



## 综述与专论

## 发酵中草药在鸡生产中的应用

范雨欣<sup>1</sup>, 韩昱<sup>1</sup>, 胡晓悦<sup>2</sup>, 杨威<sup>2</sup>, 赵博伟<sup>3</sup>, 徐志媛<sup>4</sup>, 徐彤<sup>1\*</sup>, 张宁<sup>2\*\*</sup>(1. 河北北方学院, 河北张家口 075000; 2. 河北省畜牧兽医研究所, 河北保定 071000;  
3. 河北省畜牧站, 河北石家庄 050031; 4. 河北工程大学, 河北邯郸 056009)

**摘要:**随着畜禽饲料的“全面禁抗”和养殖中“减抗、限抗”的实行, 发酵中草药由于具有毒性低、药效强等优点, 逐渐成为动物饲料添加剂的良好选择。本文综述了发酵中草药的发酵工艺、发酵作用以及其在鸡养殖和疫病防治方面的研究进展, 为发酵中草药在鸡生产中的科学应用提供参考。

**关键词:** 发酵; 中草药; 鸡生产

[中图分类号] S861.7

[文献标志码] A

[文章编号] 1004-6704(2025)-01-0076-08

## Application of Fermented Chinese Herbal Medicine in Chicken Production

FAN Yuxin<sup>1</sup>, HAN Yu<sup>1</sup>, HU Xiaoyue<sup>2</sup>, YANG Wei<sup>2</sup>, ZHAO BOWEI<sup>3</sup>,XU Zhiyuan<sup>4</sup>, XU Tong<sup>1\*</sup>, ZHANG Ning<sup>2\*\*</sup>

(1. Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075000, China; 2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine Hebei Province, Baoding, Hebei 071000, China; 3. Hebei Animal Husbandry Station, Shijiazhuang, Hebei 050031, China; 4. Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056009, China)

**Abstract:** With the prohibition of antibiotics in livestock feed and the implementation of “reduction and restriction” in livestock farming, fermented Chinese herbal medicines have gradually become a good choice for animal feed additives because of their low toxicity and strong efficacy. This paper summarizes the research progress that has been made on fermentation technology, fermentation processes, and the application of fermented Chinese herbal medicine in chicken farming and disease prevention and control, aiming to provide a reference for the scientific utilization of fermented Chinese herbal medicine in chicken production.

**Key words:** fermentation; Chinese herbal medicine; chicken production

随着养殖业集约化的快速发展, 动物疫病流行情况越发复杂, 兽药的不规范使用加剧了动物源细菌耐药性问题, 严重影响动物健康和畜禽产品质量<sup>[1]</sup>。为保障畜牧业高质量发展, 落实农业农村部

“关于全国兽用抗菌药使用减量化行动方案”, 深入实施养殖减抗行动, 做到源头减量、过程控制<sup>[2]</sup>, 抗生素减量替代产品的研发全面提上日程。中草药因具有独特的理论体系, 被视为理想的抗生素减量替代产品。但部分中草药由于适口性差、含有毒性成分等问题, 影响其作用效果。中草药发酵技术可以增加药物中有机活性成分含量, 改善口感, 有效降低中草药毒性, 实现资源的节约利用。近年来, 发酵中草药在畜禽养殖中的研究逐渐深入, 展现出广阔的应用前景。本文将发酵中草药从发酵工艺、发酵作用以及其在鸡养殖和疫病防治中的研究等方面进行阐述, 旨在为其在鸡生产中的应用提供参考。

[收稿日期] 2024-10-04

[基金项目] 河北省第三期现代农业产业技术体系肉禽创新团队建设专项(HBCT2024270205); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-41)

[第一作者] 范雨欣(2002-), 女, 硕士研究生, 主要从事动物疫病防治工作。E-mail: 2058612240@qq.com

\* [通信作者] 徐彤, E-mail: xutong1969@sohu.com

\*\* [共同通信作者] 张宁, E-mail: xmszn@126.com

## 1 中草药发酵工艺

发酵法是中药炮制的重要方法之一,具有增效减毒、扩大适用范围等作用<sup>[2]</sup>。传统中草药发酵工艺主要依靠自然环境中的微生物群体进行自发发酵。该工艺成本较低且操作简单,但易受温度、湿度、菌种多样性等因素影响,缺乏精确性和稳定性,导致产品质量与药效存在显著差异,影响其疗效和安全性。

为克服传统发酵工艺的局限性,将现代生物技术与微生物发酵技术在传统工艺基础上相结合,形成现代中草药发酵工艺,即中药生物转化技术。根据发酵方式不同可将其分为固体发酵、双向固体发酵和液体发酵技术<sup>[3]</sup>。现代发酵技术在中草药领域的应用具有多方面优势(图 1)。相较于传统工艺,在菌种选择方面,现代发酵工艺优选单一或复合菌种进行发酵,有效避免发酵过程中杂菌污染;标准化操作确保了生产过程的准确性和可重复性,生产效率明显提高;此外,现代工艺能够精确监测和控制发酵过程中的温度、湿度、酸碱值和溶氧量等因素,保证发酵环境的稳定性,实现中药活性成分高效转化和药效增强,确保中药发酵产品质量的稳定性。

## 2 发酵的作用

### 2.1 提高中草药有效成分含量,增强药效

中草药因其药用成分复杂不易利用、见效迟缓等问题在畜牧业生产应用中受到制约。发酵能够提高中草药所含多糖、黄酮等有效成分的含量<sup>[4-5]</sup>,且微生物所产酶类可将中草药药用成分转化为易吸收

的小分子物质,进而增强药效。玉竹经益生菌发酵处理后,玉竹多糖含量可提高 71.78%<sup>[6]</sup>,大大增强 T 淋巴细胞的活性;丹参经真菌发酵后其主要药效成分总酚和丹参酚酸含量提高,增强了机体细胞抗氧化能力<sup>[7]</sup>;王贺等<sup>[8]</sup>采用多菌株对黄芩煎剂进行液体发酵并分析其成分含量发现,多菌株发酵组峰面积增加,分子和小分子含量明显增多,证明发酵可将黄芩原有成分转化为更多易于吸收的小分子物质,相对灰度值分析结果同样显示,有效成分含量极显著提高;以 3 种乳酸菌作为发酵菌株对北苍术进行固态发酵,结果表明,北苍术粗多糖得率较未发酵组可显著提高 37.45%,达到 10.10%,其抗氧化能力也得到增强,可能是由于发酵过程改变了北苍术粗多糖的结构,从而提高了生物活性<sup>[9]</sup>。单药发酵主要针对单一药材进行微生物转化,增强该药材的药效,而复方发酵则是多种药材的药效成分相互作用,实现疗效的协同增强。侯楠楠等<sup>[10]</sup>用植物乳杆菌 BLCC2-0410 对由甘草、黄芪、茯苓等 5 种中药所组成的复方中药进行发酵后,粗多糖和总黄酮含量分别可提高 5.83% 和 13.67%,乳酸和苹果酸含量也显著增加,相较于未发酵组,阿魏酸溶出率可增加 18.70%,有效抑制了大肠杆菌及霉菌生长。可见,发酵技术能显著提升中草药及其复方中有效成分含量与生物活性,从而增强药效。

### 2.2 促使新的活性物质产生

微生物生长过程中产生的物质能够与中草药本身存在的活性物质成分发生反应,通过转化、降解等过程改变原有成分含量,使成分发生转变产生萜类、皂苷类、醇类等新的活性物质<sup>[11]</sup>。研究证实,灵芝

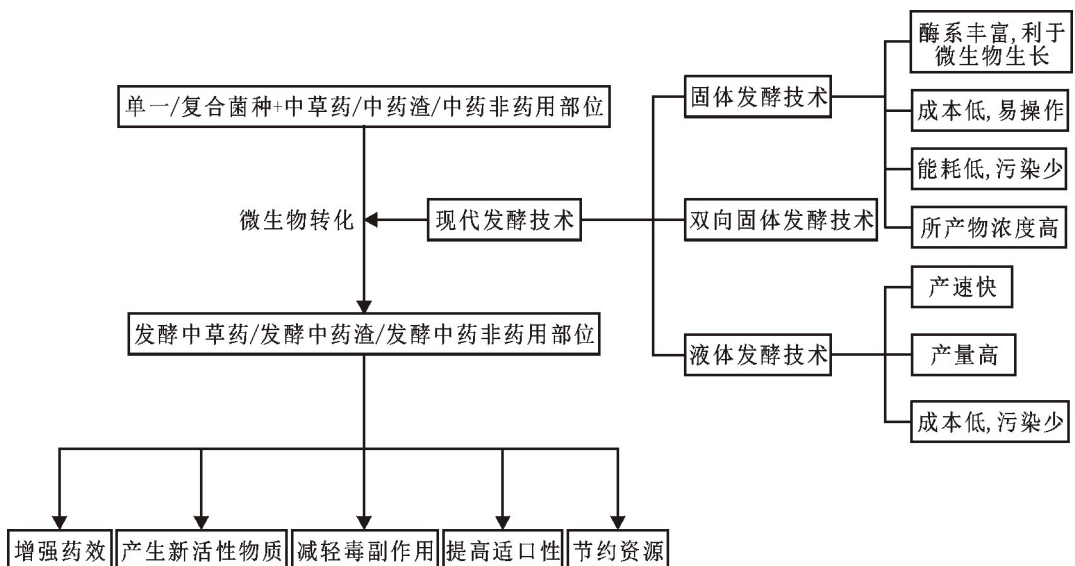


图 1 现代发酵技术在中草药领域的应用与优势

子实体提取物通过嗜酸乳杆菌和短双歧杆菌的联合发酵后,灵芝中的优势三萜化合物灵芝酸 A(GA) 转化为灵芝酸 C2(GC2)<sup>[12]</sup>;由副干酪乳杆菌亚种发酵红参得到发酵红参提取物,其中人参皂苷代谢产物 F<sub>2</sub> 和新型代谢物 K(CK) 的含量比红参提取物中的显著提高<sup>[13]</sup>;此外,侯亚男<sup>[14]</sup>发现党参水提物经无柄灵芝菌发酵后,其原有成分 5-羟甲基糠醛(5-HMF) 消失,产生了毒性较小的醇类新成分 2,5-二甲醇呋喃(BHMF),可作为原料合成添加剂,有助于降解饲料中霉菌毒素,保护动物肠道健康;红枣仁和玫瑰花混合后发酵,其发酵液中检测出具有镇静安神、抗菌抗炎作用的皂苷类新物质——酸枣仁皂苷 B<sup>[15]</sup>;赵双枝等<sup>[16]</sup>采用赤芝固态发酵牛蒡根下脚料后,发现产生了鸟苷、肌苷和腺苷 3 种新核苷物质,使核苷总量达到 2 637.14 μg/g;高腾美等<sup>[17]</sup>研究发现,黄芩经纳豆菌发酵后所含成分黄芩苷和汉黄芩苷能够高效转化为黄芩素和汉黄芩素,可减少动物体内有害微生物的繁殖,维持机体健康。以上研究表明,发酵可以促进中草药中活性物质的转化以及新活性物质的产生。

### 2.3 降低中草药的毒性,减轻毒副作用

中草药自身的毒性主要来源于其中的某些化学成分,如生物碱、苷类、有毒酚类等。有研究表明,微生物因其分解转化能力能够降解或修饰中草药的毒性成分,进而减少有毒成分含量,降低药物毒性<sup>[18-19]</sup>。孙佳彬等<sup>[20]</sup>通过对比发酵前后半夏的毒性和刺激性变化发现,发酵后半夏中草酸钙针晶含量相对减少,证明发酵可以缓和半夏的刺激性,降低其毒性;雷公藤经灵芝双向固体发酵后,其内脂甲含量降低,可达到减毒效果<sup>[21]</sup>;黄美霞等<sup>[22]</sup>发现赤芝菌发酵处理后的钩吻,其主要毒性成分钩吻素己含量可显著降低 97.4%;Cao 等<sup>[23]</sup>运用高效液相色谱法(HPLC)对微生物发酵的化风丹药母(生半夏、生川乌、生天南星和白附子等)进行成分分析,发现所含的剧毒生物碱物质乌头碱、中乌头碱和次乌头碱含量明显下降;银杏果作为具有润肺定喘功效的中药同时也具有一定毒性,经研究发现,由植物乳杆菌发酵 14 d 后毒性降低,脱毒率可高达 90.19%,经过毒性检测其发酵饮料 LD<sub>50</sub> > 120 mL/kg,符合国家标准属于无毒级产品<sup>[24]</sup>。综上,发酵技术的应用可降低中药毒性、减少毒副作用,更安全可靠。

### 2.4 提高中草药适口性

中草药经发酵处理后,其苦涩味和刺激性成分可有效降低或消除,甜、鲜味得到增加,口感更加温和<sup>[25]</sup>。产朊假丝酵母、黑曲霉可有效降低银杏叶中

纤维和黄酮含量,提升其营养价值和适口性<sup>[26]</sup>;龙勇等<sup>[27]</sup>利用混合中药渣(人参、黄芪、刺五加和斑蝥等)并结合菌酶制剂共同发酵制成发酵全混合日粮(FTMR)进行饲喂,结果表明,中药渣添加量为 40% 的 FTMR 品质及适口性均为最佳,且有效降低了饲料成本。植物体内抗营养因子的存在是影响适口性的原因之一,会阻碍动物机体的消化吸收,损害肠道健康。韩丽等<sup>[28]</sup>研究发现菌酶协同厌氧发酵可去除大豆皮中抗营养因子,提高适口性和品质,改善畜禽肠道健康;还有研究发现通过对六君子汤(党参、炒白术、茯苓、陈皮等)进行发酵,其适口性增强的同时也优化了肉鸡的生长表现,增强其肠内酶活性,有效改善了肉鸡肠道菌群的构成,抑制了肠道大肠杆菌的繁殖并促进了乳酸杆菌的增殖,从而有利于肉鸡的消化和发育<sup>[29]</sup>。由此可见,发酵工艺的应用能够显著改善中草药口感,并维持动物机体的肠道健康。

### 2.5 节约中药资源,降低成本

大部分中药的非药用部位含有与药用部位相似的活性成分,经过发酵处理,可以将潜在药用成分激活或转化,提高利用率。咖啡酸作为一种酚酸类化合物,具有抗炎、抗氧化、止血及提升白细胞等生物活性,能够减轻动物机体氧化应激反应,提高凝血功能,有效抵抗感染<sup>[30]</sup>。有研究发现夏枯草茎叶经过发酵处理,其所含活性成分迷迭香酸可成功转化为咖啡酸,显著提高了咖啡酸产率,同时实现了夏枯草茎叶的高效利用<sup>[31]</sup>;杨建平<sup>[32]</sup>研究发现,发酵后枸杞叶中有机酸含量提高,有机酸不仅能够降低胃肠道的 pH 值,有效抑制有害微生物的繁殖,促进有益菌的增殖,还能促进消化酶活性,提高营养物质的消化率,有助于改善畜禽的生长性能和健康状况。

除中药非药用部位外,中药药渣也残留有至少 30% 的有效成分,经过发酵处理后可转化为高效饲料添加剂用于动物生产,有效提升动物生长性能<sup>[33]</sup>。闫先超<sup>[34]</sup>将黄芪药渣发酵制剂添加至青脚麻鸡日粮中进行饲喂,结果表明,相较于未发酵组,青脚麻鸡试验后期的体重、平均日增重均显著提升;夏桑菊作为一种中药制剂,其主要成分为夏枯草、桑叶、野菊花,具有清热解毒、抗菌消炎等功效,其中药渣经枯草芽孢杆菌发酵处理后,夏桑菊的总生物碱含量可达到 31.15 mg/g,相较对照组提高了 169.23%,其含量的提升增强了动物机体的免疫能力,同时提高了饲料消化率和利用率<sup>[35]</sup>;此外,添加 1.5% 发酵药渣(含党参、黄芪、皇竹草)至文昌鸡日粮中进行饲喂,可显著增强文昌鸡肝脏代谢能力,并减轻肝细胞

的损伤程度<sup>[36]</sup>。可见,中药非药用部位及药渣的合理应用可提高药材利用率,减少资源浪费,节约生产成本。

### 3 发酵中草药在鸡生产中的应用

#### 3.1 发酵中草药对蛋、肉鸡生产和生长性能的影响

发酵中草药制剂作为新型饲料添加剂,在提高蛋、肉鸡生产和生长性能方面均表现出显著效果,例如提高产蛋率、增加日增重、降低料肉比以及提高饲料效率等<sup>[37-39]</sup>。在蛋鸡饲养方面,刘伟等<sup>[40]</sup>研究发现,在饲喂日粮中添加 5% 发酵牡丹籽粕可显著提高黄山黑鸡的产蛋率,降低料蛋比,但并不影响黄山黑鸡的其他生产性能,这可能与牡丹籽粕经过发酵处理后其所含抗营养因子(芍药苷、皂甙等)被降解有关;宋予震等<sup>[41]</sup>发现,与对照组相比,添加 0.2% 发酵黄芪组的蛋鸡产蛋率可提高 18.79%,料蛋比降低 19.71%;黄秋葵发酵液是由黄秋葵经嗜酸乳杆菌、植物乳杆菌等菌种混合发酵制成,富含多种营养及生物活性成分,将 1% 黄秋葵发酵液添加于肉种鸡饲料中,肉种鸡日产蛋率可提高 5.25%<sup>[42]</sup>。

在肉鸡饲养方面,乔宏兴等<sup>[43]</sup>研究表明,日粮中添加 0.5% 由粪肠球菌和植物乳杆菌共同发酵的黄芪可使肉鸡平均日增重显著提高 16.08%,料重比降低 6.03%,效果优于黄芪组,证明发酵黄芪的添加有利于提高肉鸡生长性能;另有研究将艾草经过提绒处理后产生的副产品艾草粉作为饲料添加剂至肉仔鸡基础日粮中,结果显示,与添加 7% 艾草粉组相比,添加 7% 的发酵艾草粉组肉仔鸡平均日增

重显著提高 21.14%,且每只肉仔鸡的料重比平均降低至 0.9,饲料转化率得到提升,有效降低了饲养成本<sup>[44]</sup>。大量研究证实,中草药经益生菌发酵后可显著提高蛋鸡的生产性能以及肉鸡的生长性能,详见表 1。

#### 3.2 发酵中草药在防治蛋肉鸡疾病上的研究应用

在畜禽养殖业,疾病的有效防治是确保动物健康与养殖效益的关键环节。传统中草药经过生物发酵技术处理后,产生的有效成分可有效提高机体免疫力,抵抗病原微生物(细菌、病毒、寄生虫)效果得到增强<sup>[50-52]</sup>。金板青发酵液(金银花、栀子、板蓝根、青蒿)具有良好的抗病毒作用,通过对新城疫病毒感染鸡进行给药治疗后,病鸡死亡率降低 60%,证明发酵制剂的应用对于鸡新城疫的防治具有积极作用<sup>[53]</sup>。Yiming 等<sup>[54]</sup>将副干酪乳杆菌、植物乳杆菌、中草药(黄芪、三七、甘草、鹰嘴豆)、黑豆粉和葡萄糖混合发酵用于饲喂感染鸡白痢沙门菌的雏鸡,病鸡的临床症状得到明显改善,为鸡白痢的防治提供了新选择;单文琪等<sup>[55]</sup>研究发现,复方草药四味穿心莲益生菌发酵产物有良好的抗菌活性,对 O2 型鸡大肠杆菌病有明显的抑制作用,可有效降低促炎因子 TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$ 、IL-6 含量,同时提高抗炎因子 IFN- $\gamma$  含量,使鸡大肠杆菌病治愈率达 70%~80%;鸡球虫病为蛋鸡养殖业中危害最严重的疾病之一,黄海斌等<sup>[56]</sup>研究采用由鼠李糖乳杆菌发酵的复方中药液(青蒿、常山、白头翁、仙鹤草等)防治鸡球虫病,结果显示发酵复方中药液的使用可降低病鸡卵囊排出量,减轻盲肠病理变化,使抗球虫指数

表 1 发酵中草药对蛋肉鸡生产或生长性能的影响

Table 1 Effect of fermented Chinese herbal medicine on production or growth performance of laying hens and broiler

动物类型	发酵菌种	发酵中草药	指标变化	参考文献
蛋鸡	黑曲霉	黄芪	产蛋率高达 96.73% 料蛋比降至 1.83	[40]
	植物乳杆菌、 枯草芽孢杆菌	构树叶	产蛋率提高 1.62% 料蛋比降低 2.62%	[45]
	酵母粉、乳酸菌	黄芪、当归、白术、 杜仲叶、党参、山楂	沙壳蛋率降至 1.75%	[46]
	枯草芽孢杆菌	党参、白术、白芍、茯苓	产蛋率提高 4.76%	[47]
	枯草芽孢杆菌	党参、炒白术、茯苓、陈皮、 法半夏、柴胡、芍药、炙甘草	平均日增重分别提高 7.55% 和 7.64%	[29]
肉鸡	灵芝菌	党参、黄芪、皇竹草	平均日增重分别提高 9.73%、5.46% 和 2.25%	[48]
	黑曲霉、乳酸菌、枯草芽 孢杆菌、酵母菌	黄芪、当归、党参、白术、 陈皮、甘草、茯苓、香附	平均日增重提高 13.58% 料重比降低 11.48%	[49]

表 2 发酵中草药在防治蛋肉鸡疾病中的应用

Table 2 Application of fermented Chinese herbal medicine in the prevention and control of diseases in laying hens and broilers

动物类型	发酵菌种	发酵中草药	防治疾病	防治效果	参考文献
蛋鸡	乳酸菌、芽孢杆菌	金银花、白头翁、苦参、黄芩、黄连、黄柏	肠炎	减少肠道中肠炎沙门菌的丰度,治愈率为 21.62%	[57]
	复合菌	石膏、连须、牛角丝、山豆根、秦皮、淡竹叶、甘草、虎杖、穿心莲等	大肠杆菌病	轻微、重症病鸡治愈率分别高达 92.4% 和 78.6%	[58]
	鼠李糖乳杆菌	青蒿、常山、仙鹤草、何首乌、白头翁、白茅	鸡球虫病	显著提高 CD4 <sup>+</sup> 、CD8 <sup>+</sup> T 淋巴细胞含量,存活率达 100%	[59]
肉鸡	乳酸杆菌、枯草芽孢杆菌	马齿苋	鸡白痢	提高肠道中乳酸菌和双歧杆菌含量,降低沙门菌含量,治愈率为 50%,预防率可达 100%	[60]
	枯草芽孢杆菌、产朊假丝酵母、嗜酸乳杆菌	黄芪、白术、党参、茯苓、刺五加、酸枣仁、甘草	免疫应激	白细胞数目减少,炎症反应显著降低	[61]

达到 130.59(中等抗球水平)。大量研究证实,发酵中草药在蛋肉鸡疾病的预防和治疗中效果显著,详见表 2。

#### 4 展 望

我国作为蛋、肉产品消费大国,人均每年鸡蛋消费量约 18 kg 左右,肉鸡年出栏量可达到 130.22 亿只。在当前国家要求农业绿色、环保和可持续发展的环境下,鸡养殖业也面临诸多挑战,如抗生素禁用、禽产品质量安全以及环境保护等方面。发酵中草药因其突出的优点(提高畜禽免疫力,促进生长发育,改善畜禽产品品质等)脱颖而出成为一种新型替抗产品,应用前景十分广阔。但目前关于发酵中草药的研究尚不深入,如中草药活性成分转化机理、酶和菌或多种益生菌间协同作用的机理等研究还需进一步探索和研究。中草药的配伍比例,菌种的选择,发酵条件的优化,产物纯度与活性的提高,中药资源的重复利用等方面是发酵中草药将面临的挑战和发展方向。随着科技的进步,各学科相互交叉下,发酵中草药的产业体系正逐步完善,发酵中草药产业未来有望实现跨越式发展,为畜牧业绿色发展助力,成为发展新质生产力的重要支撑。

#### 参考文献:

- [1] 段 宁. 影响动物产品质量安全的主要因素及对策[J]. 当代畜牧, 2018(21): 73-76.
- [2] 农业农村部. 农业农村部关于印发《全国兽用抗菌药使用减量化行动方案(2021—2025 年)》的通知[J]. 中华人民共和国农业农村部公报, 2021(11): 55-58.
- [3] LI L, WANG L, FAN W X, et al. The application of

fermentation technology in traditional Chinese medicine: A review[J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2020, 48(4): 899-921.

- [4] 赵玉洁, 邹 悦, 周金羽, 等. 益生菌发酵对中药总黄酮与总多糖含量的影响[J]. 中国兽药杂志, 2022, 56(8): 73-79.
- ZHAO Y J, ZOU Y, ZHOU J Y, et al. Determination of total flavonoids and total polysaccharides in traditional Chinese medicine fermented by probiotics[J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2022, 56(8): 73-79.
- [5] 王浩强. 不同处理方式对中草药添加剂活性成分的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2022.
- [6] 刘玉洁, 董丽婷, 罗 灿, 等. 枯草芽孢杆菌 LY-05 发酵玉竹产水溶性多糖工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(3): 212-221.
- LIU Y J, DONG L T, LUO C, et al. Optimization of fermentation process for water-soluble polysaccharides and antioxidant activity of *Polygonatum odoratum* fermented by *Bacillus subtilis* LY-05[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(3): 212-221.
- [7] XING Y, CAI L, YIN T P, et al. Improving the antioxidant activity and enriching salvianolic acids by the fermentation of *Salvia miltiorrhizae* with *Geomyces luteus*[J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2016, 17(5): 391-398.
- [8] 王 贺, 胡洪娇, 刘增琪, 等. 黄芩煎剂益生菌发酵液有效成份的分析[J]. 中国预防兽医学报, 2024, 46(3): 314-319.
- WANG H, HU H J, LIU Z Q, et al. Preliminary study on the fermentation of *Scutellaria baicalensis* decoction

- tion by probiotics[J]. Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine, 2024, 46(3): 314-319.
- [9] 张悦,林瑛兰,丁敏,等. 北苍术固态发酵菌株的筛选、鉴定及发酵工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(8): 184-190.  
ZHANG Y, LIN Y L, DING M, et al. Screening and identification of strains for solid-state fermentation of *Atractylodes chinensis* and optimization of fermentation technology[J]. Food Research and Development, 2024, 45(8): 184-190.
- [10] 侯楠楠,谢全喜,王倩,等. 植物乳杆菌发酵复方中药对阿魏酸和甘草次酸溶出率的影响[J]. 广东饲料, 2024, 33(3): 43-46.  
HOU N N, XIE Q X, WANG Q, et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* fermentation compound Chinese medicine on dissolution rate of ferulic acid and glycyrrhetic acid[J]. Guangdong Feed, 2024, 33(3): 43-46.
- [11] 谷巍,孙明杰,王丽荣,等. 嗜酸乳杆菌发酵复方中药成分变化对腹泻小鼠的影响[J]. 中国预防兽医学报, 2019, 41(5): 520-525.  
GU W, SUN M J, WANG L R, et al. Effect of composition changes of traditional Chinese medicine compound fermented by *Lactobacillus acidophilus* on diarrhea mice[J]. Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine, 2019, 41(5): 520-525.
- [12] LI Y Y, LIU H, QI H W, et al. Probiotic fermentation of *Ganoderma lucidum* fruiting body extracts promoted its immunostimulatory activity in mice with dexamethasone-induced immunosuppression[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2021, 141: 111-119.
- [13] PARK S Y, KIM H B, KIM J H, et al. Immunostimulatory effect of fermented red ginseng in the mouse model[J]. Preventive Nutrition and Food Science, 2014, 19(1): 10-18.
- [14] 侯亚男. 灵芝菌发酵党参成分变化及其对神经母细胞瘤 SH-SY5Y 增殖和凋亡的影响[D]. 遵义: 遵义医科大学, 2020.
- [15] ZHANG S, CHENG M Q, LI Z D, et al. Composition and biological activity of rose and jujube kernel after fermentation with kombucha SCOBY[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2020, 44(10): 14758.
- [16] 赵双枝,宋国宾,裴纪莹,等. 不同产地牛蒡根下脚料成分比较及赤芝固态发酵菌质成分变化分析[J]. 山东农业科学, 2022, 54(12): 136-142.  
ZHAO SH ZH, SONG G B, QIU J Y, et al. Comparison on compositions of burdock root leftovers from different producing areas and variation analysis of compositions after *Ganoderma lucidum* solid state fermentation[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2022, 54(12): 136-142.
- [17] 高腾美,杨涵月,常娟,等. 纳豆发酵对黄芩代谢转化的研究[J]. 中成药, 2022, 44(7): 2218-2222.  
GAO T M, YANG H Y, CHANG J, et al. Metabolic transformation of *Scutellaria baicalensis* by natto fermentation[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2022, 44(7): 2218-2222.
- [18] 殷娴,曹爽,郭慧敏,等. 六神曲两步法发酵微生物群落结构及功能分析[J]. 中国酿造, 2023, 42(12): 54-61.  
YIN X, CAO SH, GUO H M, et al. Microbial community structure and function analysis of Liu Shenqu with two-step method fermentation[J]. China Brewing, 2023, 42(12): 54-61.
- [19] LI N, CUI R, ZHANG F, et al. Current situation and future challenges of patulin reduction—a review[J]. Food Control, 2022, 138: 108996.
- [20] 孙佳彬,覃艺,张红玲,等. 发酵对半夏毒性和刺激性的影响[J]. 中药与临床, 2017, 8(6): 30-33.  
SUN J B, QIN Y, ZHANG H L, et al. Effect of fermentation on the toxicity and the irritation of Banxia[J]. Pharmacy and Clinics of Chinese Materia Medica, 2017, 8(6): 30-33.
- [21] 何栾樱,林子淳,卢建东,等. 基于灵芝双向固体发酵雷公藤减毒特效的研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2021, 48(4): 48-56.
- [22] 黄美霞,叶璐,洪怀山,等. 超高效液相色谱质谱法同时测定不同发酵天数钩吻中7种化学成分的含量[J]. 中国临床药理学杂志, 2019, 35(19): 2403-2406.  
HUANG M X, YE L, HONG H SH, et al. Simultaneous determination of seven components in *Gelsemium elegans* in different fermentation periods by UPLC-MS method[J]. The Chinese Journal of Clinical Pharmacology, 2019, 35(19): 2403-2406.
- [23] CAO G, MA F, XU J, et al. Microbial community succession and toxic alkaloids change during fermentation of Huafeng Dan Yaomu[J]. Letters in Applied Microbiology, 2020, 70(4): 318-325.
- [24] 戚怡婷. 高压蒸汽爆裂和植物乳杆菌发酵法降低银杏果毒性及应用[D]. 无锡: 江南大学, 2019.
- [25] YAN X T, ZHANG W M, ZHANG Y Y, et al. *In vitro* anti-obesity effect of shenheling extract (shle) fermented with *Lactobacillus fermentum* grx08[J]. Foods, 2022, 11(9): 1221.
- [26] 陈建荣,陈锦灵. 产朊假丝酵母和黑曲霉对银杏叶发酵影响的初步研究[J]. 当代畜牧, 2023(9): 17-21.
- [27] 龙勇,黄稳,韩勇,等. 中药渣发酵全混合日粮感官评价及对贵州黑山羊公羔羊腹泻率、采食和反刍

- 行为的影响[J]. 畜牧与兽医, 2023, 55(6): 23-29.
- LONG Y, HUANG W, HAN Y, et al. Sensory evaluation of FTMR with herbal medicine residues and their effects on diarrhea rate, feeding and ruminant behavior of male lambs of Guizhou black goats [J]. *Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2023, 55(6): 23-29.
- [28] 韩丽, 彭翔, 严峰, 等. 菌酶协同发酵对大豆皮抗营养因子降解效果的影响[J]. 养猪, 2020(4): 9-13.
- HAN L, PENG X, YAN F, et al. Effect of enzymes with bacteria fermentation on the antinutritional factor degradation of soybean skin [J]. *Swine Production*, 2020(4): 9-13.
- [29] 王中杰, 孙新堂, 李安东, 等. 加味六君子汤发酵剂对肉鸡生长性能和肠道环境的影响[J]. 饲料研究, 2024, 47(4): 47-51.
- WANG ZH J, SUN X T, LI A D, et al. Effects of modified Liujunzi decoction on growth performance and intestinal environment of broilers [J]. *Feed Research*, 2024, 47(4): 47-51.
- [30] 乔天磊. 饲料中添加咖啡酸对断奶仔猪生长性能和肠道屏障功能的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2023.
- [31] 李诗卉, 梁诗瑶, 伊美瑾, 等. 夏枯草茎叶复合菌发酵工艺、成分及活性变化研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(11): 2 629-2 633.
- [32] 杨建平, 郭建来, 聂芙蓉, 等. 枸杞叶发酵物生物活性成分及营养成分的变化研究[J]. 中国饲料, 2018(12): 36-40.
- YANG J P, GUO J L, NIE F R, et al. Study on the change of bioactive components and nutrients of *Lycium barbarum* leaf before and after fermentation [J]. *China Feed*, 2018(12): 36-40.
- [33] 罗永明, 刘力萌, 秦荣艳, 等. 发酵中草药在畜牧生产中的应用现状[J]. 草食家畜, 2022(4): 39-44.
- LUO Y M, LIU L M, QIN R Y, et al. Application status of fermented Chinese herbal medicine in animal husbandry production [J]. *Grass-Feeding Livestock*, 2022(4): 39-44.
- [34] 闫先超. 黄芪药渣发酵制剂对青脚麻鸡生长性能及部分血清生化指标的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2016.
- [35] 林可心, 周庆雯, 张俊豪, 等. 夏桑菊中药渣发酵菌种筛选及其发酵条件优化[J]. 中国酿造, 2024, 43(5): 118-123.
- LIN K X, ZHOU Q W, ZHANG J H, et al. Screening of fermentation strains of traditional Chinese medicine residue from Xiasangju and fermentation conditions optimization [J]. *China Brewing*, 2024, 43(5): 118-123.
- [36] 刘晓烜, 孙楠, 王闫宇, 等. 发酵中药渣对文昌鸡脂类代谢的影响[J]. 畜禽业, 2021, 32(10): 8-9.
- [37] 邓位喜, 经有林, 吴廷昌, 等. 复方杜仲中草药发酵制剂对猪生产性能影响试验[J]. 中国畜禽种业, 2021, 17(6): 17-18.
- [38] SHI H T, WANG B Y, BIAN C Z, et al. Fermented *Astragalus* in diet improved laying performance, egg quality, antioxidant and immunological status and intestinal microbiota in laying hens [J]. *AMB Express*, 2020, 10(1): 159.
- [39] MAO J J, WANG Y, DUAN T, et al. Effect of fermented dandelion on productive performance, meat quality, immune function, and intestinal microbiota of broiler chickens [J]. *BMC Veterinary Research*, 2023, 19(1): 178.
- [40] 刘伟, 陈相名, 马瑞钰, 等. 发酵牡丹籽粕对黄山黑鸡生产性能、蛋品质、蛋黄中脂肪酸含量及血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2024, 36(2): 874-884.
- LIU W, CHEN X M, MA R Y, et al. Effects of fermented peony seed meal on performance, egg quality, egg yolk fatty acid contents and serum biochemical indices of Huangshan black chickens [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2024, 36(2): 874-884.
- [41] 宋予震, 史洪涛, 范明夏, 等. 黑曲霉固体发酵黄芪工艺及其在蛋鸡上的应用研究[J]. 家畜生态学报, 2021, 42(10): 43-50.
- SONG Y ZH, SHI H T, FAN M X, et al. The solid state fermentation technology of *Astragalus* using *Aspergillus niger* and its application in laying hens [J]. *Journal of Domestic Animal Ecology*, 2021, 42(10): 43-50.
- [42] 郭良兴, 聂芙蓉, 穆钊坤, 等. 秋葵发酵液对肉种鸡生产性能、肠道屏障及微生物组成的影响[J]. 中国家禽, 2024, 46(2): 36-43.
- GUO L X, NIE F R, MU ZH K, et al. Effects of adding okra fermentation broth to feed on production performance, intestinal barrier and microbiota composition in broiler breeder [J]. *China Poultry*, 2024, 46(2): 36-43.
- [43] 乔宏兴, 史洪涛, 宋予震, 等. 发酵黄芪对肉鸡生长性能、抗氧化功能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(3): 705-711.
- QIAO H X, SHI H T, SONG Y ZH, et al. Effects of fermented *Astragalus* on growth performance and antioxidant function of broilers [J]. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2018, 45(3): 705-711.
- [44] 杜金桥. 艾草粉发酵工艺筛选优化及其在肉仔鸡养殖上的应用研究[D]. 绵阳: 绵阳师范学院, 2023.
- [45] 蒋兵兵, 闫灵敏, 陈谭星, 等. 发酵杂交构树叶对海兰褐蛋鸡生产性能、蛋品质、血清生化指标和肠道组织

- 形态的影响[J]. 饲料研究, 2023, 46(16): 43-48.
- JIANG B B, YAN L M, CHEN T X, et al. Effect of fermented hybrid *Broussonetia papyrifera* leaves on production performance, egg quality, serum biochemical parameters and intestinal morphology of Hyline Brown laying hens[J]. Feed Research, 2023, 46(16): 43-48.
- [46] 黄李蓉, 黄颖妍, 王 迪, 等. 日粮添加不同水平发酵中草药对蛋鸡后期生产性能和蛋品质的影响[J]. 饲料研究, 2022, 45(16): 39-43.
- HUANG L R, HUANG Y Y, WANG D, et al. Effect of different levels of fermented Chinese herbal medicine on growth performance and egg quality of laying hens during late laying period [J]. Feed Research, 2022, 45(16): 39-43.
- [47] 许 栋, 彭 箫, 李海英, 等. 饲料中添加发酵中草药对蛋鸡产蛋后期生产性能、血清生化指标和脂代谢的影响[J]. 饲料研究, 2021, 44(3): 25-29.
- XU D, PENG X, LI H Y, et al. Effect of fermented Chinese herbal medicine on production performance, serum biochemical indexes and lipid metabolism of Jinghong laying hens during the late laying period[J]. Feed Research, 2021, 44(3): 25-29.
- [48] 包瑞莹, 王闫宇, 刘晓烜, 等. 发酵中草药渣对文昌鸡生长、屠宰性能和免疫机能的影响[J]. 中国饲料, 2023(19): 129-135.
- BAO R Y, WANG Y Y, LIU X X, et al. Effects of fermented Chinese herbal residue on growth, slaughter performance and immune function of Wenchang chickens[J]. China Feed, 2023(19): 129-135.
- [49] 谢苗苗, 李 笑, 胡 建, 等. 发酵中草药对青脚麻鸡生长性能、血液生化指标及抗氧化能力的影响[J]. 安徽科技学院学报, 2023, 37(2): 6-12.
- XIE M M, LI X, HU J, et al. Effects of fermented Chinese herbal medicines on the growth performance, serum biochemical indexes and antioxidant capacities of partridge shank chickens[J]. Journal of Anhui Science and Technology University, 2023, 37(2): 6-12.
- [50] NIU K M, WANG H Y, KIM S K, et al. Stepwise co-fermented traditional Chinese medicine byproducts improve antioxidant and anti-inflammatory effects in a piglet model[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2024, 104(2): 1 166-1 177.
- [51] 张 谦. 加味白头翁散益生菌发酵产物的制备及其对肉仔鸡大肠杆菌病的防治[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- [52] 刘 广, 龚成燕, 牛凯敏, 等. 连花清瘟药渣及发酵产物的生物活性研究[J]. 畜牧兽医学报, 2023, 54(3): 1 281-1 299.
- LIU G, GONG CH Y, NIU K M, et al. Study on biological activity of the residue and fermentation products of Lianhua Qingwen [J]. Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2023, 54(3): 1 281-1 299.
- [53] 黄海海. 鸡肠道乳杆菌发酵中药制剂及其抗新城疫病毒活性的研究[D]. 济南: 山东大学, 2018.
- [54] WANG Y M, LI J Y, XIE Y H, et al. Effects of a probiotic-fermented herbal blend on the growth performance, intestinal flora and immune function of chicks infected with *Salmonella pullorum* [J]. Poultry Science, 2021, 100(7): 101 196.
- [55] 单文琪, 江庆国, 张述阳, 等. 复方中草药四味穿心莲益生菌发酵产物对鸡大肠杆菌作用[J]. 中国饲料, 2024(1): 89-92.
- SHAN W Q, JIANG Q G, ZHANG SH Y, et al. Effect of probiotics fermentation products of compound traditional Chinese medicine Siwei Chuanxinlian on chicken *Escherichia coli* [J]. China Feed, 2024(1): 89-92.
- [56] 黄海斌, 石昊林, 杨文涛, 等. 复方中草药与鼠李糖乳杆菌共发酵产物对鸡球虫病的治疗效果研究[J]. 中国兽药杂志, 2020, 54(1): 67-72.
- [57] 李秋月. 发酵中草药替代抗生素对雏鸡感染肠炎沙门氏菌的治疗效果研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2022.
- [58] 陈 剑, 王学善, 吕李明, 等. 应用发酵中药治疗蛋鸡大肠杆菌病[J]. 畜牧兽医科技信息, 2020(9): 162.
- [59] 郭全海, 刘培培, 刘中原, 等. 鼠李糖乳杆菌发酵中药制剂条件优化及对鸡球虫感染的疗效试验[J/OL]. 中国家禽, 2023 (2023-10-24). <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1222.S.20231023.1408.002.html>.
- [60] 徐亚慧, 郭阳, 陶金良, 等. 发酵马齿苋对雏鸡白痢防治效果观察[J]. 动物医学进展, 2019, 40(1): 117-120.
- XU Y H, GUO Y, TAO J L, et al. Prevention and treatment effects of fermented purslane on pullorum disease[J]. Progress in Veterinary Medicine, 2019, 40(1): 117-120.
- [61] 靳双星, 张桂枝, 王 晶, 等. 发酵中药对免疫应激肉鸡血液指标的影响[J]. 中国兽医杂志, 2020, 56(10): 59-63.
- JIN SH X, ZHANG G ZH, WANG J, et al. The effects of fermented Chinese medicine on blood index of broilers in immune stress[J]. Chinese Journal of Veterinary Medicine, 2020, 56(10): 59-63.