

# 磁场环境对酱油发酵及品质的影响

张庆宇<sup>1</sup>, 周宇益<sup>2</sup>, 符姜燕<sup>1</sup>, 杨俊<sup>1</sup>, 侯冶海<sup>1</sup>, 杨哪<sup>3\*</sup> (1.广东美味鲜调味食品有限公司, 广东中山 528437; 2.英都斯特(无锡)感应科技有限公司, 江苏无锡 214035; 3.江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

**摘要** [目的]探究酱油酿造的新工艺。[方法]以豆粕和米曲霉混合制曲后,在不同磁场环境下培养发酵生产酱油。在不同磁场环境下于42℃低盐固态发酵25d后,通过测定酱油中氨基酸态氮、总氮、色率、红色指数、总氮利用率及总酸含量的变化,分析磁场对酱油发酵及其品质的影响。[结果]磁场环境发酵的酱油各指标均有不同程度的增加。20 mT 磁场环境下,氨基酸态氮含量提高4.39倍,总氮含量增加4.87倍;酱油色率和红色指数分别提高171.4%和54.1%;总氮利用率高达89.7%;总酸含量是对照CK的3.44倍。[结论]磁场环境有利于后续发酵周期的缩短。该研究为酱油生产及风味品质的提升提供了一种新的技术路线。

**关键词** 磁场;酱油;发酵工艺;品质;氨基酸

中图分类号 TS264.2<sup>+</sup>1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)06-0140-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.06.033

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effect of Magnetic Field on Soy Sauce Fermentation and Quality

ZHANG Qing-yu<sup>1</sup>, ZHOU Yu-yi<sup>2</sup>, FU Jiang-yan<sup>1</sup> et al (1. Guangdong Meiweixian Flavoring Foods Co., Ltd., Zhongshan, Guangdong 528437; 2. INDUC Scientific Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu 214035)

**Abstract** [Objective] In order to explore the new technology of soy sauce brewing. [Method] Soybean meal and *Aspergillus oryzae* were mixed to make koji and fermented in different magnetic fields to produce soy sauce. After 25 days of low salt solid-state fermentation at 42℃ in different magnetic fields, the effects of magnetic fields on the fermentation and quality of soy sauce were analyzed by measuring the changes of amino nitrogen, total nitrogen, color ratio, red index, total nitrogen utilization rate and total acid content in soy sauce. [Result] The results showed that the indexes of soy sauce fermented in magnetic field increased in varying degrees. Under 20 mT magnetic field, the content of amino nitrogen increased by 4.39 times and the content of total nitrogen increased by 4.87 times; the color percentage and red index of soy sauce increased by 171.4% and 54.1% respectively; the total nitrogen utilization rate was 89.7%; the total acid content was 3.44 times of the control group. [Conclusion] The magnetic field environment is beneficial to shorten the fermentation cycle. This study provides a new technical route for soy sauce production and flavor quality improvement.

**Key words** Magnetic field; Soy sauce; Fermentation technology; Quality; Amino acid

酱油是一种传统调味品,因独特风味及营养价值在亚洲国家备受欢迎<sup>[1]</sup>。酱油酿造主要通过高盐稀态和低盐固态发酵,酱油发酵菌种通常采用曲霉菌,部分添加酵母菌,发酵原料多为大豆和小麦<sup>[2]</sup>。高盐稀态发酵利用高浓度盐水和较低温度抑制微生物代谢,酱油经过充分后熟,其风味优于低盐固态发酵,但其发酵周期较长,生产成本较高<sup>[3]</sup>。低盐固态发酵,盐浓度低,温度较高,对霉菌的抑制作用小,蛋白质快速水解,发酵周期大大缩短,生产成本较低,是目前大多酱油企业酿造酱油的主要生产工艺,缺点是产品香气不足<sup>[4]</sup>。

发酵微生物的代谢活性对产品品质及其呈味物质具有重要影响。Guo等<sup>[5]</sup>采用常压室温等离子体诱变得产生香气的耐盐鲁氏接合酵母 *Zygosaccharomyces rouxii*,生产的酱油鲜味和关键香气化合物含量显著提高。诱变技术可有效改善菌株特性,但其诱变方向及表型通常不稳定,存在安全隐患。近年来,磁场作为一种物理场成为微生物培养研究的热点,大量研究表明,磁场可改变微生物的生长、代谢及酶活性。Wan等<sup>[6]</sup>采用1.6 mT 静磁场对红曲霉进行液态培养,红曲色素和莫那可林 K 含量显著增加,而橘霉素含量下降

46.7%。Tan等<sup>[7]</sup>采用95 mT 静磁场培养热带假丝酵母,24 h后细胞浓度增加11.3%,酵母菌中木质素过氧化物酶和漆酶活性提高50%,细胞中高亲和钾离子转运蛋白基因提高2.77倍,酵母菌耐盐性也得到提高。孟晓玲等<sup>[8]</sup>采用95 mT 静磁场辅助酵母菌进行乙醇发酵,酒精度提高7.87%,糖度无明显变化。何熙等<sup>[9]</sup>采用0.6 T 磁场催熟腐乳,发现磁场处理后,毛霉蛋白酶活力增强,发酵期缩短25%。笔者以豆粕为原料,采用米曲霉制曲并在磁场环境下混合培养发酵,通过测定不同磁场环境下酱油中的氨基酸态氮、总氮、色率、红色指数、总氮利用率及总酸含量的变化,分析磁场环境发酵对酱油品质的影响,旨在为酱油产业的生产及品质的提升提供新的技术路线。

## 1 材料与方法

**1.1 材料与试剂** 沪酿3.042米曲霉和豆粕由广东美味鲜调味食品有限公司提供;浓硫酸、硫酸铜、硫酸钾、氢氧化钠、硼酸、甲醛、甲基红、溴甲酚、酚酞、乙醇、邻苯二甲酸氢钾等试剂均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司。

**1.2 设备与仪器** 磁场生化培养箱 MFI-A2,英都斯特(无锡)感应科技有限公司;AL204分析天平和FE28 pH计,瑞士Mettler Toledo仪器有限公司;LDZX-50KBS立式蒸汽灭菌锅,上海申安医疗器械公司;DL-101-2鼓风干燥箱,天津中环实验电炉有限公司;C-MAG磁力搅拌器,德国IKA公司;V-1800紫外分光光度计,上海美谱达仪器有限公司;TGL-16B离心机,上海安亭科学仪器厂。

**基金项目** 江苏省农业科技自主创新项目[CX(19)3069];十三五重点研发计划项目(2017YFD0400404);国家自然科学基金项目面上项目(32172353);江苏省优秀青年基金项目(BK20211582)。

**作者简介** 张庆宇(1983—),男,吉林辽源人,工程师,从事食品发酵技术研究。\*通信作者,副研究员,博士,从事食品非热加工技术研究。

**收稿日期** 2021-06-28

**1.3 试验方法** 将蒸煮冷却后的豆粕与米曲霉混合搅拌均匀,置于发酵罐内,加入 12 °Be 盐水,密封后放入磁场生化培养箱发酵,于 42 °C 下发酵 25 d。发酵结束后,热水浸泡酱醅,酱醅压榨出油,121 °C 灭菌后得到酱油成品。研究 0(CK)、4、8、12、16、20 mT 恒稳磁场对发酵过程中酱油氨基酸态氮、总氮、色率、红色指数、总氮利用率及总酸含量的影响。

#### 1.4 酱油产品理化指标测定

**1.4.1 基本指标的测定。**氨基酸态氮含量按照 GB/T 5009.235—2016 测定,总氮含量按照 GB/T 18186—2000 测定,总酸含量按照 GB/T 12456—2008 测定。

**1.4.2 酱油色率和红色指数的测定。**采用郑海燕<sup>[10]</sup>比色法测定,样品配成 0.1% 溶液,倒入 1 cm 比色皿中,于 610 nm 处测定吸光值,测定 3 次,取平均 OD<sub>610</sub> 值,按下式测定色率:

$$\text{色率 (EBC 单位)} = \frac{\text{OD}_{610} \times 20000}{0.076}$$

上述溶液于 510 nm 处测定吸光值,测定 3 次,取平均 OD<sub>510</sub> 值,按下式计算红色指数:

$$\text{红色指数} = 10 \times \log \frac{\text{OD}_{510}}{\text{OD}_{610}}$$

#### 1.4.3 总氮利用率。

$$T = \frac{V \times \text{TN}}{M \times \text{TN}_1} \times 100\%$$

式中, *V* 为发酵结束后酱油的总体积, mL; *TN* 为发酵结束后酱油的总氮含量, g/L; *M* 为成曲的总质量, g; *TN*<sub>1</sub> 为成曲的总氮含量, g/L。

**1.5 数据分析** 使用 SPSS 22.0 软件进行数据分析,用 Origin 9.0 进行分析制图。每个样品重复测定 3 次,取平均值。

## 2 结果与分析

**2.1 磁场对酱油中氨基酸态氮和总氮含量的影响** 氨基酸态氮是酱油的重要组分,由酱油发酵过程中蛋白质水解产生,是判断酱油发酵程度的重要指标,氨基酸含量越高,酱油鲜味越浓郁<sup>[11]</sup>。从图 1 可以看出,酱油原料在 0(CK)、4、8、12、16、20 mT 恒稳磁场,42 °C 下发酵 25 d 后,其氨基酸态氮含量分别为 4.1、6.2、8.9、12.3、17.8 和 22.1 g/L,总氮含量分别为 8.3、13.8、20.1、28.2、39.2 和 48.7 g/L,磁场处理后,氨基酸态氮及总氮含量显著增加,20 mT 磁场环境下,氨基酸态氮含量较 CK 提高 4.39 倍,总氮含量增加 4.87 倍。磁场作用下,米曲霉中的蛋白酶活性增强,这与 Tang 等<sup>[12]</sup> 研究结果相似,刺参幼参中的胰蛋白酶和胃蛋白酶活性随磁场强度增加而升高,与 CK 相比,其活性分别提高 78.0% 和 63.1%。Prando 等<sup>[13]</sup> 采用静磁场处理后,南极假丝酵母脂肪酶 B 活性提高 80%,稳定性增强。张庆华等<sup>[14]</sup> 采用 3.5 mT 静磁场处理葡萄酒,葡萄酒中没食子酸、香草酸、丁香酸、咖啡酸、绿原酸、阿魏酸和芥子酸等酚酸含量随磁场处理时间的延长而增加。磁场环境下,豆粕中蛋白质更易分解为氨基酸,发酵速度加快。根据 GB/T 18186—2000 中酿造酱油的等级评判标准,CK 氨基酸态氮含量为 4.1 g/L,为三级酿造酱油,而磁场环境发酵后的氨基酸态氮含量最高为 22.1 g/L,远超特级酿造

酱油标准。可见,磁场辅助酱油发酵,有利于改善酱油品质。

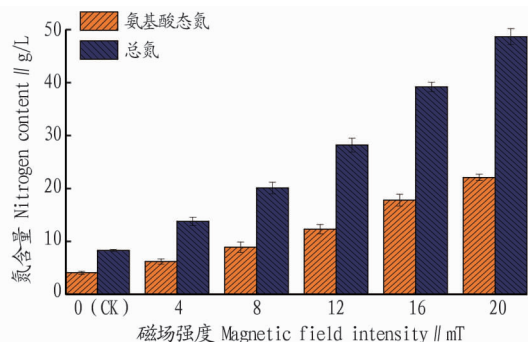


图 1 磁场对酱油发酵氨基酸态氮含量和总氮含量的影响

Fig.1 Effect of magnetic field on amino nitrogen content and total nitrogen content in soy sauce fermentation

**2.2 磁场对酱油色率和红色指数的影响** 酱油发酵过程中的非酶褐变和酶促褐变会产生呈色物质,赋予酱油独特的红棕色泽<sup>[15]</sup>。色率可表示产品颜色的深浅,红色指数则为样品中红色物质的含量。随着人们消费观念的转变,酱油色率及红色指数受到人们的日益关注,稳定的色泽有利于提高产品品质。从图 2 可以发现,在 42 °C 下发酵 25 d 后,酱油色率和红色指数随磁场强度的增加而增大。与 CK 相比,20 mT 恒稳磁场发酵后酱油色率和红色指数分别提高 171.4% 和 54.1%。这是由于酱油发酵过程中还原糖与氨基酸、肽和蛋白质发生美拉德反应和酶促褐变,豆粕蒸煮过程中生成的褐色物质在发酵过程中缓慢析出<sup>[16]</sup>。Deamici 等<sup>[17]</sup> 采用静磁场培养钝顶节旋藻,磁场环境下生物物质中藻蓝色素和碳水化合物含量分别提高 18% 和 21%。陈碧娥等<sup>[18]</sup> 采用磁场辅助红酵母菌 RG-98 生产类胡萝卜素,发现 100 mT 电磁场处理 2 h 后,色素产量提高 25%。磁场环境下更多酶和多糖发生氧化应激,促进了微生物对糖的代谢,产生深色物质,从而增加酱油色率。磁场环境下发酵产生的色泽,在提高产品稳定性的同时,有利于减少焦糖色素的添加。

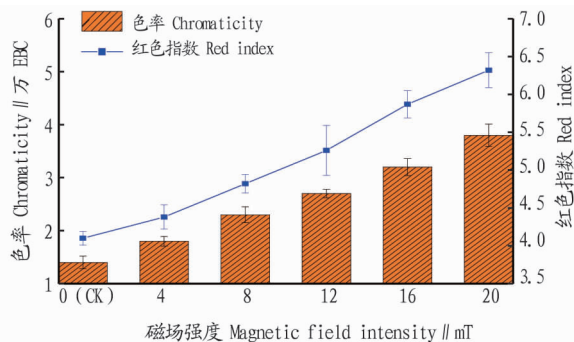


图 2 磁场对酱油发酵色率和红色指数的影响

Fig.2 Effect of magnetic field on color ratio and red index of soy sauce fermentation

**2.3 磁场对酱油发酵总氮利用率的影响** 酱油的总氮利用率可有效表征发酵过程中含氮物质,包括蛋白质、氨基酸和多肽等的利用率。从图 3 可以发现,在 42 °C 下发酵 25 d,磁场环境下豆粕中含氮物质的利用率显著提高,酱油中总氮利用率增加。与 CK 相比,20 mT 恒稳磁场环境下,发酵过程中

总氮利用率高达 89.7%, 而 CK 仅为 63.5%, 说明磁场环境对提高豆粕中含氮物质利用率具有显著效果。崔颖等<sup>[19]</sup> 采用 2.33 mT 磁场处理河套蜜瓜, 10 min 后河套蜜瓜可溶性蛋白含量增加。安燕等<sup>[20]</sup> 研究发现, 恒稳磁场可有效实现有机物降解, 150 mT 磁场处理 60 min 后, 酪氨酸酶活性提高 27.1%, 邻苯二酚、苯酚和 2,4-二氯酚等酚类有机物转化率提高。低盐固态发酵周期短, 总氮利用率相对高盐稀态更高<sup>[21]</sup>, 磁场环境下, 样品中可溶性蛋白含量增加, 米曲霉中蛋白酶活性增强, 可有效促进微生物生长发酵, 使总氮利用率提高。

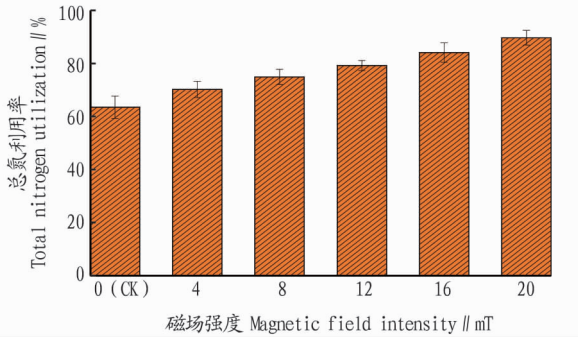


图3 磁场对酱油发酵总氮利用率的影响

Fig.3 Effect of magnetic field on the utilization of total nitrogen in soy sauce fermentation

**2.4 磁场对酱油发酵总酸含量的影响** 除氨基酸带来的独特风味, 以乳酸为主的有机酸带来的酸味也是酱油的重要呈味物质。酱油中的总酸是由酱油中的乳酸、醋酸、苹果酸、琥珀酸和柠檬酸等各种有机酸组成<sup>[22]</sup>。酱醅发酵过程中, 多种微生物参与发酵, 消耗多糖产生单糖, 单糖进一步转化为乳酸等有机酸。从图 4 可知, 在 42 °C 下发酵 25 d, 总酸含量随磁场强度的增加而增大, 20 mT 恒稳磁场辅助酱油发酵后, 总酸含量是 CK 的 3.44 倍, 各种有机酸与相应的醇类酯化产生具有芳香气味的酯类, 酱油口感更醇厚。万云雷等<sup>[23]</sup> 采用 1.6 mT 低频磁场处理红曲菌, 发酵 8 d,  $\gamma$ -氨基丁酸的增长率提高 31.6%, 产量提高 35.7%。牟灿灿等<sup>[24]</sup> 采用不同发酵方式制备薏仁碎米酱油, 发现低盐固态发酵总酸含量显著高于高盐稀态及自然发酵。磁场环境下, 微生物活性增强, 发酵代谢性能提高, 低盐固态发酵过程中, 氨基酸的溶出加剧, 多肽及碳水化合物被微生物消耗转化为有机酸。

### 3 结论

该研究以豆粕为原料, 采用米曲霉制曲后在磁场环境下混合培养发酵, 并对发酵后的酱油品质进行分析。结果表明, 磁场环境下于 42 °C 发酵 25 d, 随磁场强度的增加, 酱油发酵后的氨基酸态氮、总氮、色率、红色指数、总氮利用率及总酸含量均有不同程度的提高。其中, 20 mT 磁场环境下, 氨基酸态氮和总氮的差异显著, 说明磁场辅助发酵可提高米曲霉中蛋白酶活性, 促进豆粕水解, 产生可溶性蛋白、多肽和氨基酸等物质, 酱油发酵性能显著提升, 并为后续缩短发酵周期提供了可能。该研究从酱油发酵后品质的变化, 探究了磁场下米曲霉单菌种对低盐固态酱油发酵性能的影响, 为酿造

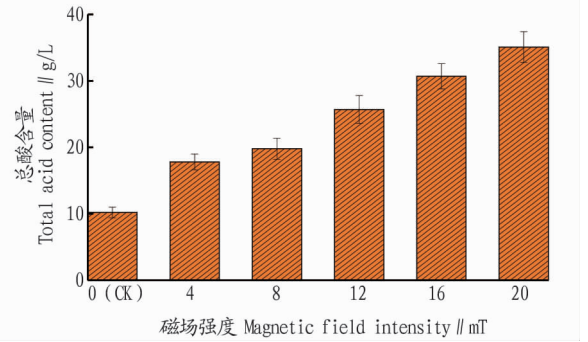


图4 磁场对酱油发酵总酸含量的影响

Fig.4 Effect of magnetic field on total acid content in soy sauce fermentation

酱油工艺提供了一种新的技术路线, 但酱油发酵过程中蛋白质、氨基酸、有机酸等分子结构及磁场环境对微生物促进发酵的机理仍有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] DEVANTHI P V P, GKATZIONIS K. Soy sauce fermentation: Microorganisms, aroma formation, and process modification[J]. Food research international, 2019, 120: 364-374.
- [2] 吴婷, 宋江, 王远亮. 中国酱油酿造工艺[J]. 中国调味品, 2012, 37(6): 1-3.
- [3] 董修涛, 刘玉汝, 陈仕伟, 等. 高盐稀态酱油梯度盐分发酵工艺技术研究[J]. 安徽农学通报, 2016, 22(24): 111-112.
- [4] 符姜燕. 酱油发酵工艺及改善酱油风味的方法探讨[J]. 食品安全导刊, 2020(12): 148, 150.
- [5] GUO J, LUO W, WU X M, et al. Improving RNA content of salt-tolerant *Zygosaccharomyces rouxii* by atmospheric and room temperature plasma (AR-TP) mutagenesis and its application in soy sauce brewing[J]. World journal of microbiology and biotechnology, 2019, 35(12): 1-10.
- [6] WAN Y L, ZHANG J L, HAN H X, et al. Citrinin-producing capacity of *Monascus purpureus* in response to low-frequency magnetic fields[J]. Process biochemistry, 2017, 53: 25-29.
- [7] TAN L, SHAO Y F, MU G D, et al. Enhanced azo dye biodegradation performance and halotolerance of *Candida tropicalis* SYF-1 by static magnetic field (SMF)[J/OL]. Bioresource technology, 2020, 295[ 2021-03-17]. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122283.
- [8] 孟晓玲, 董进义. 磁场对酒精发酵的影响问题研究[J]. 濮阳职业技术学院学报, 2006, 19(4): 22-23.
- [9] 何熙, 胡飞. 以磁场进行腐乳催熟[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(10): 109-111.
- [10] 郑海燕. 酱油中红色指数的测定方法[J]. 中国调味品, 1999, 24(1): 27-30.
- [11] 周朝晖, 陈子杰, 李铁桥, 等. 面粉对发酵酱油品质的影响研究[J]. 现代食品科技, 2019, 35(10): 218-224.
- [12] TANG J, ZHAO W, CHI J W, et al. Effects of magnetic treatment on growth and immune and digestive enzyme activity in the juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka)[J]. Aquaculture, 2015, 435: 437-441.
- [13] PRANDO L T, DE SOUZA MELCHIORI M, TORRES T M S, et al. Effect of high pressure and magnetic field treatments on stability of *Candida antarctica* lipase B (CALB) and lysozyme from chicken egg[J]. Catalysis communications, 2018, 116: 43-47.
- [14] 张庆华, 陈小波, 战吉茂, 等. 磁场对新鲜干红葡萄酒酚类物质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(9): 108-111.
- [15] 陈彩英, 张瑾. 酱油色泽的形成及控制[J]. 中国调味品, 2003, 28(10): 34-36, 38.
- [16] 秦祖贻, 龙明贵. 焦糖色素的色率及红色指数与 pH 值关系的研究[J]. 中国调味品, 2003, 28(1): 27-29.
- [17] DEAMICI K M, CUELLAR-BERMEDEZ S P, MUYLEAERT K, et al. Quantum yield alterations due to the static magnetic fields action on *Arthrospira platensis* SAG 21.99: Evaluation of photosystem activity[J/OL]. Biore-source technology, 2019, 292[ 2021-03-17]. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121945.

检测结果与铺叶后化学成分检测结果相一致。投料波动性越大,成品片烟化学成分的变异系数越高,在多等级、大模块的情况下,按照选后堆垛化学成分搭配投料对化学成分均匀化更为有利。

**2.3 不同投料方式对感官评吸结果的影响** 为了进一步验证不同投料方式对均质化加工的影响,在烤机出口处每 2 h 抓取一次样品(300±30)g,充分混匀后进行切丝、烘干处理,每种投料方式评吸样本 22 个。将烟叶样品在温度 22 ℃、相

对湿度 65% 下平衡后,组织 7 名专业评吸员,按照国标 YC/T 138—1998<sup>[8]</sup> 进行评吸,单料烟评吸指标主要从香气特性(香气质、香气量、杂气、透发性)、烟叶特性(劲头、浓度、细腻程度、柔和程度)以及口感特性(刺激程度、干燥程度、回甜、余味)三大类(共 12 项指标)评吸,每项按 6 分制计分<sup>[12]</sup>,开展不同投料方式下烟叶评吸对比,分析不同投料方式对感官评吸结果的影响,结果见表 5。

表 5 不同投料方式下感官评吸结果的比较

Table 5 Comparison of the sensory evaluation results between different feeding methods

| 投料方式<br>Feeding methods | 香气质<br>Aroma quality | 香气量<br>Aroma amount | 杂气<br>Miscellaneous gas | 透发性<br>Transmittance | 劲头<br>Strength | 浓度<br>Concentration | 细腻程度<br>Fineness degree | 柔和程度<br>Softness degree | 刺激程度<br>Irritability | 干燥程度<br>Degree of dryness | 回甜<br>Sweet after taste | 余味<br>Aftertaste | 总分<br>Total score |
|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| T <sub>1</sub>          | 3.53                 | 3.73                | 3.25                    | 3.50                 | 3.07           | 3.50                | 3.18                    | 3.27                    | 3.08                 | 3.11                      | 3.34                    | 3.36             | 39.92             |
| T <sub>2</sub>          | 3.90                 | 3.70                | 3.25                    | 3.40                 | 3.07           | 3.52                | 3.60                    | 3.45                    | 3.28                 | 3.10                      | 3.34                    | 3.90             | 41.51             |

由表 5 可知,按照选后堆垛化学成分搭配投料方式在香气质、细腻程度、柔和程度、余味等指标上优于按照“横进纵出”出库投料方式。2 种投料方式下烟叶感官评吸表现为按照选后堆垛化学成分搭配投料方式优于按照“横进纵出”出库投料方式。感官评析结果与化学成分检测结果相一致。

### 3 讨论与结论

烟叶生产投料是打叶复烤均质化加工中非常重要的环节之一,生产投料对化学成分进一步掺配均匀具有重要作用。罗瑞林等<sup>[13]</sup>采用多功能电子秤与 PLC 集成组织投料;肖明礼等<sup>[14]</sup>将铺叶台的优化管理与储柜的有效利用相结合;可文庚等<sup>[15]</sup>认为投料管理软件平台结合烟叶垛位管理可以有效提升均质化加工效果。该研究在生产投料均质化加工的基础上,比较按照“横进纵出”的大树定律出库投料和按照选后堆垛化学成分搭配投料 2 种投料方式。结果表明,在大模块均质化加工条件下,从选后烟叶化学成分均匀性和感官评吸结果来看,按照选后堆垛化学成分搭配投料方式表现更优,表明更精细化的颗粒度有利于均质化加工水平的提升,按照“横进纵出”出库投料方式更多地考量不同时段进出料的均匀掺配,难以满足大模块、多等级加工条件下的精细化投料要求。从工作效率和工作量角度考虑,按照“横进纵出”出库投料方式具有操作简单、前期工作量少、投入低、成效较好的特点。综上所述,在大模块、多等级均质化加工条件下,按照选后堆垛化学成分搭配投料方式更佳;在小模块、少等级均质化加工条件下各复烤企业可根据实际情况选择

合适的生产投料方式。

### 参考文献

- [1] 王发勇,张春磊,喻绍新,等.全程实现打叶复烤均质化加工的研究进展[J].安徽农业科学,2018,46(12):11-13,16.
- [2] 肖如武,陈越立.烟叶配方打叶均质化控制技术探讨[J].科技信息,2012(17):2.
- [3] 王宏铝,王筑临,许小双,等.基于在线烟碱预测模型的烟叶复烤均质化加工[J].烟草科技,2015,48(6):73-77.
- [4] 卢敏瑞,张腾健,肖锦哲,等.打叶复烤各种配方投料模式研究[J].科技与企业,2015(2):71-72.
- [5] 李伟鹏.烤烟配方打叶新模式探索[J].作物研究,2012,26(S1):106-108.
- [6] 王献友,孟昭文,李屹,等.关于烟叶配方打叶均质化控制的应用研究[J].科技视界,2018(1):18-20,65.
- [7] 吴有祥,胡世龙,欧明毅,等.烟叶模块烟碱变异系数与几个因子的相关性分析[J].安徽农业科学,2017,45(9):96-97.
- [8] 杨波,汪季涛,王绍林,等.铺叶台混配模式下配方柜使用对成品片烟均匀性的影响[J].安徽农业科学,2018,46(22):169-172.
- [9] 杜文,易建华,黄振军,等.打叶复烤烟叶化学成分在线检测和成品质量控制[J].中国烟草学报,2009,15(1):1-5.
- [10] 朱毓航,黄文勇,尚关兰,等.打叶复烤烟碱均匀性控制工艺过程质量评价方法研究与应用[J].科技创新导报,2018,15(23):80-82,84.
- [11] 国家烟草专卖局.烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法:YC/T 160—2002[S].北京:中国标准出版社,2004.
- [12] 国家烟草专卖局.烟草及烟草制品感官评价方法:YC/T 138—1998[S].北京:中国标准出版社,1998.
- [13] 罗瑞林,查天,熊祥隆,等.配方打叶投料均匀性的精确控制应用研究[J].云南化工,2020,47(9):26-29.
- [14] 肖明礼,陈越立,尹智华,等.烟叶配方打叶均匀性的研究[J].现代食品科技,2011,27(6):684-686.
- [15] 可文庚,喻绍新,李一辉,等.基于堆垛原烟化学成分的均质化配方打叶投料管理研究[J].轻工科技,2019,35(7):76-79.
- [16] 倪海晴.提高酱油大曲酶活和改善酱油发酵效果的研究[D].无锡:江南大学,2010.
- [17] 梁云霄,孙建安,高昕,等.米曲霉低盐固态发酵虾味酱油的工艺优化[J].中国渔业质量与标准,2017,7(4):21-28.
- [18] 陈碧娥,苏武浔.磁场对红酵母的生长及类胡萝卜素合成的影响[J].微生物学杂志,2003,23(4):17-19.
- [19] 崔颖,王秀娟,高会英,等.不同的磁场处理时间对河套蜜瓜贮藏品质的影响[J].内蒙古科技大学学报,2015,34(3):305-308.
- [20] 安燕,程江,肖立军,等.磁场对酪氨酸酶活性及其催化降解酚类有机物影响的研究[J].环境科学学报,2007,27(8):1263-1269.
- [21] 倪海晴.提高酱油大曲酶活和改善酱油发酵效果的研究[D].无锡:江南大学,2010.
- [22] 梁云霄,孙建安,高昕,等.米曲霉低盐固态发酵虾味酱油的工艺优化[J].中国渔业质量与标准,2017,7(4):21-28.
- [23] 万云雷,韩红霞,李利,等.低频磁场对紫色红曲菌固态发酵产 $\gamma$ -氨基丁酸的影响[J].中国农业科技导报,2015,17(5):94-98.
- [24] 牟灿灿,卢红梅,陈莉,等.发酵方式对薏仁碎米酱油品质的影响[J].中国调味品,2019,44(5):21-27.

(上接第 142 页)