

人工疏蕾对杏鲍菇产量及品质的影响

王路朋, 刘凌云, 姚澜, 范冬雨, 李长田*, 李玉*

吉林农业大学食药菌教育部工程研究中心, 吉林 长春 130118

王路朋, 刘凌云, 姚澜, 范冬雨, 李长田, 李玉. 人工疏蕾对杏鲍菇产量及品质的影响[J]. 微生物学通报, 2022, 49(10): 4186-4193

Wang Lupeng, Liu Lingyun, Yao Lan, Fan Dongyu, Li Changtian, Li Yu. Effect of artificial bud thinning on yield and quality of *Pleurotus eryngii*[J]. Microbiology China, 2022, 49(10): 4186-4193

摘要: 【背景】工厂化栽培中, 杏鲍菇是不定点出菇, 通常采用人工疏蕾的方法来实现对子实体数目的控制, 但目前关于人工疏蕾保留子实体的数目无具体的研究。【目的】通过人工疏蕾的方式, 研究保留不同子实体数目对杏鲍菇产量及品质的影响。【方法】对各处理组进行基质利用情况测定, 对采收后各组子实体进行产量、形态指标及质构特性的测定。【结果】保留 3-4 个子实体的基质利用率较高, 在生产实际中对成本的浪费较少; 保留不同子实体数目对子实体形态指标、单菇重量及单包产量都有显著影响, 保留 1 个子实体时, 单菇重量最大但单包产量最低, 保留 4 个子实体时, 单包产量较高且子实体形态一致; 从质构特性来看, 保留子实体数目为 4 个时, 杏鲍菇子实体品质最好、口感最佳。【结论】在杏鲍菇工厂化生产的人工疏蕾环节, 保留子实体数目为 3-4 个时可以减少对成本的浪费, 获得产量较高、品质较好的产品。

关键词: 杏鲍菇; 人工疏蕾; 基质; 产量; 质构

Effect of artificial bud thinning on yield and quality of *Pleurotus eryngii*

WANG Lupeng, LIU Lingyun, YAO Lan, FAN Dongyu, LI Changtian*, LI Yu*

Engineering Research Center of Edible and Medicinal Fungi, Ministry of Education, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China

Abstract: [Background] In industrial scale cultivation, *Pleurotus eryngii* features random fruiting, and the number of fruiting bodies is usually controlled by artificial bud thinning. However, there is no study

基金项目: 国家重点研发计划(2020YFD1000300); 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-20)

Supported by: National Key Research and Development Program of China (2020YFD1000300); Earmarked Fund for Modern Agroindustry Technology Research System (CARS-20)

*Corresponding authors: E-mail: LI Changtian: changtianli@126.com; LI Yu: yuli966@126.com

Received: 2022-03-01; Accepted: 2022-04-13; Published online: 2022-04-29

available on the optimal number of fruiting bodies retained at the moment. **[Objective]** To explore the effect of different numbers of fruiting bodies retained by artificial bud thinning on the yield and quality of *P. eryngii*. **[Methods]** The substrate utilization in each treatment was monitored. The morphological indexes, yield, and texture characteristics of fruiting bodies after harvest were measured. **[Results]** The substrate utilization rate was the highest in the treatment with 3–4 fruiting bodies retained with little waste. The number of fruiting bodies retained had significant influence on the morphological indexes of fruiting bodies, weight of single fruiting body, and yield of single package. In the case of 1 fruiting body retained, the weight of single fruiting body was the highest, but the yield of single package was the lowest. When 4 fruiting bodies were retained, the yield of single package was high and the morphology of fruiting bodies was the same. As for the texture, when 4 fruiting bodies were preserved, the quality and taste of the fruiting body were the best. **[Conclusion]** In artificial bud thinning in industrial scale production of *P. eryngii*, preserving 3–4 fruiting bodies can help achieve high and quality at low cost.

Keywords: *Pleurotus eryngii*; artificial bud thinning; substrate; yield; texture

杏鲍菇 [*Pleurotus eryngii* (DC.exFr.) Quel], 又名刺芹菇、刺芹侧耳, 属于真菌界(fungi)担子菌门(*Basidiomycota*)伞菌纲(*Agaricomycetes*)伞菌目(*Agaricales*)侧耳科(*Pleurotaceae*)侧耳属(*Pleurotus*)^[1]。杏鲍菇因其兼具杏仁香味和鲍鱼口感而被称为杏仁鲍鱼菇, 后来简称为杏鲍菇, 有“平菇王”和“草原上的美味牛肝菌”之称^[2]。近年来, 我国杏鲍菇产量虽有波动, 但总体上处于不断增长的趋势。2010年我国杏鲍菇产量有42.56万t, 2019年增长至212.22万t^[3]。杏鲍菇子实体富含各种营养成分, 与香菇、银耳和黑木耳等相比, 杏鲍菇干品蛋白质含量和灰分含量较高, 甘露醇、游离氨基酸含量也比较丰富, 而脂肪含量和总糖含量较低^[4-5]。杏鲍菇含有的杏鲍菇多糖、杏鲍菇蛋白质、纤维素等物质, 对人体有降血脂、降胆固醇^[6]、防止心血管疾病^[7]、提高免疫力^[8]、抗肿瘤^[9-10]、降血糖^[11-13]和护肝^[14-15]等作用。

由于杏鲍菇是不定点出菇, 通常采用人工疏蕾的方法来实现对子实体数目的控制^[16]。在香菇^[17]和白灵菇^[18]的生产中, 通常也会产生大

量的菇蕾, 也需要通过人工疏蕾的方式来控制子实体的数目。但目前关于人工疏蕾保留子实体的数目无具体的研究, 所留菇蕾的数量根据不同地区消费者的需求而定, 如北方消费者喜欢体型较大的, 就保留1个菇蕾; 南方消费者更加偏爱小型菇, 就留3–4个菇蕾^[19]。在食用菌栽培生产中, 常采用木屑和农作物秸秆作为主料, 主料中的主要成分是木质纤维素, 木质纤维素则由木质素、半纤维素和纤维素三部分组成^[20-21]。食用菌利用基质时较先降解的都是木质素, 在不同食用菌的研究中都得到了证实^[22]。然而, 随着食用菌代料栽培技术的发展和食用菌的产量和市场需求量的逐年增加, 有关食用菌营养利用的研究越来越引起国内外学者的重视。关于食用菌的品质研究, 以前仅是感官评价, 缺乏科学性, 近年来质构分析仪广泛应用于食用菌的品质研究, 其可以分析样品的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性、回复性^[23-24]。本实验通过人工疏蕾的方法, 研究保留子实体数目对杏鲍菇产量及品质的影响, 以期为杏鲍菇工厂化栽培增加产量和提升品质提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 供试菌种

杏鲍菇菌株 AT01 由吉林农业大学食药用菌教育部工程研究中心提供。

1.1.2 主要试剂和仪器

木质素含量试剂盒、纤维素含量试剂盒和半纤维素含量试剂盒,苏州科铭生物有限公司。游标卡尺、电子天平和质构仪,北京超技仪器有限公司;数显恒温水浴锅,常州澳华仪器有限公司;多功能酶标仪,BioTek 公司;立式压力蒸汽灭菌器,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;生化培养箱,上海新苗医疗器械有限公司;超净工作台,上海苏净实业有限公司。

1.1.3 培养基

母种培养基(g/L):去皮马铃薯 200.0,琼脂 20.0,葡萄糖 20.0。

液体种培养基(g/L):蔗糖 25.0,酵母浸粉 2.0,磷酸二氢钾 5.0,硫酸镁 2.5。

栽培料配方:木屑 38.0%,玉米芯 30.0%,麸皮 20.0%,豆粕 5.0%,玉米粉 5.0%,碳酸钙 1.0%,石灰 1.0%,含水量 65.0%,pH 6.0-7.0。

1.2 方 法

1.2.1 出菇试验

菌包在 1×10^5 Pa 高温高压蒸汽灭菌 2 h,冷却后接液体菌种。发菌室暗中培养至菌丝满袋,再后熟培养 10 d 后进入出菇管理,出菇房中培养 15 d 左右时,根据子实体长势可以开始人工疏蕾。出菇试验在吉林益隆长白山实业有限公司出菇房内进行,杏鲍菇采用墙式菌袋栽培方式,每排菇架共 20 层。

1.2.2 疏蕾处理

本试验疏蕾处理分为 5 组,1-4 组分别保留 1-4 个子实体,第 5 组不进行人工疏蕾。每个梯度处理 20 个菌包,疏蕾结束后在相同培养

条件下培养至采收。

1.2.3 各处理对基质利用情况的测定

采收后,分别用木质素含量试剂盒、纤维素含量试剂盒、半纤维素含量试剂盒测定各组基质中木质素、纤维素、半纤维素的含量,分析各处理对基质成分的利用情况,找到基质利用率最高的处理组。

1.2.4 子实体产量和形态指标测定

分别测定各组子实体单菇重量及单包产量、菌盖直径、菌柄直径和菌柄长度。

1.2.5 子实体质构指标测定

子实体从菌柄中间部位切成 2 cm 厚的圆柱体,用 P50 探头进行质构指标的测定。测试模式:压缩;测前速度:2.00 mm/s;测中速度:0.50 mm/s;测后速度:10.00 mm/s;触发力:5.0 g;测试温度 20-25 °C。测定指标为硬度、弹性、内聚性、咀嚼性、回复性。

1.3 数 据 分 析

以上实验均重复 3 次,取平均值。采用 SPSS 19.0 软件进行数据分析。

2 结 果 与 分 析

2.1 各处理对基质的利用情况

测定各组基质中木质素的含量,由图 1 可以看出,第 3 组基质中的木质素含量最低,与其他组呈显著差异,表示第 3 组木质素的利用率较高。测定各组基质中纤维素的含量,由图 1 可以看出,第 4 组纤维素含量最低,2、3、4 组与其他两组呈显著差异,表示第 4 组的纤维素利用率较高。测定各组基质中半纤维素的含量,由图 1 可以看出,第 3 组的半纤维素含量最低,与其他组呈显著差异,表示第 3 组的半纤维素利用率较高。综合来看,保留 3-4 个子实体的基质利用率较高,在生产实际中对成本的浪费较少。

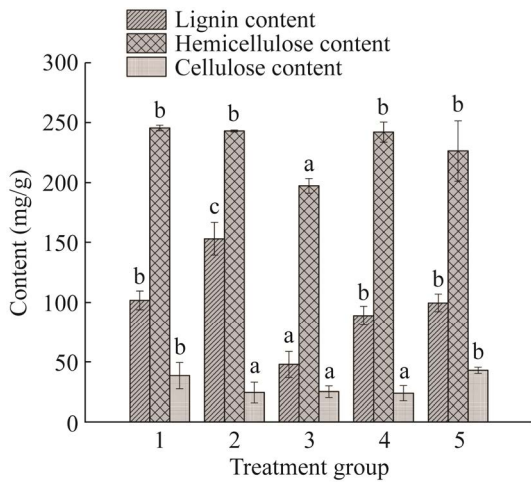


图 1 各组基质中木质素、纤维素、半纤维素含量 图中不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Figure 1 Contents of lignin, cellulose and hemicellulose in each matrix. Different lowercase letters in the figure indicate significant differences ($P<0.05$).

2.2 子实体产量和形态指标

通过比较不同处理组的农艺性状, 观察不同组间杏鲍菇子实体形态特征以获得保留不同子实体数目对农艺性状的影响, 探究人工疏蕾数目对子实体形态的影响。由表 1 可以看出, 保留不同子实体数目对子实体单菇重量、单包产量及形态指标都有显著影响。单菇重量随着保留子实体数目的增多而逐渐减小, 第 1 组的单菇重量最大, 平均为 275.52 g, 与其他组呈显著差异, 单包产量随着保留子实体数目的增

多而逐渐增大, 第 5 组总产量最高, 但其菇形各异, 大小不一(图 2), 单菇重量相差较大, 在生产实际中, 会造成商品菇的分级困难, 增加了劳动成本。第 4 组单包产量平均为 400.42 g, 与第 5 组较为接近, 而且第 4 组子实体形态较为一致(图 2)。各处理组的生物学效率与单包产量有对应关系, 单包产量越高, 生物学效率越高, 第 5 组的生物学效率最高。菌盖直径和菌柄直径随着保留子实体数目的增多而逐渐减小, 菌柄长度的变化不太明显, 第 1 组的菌盖直径、菌柄直径和菌柄长度都是最大的, 并与其他组呈显著差异。

2.3 子实体质构指标

食物的质构特性是一种机械识别特性, 有助于描述食物的品质特征^[25], 杏鲍菇子实体质地是衡量其商品性状好坏的重要指标, 影响杏鲍菇的贮藏时间、产品质量及口感。杏鲍菇采摘后呼吸强度提高, 容易出现子实体软化、腐烂等问题, 严重影响杏鲍菇的商品价值^[26]。用质构仪对杏鲍菇子实体的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性、回复性进行测量分析。硬度是评价子实体品质的重要指标, 可以客观地反映菇体的成熟程度和品质状态。从图 3 可以看出, 第 3 组保留 3 个子实体的处理组硬度最高, 但与其他处理组差异不显著, 有利于贮藏和运输。弹性

表 1 各组子实体产量及形态指标

Table 1 Yield and morphological indexes of fruiting bodies in each group

Group	Single fruiting body weight (g)	Single bag weight (g)	Biological efficiency (%)	Cap diameter (mm)	Stipe diameter (mm)	Stipe length (mm)
1	275.52±16.34a	277.32±18.29c	55.46	74.75±4.75a	64.42±3.66a	173.64±7.42a
2	164.54±43.74b	324.07±32.08b	64.81	59.26±6.28b	47.07±2.48b	128.64±5.06b
3	131.88±17.33bc	396.62±15.11a	79.32	50.54±6.28bc	42.29±2.98bc	131.92±4.69b
4	101.70±5.51cd	400.42±23.83a	80.08	49.77±8.91bc	39.82±3.90c	130.06±17.16b
5	78.96±51.59d	400.72±26.04a	80.14	45.48±15.15c	40.34±5.04c	116.15±32.14b

注: 数据为平均值±标准差, 同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Data are mean±standard deviation, different letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$).

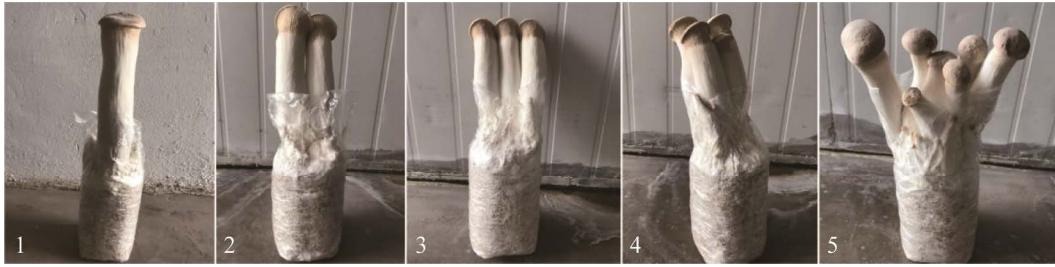


图 2 不同处理对子实体形态的影响 1: 保留 1 个子实体; 2: 保留 2 个子实体; 3: 保留 3 个子实体; 4: 保留 4 个子实体; 5: 不进行疏蕾处理

Figure 2 Effect of different treatments on fruiting body morphology. 1: Preserve 1 fruiting body; 2: Preserve 2 fruiting bodies; 3: Preserve 3 fruiting bodies; 4: Preserve 4 fruiting entities; 5: No bud thinning treatment.

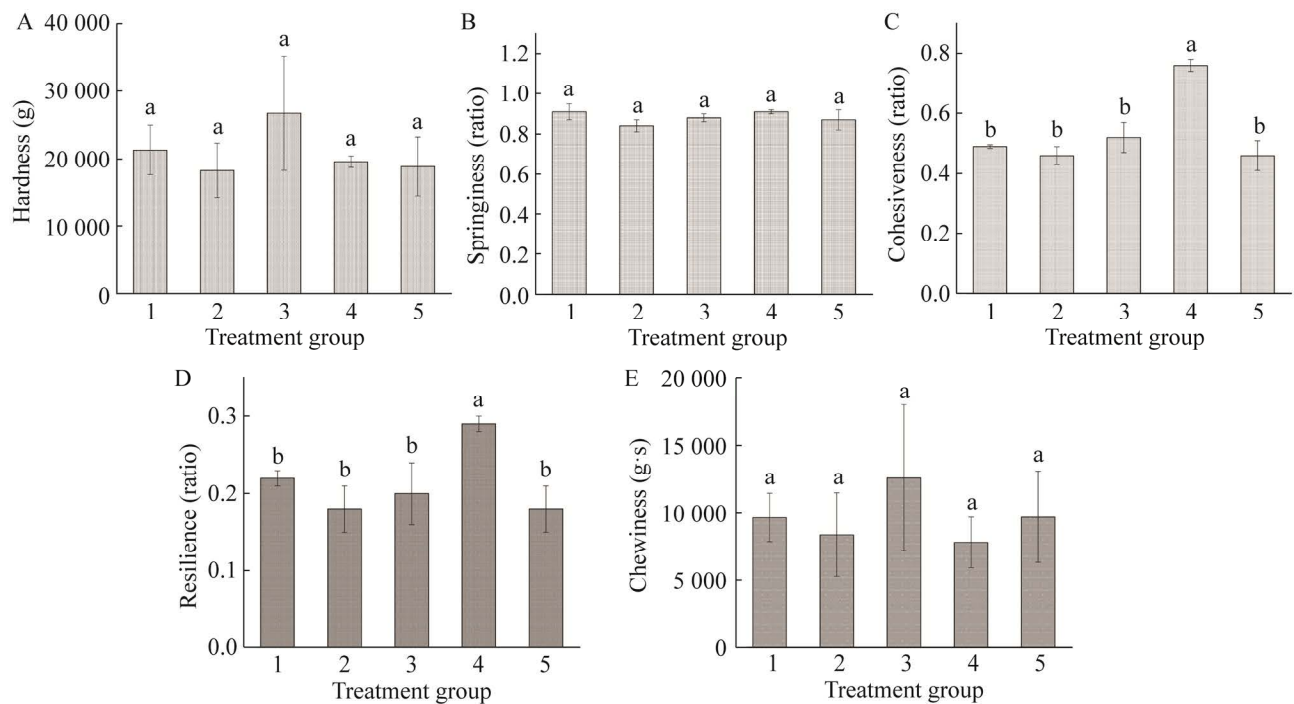


图 3 不同处理对杏鲍菇子实体质构特性的影响 A: 不同处理组子实体硬度; B: 不同处理组子实体弹性; C: 不同处理组子实体内聚性; D: 不同处理组子实体回复性; E: 不同处理组子实体咀嚼性

Figure 3 Effect of different treatments on the physical structure of *P. eryngii* fruiting body. A: Fruiting body hardness of different treatment groups; B: Elasticity of fruiting body in different treatment groups; C: *In vivo* aggregation of the fruiting body in different treatment groups; D: Resilience of fruiting body of different treatment groups; E: Masticability of fruiting body in different treatment groups.

反映的是子实体表面受到压力后迅速恢复形变的能力, 由图 3 可以看出, 各组弹性数值相差不大, 保留子实体数目不同对弹性的影响不明显。内聚性反映杏鲍菇子实体抵抗受损能力并

使其菌体内部紧密结合保持整体的完整性。内聚性越强, 表示杏鲍菇口感越好。由图 3 可知, 第 4 组的内聚性最强, 与其他组呈显著差异。回复性是指子实体在受到压缩、咀嚼后回弹的

能力, 回复性数值大的口感较好。图 3 显示, 第 4 组的回复性值最大。而且与其他组呈显著差异。咀嚼性反映的是在咀嚼时子实体的持续抵抗性, 体现了咀嚼所需要消耗的能量大小。咀嚼性值越小, 咀嚼时所需作用力越小。图 3 显示, 第 4 组的咀嚼性值最小。这 5 组数据表明, 第 4 组保留子实体数目为 4 个时杏鲍菇子实体品质最好、口感最佳。

3 讨论与结论

在杏鲍菇工厂化生产中, 多采用人工疏蕾的方式来控制子实体的数目, 以达到获得较高产量的目的, 各厂家保留子实体的数目都不尽相同。本实验通过人工疏蕾的方式, 研究了保留不同子实体数目对杏鲍菇产量及品质的影响, 为杏鲍菇工厂化栽培增加产量和提升品质提供理论依据。测定采收后不同处理基质中木质纤维素的含量发现, 通过剩余木质纤维素的含量分析各处理对基质的利用率, 当保留子实体数目为 3-4 个时基质的利用率较高, 成本的浪费较少。对所获得的子实体进行形态指标和产量的测定发现, 当保留子实体数目为 4 个时单包产量较高, 而且子实体形态一致, 但单菇重量较小, 若需要较大子实体, 可以适当减少保留子实体的数目, 生产者可根据不同的需求确定保留子实体的数目。仅通过感官评价研究食用菌的品质缺乏科学性, 近年来, 质构仪广泛地应用于食用菌的品质研究。安晓雯等^[27]利用质构仪对黑皮鸡枞进行了硬度、弹性、咀嚼性等指标的测定研究表明, 在加热过程中, 黑皮鸡枞的质构特性发生了变化, 质构指标能够较好地体现黑皮鸡枞菌组织的变化状况。本研究利用质构仪对不同处理杏鲍菇子实体的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性和回复性进行了测定与研究, 得知保留子实体数目为 4 个时杏鲍

菇子实体品质最好、口感最佳。

综上所述, 在杏鲍菇工厂化生产的人工疏蕾环节, 保留子实体数目为 3-4 个时可以减少对成本的浪费, 获得产量较高、品质较好的产品, 各厂家也可根据实际需求来确定保留子实体的数目。人工疏蕾较为烦琐, 需要大量的劳动成本, 能否找到代替人工疏蕾的方法, 减少人工, 获得更高的收益, 是亟待解决的问题, 还需要进一步的研究。

REFERENCES

- [1] 李玉, 李泰辉, 杨祝良, 图力古尔, 戴玉成. 中国大型菌物资源图鉴[M]. 郑州: 中原农民出版社, 2015
Li Y, Li TH, Yang ZL, Tolgor B, Dai YC. Atlas of Chinese Macrofungus Resources[M]. Zhengzhou: Chinese Farmer Press, 2015 (in Chinese)
- [2] 郭向华, 班立桐, 王永庄, 孙质惠, 王海旺. 杏鲍菇对不同碳氮营养源的利用[J]. 天津农业科学, 2002, 8(3): 4-6
Guo XH, Ban LT, Wang YZ, Sun ZH, Wang HW. Study on utilization of carbon sources and nitrogen sources of *Pleurotus eryngii*[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2002, 8(3): 4-6 (in Chinese)
- [3] 袁滨, 徐丽红, 连燕萍, 柯丽娜, 官向荣, 张志鸿, 炎腾. 不同栽培基质对杏鲍菇产量及品质的影响[J]. 热带农业科学, 2020, 40(4): 31-36
Yuan B, Xu LH, Lian YP, Ke LN, Guan XR, Zhang ZH, Yan T. Effects of different culture substrates on yield and quality of *Pleurotus eryngii*[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2020, 40(4): 31-36 (in Chinese)
- [4] 陈芳, 徐晖. 安康杏鲍菇营养成分的测定与分析[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2015, 31(4): 64-67
Chen F, Xu H. Determination and analysis of the nutrients of *Pleurotus eryngii* cultivated in Ankang[J]. Journal of Shaanxi University of Technology: Natural Science Edition, 2015, 31(4): 64-67 (in Chinese)
- [5] 李怡彬, 杨艺龙, 陈君琛, 沈恒胜, 赖谱富. 工厂化栽培杏鲍菇副产物营养成分分析与评价[J]. 福建农业学报, 2014, 29(9): 904-908
Li YB, Yang YL, Chen JC, Shen HS, Lai PF. Nutritional analysis and evaluation for industrial cultivated *Pleurotus eryngii* by-products[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2014, 29(9): 904-908 (in Chinese)

- [6] Chen JJ, Mao D, Yong YY, Li JL, Wei H, Lu L. Hepatoprotective and hypolipidemic effects of water-soluble polysaccharidic extract of *Pleurotus eryngii*[J]. Food Chemistry, 2012, 130(3): 687-694
- [7] Taofiq O, Calhelha RC, Heleno S, Barros L, Martins A, Santos-Buelga C, Queiroz MJRP, Ferreira ICFR. The contribution of phenolic acids to the anti-inflammatory activity of mushrooms: screening in phenolic extracts, individual parent molecules and synthesized glucuronated and methylated derivatives[J]. Food Research International, 2015, 76: 821-827
- [8] 樊铭聪, 李文香, 胡欣蕾, 孙亚男, 于戈. 杏鲍菇提取物对小鼠巨噬细胞免疫活性的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(11): 1210-1217
Fan MC, Li WX, Hu XL, Sun YN, Yu G. Effect of *Pleurotus eryngii* different extracts on immunity activity of mice macrophages[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2017, 36(11): 1210-1217 (in Chinese)
- [9] 迟桂荣, 徐琳, 吴继卫, 邢建欣. 杏鲍菇多糖的抗病毒、抗肿瘤研究[J]. 莱阳农学院学报, 2006, 23(3): 174-176
Chi GR, Xu L, Wu JW, Xing JX. Studies on anti-virus and anti-tumors exocellular polysaccharides of *Pleurotus eryngii*[J]. Journal of Laiyang Agricultural College, 2006, 23(3): 174-176 (in Chinese)
- [10] 姜艳红, 张玲帆, 吕瑛, 汤曦, 任道远. 杏鲍菇多糖 PEP-2 的结构表征及其对肝癌细胞 HepG-2 抑制作用的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(19): 111-116
Jiang YH, Zhang LF, Lü Y, Tang X, Ren DY. Chemical characterization of *Pleurotus eryngii* polysaccharide PEP-2 and its tumor-inhibitory effects against human hepatoblastoma Hep G-2 cell[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(19): 111-116 (in Chinese)
- [11] Ganeshpurkar A, Kohli S, Rai G. Antidiabetic potential of polysaccharides from the white oyster culinary-medicinal mushroom *Pleurotus Florida* (higher Basidiomycetes)[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2014, 16(3): 207-217
- [12] 张国锁, 张淑红, 张运峰, 申书侃, 范永山. 杏鲍菇多糖对糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 中国食用菌, 2019, 38(1): 38-40, 57
Zhang GS, Zhang SH, Zhang YF, Shen SK, Fan YS. Hypoglycemic effect of *Pleurotus eryngii* polysaccharides on diabetic mice[J]. Edible Fungi of China, 2019, 38(1): 38-40, 57 (in Chinese)
- [13] Li JP, Lei YL, Zhan H. The effects of the king oyster mushroom *Pleurotus eryngii* (higher Basidiomycetes) on glycemic control in alloxan-induced diabetic mice[J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2014, 16(3): 219-225
- [14] Jung HY, Bae IY, Lee SY, Lee HG. Effect of the degree of sulfation on the physicochemical and biological properties of *Pleurotus eryngii* polysaccharides[J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 1291-1295
- [15] 杜敏华, 田龙. 微波辅助法提取杏鲍菇多糖研究[J]. 食品科技, 2007, 32(3): 117-119
Du MH, Tian L. Study on extraction of polysaccharide of *Pleurotus eryngii* via microwave-assisted route[J]. Food Science and Technology, 2007, 32(3): 117-119 (in Chinese)
- [16] 李玉, 于海龙, 周峰, 王瑞娟, 郭倩. 工厂化瓶栽杏鲍菇疏蕾研究[J]. 上海农业学报, 2011, 27(1): 52-54
Li Y, Yu HL, Zhou F, Wang RJ, Guo Q. Study on thinning buttons of *Pleurotus eryngii* during factory bottle cultivation[J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2011, 27(1): 52-54 (in Chinese)
- [17] 蒋俊, 郑巧平, 陈青, 吴春玲, 曾凡清, 钟方翼. 定向出菇技术对香菇产量和品质的影响[J]. 中国食用菌, 2020, 39(2): 22-24
Jiang J, Zheng QP, Chen Q, Wu CL, Zeng FQ, Zhong FY. Effect of orientation fruiting technology on yields and quality of *Lentinula edodes*[J]. Edible Fungi of China, 2020, 39(2): 22-24 (in Chinese)
- [18] 靳荣线, 李峰, 马玮超, 赵建选, 刘翼成. 白灵菇工厂化袋栽少疏蕾技术[J]. 北方园艺, 2021(24): 171-173
Jin RX, Li F, Ma WC, Zhao JX, Liu YC. Factory bag planting of *Pleurotus nebrodensis* less bud thinning technology[J]. Northern Horticulture, 2021(24): 171-173 (in Chinese)
- [19] 黄毅. 图解杏鲍菇的特性与栽培(八): 出菇、包装[J]. 食用菌, 2012, 20(4): 204-209
Huang Y. Illustration of the characteristics and cultivation of *Pleurotus eryngii* (VIII)—mushroom production and packaging[J]. Edible and Medicinal Mushrooms, 2012, 20(4): 204-209 (in Chinese)
- [20] 李波, 刘朋虎, 王义祥, 翁伯琦. 以草代料栽培食用菌的相关技术与主要物质转化机制研究进展[J]. 福建农业学报, 2015, 30(1): 90-97
Li B, Liu PH, Wang YX, Weng BQ. Utilization of herbage for and material transformation in edible fungi cultivation[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2015, 30(1): 90-97 (in Chinese)

- [21] 韩伟. 食用菌产胞外纤维素半纤维素降解酶类的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(1): 36-38
Han W. Research advance of the extracellular cellulose and hemi-cellulose degrading enzymes from edible fungi[J]. Food and Nutrition in China, 2012, 18(1): 36-38 (in Chinese)
- [22] Cai YJ, Buswell JA, Chang ST. Effect of lignin-derived phenolic monomers on the growth of the edible mushrooms *Lentinus edodes*, *Pleurotus sajor-caju* and *Volvariella volvacea*[J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 1993, 9(5): 503-507
- [23] 聂国添, 黄千慧, 苗娟, 李肖, 龙莹, 张磊, 连玲丹, 谢斌, 江玉姬, 谢宝贵. 五节芒栽培糙皮侧耳的子实体质构分析[J]. 食用菌学报, 2016, 23(1): 31-36
Nie GT, Huang QH, Miao J, Li X, Long Y, Zhang L, Lian LD, Xie B, Jiang YJ, Xie BG. Texture profile analyses of *Pleurotus ostreatus* fruit bodies cultivated with *Miscanthus floridulus*[J]. Acta Edulis Fungi, 2016, 23(1): 31-36 (in Chinese)
- [24] Akram K, Ahn JJ, Yoon SR, Kim GR, Kwon JH. Quality attributes of *Pleurotus eryngii* following gamma irradiation[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 66: 42-47
- [25] Ghobadi R, Mohammadi R, Chabavizade J, Sami M. Effect of *Ganoderma lucidum* powder on oxidative stability, microbial and sensory properties of emulsion type sausage[J]. Advanced Biomedical Research, 2018, 7: 24
- [26] 易琳琳, 应铁进. 食用菌采后品质劣变相关的生理生化变化[J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 434-436, 441
Yi LL, Ying TJ. Physiological and biochemical variations in postharvest mushrooms related to their quality deterioration[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(24): 434-436, 441 (in Chinese)
- [27] 安晓雯, 王彦立, 杨子怡, 吴香菊, 敖常伟. 黑皮鸡枞菌营养与质构特性分析及其抗氧化活性评价[J]. 食品工业科技, 2021, 42(5): 236-242, 249
An XW, Wang YL, Yang ZY, Wu XJ, Ao CW. Analysis of nutritional and textural properties and antioxidant activity evaluation of *Termitomyces albuminosus*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(5): 236-242, 249 (in Chinese)