

# 食药菌液体发酵产品在食品领域应用进展

## Application progress of liquid fermentation products of edible and medicinal fungi in food industry

颜梦秋<sup>1,2,3</sup>刘艳芳<sup>1,2,3</sup>唐传红<sup>1,2,3</sup>YAN Mengqiu<sup>1,2,3</sup> LIU Yanfang<sup>1,2,3</sup> TANG Chuanhong<sup>1,2,3</sup>冯 杰<sup>1,2,3</sup>张劲松<sup>1,2,3</sup>FENG Jie<sup>1,2,3</sup> ZHANG Jingsong<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海市农业科学院食用菌研究所, 上海 201403; 2. 国家食用菌工程技术研究中心, 上海 201403; 3. 农业农村部南方食用菌资源利用重点实验室, 上海 201403)

(1. Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; 2. National Engineering Research Center of Edible Fungi, Shanghai 201403, China; 3. Key Laboratory of Edible Fungi Resources and Utilization [South], Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201403, China)

**摘要:**食药菌中富含多种营养和活性成分,应用液体发酵技术可获得品质稳定、产量可控的功能性原料。文章总结了食药菌液体发酵产品在食品领域中的应用现状,以及食药菌液体发酵产品在食品领域的相关规定,并对食药菌液体发酵原料在食品领域推广应用、相关规定的完善和未来加工产品开发的应用前景进行了展望。

**关键词:**食药菌;液体发酵;功能性食品;进展;新食品原料

**Abstract:** Edible and medicinal fungi are rich in various nutrients and active ingredients, and functional raw materials with stable quality and controllable yield can be obtained by liquid fermentation technology. This paper summarizes the application status of liquid fermentation technology of edible and medicinal fungi and the related regulations of liquid fermentation products of edible and medicinal fungi in food industry. With the improvement of regulations and popularization of liquid fermentation of edible and medicinal fungi in food industry, it is

expected to have a bright future for related products development.

**Keywords:** edible and medicinal fungi; liquid fermentation; functional food; progress; new food raw materials

食药菌在中国已有上千年的食用历史,是人类饮食的重要组成部分,虽然功效不同,但通常具有益气、强身、祛病、通经、益寿等功能,还具有增强人体免疫力,抗肿瘤和抗癌的功效。随着现代科技的发展,食药菌的应用已经从野生真菌采摘向人工栽培子实体和发酵菌丝体转变,且在世界各地普遍生产。其中,食药菌液体发酵技术的快速发展为其在食品领域的开发利用提供了广泛的优质原料来源。食药菌液体发酵比较于人工栽培和固体发酵,具有生产周期短、产品质量稳定和生产效率高等特点,能有效提高目标产物的产量和品质,可广泛应用于食品生产<sup>[1-3]</sup>。中国从 1958 年对双孢蘑菇、侧耳等的液体发酵研究至今,已在灵芝、云芝、猴头菌、蜜环菌、银耳、香菇、平菇、黑木耳、安络小皮伞、麦角菌、猪苓、茯苓、金针菇、草菇、竹荪等一系列食药菌上开展液体发酵研究<sup>[4]</sup>。

食药菌发酵产物对人体具有保健作用,对疾病具有预防、治疗作用,发酵产物中含有氨基酸、维生素、酶类、多糖、生物碱、甙类、甾醇类、黄酮类及抗生素等多种活性物质,特别是真菌多糖具有很好的抗肿瘤、抗病毒、抗衰老、降糖降脂和提高免疫力等多种生物活性<sup>[5-7]</sup>。因此,利用食药菌液体发酵原料加工的系列产品在开发功能性食品领域具有广阔的应用前景。

**基金项目:**现代农业产业技术体系专项资金资助(编号:CARS-20);上海市现代农业产业技术体系(编号:沪农科产字[2022]第 9 号);上海市农业科学院卓越团队建设计划(编号:2022A-03);上海市农业科学院攀高计划(编号:2022-2024)

**作者简介:**颜梦秋,女,上海市农业科学院实验师,硕士。

**通信作者:**冯杰(1983—),男,上海市农业科学院副研究员,博士。  
E-mail: sytufengjie@163.com

张劲松(1969—),男,上海市农业科学院研究员,博士。  
E-mail: syja16@saas.sh.cn

**收稿日期:**2022-10-12 **改回日期:**2023-05-04

基于以上阐述,文章旨在系统总结食药菌液体发酵产品在食品领域中的应用现状,进一步阐述相关规定,并展望其在未来推广应用、规定完善和产品开发方面的应用前景,以期食药菌液体发酵原料在普通食品和保健食品领域的应用提供参考。

1 食药菌液体发酵产品在食品领域的应用

食药菌液体发酵产品在食品开发中具有广泛的应用前景,如利用特殊香味制作风味食品、饮品,利用活性成分开发功能性食品、保健品、利用其高蛋白低脂肪制作健康的仿肉制品等。表 1 总结了食药菌液体发酵产品在食品领域的相关应用。

表 1 食药菌发酵产品在食品领域的应用  
Table 1 Application of liquid fermentation products of edible and medicinal fungi

| 应用领域  | 产品                                                                                         |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 普通食品  | 蘑菇酱 <sup>[8]</sup> 、调味料 <sup>[9]74-80</sup> 、膨化食品 <sup>[10]</sup> 、固体饮料 <sup>[11-13]</sup> |
| 功能性食品 | 发酵饮料 <sup>[14]</sup> 、保健饮料/酒 <sup>[15]</sup> 、富硒食品 <sup>[16-19]</sup>                      |
| 保健食品  | 保健口服液 <sup>[20]</sup> 、菌丝体胶囊 <sup>[21]</sup>                                               |
| 其他食品  | 食品保鲜剂 <sup>[22-24]</sup> 、仿肉制品 <sup>[25-27]</sup> 、动物饲料 <sup>[28-29]</sup>                 |

1.1 普通食品领域

1.1.1 风味食品 食用菌的特殊香味和滋味可以提高食品的风味。其独特的风味主要来源于八碳挥发性化合物,以及一些不饱和脂肪酸,如油酸、亚油酸、亚麻酸、棕榈酸和棕榈油酸<sup>[30-31]</sup>。通过从液体发酵的菌丝中进一步提取可获得满足工业化生产的具有高价值滋味和风味的产品。吴晓彤<sup>[8]</sup>以蒙古口蘑液体发酵菌丝体为原料,辅以食盐、蔗糖、味精和柠檬酸制备出蒙古口蘑酱料。付天宇<sup>[9]74-80</sup>开发了一款羊肚菌调味料,其配方为羊肚菌菌丝球 80%、花椒 5%、陈皮 5%、桂皮 5%、小茴香 3%、丁香 2%。韦玉芳等<sup>[10]</sup>将发酵后的灵芝菌丝体经过干燥粉碎后配以面粉、木薯淀粉,可生产出具有保健功能的膨化食品。

1.1.2 风味饮品 食药菌液体发酵胞外液中也含有多种芳香物质成分,如醇、酮、酯类等,可作为天然香料加入到食品饮料中。高佳佳<sup>[11]</sup>探索了灵芝、红曲霉、红茶菌混合发酵工艺,以此研制出一款富含  $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)和胞外多糖的功能性红茶。张帅等<sup>[12]</sup>在糯米中,加入灵芝菌丝体发酵液和酒曲,通过复发酵制备出一款酸甜可口的灵芝糯米酒。Fungi Perfecti 公司以桦褐孔菌、蛹虫草、猴头、灵芝菌丝体为原料与其他配料复合开发出一款

具有增强活力功能的咖啡替代品 MUD/WTR 固体饮料<sup>[13]</sup>。

1.2 功能性食品领域

食药菌发酵菌丝体及发酵液中的活性产物及副产物可用于开发功能性食品,丰富食品种类,提高食品的营养价值。

利用食药菌发酵产物开发的功能性食品常见的有保健饮料、酒、保健口服液、猴头冲剂、人参银耳浆等。研究<sup>[32]</sup>发现,在面包中添加 5% 的双孢蘑菇菌丝体替代小麦,其流变学、质地和感官因素无明显变化,在烘焙后还可产生高浓度的麦角硫因和  $\gamma$ -氨基丁酸。冉景盛等<sup>[14]</sup>以灵芝菌丝体多糖提取物等为原料,制备风味发酵乳(酸奶)饮料;杨茜茜<sup>[15]</sup>开发了一款雪梨灵芝发酵型功能饮料,该饮料富含多糖、三萜、黄酮等营养成分,且兼具一定的抗氧化作用。付天宇<sup>[9]68-74</sup>开发的一款羊肚菌多糖口服液(羊肚菌多糖提取液 69.0%、菊花汁 25.9%、蜂蜜 5.2%)具有一定的缓解体力疲劳和辅助降血脂作用。此外,通过液体发酵技术可实现菌丝体对微量元素如硒、锌、碘的富集并转化为对人类健康有益的有机态<sup>[16-18]</sup>,从而开发出功能性食品。孙中涛等<sup>[19]</sup>通过灵芝液体发酵对无机硒实现富集,获得了硒含量 2 936  $\mu\text{g/g}$  的灵芝菌丝体,并以此为基料配制成富含灵芝多糖和有机硒的功能性奶粉。Myco Technology 公司以蘑菇菌丝体为原料开发了一款苦味阻塞剂 Clear Taste,可以掩盖食品中的苦味、涩味,可在减糖、减盐食品中做膳食补充用<sup>[33]</sup>。

1.3 保健食品领域

食药菌类保健食品是保健食品中最活跃的开发领域之一。灵芝、香菇、茯苓更是保健品申报中常见的原料。食用菌类保健食品的功能主要有:增强免疫力、缓解体力疲劳、改善睡眠、对化学性肝损伤的辅助保护作用、辅助降血脂等<sup>[34-35]</sup>。然而,目前食药菌开发的保健食品中多采用子实体为原料,以菌丝体为原料的保健食品并不多见。有研究<sup>[20]</sup>表明,通过发酵获得的虫草菌丝体,其活性成分和药用价值可与野生虫草相媲美。其发酵菌丝体多糖对神经系统具有良好的调节作用,并具有调节心律失常的功效,现已开发出具有增强免疫功能的产品如冬虫夏草胶囊、虫草菌丝体口服液等。目前市场上以食药菌菌丝体为原料开发的其他保健产品也多以胶囊、口服液的形式出现,如灵芝菌丝体胶囊、香菇菌丝体液等。王航<sup>[21]</sup>考察了液体发酵后的姬松茸对酒精性肝损伤小鼠的干燥保护作用,并研究确定了姬松茸保肝胶囊的制备工艺及质量标准。

1.4 其他领域

1.4.1 食品保鲜剂 有研究表明,食药菌多糖类产品可用于食品保鲜,可将其喷洒在食品表面,通过隔绝外部

环境达到保鲜效果。路源等<sup>[22]</sup>以 2%~6% 的桦褐孔菌多糖涂膜于苹果表面,可明显降低苹果的失重率、腐烂率和呼吸强度,具有较好的保鲜效果。邓文静等<sup>[23]</sup>以不同浓度银耳多糖浸泡南美白对虾后,考察虾肉感官和黑变。结果表明,银耳多糖抑制了南美白对虾的感官品质劣变和体表黑变,有效地抑制了细菌增殖,其中 0.6% 银耳多糖的保鲜效果最好。孙业刚<sup>[24]</sup>将灵芝多糖溶液、蛹虫草多糖溶液与猴头菇多糖溶液中的一种或多种喷洒于生鲜肉表面,延长了生鲜肉的保鲜时间,提高了贮藏品质。

1.4.2 仿肉制品 随着世界人口增长,动物蛋白将面临供应不足的问题,具有节能减排、营养丰富的“人造肉”即仿肉制品已受到广泛的关注。据统计<sup>[36]</sup>,植物基的人造肉规模已达 50 亿美元,但植物蛋白常缺乏一些人体必需氨基酸,导致其蛋白品质不高。食药菌菌丝体中含有全部必需氨基酸的同时还含有一些呈味氨基酸,以及具有较低的脂肪含量,同时食药菌菌丝体中的谷氨酸钠赋予其与肉类氨基酸中相似的滋味<sup>[25]</sup>,以其为原料发酵生产仿肉制品代替传统动物蛋白将是未来健康食品发展领域的重要方向之一<sup>[26]</sup>。Kim 等<sup>[27]</sup>研究发现相比于大豆蛋白,以双孢蘑菇菌丝体制成的人造肉具有更好的质地,同时具备大豆蛋白不具有的鲜味特性。

1.4.3 动物饲料 研究表明,食药菌发酵菌丝体在动物饲料添加上也有一定应用。袁慧敏等<sup>[28]</sup>观察了中华被毛孢作为饲料添加剂对南美白对虾的养殖效果,结果表明,添加 5% 的中华被毛孢菌丝体,养殖 30 d 后,虾的存活率、日增重率、日增长率分别提高了 52%,30%,25%,同时对白对虾的免疫功能也有一定提高作用;任帅萌<sup>[29]</sup>考察了桦褐孔菌发酵产物对无特定病原体鸭的生长性能和免疫功能的影响,结果表明,桦褐孔菌发酵产物可显著促进鸭生长性能和免疫器官发育,并有效提升非特异性免疫功能指标。

2 食药菌液体发酵产品在食品领域应用的相关规定

食药菌具有悠久的食用历史,以子实体或其提取物作为普通食品或食品原料在产业上已有大量应用。菌丝体作为子实体的衍生产品,属于无传统食用习惯的微生物,在国内需要申报为新食品原料方可在食品领域有所作为。目前,国内外已获批的新食品原料中,食用菌仅有 5 种,分别为灵芝、双孢蘑菇、猴头、蛹虫草、姬松茸;食药菌提取物仅纳入了  $\beta$ -葡聚糖(灵芝子实体、香菇菌丝体来源)、氨基葡萄糖(双孢蘑菇来源)<sup>[37]</sup>和一种长链糖脂(匙盖假木耳来源)<sup>[38]</sup>。应用于保健食品则需要遵守更为严格的规定,国内可用于保健食品的真菌菌种名单共 11 种,其中食用菌类有 5 种,分别是蝙蝠蛾拟青霉、蝙蝠蛾被毛孢(两者为冬虫夏草的无性型真菌)、灵芝、紫芝、

松杉灵芝。

2.1 国外食药菌液体发酵产品相关规定

欧盟市场由于对食品的严格规定,食药菌类保健食品、新型食品的开发受到一定限制。负责食品工作的欧洲议会和欧盟理事会(EFSA)推出一系列评价标准来判断新食品是否符合法规(EU) 2015/2283。目前 EFSA 批准了从食用菌中提取的部分生物活性化合物的使用,如甾醇、甾烷醇、壳聚糖和  $\beta$ -葡聚糖。欧盟的新食品清单(No 2017/2470)中也将香菇菌丝体提取物纳入,其主要成分包括香菇  $\beta$ -葡聚糖、游离葡萄糖和含氮成分(如蛋白质、氨基酸)。可按规定比例加入到面包、软饮料、熟食、基于酸奶的食品以及膳食补充剂中<sup>[39]</sup>。

在美国,新食品原料按“公认为安全”(Generally recognized as safe,GRAS)进行管理,由美国食品药品监督管理局(Food and drug administration,FDA)负责。目前仅将来源于灵芝菌丝体的  $\beta$ -葡聚糖认定为“公认安全使用物质”,可添加于烘焙食品、饮料、谷物、奶制品等食品中<sup>[40]</sup>。

目前,全世界范围内仅有欧盟和美国对食药菌菌丝体在食品领域的应用制定了相关规定,详见表 2。

表 2 国外食药菌液体发酵产品相关规定  
Table 2 International regulations on liquid fermentation products of edible and medicinal fungi

| 地区 | 文件号 r        | 来源                    | 颁发部门        | 参考文献 |
|----|--------------|-----------------------|-------------|------|
| 欧盟 | No 2017/2470 | 香菇菌丝体提取物              | 欧洲议会和欧盟理事会  | [39] |
| 美国 | GRN No.413   | 灵芝菌丝体来源的 $\beta$ -葡聚糖 | 美国食品药品监督管理局 | [40] |

2.2 中国食药菌液体发酵产品相关规定

2.2.1 新食品原料 2013 年发布的《新食品原料安全性审查管理办法》<sup>[41]</sup>规定新食品原料包括:① 动物、植物和微生物;② 从动物、植物和微生物中分离的成分;③ 原有结构发生改变的食品成分;④ 其他新研制的食品原料。新食品原料应当经过国家卫生和计划生育委员会安全性审查后,才可用于食品的生产经营。

目前,食药菌类的新食品原料只有蛹虫草、广东虫草子实体。2009 年发布的《关于批准蛹虫草为新资源食品的公告》<sup>[42]</sup>,批准蛹虫草为新资源食品,规定蛹虫草来源于人工培养的蛹虫草子实体。2013 年发布的《关于批准茶树花等 7 种新资源食品的公告(原卫生部公告 2013 年第 1 号)》中批准广东虫草子实体为新资源食品,其来源为人工培养的广东虫草子实体<sup>[43]</sup>。2014 年发布的《关于批准塔格糖等 6 种新食品原料的公告》<sup>[44]</sup>将蛹虫草改称为新食品原料,变更了原定的食用量、质量标准和使用

范围。

2.2.2 保健食品 保健食品属于特殊食品,需要遵守更为严格的规定。2005 年,国家食品药品监督管理局发布的《保健食品注册管理办法》将保健食品定义为“保健食品,是指生成具有特定保健功能或者以补充维生素、矿物质为目的的食品,即适宜于特定人群食用,具有调节机体功能,不以治疗疾病为目的,并且对人体不产生任何急性、亚急性或者慢性危害的食品”。在中国,对功能食品或保健食品的管理以 GB 16740《保健(功能)食品通用标准》为依据。据统计<sup>[45]</sup>,2015 年中国批准注册的含食用菌成分的保健食品已达 1 900 余个,约占总批准注册保健食品的 18%。食用菌保健食品,常通过传统组方水煮精制后获得;也可通过现代技术提取后,与其他原料进行配伍获得<sup>[46]</sup>。

根据 2002 年发布的《进一步规范保健食品原料管理的通知》(卫法监发[2002]51 号)<sup>[47]</sup>规定申报保健食品中涉及真菌、益生菌等物品(或原料)的,按照《卫生部关于印发真菌类和益生菌类保健食品评审规定的通知》(卫法监发[2001]84 号)执行<sup>[48]</sup>,其中可用于保健食品的真菌菌种名单共 11 种,其中食用菌类有 5 种,分别是蝙蝠蛾拟青霉、蝙蝠蛾被毛孢(两者为冬虫夏草的无性型真菌)、灵芝、紫芝、松杉灵芝。其中灵芝(赤芝和紫芝)于 2019 年纳入了药食同源试点管理工作中<sup>[49]</sup>。

表 3 总结了我国食用菌液体发酵产品在食品领域应用的相关规定。

3 结论及展望

食用菌富含营养物质,但由于菌种、产地、气候、原料、栽培技术、生产加工、保藏等因素的差异,使得野生采摘和人工栽培子实体功效成分和含量变化较大而难以稳定地投入生产。而食用菌的液体发酵,可通过对菌种、培养基质、环境等的控制使菌丝体处在最佳的生长环境

下,使其得以快速分裂生长,同时通过调控也可定向获得高含量的活性物质。利用液体发酵技术进行食药菌相关产品的工业化生产具有广阔的前景。食药菌原料也是中国保健食品中普遍使用的原料,但目前市场上开发的相关产品仍多以子实体或其简单的粗提物为原料。随着液体发酵技术水平的不断提高,食药菌菌丝体相关规定的进一步完善,食药菌菌丝体在普通食品和保健食品领域的优势将进一步显现出来,从而促进食药菌产业蓬勃发展。

首先,应加强食药菌液体发酵在食品领域应用的规定完善。食药菌菌丝体是一类天然安全、富有营养的食品,能调节人体多项生理功能。食药菌菌丝体液体发酵技术的发展时间尚短,但随着对食药菌菌丝体及胞外液研究的不断深入,对其营养价值和功效已有一定的认可度;同时,液体发酵生产的菌丝体活性成分稳定可控。食药菌菌丝体可作为今后新食品原料申报的方向,对食药菌类食品的开发具有很大的潜力。如周昌艳等<sup>[52]</sup>发现灰树花菌丝体和子实体营养组成相近,但发酵菌丝体中重金属 As 和 Pb 含量大大低于子实体,以菌丝体为原料进行开发可能具有更好的安全性。中国作为食药菌的生产和消费大国,应努力推动食药菌菌丝体及其提取物作为新食品原料的申报,可先行建立一些确保培养原料、菌丝品质和安全的标准,如建立可靠的导致食用菌不可食用的有毒代谢物如单宁酸和氰化物浓度的检测方法<sup>[53]</sup>,以及污染微生物的检测等以提高市场信任感和接受度。

再者,食药菌液体发酵原料在食品领域深加工技术的开发及产品的多样化也是发展的趋势。目前中国食药菌的产后加工仍然以简单的初级加工为主。虽然中国已是食药菌生产大国,但与食药菌深加工和应用强国还有较大的差距。同时,食药菌液体发酵的研究

表 3 中国食药菌液体发酵产品相关规定

Table 3 Domestic regulations on liquid fermentation products of edible and medicinal fungi

| 分类          | 文件号                  | 来源                                                                                                                                                              | 颁发部门         | 参考文献 |
|-------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|
| 食品          | 卫生部 2013 年第 1 号      | 广东虫草子实体                                                                                                                                                         | 卫生部          | [43] |
|             | 卫生部 2014 年第 10 号     | 蛹虫草子实体                                                                                                                                                          | 卫生部          | [44] |
| 保健食品        | 卫法监发[2001]84 号       | 蝙蝠蛾拟青霉、蝙蝠蛾被毛孢、灵芝、紫芝、松杉灵芝 <i>Paecilomyce hepiali</i> 、 <i>Hirsutella hepiali</i> 、 <i>Ganoderma lucidum</i> 、 <i>Ganoderma sinense</i> 、 <i>Ganoderma tsugae</i> | 卫生部          | [48] |
| 菌丝体保健食品相关标准 | T/SHMHZQ 012—2022    | 灵芝菌丝体粉                                                                                                                                                          | 上海市闵行区中小企业协会 | [50] |
|             | T/CCCMHPIE 1.63—2021 | 植物提取物、蝙蝠蛾被毛孢菌丝体提取物                                                                                                                                              | 中国医药保健品进出口商会 | [51] |

侧重考察的指标以菌丝干重、总糖、总三萜和总黄酮等活性指标为主,对具有活性的功能因子和营养功能的挖掘程度还远远不够。食药菌液体发酵菌丝体深加工未来的发展应以高附加值的功能食品和保健食品为主要研究方向。首先是聚焦在以药理活性为目标的食药菌优良品种的筛选,拓展食药菌液体发酵产业发展的新思路,对食药菌液体发酵活性物质的代谢合成途径进行深入研究 and 挖掘,为产业发展提供新的契机。其次是对食药菌液体发酵中功能因子的挖掘与开发。例如进一步挖掘具有免疫活性、抗氧化、抗菌和抗病毒的功能性蛋白质开发,以及具有特殊风味物质如谷氨酸、天冬氨酸和相关核苷酸的富集以更好地替代肉类产品<sup>[54-55]</sup>。最后可通过食药菌液体发酵调控手段的运用,提高活性物质的产量,同时通过优化发酵产物分离技术,更好地提供稳定的活性物质。

未来食药菌液体发酵产业的长期发展趋势是开发靶向性功能食品及保健食品,使之成为一种高端的健康养生饮品或是预包装方便食品,方能有效改变食药菌液体发酵产业的面貌。目前国内保健品市场,基于食药菌活性功能的产品多以提高免疫力为主,产品类型少,适用人群窄,同质化严重。随着食药菌液体发酵菌丝体在食品中的应用标准进一步开放,同时企业也应利用各种高新技术,如真空油炸技术、挤压膨化技术等开发新原料、新配方,生产出诸如儿童饼干、保健品、老年素食肉等符合不同年龄层、不同消费需求的多样化产品。

### 参考文献

- [1] WU F, ZHOU L W, YANG Z L, et al. Resource diversity of Chinese macrofungi: Edible, medicinal and poisonous species [J]. Fungal Diversity, 2019, 98(1): 1-76.
- [2] 邢燕, 杨晓彤, 杨庆尧. 灵芝液体深层发酵研究进展[J]. 工业微生物, 2007, 37(3): 63-67.  
XING Y, YANG X T, YANG Q Y. Recent advances in liquid submerged fermentation for *Ganoderma* mushroom [J]. Industrial Microbiology, 2007, 37(3): 63-67.
- [3] 郭尚, 王慧娟. 食用菌深层发酵技术及其应用[J]. 山西农业科学, 2013, 41(8): 885-888.  
GUO S, WANG H J. Submerged fermentation technology of edible fungus and its application [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2013, 41(8): 885-888.
- [4] 游明乐. 中国食(药)用真菌发酵工程研究进展[J]. 微生物学通报, 2007, 34(2): 327-331.  
YOU M L. The food Chinese (medicine) uses the fungus fermentation engineering research progress [J]. Microbiology China, 2007, 34(2): 327-331.
- [5] HSU T H, SHIAO L H, HSIEH C Y, et al. A comparison of the chemical composition and bioactive ingredients of the Chinese medicinal mushroom *Dong Chong Xia Cao*, its counterfeit and mimic, and fermented mycelium of *Cordyceps sinensis* [J]. Food Chemistry, 2022, 78(4): 463-469.
- [6] 刘艳芳, 唐庆九, 王金艳, 等. 白肉灵芝子实体和菌丝体活性成分的比较[J]. 食用菌学报, 2021, 28(4): 20-26.  
LIU Y F, TANG Q J, WANG J Y, et al. Comparison of bioactive components in fruiting body and fermented mycelium of *Ganoderma leucocontextum* [J]. Acta Edulis Fungi, 2021, 28(4): 20-26.
- [7] 朱晓璐, 岳亚文, 张劲松, 等. 灵芝菌丝体中一个三萜类化合物的核磁归属及活性初探[J]. 菌物学报, 2020, 39(8): 1 551-1 558.  
ZHU X L, YUE Y W, ZHANG J S, et al. NMR attribution and bioactivity evaluation of a triterpene in mycelia of *Ganoderma lingzhi* [J]. Mycosystema, 2020, 39(8): 1 551-1 558.
- [8] 吴晓彤. 蒙古口蘑分子鉴定及其菌丝体液体发酵技术与应用 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2014: 52-54.  
WU X T. Molecular identification and liquid fermentation of *Tricholoma mongolicum* and application of mycelium metabolite [D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2014: 52-54.
- [9] 付天宇. 基于深层发酵的羊肚菌功能性食品研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2013.  
FU T Y. Study of *Morchella esculenta* functional food based on the submerged fermentation [D]. Changchun: Jilin University, 2013.
- [10] 韦玉芳, 王立升, 覃斐章. 灵芝型优良膳食纤维方便食品的研制 [J]. 食品科学, 2009, 30(2): 275-278.  
WEI Y F, WANG L S, QIN F Z. Development of *Ganoderma lucidum*-fermented instant food with high-quality dietary fiber [J]. Food Science, 2009, 30(2): 275-278.
- [11] 高佳佳. 灵芝菌和红曲霉及红茶菌混合发酵红茶的工艺研究 [D]. 杭州: 浙江工业大学, 2013: 34-43.  
GAO J J. Study on the mixed fermentation technics of black tea by *Ganoderma lucidum* *Monascus* and *Kombucha* [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2013: 34-43.
- [12] 张帅, 王娟, 程昊. 发酵型灵芝糯米酒的研制 [J]. 食品工业, 2018, 39(12): 92-95.  
ZHANG S, WANG J, CHENG H. Development of fermented glutinous rice wine with *Ganoderma lucidum* mycelia [J]. The Food Industry, 2018, 39(12): 92-95.
- [13] 每日食品网. 蘑菇的魔力: 最新健康时尚缘何走红 [EB/OL]. (2019-02-27) [2023-03-27]. <https://www.foodaily.com/articles/19262>.  
Foodaily. The magic of mushrooms: Why the latest health fashion is popular [EB/OL]. (2019-02-27) [2023-03-27]. <https://www.foodaily.com/articles/19262>.
- [14] 冉景盛, 王慧超, 陈今朝, 等. 灵芝菌丝体银杏叶发酵乳饮料的研制 [J]. 农产品加工, 2018(9): 6-8, 12.  
RAN J S, WANG H C, CHEN J Z, et al. Preparation of fermented milk beverage from *Ganoderma lucidum* mycelia and *Ginkgo biloba* leaves [J]. Farm Products Processing, 2018(9): 6-8, 12.

- [15] 杨茜茜. 灵芝发酵雪梨汁制备新型雪梨饮料的工艺研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2022: 23-42.
- YANG Q Q. Study on the preparation technology for a new type of snow pear beverage from *Ganoderma lucidum* fermented snow pear juice [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2022: 23-42.
- [16] 孟江玲, 何德, 李翠新. 蛹虫草对金属锌的耐受性与富集特征[J]. 北方园艺, 2021(6): 123-128.
- MENG J L, HE D, LI C X. Tolerance and enrichment characteristics of *Cordyceps militaris* to metal zinc[J]. Northern Horticulture, 2021(6): 123-128.
- [17] 吕欣彧, 赵文文, 孔祥辉, 等. 富硒食用菌最新研究进展[J]. 现代食品, 2022, 28(13): 29-33.
- LU X Y, ZHAO W W, KONG X H, et al. The latest research progress on selenium-enriched edible fungi[J]. Modern Food, 2022, 28(13): 29-33.
- [18] 王卉, 张琪林, 左静静, 等. 白灵菇液体培养菌丝的富锌能力研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(28): 85-88.
- WANG H, ZHANG Q L, ZUO J J, et al. Study on zinc-rich ability of Hyphae of *Pleurotus nebrodensis* in submerged culture [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(28): 85-88.
- [19] 孙中涛, 王汉忠, 闫艳春, 等. 富硒灵芝功能性奶粉的研制[J]. 中国乳品工业, 2003(2): 15-18.
- SUN Z T, WANG H Z, YAN Y C, et al. Study on technology of functional powered milk made from seenriched *Ganoderma lucidum* mycelia[J]. China Dairy Industry, 2003(2): 15-18.
- [20] 宋宇琪, 王蕾, 郭素萍. 冬虫夏草菌及其菌丝体的研究进展[J]. 科技情报开发与经济, 2008, 18(29): 98-99, 102.
- SONG Y Q, WANG L, GUO S P. Research progress of *Cordyceps Sinensis* sall and its mycelia [J]. SCI-TECH Information Development & Economy, 2008, 18(29): 98-99, 102.
- [21] 王航. 姬松茸液体发酵及其保肝胶囊的制备[D]. 济南: 山东中医药大学, 2015: 32-42.
- WANG H. Study on liquid fermentation of *Agaricus blazei murill* and preparation of protecting liver capsule[D]. Jinan: Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2015: 32-42.
- [22] 路源, 李建光, 孟楠, 等. 桦褐孔菌多糖涂膜对苹果保鲜效果的研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(4): 133-135.
- LU Y, LI J G, MENG N, et al. Effect of *Inonotus obliquus* polysaccharide on preservation of apple[J]. Food & Machinery, 2011, 27(4): 133-135.
- [23] 邓文静, 钱磊, 张军, 等. 银耳多糖对南美白对虾储藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(9): 7-12, 20.
- DENG W J, QIAN L, ZHANG J, et al. Effects of *Tremella fuciformis* polysaccharides on *Penaeus vannamei* qualities during storage[J]. Storage and Process, 2021, 21(9): 7-12, 20.
- [24] 孙业刚. 生鲜肉的保鲜方法: CN201710852249.9[P]. 2017-12-15.
- SUN Y G. Fresh meat preservation method: CN201710852249.9[P]. 2017-12-15.
- [25] SUN L B, ZHANG Z Y, XIN G, et al. Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms[J]. Trends in Food Science & Technology. 2020, 96: 176-187.
- [26] 顾可飞, 周昌艳, 李晓贝. 食用菌的营养价值及药用价值[J]. 食品工业, 2017, 38(10): 228-231.
- GU K F, ZHOU C Y, LI X B. Nutritive and medicinal value edible fungi[J]. The Food Industry, 2017, 38(10): 228-231.
- [27] KIM K, CHOI B, LEE I, et al. Bioproduction of mushroom mycelium of *Agaricus bisporus* by commercial submerged fermentation for the production of meat analogue[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(9): 1 561-1 568.
- [28] 袁慧敏, 林嘉敏, 邹佳芮, 等. 中华被毛孢作为饲料添加剂在南美白对虾养殖中的应用[J]. 福建畜牧兽医, 2022, 44(1): 22-25.
- YUAN H M, LIN J M, ZOU J R, et al. Effects of *Hirsutella sinensis* as feed additive for *Penaeus vannamei*[J]. Fujian Journal of Animal Husbandry and Veterinary medicine, 2022, 44(1): 22-25.
- [29] 任帅萌. 桦褐孔菌发酵产物对 SPF 鸭生长性能和免疫性能的影响[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2020: 10-26.
- REN S M. Effect of *inonotus obliquus* fermentation products on growth and immune performance in SPF Duck[D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2020: 10-26.
- [30] DERMIKI M, PHANPHENSOPHON N, MOTTRAM D S, et al. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat[J]. Food Chemistry, 2013, 141(1): 77-83.
- [31] RATHORE H, PRASAD S, KAPRI M, et al. Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and applications[J]. Journal of Functional Foods, 2019, 56: 182-193.
- [32] ULZIJARGAL E, YANG J H, LIN L Y, et al. Quality of bread supplemented with mushroom mycelia[J]. Food Chemistry, 2013, 138(1): 70-76.
- [33] 每日食品网. 狂揽 1.2 亿美元, 获泰森 & 家乐氏青睐, 蘑菇正掀起一场舌尖上的革命[EB/OL]. (2020-06-23) [2023-03-27]. <https://www.foodaily.com/articles/22826>.
- Foodaily. The magic of mushrooms: Taking \$ 120 million, favored by Tyson & Carlyle, mushrooms are setting a tongue-in-cheek revolution [EB/OL]. (2020-06-23) [2023-03-27]. <https://www.foodaily.com/articles/22826>.
- [34] 苏跃稳, 路鹏, 郭群群, 等. 食用菌液体深层发酵的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(2): 645-650.
- SU Y W, LU P, GUO Q Q, et al. Progress in edible fungus by submerged fermentation[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2016, 7(2): 645-650.
- [35] BAKRATSAS G, POLYDERA A, KATAPODIS P, et al. Recent trends in submerged cultivation of mushrooms and their application as a source of nutraceuticals and food additives[J].

- Future Foods, 2021, 4: 100086.
- [36] 袁波, 王卫, 张佳敏, 等. 人造肉及其研究开发进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(9): 183-190.
- YUAN B, WANG W, ZHANG J M, et al. Artificial meat and its research and development progress [J]. Food Research and Development, 2021, 42(9): 183-190.
- [37] 张成梅, 杨冰, 王雅洁, 等. 食用菌及其提取物的新食品原料批准情况国内外现状分析[J]. 现代食品, 2020(17): 13-15, 18.
- ZHANG C M, YANG B, WANG Y J, et al. Domestic and international status of novel food approval of edible fungi and their extracts[J]. Modern Food, 2020(17): 13-15, 18.
- [38] Food Standards Australia New Zealand. Natural glycolipids as a preservative in non-alcoholic beverages: Application A1180[S/OL]. (2020-12-15) [2022-11-25]. <https://www.foodstandards.gov.au/code/applications/Documents/A1180%20Approval%20Report.pdf>.
- [39] The European Commission. Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470[S/OL]. (2017-12-20) [2022-10-10]. [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_impl/2017/2470/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2017/2470/oj).
- [40] US Food and Drug Administration. Beta glucans derived from *Ganoderma lucidum* mycelium: GRN No.413[S/OL]. (2012-01-11) [2020-06-10]. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=GRASNotices&id=413>.
- [41] 国家卫生和计划生育委员会. 新食品原料安全性审查管理办法: 国家卫生和计划生育委员会令第1号[S/OL]. (2013-10-01) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/fzs/s3576/201307/34de96581cfc4751be3bc83870360472.shtml>.
- National health and family planning commission of the people's republic of China. Review management of safety on new food raw material: 1st order in 2013 [S/OL]. (2013-10-01) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/fzs/s3576/201307/34de96581cfc4751be3bc83870360472.shtml>.
- [42] 中华人民共和国卫生部. 关于批准蛹虫草为新资源食品的公告: 2009年第3号[EB/OL]. (2009-03-16) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7891/200903/3b1e7201d2924d94899ea6f896a7d765.shtml>.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Announcement on approval of *Cordyceps militaris* as new resource food: 3rd order in 2009[EB/OL]. (2009-03-16) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7891/200903/3b1e7201d2924d94899ea6f896a7d765.shtml>.
- [43] 中华人民共和国卫生部. 关于批准茶树花等7种新资源食品的公告: 2013年第1号[EB/OL]. (2013-01-04) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7891/201301/50f91734cc56444b8c084f0d0468a690.shtml>.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Announcement on approval of 7 new resource foods including tea flowers: 1th order in 2003[EB/OL]. (2013-01-04) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7891/201301/50f91734cc56444b8c084f0d0468a690.shtml>.
- [44] 国家卫生和计划生育委员会. 关于批准塔格糖等6种新食品原料的公告: 2014年第10号[EB/OL]. (2014-05-30) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7890/201406/8268613682e44b1cb2098e0b9c9143d7.shtml>.
- National Health and Family Planning Commission. Announcement on approval of 6 new food raw materials including tagatose: 10th order in 2004[EB/OL]. (2014-05-30) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7890/201406/8268613682e44b1cb2098e0b9c9143d7.shtml>.
- [45] 周素娟, 张晓娜. 食用菌保健功能及保健食品应用与开发[J]. 中国食用菌, 2015, 34(1): 4-6.
- ZHOU S J, ZHANG X N. Health function of edible mushroom and the development of health foods[J]. Edible Fungi of China, 2015, 34(1): 4-6.
- [46] 萨翼. 从灵芝类保健食品批准情况看未来中药类保健食品发展方向[J]. 中国现代中药, 2020, 22(7): 1124-1129.
- SA Y. Development trend of traditional Chinese medicine dietary supplement from approval of *Ganoderma* dietary supplements[J]. Modern Chinese Medicine, 2020, 22(7): 1124-1129.
- [47] 中华人民共和国卫生部. 关于进一步规范保健食品原料管理的通知: 2002年第51号[EB/OL]. (2002-03-11) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3593/200810/bc239ea3d226449b86379f645dfd881d.shtml>.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Notice on further standarding the management of health food raw materials: 51st order in 2002[EB/OL]. (2002-03-11) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3593/200810/bc239ea3d226449b86379f645dfd881d.shtml>.
- [48] 中华人民共和国卫生部. 关于印发真菌类和益生菌类保健食品评审规定的通知: 2001年第84号[EB/OL]. (2001-03-23) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3585/200804/8eafce69b178442eace396b7bc7bf8ef.shtml>.
- Ministry of Health of the People's Republic of China. Notice on the issuance of fungal and probiotic health food evaluation regulations: 84th in 2001 [EB/OL]. (2001-03-23) [2022-10-09]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s3585/200804/8eafce69b178442eace396b7bc7bf8ef.shtml>.
- [49] 国家卫生健康委, 国家市场监督管理总局. 关于对党参等9种物质开展按照传统既是食品又是中药材的物质管理试点工作的通知: 国卫食品函〔2009〕311号[EB/OL]. (2019-11-25) [2022-10-10]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7885/202001/1ec2cca04146450d9b14acc2499d854f.shtml>.
- National Health Commission, State Administration for Market Regulation. Notice on carrying out the pilot work of medicine food homology material management of 9 substances including *Codonopsis pilosula* according the tradition: GuoWeiShiPinHan 311th in 2009[EB/OL]. (2019-11-25) [2022-10-10]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7885/202001/1ec2cca04146450d9b14acc2499d854f.shtml>.

(下转第240页)

- diabetic rats[J]. Journal of Beihua University (Natural Science), 2021, 22(3): 333-337.
- [30] 刘旗, 任梦璐, 张腾娇, 等. 中药刺五加抗衰老作用的研究进展[J]. 黑龙江医药, 2013, 26(3): 389-391.
- LIU Q, REN M L, ZHANG T J, et al. Research progress of anti-aging function of *Acanthopanax senticosus* of traditional chinese medicine[J]. Heilongjiang Medicine Journal, 2013, 26(3): 389-391.
- [31] YAN W, ZHENG C, HE J, et al. Eleutheroside B<sub>1</sub> mediates its anti-influenza activity through POLR2A and N-glycosylation [J]. International Journal of Molecular Medicine, 2018, 42(5): 2 776-2 792.
- [32] 张智, 化洪菱, 尹文哲, 等. 刺五加提取物对人脐静脉内皮细胞紫外线辐射损伤的防护作用[J]. 现代食品科技, 2018, 34(2): 44-52.
- ZHANG Z, HUA H L, YIN W Z, et al. Protective effect of *Acanthopanax senticosus* extract on the ultraviolet radiation injury of human umbilical vein endothelial cells[J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(2): 44-52.
- [33] 赵容杰, 王玉花, 赵正林, 等. 刺五加对酒精戒断焦虑的作用及机制[J]. 牡丹江医学院学报, 2021, 42(3): 32-36.
- ZHAO R J, WANG Y H, ZHAO Z L, et al. Effect of *Acanthopanax senticosus* on alcohol withdrawal anxiety and its relevant mechanism[J]. Journal of Mudanjiang Medical University, 2021, 42(3): 32-36.
- [34] 丁继红, 姜春玉, 杨乐, 等. 刺五加多糖调控 PI3K/Akt/mTOR 通路改善大鼠抑郁行为的作用[J]. 食品工业科技, 2022, 43(11): 369-375.
- DING J H, JIANG C Y, YANG L, et al. Ameliorative effect of *Acanthopanax senticosus* polysaccharides on depressive behavior in rats by regulating PI3K/Akt/mTOR pathway[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(11): 369-375.
- [35] LI W, LUO Q, JIN L H. *Acanthopanax senticosus* extracts have a protective effect on *Drosophila* gut immunity [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2013, 146(1): 257-263.
- [36] 赵宝, 车东升, 张华. 刺五加苷 B 对仔猪小肠上皮细胞紧密连接蛋白及细胞因子 mRNA 表达量的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2017, 39(3): 332-336.
- ZHAO B, CHE D S, ZHANG H. Effects of eleutheroside B on expression of tight junction protein and inflammatory cytokine mRNA in small intestinal epithelial cells of piglets[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2017, 39(3): 332-336.
- [37] MIYAUCHI-WAKUDA S, KAGOTA S, MARUYAMA-FUMOTO K, et al. *Acanthopanax senticosus* root extract exerts dual action on mouse ileal smooth muscle function, leading to modulation of gastrointestinal motility [J]. Biological and Pharmaceutical Bulletin, 2020, 43(5): 817-822.
- [38] 董清清, 李晓明, 储菲, 等. 刺五加注射液对小鼠急性酒精性肝损伤的保护作用[J]. 蚌埠医学院学报, 2015, 40(4): 421-424.
- DONG Q Q, LI X M, CHU F, et al. Protective effect of *Acanthopanax senticosus* injection on the acute alcoholic hepatic injury in mice[J]. Journal of Bengbu Medical College, 2015, 40(4): 421-424.
- [39] 岳斌, 徐丽, 李影娜. 刺五加皂苷抗小鼠酒精性肝氧化损伤作用及机制研究[J]. 中南药学, 2018, 16(9): 1 221-1 224.
- YUE B, XU L, LI Y N. Protection mechanism of *Acanthopanax senticosus* saponin for alcoholic liver oxidative injury in mice[J]. Central South Pharmacy, 2018, 16(9): 1 221-1 224.
- [40] 岳斌, 徐丽, 李影娜. 刺五加皂苷对高脂膳食小鼠脂肪肝的保护作用及线粒体机制研究[J]. 中南药学, 2018, 16(12): 1 725-1 728.
- YUE B, XU L, LI Y N. Protection and mitochondria mechanism of *Acanthopanax senticosus* saponins on high-fat diet induced fatty liver in mice[J]. Central South Pharmacy, 2018, 16(12): 1 725-1 728.
- [41] 吕鹏, 武永勇, 白明学, 等. 刺五加皂苷对非酒精性脂肪性肝病大鼠 Treg/Th17 及 Th1/Th2 细胞失衡、相关蛋白因子的影响[J]. 中药药理与临床, 2019, 35(3): 66-70.
- LU P, WU Y Y, BAI M X, et al. The effect of *Acanthopanax senticosus* saponins on Treg/ Th17 cell imbalance, Th1/Th2 cell imbalance and related protein factor in NAFLD rats [J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2019, 35(3): 66-70.

(上接第 233 页)

- [50] 上海市闵行区中小企业协会. 灵芝菌丝体粉: T/SHMHZQ 012—2022 [S/OL]. (2022-06-15) [2022-10-10]. <http://down.foodmate.net/standard/sort/12/122331.html>.
- Shanghai Minhang District SME Association. *Ganoderma lucidum* mycelium powder: T/SHMHZQ 012—2022 [S/OL]. (2022-06-15) [2022-10-10]. <http://down.foodmate.net/standard/sort/12/122331.html>.
- [51] 中国医药保健品进出口商会. 植物提取物 蝙蝠蛾被毛孢菌丝体提取物: T/CCCMHPIE 1.63—2021[S/OL]. (2021-11-09) [2022-10-10]. <http://down.foodmate.net/standard/sort/12/111872.html>.
- China chamber of commerce for import and export of medicines and health products. Plant extract *Hirsutella hepialib* mycelium extract: T/CCCMHPIE 1.63—2021[S/OL]. (2021-11-09) [2022-10-10]. <http://down.foodmate.net/standard/sort/12/111872.html>.
- [52] 周昌艳, 郭倩, 白韵琴, 等. 灰树花子实体与深层发酵菌丝体营养成分分析[J]. 食用菌学报, 2001, 8(1): 10-14.
- ZHOU C Y, GUO Q, BAI Y Q, et al. Nutrition composition analysis in fruitbodies and submerged cultivated mycelia of *Grifola frondosa*[J]. ACTA Edulis Fungi, 2001, 8(1): 10-14.
- [53] DUDEKULA U T, DORIYA K, DEVARAI S K. A critical review on submerged production of mushroom and their bioactive metabolites[J]. 3 Biotech, 2020, 10(8): 1-12.
- [54] MAU J L. The umami taste of edible and medicinal mushrooms[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2005, 7(1/2): 119-125.
- [55] GONZÁLEZ A, CRUZ M, LOSOYA C, et al. Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods[J]. Food & Function, 2020, 11(9): 7 400-7 414.