# 秀珍菇营养成分、生物活性及贮藏保鲜的研究进展

张晓玉[1], 张 博[2], 辛 广[1*], 宫 雪[1]

(1. 沈阳农业大学食品学院, 沈阳 110866; 2. 鞍山师范学院化学与生命科学学院, 鞍山 114007)

**摘 要:** 秀珍菇是一种珍稀的食用菌, 在我国分布广泛, 产量逐年扩大。栽培秀珍菇不仅需要碳素、氮素和矿物质等养分, 还需控制其生长温度、湿度及光照等条件。秀珍菇富含蛋白质、纤维素和微量元素, 且脂肪含量较低, 还含有多糖、黄酮类等物质, 具有抗氧化、抗癌以及调节免疫活性等生物功能。秀珍菇营养丰富, 采后却极易失鲜, 常温贮藏条件下的秀珍菇保鲜期为 2~4 d, 低温贮藏、气调保鲜等贮藏保鲜技术可以有效延缓秀珍菇的失重、老化及褐变等过程, 延长贮藏保鲜时间达到 10~24 d。本文对秀珍菇的生物学特性、营养成分、生物活性及其贮藏保鲜技术进行了概述, 以期为秀珍菇的开发和利用提供参考。

**关键词:** 秀珍菇; 营养成分; 生物活性; 保鲜

## Research progress on nutrition constituents, bioactivity and storage preservation of *Pleurotus geesteranus*

ZHANG Xiao-Yu[1], ZHANG Bo[2], XIN Guang[1*], GONG Xue[1]

(1. *College of Food Science*, *Shenyang Agricultural University*, *Shenyang* 110866, *China*;
2. *College of Chemistry and Life Sciences*, *Anshan Normal University*, *Anshan* 114007, *China*)

**ABSTRACT:** *Pleurotus geesteranus* is a kind of precious edible fungi, which is widely distributed in our country and its yield is increasing rapidly. When cultivating *Pleurotus geesteranus*, enough carbon, nitrogen and minerals are essential to provide, appropriate temperature, moisture and humidity, light for *Pleurotus geesteranus* are also critical. *Pleurotus geesteranus* is a typical food material with characteristics of high protein, fiber, trace elements, but low fat, and it contains some substances with anticancer and antioxidant activities, such as polysaccharides and flavonoids. *Pleurotus geesteranus* possess widespread consumption with rich nutrients, but it is easy to be freshness-loss after postharvest. The preservation period is 2~4 days at room temperature for *Pleurotus geesteranus*, but food preservation technologies such as low-temperature storage and modified atmosphere packaging can effectively reduce the phenomenon of weight-loss, ageing, browning and significantly extend the fresh-keeping time to 10~24 d. This article summarized the biological characteristics, nutrition compositions, biological activity and storage of *Pleurotus geesteranus*, so as to provide references for development and utilization of *Pleurotus geesteranus*.

**KEY WORDS:** *Pleurotus geesteranus*, nutrition compositions, bioactivity, preservation

---

基金项目: 辽宁省大学生实践基地建设项目(2012140-59), 鞍山市重大科技专项(20154818), 沈阳农业大学高端人才引进基金项目(SYAU20160003)

**Fund:** Supported by the Liaoning Province University Students Practical and Educational Construction Base Project (2012140-59), Anshan Science and Technology Major Project (20154818), and Program of Shenyang Agriculture University Talent Introduction Foundation(SYAU20160003)

*通讯作者: 辛 广, 教授, 博士, 主要研究方向为果蔬加工与贮藏方向。E-mail: xguang212@163.com

***Corresponding author:** XIN Guang, Professor. Shenyang Agriculture University, Dongling Road, Shenhe District, Shenyang 110866, China. E-mail: xguang212@163.com

## 1　前　言

秀珍菇(*Pleurotus geesteranus*)学名肺形侧耳, 又名小平菇、姬菇等[1-3], 属真菌门、担子菌纲、伞菌目、侧耳科侧耳属[3,4]。其最早发现于印度, 由菌物学家 Jandiaik CL 驯化成功[5], 1978 年经香港引进, 并对其栽培环境进行大量研究[6], 目前在我国吉林、辽宁、福建、广东和山西等省均已大量栽培。

秀珍菇蛋白质含量丰富, 氨基酸种类齐全, 脂肪含量较低, 微量元素多样, 还含有黄酮、活性多糖等成分。研究显示, 秀珍菇的营养成分具有抗氧化、抗肿瘤、免疫调节活性[2,7]。秀珍菇具有形态优美、营养丰富、味质鲜嫩、香气怡人以及食用方式简单多样等特点, 深受消费者的青睐。随着食用菌产业的迅猛发展, 秀珍菇的产量和销售量日渐扩大, 秀珍菇的特性、品质和贮藏等特点已有较多研究, 但目前尚缺乏对其系统的总结, 本文概述了秀珍菇的生物学特性、营养成分、生物活性以及贮藏保鲜技术, 以期促进秀珍菇的综合开发利用。

## 2　生物学特性

### 2.1　分类地位

经形态和 RAPDs 图谱鉴定[2], 秀珍菇与我国栽培的凤尾菇的平菇属于同种, 但为同种内的不同品种。

### 2.2　形态特征

秀珍菇形态与凤尾菇(*Pleurotus sajor-caju)*很相似, 但是比凤尾菇小。菇盖直径为 1~3 cm, 随栽培方式和采收时间的不同分别呈扇形、贝壳形或漏斗状, 有淡黄色和乳白色 2 种; 菌褶白色、稍密, 贴生于菌盖下面; 菌柄白色, 多为偏生, 少数近中生[8-10]。

### 2.3　生长环境

秀珍菇栽培除需要一个基本环境—碳素、氮素和各种矿物质丰富等条件外, 还需要控制温度、水分与湿度等环境因素[3,4]。秀珍菇菌丝和子实体的生长温度范围分别为 2~35 ℃和 5~30 ℃[11,12], 要整齐出菇, 需要使温差达到 8 ℃以上[13,14]。秀珍菇菌丝体生长要求含水量为 65%, 空气相对湿度为 85%~95%[2,11]。而对于空气和光照条件, 在菌丝体阶段不需要光照, 要求特殊的通气条件; 而在子实体阶段, 需要光照和正常良好通气条件[10,11]。秀珍菇菌丝体适宜在 pH 6~6.5 的条件下生长[11]。此外, 秀珍菇作为绿色食用菌食品, 要求其培养基中重金属砷≤3.309 μg/g, 镉≤0.536 μg/g[15]。

## 3　营养成分

秀珍菇含有丰富的营养成分, 且具有外形美观、味道鲜美、风味独特的特点, 一直受到人们的喜爱。但是由于栽培材料、采收时间、生长环境或地区等因素的影响, 秀珍菇中营养成分的含量略有差异, 见表 1。

表 1　秀珍菇营养成分表

**Table 1　Nutrition information of *Pleurotus geesteranus***

| 组分 | 含量 | 参考文献 |
|---|---|---|
| 纤维素(%) | 1.16~2.01 | [16-19] |
| 总糖(%) | 0.46~3.34 | [6,18,19] |
| 蛋白质(%) | 3.34~4.21 | [6,19] |
| 粗脂肪(%) | 0.17~0.20 | [18,19] |
| 维生素 C (mg/100g) | 7.5~9.23 | [6, 7] |
| 氨基酸 | | |
| 氨基酸总量(g/100 g) | 2.36~2.69 | [18-20] |
| 必需氨基酸(g/100 g) | 0.88~0.96 | [18] |
| 鲜味氨基酸(g/100 g) | 0.72~0.91 | [18] |
| 甜味氨基酸(g/100 g) | 0.54~0.59 | [18] |
| 无味氨基酸(g/100 g) | 0.24~0.26 | [18] |
| 苦味氨基酸(g/100 g) | 0.74~0.79 | [18] |
| 微量元素 | | |
| 钙(μg/g) | 59.9 | [23] |
| 铁(μg/g) | 27.68~543 | [23,27] |
| 镁(μg/g) | 1201 | [23] |
| 锌(μg/g) | 41.9~49.28 | [23,27] |
| 铜(μg/g) | 10.59~11.1 | [24,27] |
| 硒(μg/g) | 0.03~0.77 | [25] |
| 磷(mg/g) | 2.751 | [26] |

秀珍菇中脂肪含量较低, 蛋白质所占的比重相对较高。研究表明, 秀珍菇中氨基酸种类齐全, 包含 18 种氨基酸[18,20], 其中必需氨基酸含量较高, 占 35%以上; 纤维素含量相对较高, 占 1.16%~2.01%; 且脂肪含量很少, 可作为减肥的理想食品原料。秀珍菇中含有活性多糖组分, 如 *β*-(1,3)-葡聚糖, 3-O-甲基半乳甘露聚糖等[21,22]。秀珍菇中微量元素和矿物质也比较丰富, 包含钙、铁、锌、磷、铜、铝、铅和锰等。秀珍菇也具有富集硒的能力, 吴莉等[28]对秀珍菇富硒菌粉的安全性进行了研究, 证明菌粉不具急性毒性风险, 并具有对氧化损伤的修复功能。秀珍菇还含有硫胺素、核黄素及烟酸等维生素[6]。综上所述, 秀珍菇具有典型的高蛋白、低脂肪、低能量的食用菌特性[29]。

## 4　生物活性

随着医疗卫生事业的进步, 大型真菌的生物活性及

药用价值日益受到重视，如食用菌多糖的抗肿瘤、抗病毒和抗菌活性[30-33]等，秀珍菇的生物活性成分见表 2。

表 2 秀珍菇的生物活性
**Table 2 Bioactivity of *Pleurotus geesteranus***

| 生物活性因子 | 生物活性 | 参考文献 |
|---|---|---|
| 黄酮 | 抗肿瘤(可直接杀伤 MCF7 细胞)，抗氧化 | [34] |
| 菌丝体多糖 PMP-2a | 体外抗氧化活性 | [35] |
| 多糖 PG-2 | 抗肿瘤 | [36] |
| 多糖 PGPS-1 | 免疫调节活性 | [37] |

Lv[38]、杨润亚等[39]研究发现秀珍菇子实体多糖具有一定的体外抗氧化活性；耿中华等[40,41]研究了秀珍菇多糖的抗大豆油氧化活性以及抗花生油氧化活性，结果表明秀珍菇多糖作为天然抗氧化产物，与合成抗氧化剂复配使用，具有良好的增效作用。

申进文等[42]对秀珍菇多糖的硫酸化及其生物活性进行研究，结果表明秀珍菇具有一定的抗氧化和抗菌性。Shen 等[43]从秀珍菇中分离鉴定了生物活性化合物川芎嗪(tetramethlpyrazine，TMP)，发现可以用固体培养的方式生产 TMP，强调了秀珍菇等食用菌产品的附加价值。He 等[44]研究了秀珍菇 5#胞外多糖的培养条件，并确定其胞外多糖具有较高的抗肿瘤和抗氧化作用。Mao 等[45]对秀珍菇 5#发酵液进行研究，发现秀珍菇胞外多糖具有降血脂作用。Zhang 等[21]研究确定了秀珍菇中多糖的一种新型结构的 *β*-(1,3)-葡聚糖，其在水中加热时发生构象或粘度转变，有利于固定细胞、酶或治疗性的 DNA/RNA，是一种潜在的有用的生物材料。

## 5 贮藏保鲜

食用菌是具有最高呼吸速率的果蔬之一[46,47]。在其采收和贮藏过程，会产生一系列生理生化反应，如呼吸强度增大[48]，乙烯的释放使其成熟、衰老速度加快，菌盖开伞、菌柄伸长且菌体变色；酶活性增加，如蛋白酶、核糖核酸酶和脱氧核糖核酸酶活性增加[49]；鲜味成分含量变化，碳水化合物会发生降解，最终表现为风味变化[50,51]；其他如水分损失、微生物污染等，最终失去商品价值[52-55]。秀珍菇的水分含量在 85%以上[56]，采后易失鲜，发生褐变、老化、鲜味损失等变化甚至腐烂，从而降低营养价值和商业价值。因此，秀珍菇采后的贮藏保鲜尤为重要。

### 5.1 低温保鲜

食用菌的低温保鲜通常分为冷藏保鲜和速冻保鲜 2 种方式[57]。

目前应用于秀珍菇的低温保鲜主要为冷藏保鲜。王新风等[58]研究了不同温度贮藏对秀珍菇 SOD 和 POD 活性的影响，在 4、15 和 25 ℃贮藏时失水率分别为 3.69%、5%和 10%；低温时 SOD 和 POD 的活性也处于较低水平；可以贮藏 8 d。邹礼根等[16]对秀珍菇保鲜储藏过程中的营养和感官品质变化进行了研究，结果显示秀珍菇在 0~4 ℃储藏过程中，蛋白质降解速度显然小于 20 ℃和 30 ℃储藏下的降解速度；20 ℃、30 ℃贮藏纤维素含量较 0~4 ℃相比，呈迅速增加趋势；贮藏期可达到 10 d。未保鲜的秀珍菇仅能储藏 2~4 d，由此可见，低温可以有效抑制秀珍菇自身的代谢，对延长秀珍菇保质期有重要作用。

### 5.2 保鲜剂保鲜

保鲜剂保鲜也称化学保鲜。邹礼根等[16]利用保鲜剂(由杭州市农业科学研究院自主开发)配制保鲜液以浸洗的方式处理秀珍菇，研究表明，保鲜液处理在一定程度上可以延缓粗蛋白的降解速度，抑制粗纤维含量升高，使贮藏期比未经保鲜剂保鲜的秀珍菇延长 1~2 d。

### 5.3 气调保鲜

气调保鲜是根据食品的生理特性和保鲜的需要，使食品处于适合比例的包装中贮藏，以延长保鲜期的方法。分为自发气调保鲜和主动气调保鲜。

冯志勇等[59]研究表明，自发气调保鲜可以抑制秀珍菇产生异味。陈蔚辉等[17]研究了不同套袋包装对秀珍菇保鲜效果的影响，发现微气孔袋保鲜效果明显，失重褐变程度低，呼吸作用和蒸腾作用明显被抑制，蛋白质、有机酸、维生素 C 和可溶性固型物均能良好保存，保鲜期可达 10 d。张艳君[6]研究表明采用充气包装($O_2$ 含量为 5%、$CO_2$ 含量为 25%)，秀珍菇贮藏 23 d 后，仍有较好的商品品质。

## 6 展 望

秀珍菇是一种高蛋白、低脂肪，氨基酸种类齐全，多糖含量丰富的珍稀食用菌。秀珍菇中的活性多糖、黄酮具有抗肿瘤、免疫调节、抗氧化等生物活性，但是活性物质的构效和量效关系还需进一步的研究。另外，秀珍菇营养丰富，风味独特、外形小巧优美，可进行深加工处理，开发其风味产品如蜜饯、罐头、酱油、酒、酸奶、糖果、糕点和面食品等。

食用菌目前已应用多种保鲜技术，包括低温保鲜、1-MCP 处理[60,61]、气调保鲜[62]，复合型纳米包装技术[63,64]、辐照保鲜[65,66]、负离子保鲜[67]、应用电解水[68]、添加湿度调节盘[69]、精油熏蒸[70]、应用臭氧[71]以及可食性涂膜[72]等。但是，我国食用菌的品种具有多样性的特点，贮藏过程中各组分变化不尽相同，作为珍稀菌之一的秀珍菇在采后分级、预冷、运输、贮藏及销售过程仍然存在一系列的问题。近几年，秀珍菇的产量与日俱增，市场上对秀珍菇的需求也越来越大，所以秀珍菇采收成熟度确定、综合物流保

鲜技术的研究是秀珍菇发展的重要内容。

## 参考文献


[1] 刘纪霜, 亢希然, 庞健, 等. 按树皮栽培秀珍菇品种筛选试验[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(10): 48–50.
Liu JS, Kang XR, Pang J, *et al*. Research on screening suitable varieties of *Pleurotus geesteranus* for cultivation with eucalyptus-bank [J]. J Anhui Agric Sci, 2015, 43(10): 48–50.

[2] 张金霞, 黄晨阳, 郑素月. 平菇新品种—秀珍菇的特征特性[J]. 中国食用菌, 2005, 24(4): 25–26.
Zhang JX, Huang CY, Zheng SY. New varieties of mushroom-Characteristics of *Pleurotus geesteranus* [J]. Edible Fungi China, 2005, 24(4): 25–26.

[3] 冯志勇, 王志强, 郭立刚, 等. 秀珍菇生物学特性[J]. 食用菌学报, 2003, 10(3): 11–16.
Feng ZY, Wang ZQ, Guo LG, *et al*. Studies on the biological characteristics of *Pleurotus geesteranus* [J]. Acta Edulis Fungi, 2003, 10(3): 11–16.

[4] 柳青, 刘德云, 郑巧平, 等. 高海拔地区夏季秀珍菇无公害栽培技术[J]. 中国林副特产, 2007, (5): 40–42.
Liu Q, Liu DY, Zheng QP, *et al*. Pollution-free cultivation techniques of *Pleurotus geesteranus* in high altitude area in summer [J]. Forest By-Prod Speciality China, 2007, (5): 40–42.

[5] 王海霞, 兰清秀. 我国秀珍菇研究现状[J]. 蔬菜, 2014, (9): 39–41.
Wang HX, Lan QX. Research status of *Pleurotus geesteranu*s in China [J]. Vegetables, 2014, (9): 39–41.

[6] 张艳君. 秀珍菇褐变原因及保鲜方法研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
Zhang YJ. Study on the browning reason and keeping freshness technique of *Pleurotus geesteranus* [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture And Forestry University, 2013.

[7] 张宇. 不同碳氮比栽培料对秀珍菇菌丝及子实体生长的影响[J]. 北方园艺, 2013, (3): 152–154.
Zhang Y. Effect on the growth of mycelium and fruiting body with different carbon and nitrogen ratio of *Pleurotus geesteranus* [J]. Northern Hortic, 2013, (3): 152–154.

[8] Chen XX, Jiang ZH, Chen X, *et al*. Use of biogas fluid-soaked water hyacinth for cultivating *Pleurotus geesteranus* [J]. Bioresource Technol, 2010, (101): 2397–2400.

[9] Ahmed M, Abdullah N, Ahmed KU, *et al*. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh [J]. Microbiologia, 2013, 48(2): 197–202.

[10] 林原. 秀珍菇优质丰产栽培技术[J]. 福建农业科技, 2004, (1): 21–22.
Lin Y. High quality and yield cultivation techniques of *Pleurotus geesteranus* [J]. Fujian Agric Sci Technol, 2004, (1): 21–22.

[11] 江飞虹. 秀珍菇高产栽培技术[J]. 中国科技信息, 2005, (14): 93.
Jiang FH. High yield cultivation techniques of *Pleurotus geesteranus* [J]. China Sci Technol Inf, 2005, (14): 93.

[12] 刘跃钧, 王思贵, 郑文彪, 等. 秀珍菇生物学特性及高产栽培技术[J]. 食用菌, 2003, (4): 37–38.
Liu YY, Wang SG, Zheng WB, *et al*. Biological characteristics and high yield cultivation techniques of *Pleurotus geesteranus* [J]. Edible Fungi, 2003, (4): 37–38.

[13] 胡才科, 顾惠娟. 秀珍菇反季节栽培新技术[J]. 食用菌, 2015, (2): 44–46.
Hu CK, Gu HJ. Cultivation technology of *Pleurotus geesteranus* counter-season [J]. Edible Fungi, 2015, (2): 44–46.

[14] 马洪艳, 白宝良. 秀珍菇栽培技术[J]. 北方园艺, 2014, (13): 140–141.
Ma HY, Bai BL. Cultivation technology of *Pleurotus geesteranus* [J]. Northern Hortic, 2014, (13): 140–141.

[15] 张孔金, 黎志银, 谢宝贵, 等. 秀珍菇对培养基中重金属富集规律的研究[J]. 食用菌, 2012, (5): 52–53.
Zhang KJ, Li ZY, Xie BG, *et al*. Study on medium heavy metal enrichment patterns of *Pleurotus geesteranus* [J]. Edible Fungi, 2012, (5): 52–53.

[16] 邹礼根. 食用菌保鲜储藏过程营养和感官品质变化研究[J]. 杭州农业科技, 2007, (6): 19–21.
Zou LG. Changes of nutrition and sensory quality of edible fungi during storage [J]. Hangzhou Agric Sci Technol, 2007, (6): 19–21.

[17] 陈蔚辉, 卓海燕. 不同套袋包装对采后秀珍菇保鲜鲜果的影响[J]. 食用菌, 2006, (3): 49–50.
Chen WH, Zhuo HY. Effects of different bagging packaging on postharvest fruit preservation of *Pleurotus geesteranus* [J]. Edible Fungi, 2006, (3): 49–50.

[18] 韩建东, 宫志远, 姚强, 等. 金针菇菌渣栽培秀珍菇的营养成分分析[J]. 中国食用菌, 2013, 32(6): 30–35.
Han JD, Gong ZY, Yao Q, *et al*. Analysis of nutritional components of *Pleurotus geesteranus* cultivating with Flammulina velutipes residue [J]. Edible Fungi China, 2013, 32(6): 30–35.

[19] 韩建东, 万鲁长, 杨鹏, 等. 刺芹侧耳菌渣对肺形侧耳(秀珍菇)生长和营养成分的影响[J]. 菌物学报, 2014, 33(2): 433–439.
Han JD, Wan LC, Yang P, *et al*. Effects of the growth and nutritional components of the Pleurotus pulmonarius (*Pleurotus geesteranus*) cultivating with Pleurotus eryngii residue [J]. Mycosystema, 2014, 33(2): 433–439.

[20] 翁伯琦, 江枝和, 林勇. 不同培养料对秀珍菇子实体营养评价的影响[J]. 食用菌学报, 2002, 9(2): 10–13.
Weng BQ, Jiang ZH, Lin Y. Effects on evaluation of nutrition value of fruiting body cultivating with different culture materials [J]. Acta Edulis Fungi, 2002, 9(2): 10–13.

[21] Zhang M. Heating-induced conformational change of a novel *β*-(13)-D-glucan from *Pleurotus geestanus* [J]. Biopolymers, 2010, 93(2): 121–131.

[22] Zhang AQ, Xu M, Li F, *et al*. Structural elucidation of a novel mannogalactan isolated from the fruiting bodies of *Pleurotus geesteranus* [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, (92): 236–240.

[23] 刘辉, 陈尚龙, 李同祥, 等. 高分辨连续光源火焰原子吸收光谱法测定秀珍菇中金属元素[J]. 理化检验-化学分册, 2014, 50(6): 685–688.
Liu H, Chen SL, Li TX, *et al*. FAAS determination of metal elements in *Pleurotus geesteranus* with high resolution-continuous light source [J]. PTCA (Part B: Chem Anal), 2014, 50(6): 685–688.

[24] 刘全德, 唐仕荣, 陈尚龙, 等. 微波消解-HR-CS GFAAS 法快速顺序测定秀珍菇中金属元素[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 289–292.
Liu QD, Tang SR, Chen SL, *et al*. Sequential rapid determination of metallic elements in *Pleurotus geesteranus* by microwave digestion-high resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrophotometry [J]. Food Sci, 2013, 34(14): 289–292.

[25] 沈恒胜, 陈君深, 林金伦, 等. 珍稀菌金福菇(*Tricholoma lobayesne*)、秀珍菇(*Pleurotus geesteranus*)和茶薪菇(*Agrocybe chaxingu*)水溶性多糖分析[J]. 菌物学报, 2005, (24): 173−176.
Shen HS, Chen JS, Lin JL, *et al*. Analysis for soluble polysaccharides of edible fungi *Tricholoma lobayesne, Pleurotus geesteranus* and *Agrocybe chaxingu* [J]. Mycosystema, 2005, (24): 173−176.

[26] 申森, 楚红英. 用磷钼蓝分光光度法测定秀珍菇中总磷含量的探讨. 黄河水利职业学院学报, 2013, 25(4): 42−44.
Shen S, Chu HY. Total phosphorus content determination in *Pleurotus geesteranus* by phosphorus molybdenum blue spectrophotometry [J]. J Yellow River Conservancy Tech Inst, 2013, 25(4): 42−44.

[27] 于加平, 赵荣, 林瑶, 等. 杏鲍菇秀珍菇榆黄蘑中微量元素的光谱测定[J]. 食用菌, 2009, (4): 71−72.
Yu JP, Zhao R, Lin Y, *et al*. Trace elements determination in *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus geesteranus*, *Pleurotus citrinopileatus* by spectrometry [J]. Edible Fungi, 2009, (4): 71−72.

[28] 吴莉, 沈恒胜, 陈君琛, 等. 富硒秀珍菇菌粉的抗氧化作用及其安全性初步研究[J]. 福建农业学报, 2015, 30(2): 163−167.
Wu L, Shen HS, Chen JC, *et al*. Antioxodant and acute toxicity of Se-enriched *Pleurotus geesteranus* singer mycelia [J]. Fujian J Agric Sci, 2015, 30(2): 163−167.

[29] Ranogajec A, Beluhan S, Smit Z. Analysis of nucleosides and monophosphate nucleotides from mushrooms with reversedphase HPLC [J]. J Sep Sci, 2010, 33(8): 1024−1033.

[30] 刘翠, 窦肇华. 食用菌的药用价值研究[J]. 空军医高专学报, 1994, 16(4): 67−69.
Liu C, Dou ZH. The development of medicinal value of edible fungi [J]. J Air Force Med Coll, 1994, 16(4): 67−69.

[31] Silva S, Martins S, Karmali A, *et al*. Production, purification and characterisation of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus* with antitumour activity [J]. J Sci Food Agric, 2012, 92(9):1826−1832.

[32] 汲晨锋, 岳磊. 抗肿瘤蕈类多糖的研究进展[J]. 林产化学与工业, 2014, 34(1): 129−134.
Ji CF, Yue L. Review on anti-tumor polysaccharides in mushroom [J]. Chem Ind Forest Prod, 2014, 34(1): 129−134.

[33] Wang Q, Li H, Chen TT, *et al*. Yield, polysaccharides content and antioxidant properties of *Pleurotus abalonus* and *Pleurotus geesteranus* produced on asparagus straw as substrate [J]. Sci Hortic, 2012, (134): 222−226.

[34] 廖钱江, 刘宇, 许峰, 等. 4 种食用菌总黄酮生物功能的研究[J]. 食品科技, 2014, 39(7): 206−209.
Liao QJ, Liu Y, Xu F, *et al*. Research on total flavonoids bioactivity of edible fungus [J]. Food Sci Technol, 2014, 39(7): 206−209.

[35] 孙玉军, 江昌俊, 祝婿巍, 等. 秀珍菇多糖 PMP-2a 的理化性质及其体外抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(12): 79−84.
Sun YJ, Jiang CJ, Zhu CW, *et al*. Physicochemical characteristics and in vitro antioxidant activity of polysaccharide PMP-2a from *Pleurotus geesteranus* [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 30(12): 79−84.

[36] Zhang M, Zhu L, Steve W. Cui, *et al*. Fractionation, partial characterization and bioactivity of water-soluble polysaccharides and polysaccharide-protein complexes from *Pleurotus geesteranus* [J]. Int J Biol Macromol, 2011, (48): 5−12.

[37] 张安强, 许媚, 周赛静, 等. 秀珍菇子实体多糖中 3-O-甲基-半乳糖组分的谱学鉴定[J]. 药物分析杂志, 2013, 33(1): 90−93, 115.
Zhang AQ, Xu M, Zhou SJ, *et al*. Spectroscopic identification of 3-O-methyl-galactose in polysaccharide isolated from the fruiting body of *Pleurotus geesteranus*[J]. Chin J Pharm Anal, 2013, 33(1): 90−93,115.

[38] Lv GY, Zhang ZF, Pan HJ, *et al*. Antioxidant properties of different solvents extracts from three edible mushrooms [C]. Beijing: 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, 2009.

[39] 杨润亚, 李维焕, 吕芳芳, 等. 秀珍菇子实体多糖的提取工艺优化及体外抗氧化性[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(10): 1093−1099.
Yang RY, Li WH, Lv FF, *et al*. Optimization of the extraction technique and the antioxidant activity of polysaccharides from *Pleurotus geesteranus* [J]. J Food Sci Biotechnol, 2012, 31(10): 1093−1099.

[40] 耿中华, 李超. 秀珍菇多糖的抗大豆油氧化活性研究[J]. 油脂工程技术, 2012, (2): 57−59.
Geng ZH, Li C. Antioxidantive effects of polysaccharides from *Pleurotus geesteranus* on soybean oil [J]. Oil Eng Technol, 2012, (2): 57−59.

[41] 耿中华, 李超, 商学兵, 等. 秀珍菇多糖的抗花生油氧化活性研究[J]. 食品工业, 2014, 35(2): 1−3.
Geng ZH, Li C, Shang XB, *et al*. Antioxidantive effects of polysaccharides from *Pleurotus geesteranus* on peanut oil [J]. J Food Ind, 2014, 35(2): 1−3.

[42] 申进文, 王瑞瑞, 许春平. 秀珍菇多糖的硫酸化及其生物活性研究[J]. 食品农业科学, 2014, 43(7): 102−106.
Shen JW, Wang RR, Xu CP. Study on preparation and bioactivity of sulfated saccharides of *Pleurotus geesteranus*[J]. J Henan Agric Sci, 2014, 43(7): 102−106.

[43] Shen HS, Liu, HZ, Chen, JC, *et al*. Tetramethylpyrazine from *Pleurotus geesteranus* [J]. Nat Prod Commun, 2015, 10(9): 1553−1554.

[44] He PX, Geng LJ, Mao DB, *et al*. Production, preliminary characterization, and bioactives of exopolysaccharides from *Pleurotus geesteranus* 5 # [J]. Prep Biochem Biotechnol, 2013, 43(1):108−122.

[45] Mao DB, Ma YP, Geng LJ, *et al*. Fermentation characteristics in stirred-tank reactor of exopolysaccharides with hypolipidemic activity produced by *Pleurotus geesteranus* 5(#) [J]. Biol Sci, 2013, 85(4): 1473−1481.

[46] Hardenberg RE, Watada AE, Wang CY. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stock [Z]. Agriculture Handbook / United States Department of Agriculture No.66, 1986.

[47] Ji-Weon C,전창성, 홍윤표, *et al*. Effect of 1-methylcyclopropene and microperforated film packaging on postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) [J]. J Mushrooms, 2012, 10(4): 191−197.

[48] Syafini G., Zaulia O, Aisyah A, *et al*. Quality maintenance of grey oyster mushroom (pleurotus ostreatus) by nanosilver packaging and ethylene absorbers [C]. Kuala Lumpur: MALAYSIA, 2013(1012): 1341−1346.

[49] Minamide T, Iwata T. Studies on physiological and chemical properties and postharvest keeping quality of mushrooms. XI Effect of storage temperature on the taste compounds, and on protease and nucleic acid-degrading enzyme activities of mushrooms (*Agaricus bisporus*) [J]. Bull Univ Osaka Pref Ser B, 1986, 38(1): 10−11.

[50] Hammond JBW. Carbohydrate catabolism in harvested mushrooms [J]. Phytochemistry, 1978, (17): 1717−1719.

[51] Zia Ullah K, Jianwen B, Nasir Mehmood K, *et al*. Integrated treatment of CaCl2, Citric acid and Sorbitol reduces loss of quality of button mushroom (*Agaricus Bisporus*) during postharvest storage [J]. J Food Process Preserv, 2015, 39(6): 2008–2016.

[52] Ayse TO, Zeynep U, Fuat B, *et al*. The postharvest quality, sensory and shelf life of *agaricus bisporus* in active map [J]. J Food Process Preserv, 2015, 39(6): 100–106.

[53] Mehmet SA. Application of electrolyzed water for improving postharvest quality of mushroom [J]. Food Sci Technol, 2016, (68): 44–51.

[54] Fang D, Yang WJ, Benard MK, *et al*. Effect of nanocomposite-based packaging on storage stability of mushrooms (*Flammulina velutipes*) [J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2016, (33): 489–497.

[55] Jiang TJ, Luo ZS, Ying TJ. Fumigation with essential oils improves sensory quality and enhanced antioxidant ability of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) [J]. Food Chem, 2015, (172): 692–698.

[56] 余华, 刘达玉, 李宗唐, 等. 食用菌采后生理特性及保鲜技术研究进展[J]. 中国食用菌, 2015, 34(1): 70–73.
Yu H, Liu DY, Li ZT, *et al*. The research progress on physiological characteristics and preservation techniques of the post-harvested edible fungi [J]. Edible Fungi China, 2015, 34(1): 70–73.

[57] 陈慧斌, 王梅英. 食用菌保鲜技术研究进展[J]. 宁德师专学报(自然科学版), 2008, 20(1): 14–17.
Chen HB, Wang MY. Progress on preservation technology of edible fungi [J]. J Ningde Teachers Coll (Nat Sci), 2008, 20(1): 14–17.

[58] 王新风, 潘磊, 孙惠玲, 等. 不同温度贮藏对秀珍菇 SOD 和 POD 活性的影响[J]. 淮阴师范学院学报(自然科学版), 2005, 4(4): 323–326.
Wang XF, Pan L, Sun HL, *et al*. Effect of SOD and POD activity by different storage temperature on *Pleurotus geesteranus* [J]. J Huaiyin Teachers Coll (Nat Sci Ed), 2005, 4(4): 323–326.

[59] 冯志勇, 郭倩, 郑建林, 等. 秀珍菇物理保鲜研究[J]. 食用菌学报, 2003, 10(4): 47–51.
Feng ZY, Guo Q, Zheng JL, *et al*. Study on the physical preservation of *Pleurotus geesteranus*[J]. Acta Edulis Fungi, 2003, 10(4): 47–51.

[60] 吴国虹, 谢宝贵, 江玉姬, 等. 不同包装方式对 1–MCP 处理草菇的保鲜效应[J]. 食用菌学报, 2014, (21)3: 60–65.
Wu GH, Xie BG, Jiang YJ, *et al*. Effect of different packaging regimes on the quality of *Volvariella volvacea* fruit bodies [J]. Acta Edulis Fungi, 2014, (21)3: 60–65.

[61] 赵春燕, 马芳菲, 冯叙桥, 等. 1-MCP 处理对杏鲍菇采后生理和结构变化的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 185–188.
Zhao CY, Ma FF, Feng XQ, *et al*. Effects of 1-MCP treatment on postharvest physiology ans structure of *Pleurotus geesteranus* [J]. Food Sci, 2014, 35(6): 185–188.

[62] 张璇, 胡花丽, 王毓宁, 等. 气调处理对杏鲍菇货架期品质影响的多变量分析[J]. 食品科学, 2014, 35(20): 265–270.
Zhang X, Hu HL, Wang YN, *et al*. Multivariate analysis of the effects of controlled atmosphere treatment on quality of *pleurotus eryngii* mushroom during shelf-life [J]. Food Sci, 2014, 35(20): 265–270.

[63] Fang D, Yang WJ, Benard M K, *et al*. Effect of nanocomposite-based packaging on storage stability of mushrooms (Flammulina velutipes) [J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2016, 33: 489–497.

[64] Syafini G, Zaulia O, Aisyah A, *et al*. quality maintenance of grey oyster mushroom (*pleurotus ostreatus*) by nanosilver packaging and ethylene absorbers [C]. Kuala Lumpur: MALAYSIA, 2013(1012): 1341–1346.

[65] 徐丽婧, 常昌明, 孟俊龙, 等. UV-C 处理对双孢蘑菇采后品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(1): 347–350, 380.
Xu LJ, Chang CM, Meng JL, *et al*. Effect of UV-C irradiation on quality and microbial characteristics of *Agaricus bisporus* [J]. Sci Technol Food Ind, 2016, 37(1): 347–350, 380.

[66] 余华, 刘达玉, 李宗堂, 等.食用菌采后生理特性及保鲜技术研究进展[J]. 中国食用菌, 2015, 34(1): 70–73, 76.
Yu H, Liu DY, Li ZT, *et al*. The research progress on physiological characteristics and preservation techniques of the post-harvested edible fungi [J]. Edible Fungi China, 2015, 34(1): 70–73, 76.

[67] 严奉伟, 严泽湘, 王桂桢. 食用菌深加工技术与工艺配方[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2002.
Yan FW, Yan ZX, Wang GZ. Edible fungus deep processing technology and technological formula[M]. Beijing: Scientific and Technical Documents Publishing House, 2002.

[68] Mehmet SA. Application of electrolyzed water for improving postharvest quality of mushroom [J]. Food Sci Technol, 2016, (68):44–51.

[69] Guido R, Pramod V M, Martin G, *et al*. Application of humidity-regulating tray for packaging of mushrooms [J]. Postharvest Biol Technol, 2015, (108): 102–110.

[70] Jiang TJ, Luo ZS, Ying TJ. Fumigation with essential oils improves sensory quality and enhanced antioxidant ability of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) [J]. Food Chem, 2015, (172): 692–698.

[71] Ilgaz A, Emrah T, Fatih E. Efficacy of gaseous ozone for reducing microflora and foodborne pathogens on button mushroom [J]. Postharvest Biol Technol, 2015, (109): 40–44.

[72] Mohebbat M, Elham A , Nasim H, *et al*. Suitability of aloe vera and gum tragacanth as edible coatings for extending the shelf life of button mushroom [J]. Food Bioprocess Technol, 2012, 5(8): 3193–3202.

(责任编辑：姚菲)

## 作者简介

张晓玉，硕士研究生，主要研究方向为果蔬贮藏与加工。
E-mail: fanqie1517@163.com

辛　广，教授，博士，主要研究方向为果蔬贮藏与加工。
E-mail: xguang212@163.com