

HACCP 体系在黑木耳主产区质控中的应用

徐凡, 高珊, 杨嘉雪, 杨林英, 霍巧丽, 王谦*

(河北大学, 生物工程技术创新中心, 保定 071002)

摘要: **目的** 为响应乡村振兴战略, 建立产业发展中的质控体系, 确保黑木耳初级产品的质量安全问题。**方法** 应用 HACCP 体系的基本原理, 对黑木耳生产过程进行危害分析, 通过关键控制点判断树确定关键控制点, 并确立关键限值及纠偏措施。**结果** 将 HACCP 体系应用于黑木耳主产区生产过程中, 确定该过程的原材料的选择、菌种的选择、营养生长阶段、生殖生长阶段、黑木耳采收加工和菌糠的处理 6 个关键控制点。**结论** 预防或降低黑木耳生产过程中的危害, 确保黑木耳质量安全, 进而促进黑木耳产业可持续发展。**关键词:** 危害分析和关键环节控制点; 黑木耳产业; 质量安全管理

Application of HACCP system in quality control of *Auricularia auricula* in main production area

XU Fan, GAO Shan, YANG Jia-Xue, YANG Lin-Ying, HUO Qiao-Li, WANG Qian*

(Bioengineering Technology Innovation Center, Hebei University, Baoding 071002, China)

ABSTRACT: Objective In response to the strategy of rural revitalization, establishing a quality control system in industrial development to ensure the quality and safety management of *Auricularia auricula* primary products. **Methods** The basic principle of the HACCP system was applied to analyze the harm of *Auricularia auricula* production process, and the critical control points were determined by the judgment tree, and the critical limit values and corrective measures were established. **Results** HACCP system was applied to the production process of *Auricularia auricula* in the main production area, and 6 critical control points were determined, including the selection of raw materials, the selection of strains, the vegetative growth stage, the reproductive growth stage, the collection and processing of *Auricularia auricula* and the treatment of mushroom bran. **Conclusion** To prevent or reduce the harm in the production process of *Auricularia auricula*, to ensure the quality and safety of *Auricularia auricula*, and then to promote the sustainable development of *Auricularia auricula* industry. **KEY WORDS:** hazard analysis critical control point; industry of *Auricularia auricula*; quality and safety management

基金项目: 河北省第二期现代农业产业技术体系创新团队项目(HBCT2018050204)

Fund: Supported by the Hebei Province Second Phase Modern Agricultural Industry Technology System Innovation Team Project (HBCT2018050204)

*通信作者: 王谦, 研究员, 主要研究方向为食药真菌研究与开发。E-mail: wq6203_cn@126.com

*Corresponding author: WANG Qian, Professor, Hebei University, Bioengineering Technology Innovation Center, No.180, Wusidong Road, Lianchi District, Baoding 071002, China. E-mail: wq6203_cn@126.com

0 引 言

2021 年 2 月 25 日, 习总书记在全国脱贫攻坚总结表彰大会上宣布我国脱贫攻坚战取得了全面胜利, 要切实做好脱贫攻坚的巩固开拓与乡村振兴有效的衔接。在国家农业供给侧结构性改革和种植业结构战略性调整攻坚战中, 食用菌产业已被列入主导性发展产业^[1]。全国脱贫攻坚代表人中国工程院院士、吉林农业大学教授李玉表示, 食用菌必将在脱贫攻坚和乡村振兴有效衔接中起到重要作用。仅据河北省农业农村厅统计, 2019 年河北省黑木耳种植面积就达到 1 万余亩, 位居河北省食用菌种植面积第四。随着黑木耳的栽培规模日益增加, 及对其加工增值的发展预期, 黑木耳初级产品生产工艺中的质量安全问题日趋引起关注。

2019 年 5 月, 国务院印发的《深化改革加强食品安全工作的意见》中指出, 要坚持预防为主, 建立风险防范意识, 加强风险监测和评估^[2]。危害分析和关键环节控制点(hazard analysis critical control point, HACCP)是科学、系统地应用在产品从原材料的选择至最终消费过程中, 通过确认、分析、监控过程中可能发生的危害, 从而预防或降低潜在危害, 以达到确保整个生产过程安全的目的^[3]。HACCP 强调的是全过程控制, 被认为是目前最权威的预防性管理控制手段^[4-6]。

HACCP 概念最早起源于 20 世纪 60 年代的美国, 目的是确保太空食物的安全。20 世纪 80 年代, 我国为了探

讨和应对进口国的要求, 引进了 HACCP 的概念。现如今, HACCP 被食品加工业、餐饮业、农业、畜牧业、化妆品、医院等越来越多的行业所采用^[7-10]。目前, HACCP 在食用菌方面的应用比较少, 王伟^[11]将 HACCP 应用到金针菇贮藏技术中; 黄祖新等^[12]将 HACCP 应用于银耳有机栽培生产过程, 建立了银耳有机栽培生产工艺的 HACCP 体系; 王谦等^[13]将 HACCP 体系应用于猴头菇标准化栽培过程中。虽然已有企业建立了食用菌 HACCP 管理体系, 但是未得到大范围推广。

本研究将 HACCP 体系应用到河北省黑木耳主产区的创建管理中, 有针对性地对黑木耳生产过程的显著性危害采取措施进行预防控制, 以确保黑木耳的安全, 给消费者提供安全的保障。

1 实验方法

通过对河北省黑木耳综合试验站示范推广某实验基地的调研, 进行黑木耳生产过程危害分析, 结合关键控制点判断树(如图 1)确定该过程中的关键控制点, 并采取相应的控制措施, 以预防或降低生产过程中危害的发生。

2 结果与分析

2.1 黑木耳生产流程

黑木耳生产流程见图 2。

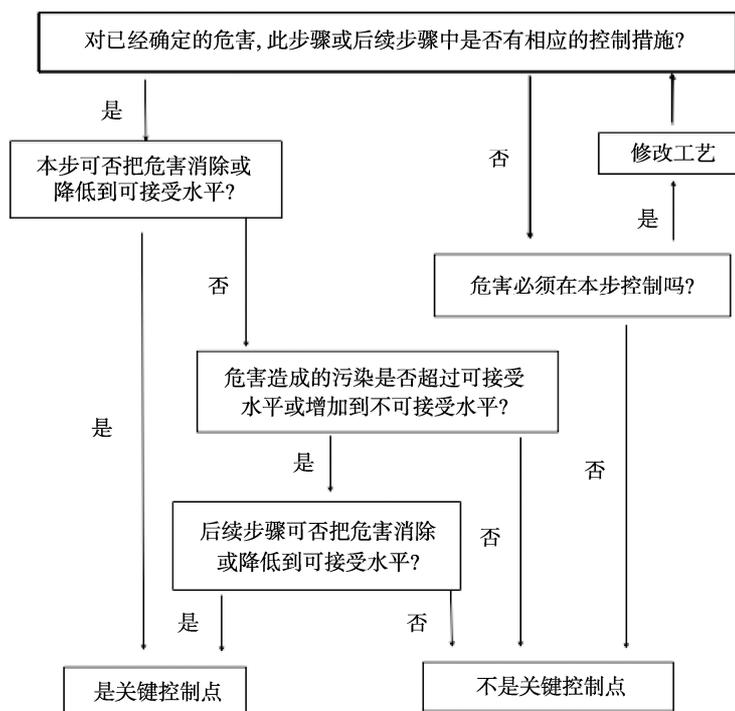


图 1 关键控制点判断树

Fig.1 Critical control point judge tree

2.2 黑木耳主产区生产过程危害分析与评估

危害分析是 HACCP 最重要的环节, 针对整个生产过程予以分析, 鉴定物理、化学、生物(包括微生物污染)等危害因素发生的可能性, 并评估危害发生显著性^[14]。以黑木

耳生产流程为指南, 根据关键控制点判断对生产加工等各个过程环节进行分析, 确定可能发生的潜在危害, 确定潜在危害是否显著, 制定对潜在危害的预防控制措施, 如表 1 所示。

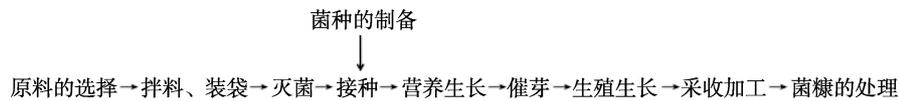


图 2 黑木耳生产流程

Fig.2 Production process of *Auricularia auricula*

表 1 黑木耳生产流程中的潜在危害分析表
Table 1 Potential hazard analysis in *Auricularia auricula* production process

工艺流程	危害分析	潜在危害是否显著	预防危害的具体措施	是否为关键控制点
场地的选择	生物: 病原菌和虫害 化学: 有害化学物质和气体, 农残、重金属超标 物理: 无	否	场地应选择无污水及其他污染源等	否
原材料的选择	生物: 绿霉、木霉等霉菌和蛴螬、蝼蛄和鼠妇等害虫 化学: 有害化学物质和气体, 多菌灵、菊酯类杀虫剂、有机磷农药等农残, Pb、Hg、Cr、Cd、Ar 超标 物理: 无	是	采购新鲜无霉变的原材料, 选择符合 NY/T 1935—2010《食用菌栽培基质质量安全要求》的原材料, 对原材料质量进行检验合格方可接受	是
拌料装袋	生物: 虫害 化学: 无 物理: 水分	否	拌料均匀, 装袋均匀	否
灭菌	生物: 灭菌不彻底导致感染绿霉、木霉、链孢霉等杂菌 化学: 无 物理: 无	是	严格控制灭菌温度和时间, 121 °C有效灭菌时间 ≥ 60 min	否
菌种的选择	生物: 病原菌、活力下降 化学: 无 物理: 温度、通风等	是	严格按照 NY/T 528—2010《食用菌菌种生产技术规程》标准生产菌种	是
营养生长	生物: 杂菌污染 化学: 无 物理: 温湿度、光照和培养时间等	是	采取生物防治, 发现污染源要及时处理	是
生殖生长	生物: 虫害、鼠害和杂菌污染 化学: 重金属和农药残留 物理: 温度、湿度和光照	是	尽量采取生物防治的方法控制生物危害, 出菇过程要控制好温度、湿度, 避免青苔的发生和畸形耳的出现	是
采收加工	生物: 虫害、杂菌污染 化学: 重金属和农药残留 物理: 温度、湿度和光照	是	依据 GB/T 6192—2019《黑木耳》检验干制品的质量	是
菌糠的处理	生物: 虫害、鼠害和杂菌污染 化学: 无 物理: 温度、湿度和光照	是	选择干燥、无霉变的菌糠资源化开发利用, 用于栽培特种蔬菜花卉, 二次栽培食用菌等	是

2.3 确定关键控制点及关键限值

2.3.1 原材料的选择(CCP₁)

黑木耳属木腐菌, 其栽培原料主要是木屑配方。随着黑木耳产业的迅猛发展, 黑木耳产业的新原料开发愈发重要; 作为农业大国, 每年有大量的农林废弃物产生, 而这些废弃物作为重要的可再生资源, 经适当处理可作为栽培食用菌的原料^[15-17]。在绿色发展理念下, 食药真菌对各种农林废弃物的分解利用, 成为当前国内重要的解决生态环境中农业面源污染的技术手段之一。本团队已取得利用葡萄蔓屑栽培金福菇、大杯蕈等珍稀菌类^[18]; 利用柿木屑栽培猴头菌^[19]; 利用荔枝枝屑栽培茶薪菇^[20]; 利用荆条屑培养毛木耳等^[21]的国家授权发明专利。探讨新型食用菌培养基质, 开辟食用菌栽培原料的本土化成为发展食用菌产业的新课题, 寻找代替原料已成必然趋势。

因地制宜选择合适的原料, 必须严格遵循 NY/T 1935—2010 要求, 保证原材料的新鲜、干净、干燥、无虫、无霉变、无异味。禁止使用含剧毒和高毒农药的原材料, 避免原料带来的潜在危害。黑木耳生产原材料中常见的农药最大残留限量见表 2, 原材料中重金属限量要求见表 3。

表 2 黑木耳原材料中农药最大残留量
Table 2 Maximum pesticide residues in *Auricularia auricula* raw materials

农药残留名称	最大残留量/(mg/kg)
甲氰菊酯	1.0
多菌灵	5
苯醚甲环唑	0.5
氯氟氰菊酯	0.5
联苯菊酯	4
甲维盐	0.05

表 3 黑木耳原材料中重金属限量要求
Table 3 Heavy metal limit requirements for *Auricularia auricula* raw materials

种类	重金属限量标准/(\leq mg/kg)				
	Pb	Hg	Cr	Cd	As
木屑等	0.2	0.02	1	0.5	
玉米秸秆等各种农作物秸秆	0.3	0.01	0.5	0.2	0.5
玉米芯、棉籽壳、板栗壳等农产品加工废弃物	0.5	0.01	1	0.2	

2.3.2 菌种的选择(CCP₂)

黑木耳菌种是黑木耳生产的根本, 直接影响其产量高低和质量好坏。菌种要保证无杂菌感染, 菌丝粗细均匀, 有锁状联合。黑木耳菌种生产要严格按照 GB 19169—2003

《黑木耳菌种》进行操作。

以河北省为例, 黑木耳菌种大多为引进, 如黑威半筋、青灰小碗、黑厚圆和黑山等。由于菌种代数不明, 培养环境不同时, 若菌种保藏不当, 可能发生菌种退化现象。因此, 菌种的品比选育, 即选择出适合当地栽培的黑木耳菌种至关重要, 如耿丹萌^[22]开展了以承德为代表的冀北地区黑木耳品比研究, 筛选出黑威伴金为当地栽培的最适菌株。

目前, 多数黑木耳企业采用液体菌种来栽培黑木耳, 液体菌种的制备及使用过程要求更加严格, 稍有不慎, 就会发生大规模污染现象。目前我国颁布的黑木耳菌种质量标准中, 只规定了固体菌种的质量标准, 没有统一检测液体菌种活力和质量的标准, 在此情况下, 可参考 DB22/T 2876—2018《黑木耳液体菌种生产技术规程》。

2.3.3 营养生长(CCP₃)

黑木耳属中温型菌类, 菌丝体在 5~35 °C 之间均能生长发育, 以 22~28 °C 为最适宜, 28~32 °C 生长速度虽快, 但容易老化。随着菌丝体的生长, 菌袋内的温度会逐渐升高, 很容易出“烧菌”现象, 还会造成菌丝体自溶出黄水, 使菌丝体活力减弱。而且霉菌在高温高湿条件下会快速繁殖, 培养环境霉菌过多, 随着培养时间延长, 霉菌极有可能侵入到菌种袋中, 造成污染。菌袋在黑暗条件下保存, 菌丝生长阶段保持通风。空气相对湿度控制在 65% 左右, 培养 3~7 d 后开始检查发菌情况及菌袋是否有杂菌污染, 污染袋及时处理, 培养 50 d 左右菌袋可达到生理成熟。

2.3.4 生殖生长(CCP₄)

黑木耳催耳过后进入生殖生长阶段, 即出耳阶段。黑木耳的子实体在 15~30 °C 之间都可以形成和生长, 但以 22~28 °C 之间生长的耳片大、肉厚、质量好。黑木耳子实体形成阶段培养料中最适含水量为 70%~75%, 子实体的生长发育, 虽然需要较高的水分, 但要干湿结合, 还要根据温度高低情况, 适当给以喷雾。温度适宜时, 栽培场空气的相对湿度可达到 85%~95%, 子实体的生长发育比较迅速; 温度较低时, 不能过多的给予水分, 否则会造成烂耳。

黑木耳是一种好气性真菌, 需要充足的氧气, 故要保持耳场空气流通。耳芽在一定的直射阳光下才能长出茁壮的耳片, 故棚内还要有充足的光照。特别要搞好出耳场的环境卫生, 每次采耳后应清除栽培袋上的残根和掉落在地上的残耳。出耳过程中不宜向子实体喷洒任何化学试剂, 黑木耳在生长过程中病害比较少, 常出现虫害鼠害。如若出现病虫害污染, 尽量采取生物防治法, 如用灯光、色彩诱杀害虫, 必要时, 可根据 NY/T 393—2020《绿色食品农药使用准则》要求使用农药进行防治。

2.3.5 采收加工(CCP₅)

采收是黑木耳生产过程中的关键步骤, 黑木耳采收

有很强的时间性,须及时采收。黑木耳加工产品主要以干品形式存在,一般采用自然风干进行制干,采收后的鲜耳要及时晾晒于网状物上,保证上下通气。黑木耳干品要严格遵循 GB/T 6192—2019 中的感官和理化要求进行检验。

随着人们生活水平的提高,黑木耳深加工映入人们的眼帘。黑木耳不单单是以干品的形式出现在人们的餐桌上。黑木耳粉通过二次加工而成的产品多种多样。黑木耳含有丰富的营养物质,其中黑木耳多糖具有降血脂、抗血栓、抗凝血等作用,具有较高的食用和药用价值^[23-24]。如黑木耳饮料、黑木耳焙烤产品等,这类产品正在由实验室走向市场,预计未来将会有非常广阔的市场前景。

2.3.6 菌糠的处理(CCP₆)

随着黑木耳种植面积日益增加,生产所产生的黑木耳菌糠也越来越多。菌糠中含有丰富的营养物质,如纤维

素、菌丝残体蛋白、矿物质、菌丝体次生代谢产物和钾、磷、钠等多种微量元素^[25-27]。目前,各大食用菌企业面临的普遍问题就是菌糠的处理。只有少部分直接还田,用于加工饲料、有机肥和燃料,二次栽培平菇,绝大部分的菌糠被丢弃闲置于地头、河流两岸,不仅造成环境污染,而且还浪费资源,对菌糠的资源化利用成为科技部、农业农村部引导的领域重点研究方向之一^[28-29]。

2.4 黑木耳生产过程 HACCP 计划表的制定

根据对黑木耳生产流程的危害分析及关键控制点判断树确定了 6 个关键控制点,然后确定关键限值、监控程序,最终进行验证记录,建立黑木耳生产 HACCP 计划表,如表 4 所示。关键控制限值如温度、时间、pH 值、密度等参数^[30]的确定可参考有关法规、标准、文献等。

表 4 河北省黑木耳主产区黑木耳生产过程 HACCP 计划表
Table 4 HACCP schedule for production process of the main production area of *Auricularia auricula* in Hebei province

关键控制点	关键限值	监控				纠偏措施	验证	记录
		对象	方法	频率	人员			
原材料的选择	无绿霉、木霉等杂菌;无蛴螬、蝼蛄等虫害; 农药残留最大残留量:多菌灵 ≤ 5 mg/kg、氯氟氰菊酯 ≤ 0.5 mg/kg; 重金属最大残留量符合 DB13/T 2277—2015《食用菌栽培原料质量要求》	原材料	原料进厂质量安全检验	每批	质检员	拒绝病虫害、霉变等不符合标准的原料	每次投料检查监测和纠偏措施	质量检验记录包括农残、重金属检测等
菌种的选择	菌种的理化指标均严格按照 GB 19169—2003、DB22/T 2876—2018	菌种的生长情况	菌种的质量检验	菌种制作过程	制种人员	拒绝退化、污染等不符合标准的菌种	选种时检查监测和纠偏措施	记录菌种的种号和质量
营养生长	最适生长温度 22~28 °C,空气相对湿度控制在 55%~65%,避光保存,保持通风。避免出现杂菌污染	菌袋的生长情况	菌袋是否染杂菌	2~3 次/d	管理技术人员	调节环境参数,去除不合格菌袋	每天进行巡查和数据监测	记录养菌室菌丝生长及环境控制记录
生殖生长	最适生长温度控制在 22~28 °C,空气相对湿度控制在 85%~95%,该过程喷水注意干湿结合,保持通风	子实体生长情况	根据子实体生长阶段进行环境调控	2~3 次/d	管理技术人员	调节环境参数,去除不合格的菌袋	跟随黑木耳采收检查和纠偏措施	记录子实体生长及环境控制
采收加工	分类采收晾晒,遵循 GB/T 6192—2019 的检验标准检验干制品的质量和卫生合格不合格	子实体及干制品的品质	严格执行采收标准,干品含水量 $\leq 12\%$	每批	采收人员	去除流耳、烂耳等不合格产品,采收后及时晾晒,晾晒过程不宜翻动	黑木耳采收检查,检测成品质量和卫生	记录黑木耳采收时间、天气情况及干品检验结果
菌糠的处理	采收后的菌棒粉碎晒干,合理有效地利用菌糠,做到不污染生态环境	采收后的菌糠	合理堆积摆放,以备后续利用	每批	质检员	拒绝随意丢弃菌棒,选择无霉变的菌棒再利用	处理菌糠时检查监测和纠偏措施	记录菌糠数量及利用情况

3 结 论

HACCP 体系应用到黑木耳产业发展中, 有针对性地对其生产过程的显著性危害采取措施进行预防控制, 以确保对关键控制点的控制更加有效、明确。黑木耳产业作为重要的现代农业与扶贫产业, 随着乡村振兴战略提出, 黑木耳初级产品的质量安全问题变得尤为重要, 产业发展中的质控体系建设成为必然; 确保黑木耳质量安全才可以促进黑木耳产业可持续发展。

参考文献

- [1] 中共中央国务院. 关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见 [EB/OL]. [2017-02-05]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/05/content_5165626.htm [2021-02-10].
Central People's Government of the People's Republic of China. Central Committee and State Council. Some opinions on further promoting agricultural supply-side structural reform and speeding up the cultivation of new kinetic energy for agricultural rural development [EB/OL]. [2017-02-05]. http://www.gov.cn/zhengce/2017-02/05/content_5165626.htm [2021-02-10].
- [2] 中共中央国务院. 关于深化改革加强食品安全工作的意见 [EB/OL]. [2019-05-20]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/20/content_5393212.htm [2021-02-20].
Central People's Government of the People's Republic of China. Central Committee and State Council. Opinions on deepening reform and strengthening food safety [EB/OL]. [2019-05-20]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/20/content_5393212.htm [2021-02-20].
- [3] CIARA W, MARIA CL. A review of human factors and food safety in Ireland [J]. *Saf Sci*, 2019, 119: 399–411.
- [4] LISTED N. Hazard analysis and critical control point principles and application guidelines [J]. *J Food Protect*, 1998, 61(9): 1246–1259.
- [5] SPERHER WH. The modern HACCP system [J]. *Food Technol*, 1991, 45(6): 116–120.
- [6] 陆建玲, 赵春艳, 孙达锋. 区块链技术在食用菌中危害分析和关键控制点应用探讨 [J]. *中国食用菌*, 2019, 38(8): 55–58.
LU JL, ZHAO CY, SUN DF. Hazard analysis and application of key control points in block chain technology in edible fungi of agricultural products [J]. *Edible Fungi China*, 2019, 38(8): 55–58.
- [7] 贺国铭, 王东东, 谭一明. ISO22000:2005 (GB/T 22000—2006)《食品安全管理体系》理解与应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
HE GM, WANG DD, TAN YM. ISO22000:2005 (GB/T 22000—2006) Understanding and application of *Food Safety Management System* [M]. Beijing: Chinese Agricultural University Press, 2006.
- [8] 杨永华. 食品行业质量管理体系文件精编 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
YANG YH. *Food Industry Quality and Safety Management System Documents* [M]. Beijing: Chinese Agricultural University Press, 2004.
- [9] 李明, 赵良忠. 浅析 HACCP 在罐装凉茶生产中的应用 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2017, 8(2): 709–714.
LI M, ZHAO LZ. Application of HACCP in the production of canned herbal tea [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(2): 709–714.
- [10] 王凯, 崔秀霞. HACCP 体系在学校食堂卫生管理中的应用研究 [J]. *现代预防医学*, 2010, 37(18): 3470–3473.
WANG K, CUI XX. The use and research of HACCP system in the hygiene management of school canteens [J]. *Mod Prev Med*, 2010, 37(18): 3470–3473.
- [11] 王伟. 白色金针菇贮运技术及其 HACCP 的应用研究 [D]. 太原: 山西农业大学, 2014.
WANG W. The research on *Flammulina velutipes* storage and transportation technology and its application of HACCP [D]. Taiyuan: Shanxi Agricultural University, 2014.
- [12] 黄祖新, 姚锡耀. HACCP 体系在银耳有机栽培中应用 [J]. *现代食品科技*, 2006, (4): 32–33.
HUANG ZX, YAO XY. Application of HACCP system in organic cultivation of *Tremella fuciformis* [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2006, (4): 32–33.
- [13] 王谦, 冯东东. HACCP 在太行山东麓猴头菇标准化栽培中的应用 [J]. *黑龙江农业科学*, 2016, (11): 146–148.
WANG Q, FENG DD. Application of HACCP in standard cultivation of *Hericium erinaceus* eastern foot of Taihang mountain [J]. *Heilongjiang Agric Sci*, 2016, (11): 146–148.
- [14] JOANNA RS, ALI AA. Quality management and safety of food in HACCP system aspect [J]. *Prod Eng Arch*, 2020, 26(2): 50–53.
- [15] 任鹏飞, 刘岩, 任海霞, 等. 秸秆栽培食用菌基质研究进展 [J]. *中国食用菌*, 2010, 29(6): 11–14.
REN PF, LIU Y, REN HX, et al. Research advance on substrate of edible fungi cultivated by straw [J]. *Edible Fungi China*, 2010, 29(6): 11–14.
- [16] 熊泽, 邵伟, 黎妹华, 等. 柑橘皮栽培平菇初探 [J]. *中国食用菌*, 2000, (1): 19.
XIONG Z, SHAO W, LI SH, et al. Preliminary study on cultivation of *Pleurotus ostreatus* with citrus peel [J]. *Edible Fungi China*, 2000, (1): 19.
- [17] 郭金玲, 杨晓华, 杜萍. 不同配比苹果果渣替代木屑栽培榆黄蘑试验 [J]. *中国食用菌*, 2015, 34(4): 41–44.
GUO JL, YANG XH, DU P. Cultivation of *Pleurotus citrinipileatus* using different ratios of apple pomace [J]. *Edible Fungi China*, 2015, 34(4): 41–44.
- [18] 王谦, 王菲, 刘敏, 等. 一种利用葡萄蔓屑栽培金福菇、大杯蕈等珍稀菌类的方法: 中国, ZL201110079095.7 [P]. 2012-05-04.
WANG Q, WANG F, LIU M, et al. A method of cultivating rare mushroom such as *Tricholoma lobayense* and *Clitocybe maxima* by vine shoot: China, ZL201110079095.7 [P]. 2012-05-04.
- [19] 王谦, 马旭光, 白志芳, 等. 利用柿木屑栽培猴头菌的方法: 中国, ZL201310170130.5 [P]. 2015-04-22.
WANG Q, MA XG, BAI ZF, et al. A method of cultivating *Hericium erinaceus* by persimmon chips: China, ZL201310170130.5 [P]. 2015-04-22.
- [20] 王谦, 黄媛媛, 刘敏. 一种利用荔枝枝屑培养茶薪菇的方法: 中国, ZL201410386399.1 [P]. 2016-04-20.
WANG Q, HUANG YY, LIU M. A method of cultivating *Agrocybe aegerita* by litchi chips: China, ZL201410386399.1 [P]. 2016-04-20.
- [21] 王谦, 刘敏, 卢红, 等. 一种利用荆条屑培养毛木耳的方法: 中国, ZL201410611864.7 [P]. 2016-07-06.

- WANG Q, LIU M, LU H, *et al.* A method of cultivating *Auricularia polytricha* by vitex chips: China, ZL201410611864.7 [P]. 2016-07-06.
- [22] 耿丹萌. 河北省主产区黑木耳品比研究及菌糠综合利用[D]. 保定: 河北大学, 2019.
- GENG DM. Comparative study of different *Auricularia auricula* in the main producing areas of Hebei province and comprehensive utilization of the mushroom bran [D]. Baoding: Hebei University, 2019.
- [23] 周国华, 于国萍. 黑木耳多糖降血脂作用的研究[J]. 现代食品科技, 2005, (1): 46-48.
- ZHOU GH, YU GP. Effect study of *Auricularia auricula* polysaccharide on reducing blood lipid [J]. Mod Food Sci Technol, 2005, (1): 46-48.
- [24] 周国华. 黑木耳多糖抗衰老及降血脂生物功效的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2005.
- ZHOU GH. Studies on the anti-aging and anti-lipid effects of polysaccharide from *Auricularia auricular* [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2005.
- [25] 陆娜, 袁卫东, 周祖法, 等. 4种工厂化食用菌菌糠的主要营养成分及重金属分析[J]. 中国食用菌, 2015, 34(6): 42-44, 49.
- LU N, YUAN WD, ZHOU ZF, *et al.* Analysis on nutrients and heavy metals of four edible fungi residue in the factory production [J]. Edible Fungi China, 2015, 34(6): 42-44, 49.
- [26] 张纯, 晏家友, 张锦秀, 等. 平菇菌糠的营养价值研究[J]. 中国饲料, 2012, (3): 13-15.
- ZHANG C, YAN JY, ZHANG JX, *et al.* Research on nutritive value of waste material from *Pleurotus ostreatus* bran [J]. China Feed, 2012, (3): 13-15.
- [27] LOU ZM, SUN Y, ZHOU XX, *et al.* Composition variability of spent mushroom substrates during continuous cultivation, composting process and their effects on mineral nitrogen transformation in soil [J]. Geoderma, 2017, 307: 30-37.
- [28] 耿小丽, 刘宇, 赵爽, 等. 食用菌菌糠再利用研究[J]. 中国食用菌, 2012, 31(1): 24-25.
- GENG XL, LIU Y, ZHAO S, *et al.* The recycles study on spent substrate of edible fungus [J]. Edible Fungi China, 2012, 31(1): 24-25.
- [29] 孙浩冉. 菌糠资源化利用及其对土壤环境质量的改良[J]. 中国食用菌, 2019, 38(8): 11-13.
- SUN HR. Resource utilization of fungi chaff and improvement of soil environmental quality [J]. Edible Fungi China, 2019, 38(8): 11-13.
- [30] WALDEMAR D. Assessment of HACCP plans in standardized food safety management systems-The case of small-sized POLISH food businesses [J]. Food Control, 2019, 106: 716. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.106716

(责任编辑: 郑丽 张晓寒)

作者简介

徐凡, 硕士研究生, 主要研究方向为大型真菌的研究。
E-mail: 1614193697@qq.com

王谦, 研究员, 主要研究方向为食药真菌研究与开发。
E-mail: wq6203_cn@126.com