胞的体外增殖。PAP-AuNPs 可通过提高外周血 cd4+/cd8+ 比值、脾脏指数和胸腺指数激活荷瘤小鼠的免疫系统。

**3.2.5 抗糖尿病** Wang 等<sup>[46]</sup>研究表明,从黄伞中分离提取的麦角甾-4,6,8(14),22-四烯-3-酮(ETO),能够显著降低机体内的三酰甘油(TG)、总胆固醇(TC)以及低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量。与此同时,ETO 还可使高密度脂蛋白胆固醇含量及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)以及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性得以提升。经 ETO 治疗后,试验对象的胰岛形态与功能均出现了明显的恢复迹象。此外,Western blot 分析结果进一步证实,ETO 具备治疗糖尿病的潜力,其作用机制在于它能够对部分胰岛素受体底物 1/磷脂酰肌醇-3-激酶/蛋白激酶 B(IRS1 / PI3K / AKT)信号通路产生修

饰作用。

### 3.3 其他生物活性

Hou 等<sup>[47]</sup>研究发现,黄伞多糖 PRP 具有抗衰老作用,体外抗氧化试验表明,PRP 对羟基、超氧阴离子和 DPPH 自由基具有较强的还原能力和清除能力。体内动物试验证实,PRP 能有效提高 D-半乳糖诱导的大鼠脏器指数,降低血清中白细胞介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子- $\alpha$ (TNF- $\alpha$ )水平及丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)活性,同时减少肌酐(CREA)和尿酸(UA)含量,并能显著提高皮肤中的羟脯氨酸(HYP)含量。通过修复受损的肝、肾、脑的结构和功能,提高 SOD、GSH-PX、CAT 活性,减少 MDA 的积累。

## 4 开发利用与前景

### 4.1 食用价值

黄伞肉质滑嫩、香味浓郁,可鲜销、干制或加工成即食食品。以黄伞发酵液、蔗糖为主要原料通过乙醇发酵和醋酸发酵,可得到酸甜可口、风味独特的黄伞菌丝体醋酸饮料<sup>[48]</sup>。金黎明<sup>[49]</sup>通过动物功能学检测,发现黄伞菌丝体醋饮料具有一定的增强免疫力功效,其效果随着饮料剂量的增加而升高,表现出一定的量效关系。朱金霞等<sup>[50]</sup>在不同干燥方式对黄伞子实体营养品质及抗氧化活性影响的研究中发现,真空冷冻干燥是获得黄伞子实体干制品最好的加工方式,真空微波干燥次之。Kim 等<sup>[51]</sup>研究了添加黄伞粉末饼干的品质特性,发现随着黄伞粉末含量的增加,饼干的硬度降低,添加 5%脂肪藻粉的饼干更软,抗氧化活性升高和总多酚含量增加。

## 4.2 药用开发

黄伞在抗肿瘤、抗氧化、免疫调节等方面的药理活性为其药用开发提供了依据。目前,已有研究探索黄伞提取物作为药物或保健食品原料的可行性。王晓岩等<sup>[52]</sup>发现,多脂鳞伞乙醇提取物(EPA)对CCl<sub>4</sub>所诱导BALB/c小鼠急性肝损伤具有保护作用,并能明显抑制干细胞中Bax、Caspase-3及Cleaved Caspase-3等凋亡蛋白的表达。此外,Wang等<sup>[53]</sup>采用超高效液相色谱-四极杆飞行时间质谱联用技术研究了体外培养多脂鳞伞的化学成分和抗肿瘤活性,发现多脂鳞伞具有多种功能的化学成分和潜在的抗肿瘤作用。

## 4.3 产业化挑战

尽管黄伞凭借独特的营养价值与生物活性成分在食品、医药及农业领域展现出巨大的应用潜力,然而其产业化进程仍面临多重技术瓶颈与市场制约,具体可从以下3个方面展开分析。

**4.3.1 优良菌株匮乏,制约规模化生产** 在菌种选育方面,现有黄伞栽培菌种的研究基本处于探索阶段,无法进行工厂化生产,菌种依赖于对野生菌株的驯化栽培,野生菌株的生物学特性仍有待研究<sup>[17]</sup>。需结合基因组测序与代谢组学技术,挖掘高产、抗逆相关功能基因,通过原生质体融合或CRISPR/Cas9基因编辑技术构建工程菌株。

**4.3.2 栽培配方低效,生物转化率亟待提升** 当前黄伞栽培仍以传统棉籽壳-木屑配方为主,但生物学效率差异较大,有关黄伞高产高效栽培料配方值得进一步研究<sup>[18]</sup>。急需系统优化基质物理化学性质或尝试菌渣再利用栽培方法。食用菌菌渣含有丰富的蛋白质、脂肪、木质素和纤维素等营养物质,具有较高的再利用价值<sup>[54]</sup>。因此,可在实际生产中推广应用,以实现食用菌生产的绿色循环发展。

**4.3.3 活性成分提取率低,产品附加值有待挖掘** 针对黄伞活性成分开发的研究显示,其核心功效物质以多糖类化合物为主。现有提取工艺普遍采用热水浸提-乙醇分级沉淀的联合技术,但纯化过程需经过乙醇沉淀、脱蛋白等多步操作,导致目标产物损失,从而影响活性物质提取率。此外,现有产品形式以鲜食和初级干燥子实体为主,高附加值功能性食品开发滞后。急需开发绿色高效提取的纯化技术,因提取工艺差异,不同提取方法对真菌多糖的多项因素影响不同,如何获得黄伞高活性糖成分值得进一步研究<sup>[55]</sup>。

## 5 展望

黄伞作为一种食药兼用真菌,在生物学特性、活性成分及产业化应用领域取得显著进展。未来研究应聚焦以下方向:一是探索分子作用机制,深入解析黄伞中关键活性成分,如多糖、黄酮类化合物等在抗肿瘤、抗氧化等方面的具体分子作用路径与调控网络。通过运用现代分子生物学技术,如基因表达分析、蛋白质组学及代谢组学等,全面揭示其生物活性的科学本质,为黄伞活性成分的精准应用提供理论支撑。二是改良与优化菌种,借助基因编辑、基因重组等前沿基因工程技术,结合传统的物理、化学诱变育种手段,定向改造黄伞菌株,旨在培育出具有高产、优质、抗逆性强等特性的新型菌种。通过优化菌种性能,提升黄伞活性成分的产量与品质,为后续规模化生产与产品开发奠定坚实基础。三是开发高附加值产品,依托黄伞丰富的活性成分资源,研发一系列具有明确健康功效的高附加值产品,如黄伞多糖胶囊、功能性保健品、特色食品添加剂等。通过科学配方与先进工艺的结合,确保产品的安全性、有效性与稳定性,满足市场对天然、健康产品的多元化需求。通过整合生物学、医学、营养学、材料科学等多学科的研究力量,开展黄伞的交叉研究与综合开发。黄伞有望在功能食品创新、新药研发以及农业可持续发展等领域发挥重要作用,成为推动相关产业转型升级的关键生物资源。

### 参考文献

- [1] KIRK P M, CANNON P F, DAVID J C, et al. Dictionary of the fungi[M]. 9th Edition. Wallingford: CABI, 2001.
- [2] 图力古尔, 宋超, 盖宇鹏. 多脂鳞伞(*Pholiota adiposa*)子实体个体发育[J]. 食用菌学报, 2011, 18(2): 20-23.
- [3] 李刻秦, 师晓喆, 张晓飞, 等. 黄伞的研究进展及开发利用前景[J]. 中国食用菌, 2019, 38(9): 1-6.
- [4] 宫春宇. 野生菌黄伞的培养及多糖研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.
- [5] 李德海, 孙长雁, 王志强, 等. 黄伞子实体多糖的提取及免疫功能[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(11): 115-118.
- [6] ZOU Y J, DU F, HU Q X, et al. The structural characterization of a polysaccharide exhibiting antitumor effect from *Pholiota adiposa* mycelia[J]. Scientific Reports, 2019, 9(1): 1-10.
- [7] DESILVA D D, RAPIOR S, FONS F, et al. Medicinal mushrooms in supportive cancer therapies: an approach to anti-cancer effects and putative mechanisms of action[J]. Fungal Diversity, 2012, 55(1): 1-35.
- [8] 邢峻豪, 王晓岩. 基于UPLC-QTOF-MS技术分析多脂鳞伞特征性成分及体外抗肿瘤作用[J]. 菌物学报, 2021, 40(9): 2423-2432.

- [9] 尹昭晖,孔炯炜,刘湘,等. 柳蘑的化学成分及药理作用研究进展[J]. 食用菌, 2019, 41(1): 1-3.
- [10] 吴炜. 黄伞菌次级代谢物抗肿瘤活性物质的分离鉴定[D]. 济南: 山东师范大学, 2019.
- [11] LI H P, ZHANG M M, MA G J. Hypolipidemic effect of the polysaccharide from *Pholiota nameko*[J]. Nutrition, 2010, 26(5): 556-562.
- [12] 张佳欣, 刘博远, 胡雪梅, 等. 多脂鳞伞与几种食药两用菌化学及营养成分对比评价[J]. 食用菌, 2024, 46(5): 60-64.
- [13] 王晓岩. 黄伞化学成分及药理活性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [14] 王晓岩, 图力古尔, 包海鹰. 多脂鳞伞研究进展[J]. 食用菌, 2018, 40(5): 1-3.
- [15] 刘靖宇, 孟俊龙, 常明昌. 黄伞菌丝的形态特征研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2006, 26(2): 174-175.
- [16] 吴耀越, 程欣荣, 黄宇柯, 等. 多脂鳞伞 P-YD01 的菌丝生物学特性及引种驯化栽培试验[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2023, 54(5): 650-656.
- [17] 钟楠, 朱金霞, 任怡莲, 等. 两株野生黄伞的生物学特性及出菇比较[J]. 食药两用菌, 2025, 33(3): 202-210.
- [18] 冯连荣, 张妍, 赵鑫闻, 等. 一株野生黄伞的菌种分离、鉴定及生物学特性[J]. 北方园艺, 2022(21): 115-122.
- [19] 李翠新, 张国庆, 何永珍. 黄伞的生物学特性与病虫害防治[J]. 中国蔬菜, 2008(1): 57-59.
- [20] 侯军. 黄伞高产优质栽培关键技术[J]. 食用菌, 2002(1): 29-30.
- [21] 李伟怡. 黄伞优良品种筛选及配套栽培技术研究[D]. 河北保定: 河北农业大学, 2020.
- [22] 夏宏志, 张晨, 李希政, 等. 多脂鳞伞人工高产栽培技术[J]. 食用菌, 2013, 35(6): 60-61.
- [23] BATKO S. Biometrical researches of secondary spores and a study of the mycelium of *Pholiota adiposa* Fr., *P. heteroclita* Fr., *P. mutabilis* (Schaeff.) Fr., *P. spectabilis* Fr. and *P. squarrosa* (Mull.) Fr.[J]. Transactions of the British Mycological Society, 1946, 29(4): 242-249.
- [24] 苗长海. 黄伞及其人工驯化[J]. 食用菌, 1985(1): 12.
- [25] 黄清荣, 姜华, 董洪新, 等. 不同培养基对黄伞生长的影响[J]. 烟台教育学院学报, 2003(3): 53-56.
- [26] 胡清秀, 宫春宇, 吉叶梅. 食用菌新品种黄伞及其优质高产栽培技术[J]. 中国农业信息, 2006(3): 38-40.
- [27] 万伍华, 况丹. 黄柳菇四个菌株的栽培试验[J]. 食用菌, 2012, 34(1): 25-26.
- [28] 潘保华, 李彩萍, 朱生伟. 黄伞 WT 菌株的特性及其栽培技术的研究[J]. 中国食用菌, 2003, 22(3): 28-29.
- [29] 张静. 西宁黄伞生物学特性及驯化的研究[D]. 西宁: 青海师范大学, 2008.
- [30] 邹向英, 赵洪斌, 乔德生, 等. 黄伞人工栽培高产配方筛选[J]. 食用菌, 2007(1): 31-32.
- [31] 黄清荣, 杨立红, 刘书涛, 等. 黄伞液体培养碳氮源的优选[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(6): 611-614.
- [32] 惠丰立, 魏明卉, 杜敏华, 等. 黄伞菌丝深层发酵的培养条件[J]. 无锡轻工大学学报, 2004, 23(4): 24-27.
- [33] 黄清荣, 辛晓林, 卜庆梅, 等. 黄伞深层培养工艺的研究[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(8): 1439-1440.
- [34] 王谦, 张俊刚, 王士奎, 等. 黄伞深层液体发酵条件的优化研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(3): 498-499.
- [35] 张俊刚. 黄伞深层发酵及其应用研究[D]. 河北保定: 河北大学, 2006.
- [36] 贾永. 黄伞液体深层发酵培养的营养特性研究[J]. 食用菌, 2010, 32(5): 18-19.
- [37] 惠丰立, 魏明卉, 刘征. 黄伞子实体营养成分分析[J]. 食用菌学报, 2003, 10(4): 20-23.
- [38] WANG X Y, ZHANG Y, LIU F F. Influence of *Pholiota adiposa* on gut microbiota and promote tumor cell apoptosis properties in H22 tumor-bearing mice[J]. Science Reports, 2022, 12(1): 8589.
- [39] ZHOU J, GONG J H, CHAI Y Y, et al. Structural analysis and *in vitro* antitumor effect of polysaccharides from *Pholiota adiposa*[J]. Glycoconjugate, 2022, 39(4): 513-523.
- [40] 贺智杰, 陈乙文, 刘倩, 等. 多脂鳞伞的抗氧化活性及对小鼠免疫功能的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2023(1): 62-66.
- [41] 邓鹏. 黄伞胞内与胞外多糖提取优化与抗氧化活性研究[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2011.
- [42] 王谦, 张俊刚, 王士奎, 等. 黄伞发酵提物调节血脂作用的研究[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2006, 26(1): 101-103.
- [43] 李德海, 王志强, 孙常雁, 等. 黄伞子实体多糖的初步纯化及降血脂研究[J]. 食品科学, 2010, 31(9): 268-271.
- [44] YANG Z W, LIU Z J, XU J, et al. Study on the physicochemical properties and immunomodulatory anti-tumor effect of the *Pholiota adiposa* polysaccharide[J]. Food and Function, 2022, 13(9): 5153-5165.
- [45] YANG Z W, LIU Z J, ZHU J M, et al. Green synthesis and characterization of gold nanoparticles from *Pholiota adiposa* and their anticancer effects on hepatic carcinoma[J]. Drug Delivery, 2022, 29(1): 1997-1006.
- [46] WANG X Y, JIANG S, LIU Y. Anti-diabetic effects of fungal Ergosta-4, 6, 8(14), 22-tetraen-3-one from *Pholiota adiposa*[J]. Steroids, 2023, 192: 109185.
- [47] HOU M J, LI X X, LI X P, et al. Structure analysis, antioxidant activity, anti-aging, and organ protective effects of *Pholiota adiposa* residue polysaccharides[J]. Starch-Stärke, 2023, 75(7/8): 2200237.
- [48] 王谦, 金黎明, 巩竞, 等. 黄伞菌丝体发酵型醋饮料的制备工艺[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2009, 29(2): 199-203.
- [49] 金黎明. 黄伞菌丝体发酵型醋饮料制备工艺研究[D]. 石家庄: 河北大学, 2009.
- [50] 朱金霞, 田莉, 冯锐, 等. 不同干燥方式对黄伞子实体营养品质及抗氧化活性的影响[J]. 中国食用菌, 2023, 42(5): 99-104.
- [51] KIM J W, KIM S H, YOON H S, et al. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies with *Pholiota adiposa* powder[J]. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 2013, 42(12): 62-67.
- [52] 王晓岩, 刘岩, 贺智杰, 等. 多脂鳞伞对四氯化碳诱导小鼠急性肝损伤的保护作用机制[J]. 菌物学报, 2025, 44(6): 123-132.
- [53] WANG X Y, LIU Y, KONG F L, et al. Chemical components analyzed by UPLC-QTOF-MS and *in vitro* antitumor effects of the chestnut mushroom *Pholiota adiposa* (Agaricomycetes)[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2023, 25(4): 43-53.
- [54] 郭靖宇, 王燕春, 奥妮, 等. 不同菌渣及菌渣处理方式对大球盖菇菌丝生长及产量的影响[J]. 食用菌, 2025, 47(3): 89-93.
- [55] 许艺娟, 周禹慧, 马小清, 等. 提取方法对真菌多糖得率及结构特征影响研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(5): 289-301.