

新型配方基质栽培“增香鸡腿菇”的研究初报

郭兵^{1,2,3}, 姚利^{1,2,3*}, 王祥峰¹, 曹德宾¹

1. 山东省农业科学院, 山东 济南 250100

2. 农业农村部废弃物基质化利用重点实验室, 山东 济南 250100

3. 养分资源高效利用全国重点实验室, 山东 济南 250100

DOI:10.61369/EAE.2026010008

摘要: 鸡腿菇是一种体型大、口感鲜美、营养价值高的食用菌,但由于新品种的食用菌不断上市,近年来鸡腿菇关注度下降,市场表现也较为萎靡。我们以玉米芯搭配豌豆渣、酒糟等农产品加工废弃物,通过添加玫瑰花、芝麻渣等特殊香味下脚料,配制成鸡腿菇增香基质,开展栽培试验。试验结果表明,增香基质栽培得到的鸡腿菇子实体具有较明显的香味,评价结果比较理想,为鸡腿菇的市场化开发提供了新的思路。

关键词: 鸡腿菇; 农业废弃物; 增香

Preliminary Report on the Study of "Fragrance-Enhanced Coprinus Comatus" Cultivated with a New Formula Substrate

Guo Bing^{1,2,3}, Yao Li^{1,2,3*}, Wang Xiangfeng¹, Cao Debin¹

1. Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, Shandong 250100

2. Key Laboratory of Waste Substrate Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Jinan, Shandong 250100

3. National Key Laboratory of Efficient Utilization of Nutrient Resources, Jinan, Shandong 250100

Abstract: Coprinus comatus is a type of edible mushroom known for its large size, delicious taste, and high nutritional value. However, due to the continuous introduction of new mushroom varieties, the attention and market performance of Coprinus comatus have declined in recent years. In this study, we formulated a fragrance-enhancing substrate for Coprinus comatus cultivation by combining corn cobs with agricultural processing waste such as pea residue and distiller's grains, and adding special aromatic by-products like rose petals and sesame residue. Cultivation experiments were conducted using this substrate. The results showed that the fruiting bodies of Coprinus comatus cultivated with the fragrance-enhancing substrate exhibited a distinct aroma, and the evaluation results were satisfactory, providing a new approach for the market development of Coprinus comatus.

Keywords: Coprinus comatus; agricultural waste; fragrance enhancement

鸡腿菇 (Coprinus Comatus), 是一种由珍稀逐渐退位为普通品种的食用菌, 由于其应市期短偏窄、保鲜期较短、并且一直保持其原有的色、味不变而令消费者逐渐产生视觉疲劳、嗅觉疲劳和审美疲劳, 一定程度上影响了市场表现, 近年来市场价格有所回落。食用菌风味物质具有种属特异性^[1], 在此基础上, 增加鸡腿菇的香味, 可以差异化产品, 提升附加值, 对其品质提升和价格增加具有重要的意义。

目前, 有研究表明, 在栽培基质中添加特殊物质 (茶叶、咖啡渣等) 可以提升子实体品质与特殊物质含量。从生物学角度来讲, 食用菌可能通过以下几种方式吸收、吸附或转化利用一些香味物质分子。首先, 菌丝在分解木质纤维素的同时, 可能会分解利用添加的香味物质 (如玫瑰花瓣中的芳香化合物、精油等), 这些外源化合物可能被菌丝体内的酶系统部分转化, 生成新的风味前体物质, 并输送到正在发育的子实体中。最终, 这些前体物质在子实体形成或成熟过程中, 被整合进其代谢产物中, 从而呈现出特殊风味。另外, 一些脂溶性或水溶性的香味分子 (如玫瑰中的香叶醇、苯乙醇等), 在基质中被菌丝吸收后, 可能未经化学结构改变, 直接运输并储存在子实体的细胞壁、细胞膜或液泡内, 这类似于生物富集过程, 使得子实体直接携带添加物的特征风味。在栽培过程中, 添加物 (如玫瑰花瓣) 会持续释放挥发性香气分子, 正在生长的子实体 (尤其是菌盖部分) 表面积大, 具有很强的吸附能力, 可能会像海绵一样物理吸附这些香气分子。这部分风味可能在烹饪初期最为明显。最后, 特殊物质的添加会改变基质的化学成分和微生物群落, 这种改变可能间接影响食用菌自身的代谢途径, 促使它产生一些不同于在常规基质中生长的次级代谢产物, 从而形成独特的风味组合。

本研究中, 我们在农业废弃物栽培基质中, 将本地已有的原与食用菌生产基本无关的两种植物副产品纳入其栽培基质, 通过鸡腿菇生长过程中吸收、吸附以及代谢利用该两种植物副产品中的香味因子, 将鸡腿菇子实体改变成为具有一定风味物质的产品。通过试验, 获得的子实体具有较明显的香味, 评价结果较为理想。现将该增香研究的结果初报如下:

基金项目: 山东省重点研发计划 (乡村振兴科技提振行动计划) (2022TZXD0039); 山东省现代农业食用菌产业技术体系产后加工与菌渣利用岗位专家项目 (SDAIT-07-07)。

作者简介: 郭兵 (1983—), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事农业微生物方面研究。E-mail: guo321bing@163.com。

通讯作者: 姚利 (1979—), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事废弃物资源化利用方面研究。E-mail: nkyyaoli@163.com。

一、材料与amp;方法

(一) 试验材料

1. 鸡腿菇菌种：长腿鸡腿菇，该菌株的子实体明显具有“黄金分割率”的比例，菌盖长度：菌柄（外露）长度大约在4.5：5.5左右，外观商品性较高，并且适应反季节生产如控温栽培、菇洞栽培、箱式栽培等。常规制作PDA改良培养基1级试管种、瓶装谷粒基质2级种和袋装棉籽壳发酵熟料3级种。

2. 栽培主料：以风干料计，玉米芯60%、酒糟30%、麦麸10%；商品玉米芯最大粒径2cm，约10%粉末状；豌豆渣、酒糟加入1%石灰粉晒干，按干料重加入2%石灰粉拌匀后装袋储存备用。

3. 栽培辅料：豆饼粉、石灰粉、石膏粉、复合肥、尿素均为市售品；三维精素由济南农科菌所提供。

4. 试验材料：试验材料为“MH”和“MZ”两种材料60%+40%的组合。MH为玫瑰花烘干过程中碎裂的花瓣边角等碎屑，MZ为芝麻香油生产中剩余的芝麻渣，经晒干、粉碎，密封包装、干燥储存，期间严格防虫；其中，材料MH购于济南平阴，MZ为滨州市某企业提供。

5. 发酵料栽培：农业废弃物基质基本配方：玉米芯500kg，豌豆渣300kg，酒糟100kg，麦麸90kg，豆饼粉10kg，石灰粉50kg，石膏粉20kg，复合肥10kg，尿素5kg，三维精素480g。基本处理：

——玉米芯加30kg石灰粉预湿，每天翻堆2~4次、并予适量补水，使之充分吸水；

——豆饼粉提前浸泡；复合肥提前加水，全部碎解后加入尿素溶化；

——待玉米芯预湿3d后，将豌豆渣、酒糟与之掺混，加入剩余石灰粉以及麦麸、豆饼粉、石灰粉、石膏粉、尿素建堆发酵，24h翻堆一次，发酵7d；发酵期间应视失水情况予以补水，遇雨天应予以遮盖，不使雨水进入基料；

——完成发酵后的检查调整：基料不黄、不黏、不酸、不臭，有一种淡淡的发酵草料气味，酒糟酸味基本消失；含水量60%左右；pH值8~10；无活的害虫或虫卵；

6. 装袋播种常规操作。

(二) 试验方法

1. 试验设计：设计4个试验处理CK、T1、T2和T3，试验材料在栽培基料（以风干料计）中的比例依次为0%、2%、4%、8%；

2. 发菌培养：培养室提前喷施消杀药物以预防病虫害，各类药物必须单独喷洒。18~28℃条件下避光发菌；

3. 菌丝后熟：菌袋完成基本发菌后，移入0~6℃恒温库中进行菌丝后熟培养，以30d为基准时间；

4. 发菌考察：主要指标是发菌速度、菌丝态势、菌丝浓密度、出菇时间等状况；

5. 出菇计划：出菇棚消杀使用百病傻和赛百09药物各喷一遍并采取“闷棚”处理，不再使用其它杀菌药物；每个配方的1000kg基料为一个处理，常规生产只留出与试验处理等量的菌袋作为ck即可，以方便观察、对照；

6. 覆土材料处理：菇棚外挖取20cm地表土作为试验用覆土材料，使用30袋百病傻药物进行拌匀，覆膜7d待用；菌袋入畦前，将之分为三等份，分别将试验材料按2%、4%、8%体积比加入土中拌匀，即为处理T1、T2、T3用的覆土，CK与常规同；

7. 菌袋入畦覆土后的浇水：试验组T1、T2、T3分别添加2kg、4kg、8kg试验材料到大缸中加水100kg浸泡1天，即为试验用水；待畦面有现白时，将该试验用水按处理号顺序依次慢洒于畦面；ck不添加试验材料；

8. 出菇温度：要求安排自然气温在6~20℃的时间段内出菇，调控菇棚温度以15~18℃为最佳；

9. 出菇考察：主要指标是出菇态势、子实体（鲜菇）香型及其浓度、菜品的香型及其浓度等；生物学效率主要考察第一、第二潮菇；

10. 子实体（鲜菇）香型及其浓度指标的考察：对鲜菇的考察均安排上午进行。提前随机邀请5名相关人员，采取不记名盲嗅、盲品的办法，即在完全不知情的背景下，品评人员每人一张桌子，以纸箱为容器，由工作人员随机放入一组（一个处理、重约500g左右）待品评的鲜菇，品评人员根据自己的嗅觉和观察填写表格，香型类别（茉莉、玫瑰、桂花、薰衣草、花生油、芝麻油、其它）；3分钟后收集，随即再放入下一个处理的鲜菇，以此类推，直至完成全部品评；

11. 菜品的香型及其浓度类指标的考察：品评人员每评完一个处理的鲜菇，随即装入塑袋，注明原编号。全部完成后，每人带一份试验鲜菇回家，使用玉米油炒制，拒绝动物肉类及其油脂以及花椒、八角、葱姜、味精类调料和芝麻香油等，全家人进行品评，并填写表格。考察结果全部收回后，连同其它考察指标一起，确认无误后进行综合统计和分析。

二、结果与分析

(一) 试验结果

试验结果如下表所示。

试验结果综合统计分析表

处理	发菌阶段			出菇阶段			品评阶段			
	发菌速度	菌丝态势	菌丝浓密度	出菇时间 d	出菇态势	生物学效率 %	鲜菇香型及其浓度	菜品的香型及其浓度	综合评价	看法或建议
T1	80	80	80	39	80	63	花香10	花香10	花香10	香味小
T2	80	80	80	36	80	71	花香30	花香20	花香20	香味不足
T3	90	90	100	36	100	88	花香60	花香60	花香60	应继续增加花香浓度
CK	80	80	80	40	80	60	0	0	0	没有香味

注：除生物学效率外，指标品评采用百分制，梯度为10分，以100分为最优。

（二）结果分析

考察一律安排在上午进行，目的是尽量避免有的考察人员可能的“涉酒工作”，避免酒精刺激等外部因素对考察人员的非正常影响。结果：处理3的“花香”气味比较明显，采收时即有此感觉，采后的“手有余香”亦较明显，尤其不嗜烟酒及女性人员的感觉更为明显。试验材料以量大为好：三个处理的生物学效率指标均高于对照值；所有指标均以处理3最优。说明试验材料数量与生物学效率为正比关系，亦即试验材料使用的基本趋势是比例偏大为好；究其原因，应该是因为试验材料属于纯植物性物质，该种（类）有机材料比较符合鸡腿菇菌丝的分解及对营养的吸收。试验材料有机营养成分高：T3的生物学效率大大高于其它处理，T2的基本指标亦优于T1，究其原因，应该是试验材料含有的有机营养物质所致，豌豆渣丰富的氮含量为鸡腿菇生产提供了营养保障。需要说明的是：MH材料是我国南北中大部地区都有的—种植物，只是栽培面积有别，即使现代农业科技条件下，其单产亦处较低的水平，MH材料资之所以紧缺，该种植物的栽培面积及其总产量应为关键因素。试验认定T3为最佳配方，可以用于商品生产：试验可以基本确定以T3配方进行操作即可达到设计目标，此后的“增香鸡腿菇”栽培中可以将之用于批量商品生产，菇品进入超级市场，消费者以中高端群体为主，兼之以大中型酒店等创建招牌菜品，领导菌菜新潮流。生产成本核算：试验材料成本以T3为最高，约占该处理生产总成本的16%左右，如再配以其它技术措施等，生产成本包括人工管理等费用将会超过生产总成本的22%；预计菇品售价将是普通产品的2倍或以上，综合匡算，生产效益将会增加70%及其以上，将大大提高经济效益。

三、小结与讨论

（一）小结

试验材料最高用量为8%，此时效果最佳，尚待设计后续试验中考虑高于此用量时的效果，同时考虑成本增加因素以评估商品

化生产潜力。加入试验材料尤其加入MZ后，由于特殊气味等原因，将会加剧害虫对菌畦的侵袭和危害，故应特别注意防范。试验材料中的MZ资源相对有限，栽培面积小、单产水平亦低，尤其其生产效益低下的制约，更是加剧了该种产品及其副产品的相对匮乏，据了解，现在以此为原料的生产企业多依赖进口；可以选择其它植物性的试验材料，而不应使用化学材料，以满足生产“高档增香鸡腿菇”的目标。其他可能带有芳香气味的废弃物原料也有可能在食用菌栽培中获得增香效果，后续课题组也将进一步寻找新的资源或新材料替代MH和MZ材料进行试验。该项研究及其思路对于我国食用菌产业的创新和发展应该会有一些的助推作用，或许可以借此打开人们思路、甚至产业引领的效果。

（二）讨论

对添加物种类的选择要看考虑其化学成分，高挥发性的精油类物质可能更容易被菌丝吸收或子实体吸附，但也可能在漫长的发菌过程中大量散失。小分子、脂溶性物质通常更容易扩散通过细胞膜被菌丝吸收和运输。另外还需要考虑对菌丝的毒性，许多芳香植物精油具有抗菌、抗真菌特性，浓度是关键。过量添加会抑制甚至杀死菌丝，必须找到“既能影响风味又不抑制生长”的临界点。

物质添加的时机与方式可能也很重要，不同的方式可能有不同的效果。比如拌料时加入能让风味物质均匀分布并与菌丝充分接触，但可能面临发酵灭菌过程中的损失。覆土材料中加入对于需要覆土的菇类（如双孢菇），将香味物质混入覆土中，能更直接地影响子实体发育后期的风味形成。在出菇期喷洒低浓度的香味物质提取液，可能更高效地让子实体吸附，但可能只停留在表面。这需要进一步的实验研究。

试验初步揭示了通过添加特定物质提升鸡腿菇香味的可行性，要想进一步阐明其机理，需要通过精密测定分析子实体的挥发性风味化合物，并与对照组对比，可以明确鉴定出新增的、来源于添加物的特征香气成分，从而证实上述的吸收或转化机制。常见检测方法包括超临界萃取、固相微萃取等分离萃取技术，以及气相色谱-质谱和气相色谱-离子迁移谱鉴定技术等。