

淡豆豉发酵过程中影响因素研究

钟荣荣, 王奕博, 范亚楠, 周旭, 孙晓丛, 陈彦琳, 杜杰*
(中国中药有限公司, 北京 102600)

摘要: **目的** 考察不同后酵温度及时间、直接后酵等炮制方式对淡豆豉质量的影响, 以阐释发酵原理, 更好地指导生产。**方法** 使用多因素评价淡豆豉发酵程度。以 HPLC 法测定黄酮类成分, 采用 Agilent Zobax SB-C₁₈ 色谱柱 (4.6 mm×250 mm, 5 μm); 流动相甲醇-0.5% 冰醋酸溶液, 梯度洗脱; 体积流量 1.0 mL/min; 柱温 30 ℃; 检测波长 260 nm。使用滴定法测定酸值; 使用色差仪测定色度。**结果** 黄酮类成分的后酵温度越接近 50~55 ℃, 苷转变为苷元的速度越快, 但超过 45 ℃后, 苷元总量会随着发酵时间的增加而减少。酸值, 除 65 ℃外, 后酵温度越接近 50 ℃, 第 1 天酸值增加越多, 但对发酵终点酸值影响不大, 温度过高会导致酸值下降。色度, 后酵温度越接近 50~55 ℃, 淡豆豉颜色越呈棕黑色, 无前酵过程使颜色变浅。**结论** 淡豆豉中黄酮苷成分转化的必要条件是酶和水, 单独升温对转化率贡献不大, 前酵过程是酸值增加和颜色变深的必要步骤, 适度提升后酵温度可以有效减少淡豆豉生产周期。

关键词: 淡豆豉; 发酵工艺; 黄酮类成分; 酸值; 色度; 发酵原理

中图分类号: R283.1

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2024)03-1041-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.03.052

淡豆豉为豆科植物大豆 *Glycine max* (L.) Merr. 成熟种子的发酵加工品, 味苦、辛, 性凉, 具有解表、除烦、宣发郁热的功效, 主要用于治疗感冒、寒热头痛、烦躁胸闷、虚烦不眠等^[1]。淡豆豉为临床常用药, 但受限不同的发酵条件, 其市售品质量参差不齐。淡豆豉的发酵是大豆在微生物及酶的作用下, 大分子有机物不断分解为小分子 (如脂肪分解为脂肪酸)、黄酮苷 (大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷) 分解为黄酮苷元 (大豆素、黄豆黄素、染料木素) 的过程, 发酵菌种、温湿度、发酵时间等均是影响饮片成品质量的因素^[2-5]。2020 年版《中国药典》以青蒿、桑叶为辅料, 使用二次发酵法生产淡豆豉, 但对于前酵和后酵 (再闷) 温湿度无明确规定, 现代研究对前酵工艺分歧较少, 确定的发酵温度多为 25~32 ℃, 相对湿度为 80% 左右, 发酵时间 4~7 d。但不同研究者选择的后酵温度差距极大, 30~60 ℃范围内均有, 后酵时间为 12~20 d^[5-11]。为探索淡豆豉发酵原理, 稳定淡豆豉生产工艺, 本实验以黄酮类成分含量、酸值、色度为评价指标, 比较不同后酵温度及时间 (35~65 ℃、1~15 d)、单次发酵 (直接后酵) 所得淡豆豉质量, 以探讨不同因素对淡豆豉发酵过程的影响。

1 材料

1.1 仪器 Waters e2695 型高效液相色谱仪 (美国 Waters 公司); XS205 型电子分析天平 (瑞士梅特勒-托利多公司); Labonco-380GS 型稳定性实验箱 (江苏兰贝石仪器有

限公司); BGZ-246 型电热鼓风干燥箱 (上海博讯实业有限公司); KQ-500DE 型超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司, 功率 500 W, 频率 50 kHz); 超纯水仪 (美国默克密理博公司); CS-820 型色度仪 (杭州彩谱科技有限公司); FW100 型粉碎机 (天津市泰斯特仪器有限公司)。

1.2 药材 黑豆购自安国药材市场; 青蒿 (批号 C427210202)、桑叶 (批号 C449210402) 购自安国市深豪药业有限公司, 均经中国中药有限公司主任中药师陈彦琳鉴定为正品。

1.3 试剂 甲醇 (色谱纯, 赛默飞世尔科技有限公司); 冰醋酸、95% 乙醇、石油醚均 (分析纯, 北京化工试剂厂); 水为超纯水。大豆苷、染料木苷、大豆苷元、染料木素对照品 (批号 111738-201904、111709-201702、111502-202003、111704-202104, 中国食品药品检定研究院); 黄豆黄苷、黄豆黄素对照品 (批号 N24GB169100、G26N11L132454, 上海源叶生物科技有限公司); 氢氧化钾容量分析用溶液 (0.100 5 mol/L, 批号 55K1, 北京海岸鸿蒙标准物质技术有限责任公司)。

2 方法与结果

2.1 淡豆豉 HPLC 检测方法学的建立

2.1.1 色谱条件 Agilent Zobax SB-C₁₈ (4.6 mm×250 mm, 5 μm); 流动相甲醇 (A) -0.5% 冰醋酸 (B), 梯度洗脱 (0~25 min, 30%~45% A; 25~50 min, 45%~60% A); 体积流量 1.0 mL/min; 柱温 30 ℃; 检测波长 260 nm^[12-13]。

收稿日期: 2023-03-08

基金项目: 国家重点研发项目 (2018YFC1707202)

作者简介: 钟荣荣 (1992—), 女, 硕士生, 研究方向为中药质量分析和中药成分检测。Tel: 13051119793, E-mail: 13051119793@163.com

* 通信作者: 杜杰 (1980—), 副研究员, 研究方向为中药炮制工艺规范化、中药饮片质量控制。E-mail: 13522479332@163.com

2.1.2 对照品溶液制备 取大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元、黄豆黄素、染料木素对照品适量，精密称定，加甲醇制成每 1 mL 含大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元、黄豆黄素、染料木素分别为 0.072、0.020 52、0.144、0.063 6、0.010 33、0.065 7 mg 的对照品溶液。

2.1.3 供试品溶液制备 取淡豆豉粉末 1 g（过 60 目筛），精密称定，加 5 mL 石油醚，60~90 ℃ 条件下浸泡 3 h 脱脂，过滤，滤渣加入 80% 甲醇 25 mL，超声处理（功率 500 W，频率 50 Hz）30 min，放冷并补足减失质量，取上

表 1 各成分线性关系

成分	回归方程	<i>r</i>	线性范围/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
大豆苷	$Y=32\,328X+396.63$	1.000 0	1.44~72.00
黄豆黄苷	$Y=37\,756X-6\,723.2$	0.999 9	0.41~20.52
染料木苷	$Y=52\,858X+14\,705$	1.000 0	2.88~144.00
大豆苷元	$Y=48\,367X-4\,783.4$	1.000 0	1.27~63.60
黄豆黄素	$Y=51\,027X-4\,744.0$	0.999 9	0.21~10.33
染料木素	$Y=77\,168X+12\,469$	1.000 0	1.31~65.70

2.1.5 重复性试验 称取同一淡豆豉粉末，按“2.1.3”项下方法平行制备 6 份供试品溶液，在“2.1.1”项色谱条件下进样测定，测得大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元、黄豆黄素、染料木素的平均含量 RSD 分别为 1.94%、2.92%、1.87%、2.29%、3.89%、2.98%，表明该方法重复性良好。

2.1.6 中间精密度试验 取“2.1.4”项下重复性试验所用淡豆豉 6 份，2 个实验员分别按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液，在“2.1.1”项色谱条件下进样测定，测得大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元、黄豆黄素、染料木素峰面积 RSD 分别为 3.84%、2.86%、4.86%、3.50%、4.21%、3.60%，表明该方法精密度良好。

2.1.7 稳定性试验 精密吸取同一供试品溶液，于 0、1、2、4、8、12、24 h 在“2.1.1”项色谱条件下进样测定，进样量 10 μL ，测得大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元、黄豆黄素、染料木素峰面积 RSD 分别为 3.55%、1.61%、2.50%、0.90%、0.82%、1.33%。

2.1.8 加样回收率试验 取“2.1.5”重复性试验项下含量已知的淡豆豉粉末 6 份，精密称定，每份 0.5 g，按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液，分别精密加入对照品溶液，在“2.1.1”项色谱条件下进样测定，计算回收率。结果，大豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷元、黄豆黄素、染料木素平均加样回收率分别为 107.59%、101.17%、99.70%、101.60%、96.08%、101.99%，RSD 分别为 1.40%、1.69%、1.09%、1.68%、1.28%、1.20%。

2.2 酸值测定 单以黄酮苷类成分的转化为指标难以全面评价淡豆豉的发酵程度，故需补充酸值、色度等评价指标。酸值反映脂肪水解程度，酸值越高，说明淡豆豉发酵过程中微生物或相关酶作用越活跃，淡豆豉发酵越完全。具体方法为精密称取淡豆豉 1.5 g，置 250 mL 锥形瓶中，加乙醇-石油醚（1：1）50 mL，静置 30 min，过滤，滤渣使用乙醇-石油醚（1：1）20 mL 清洗 2 次，清洗液合并，用氢

1042

清液过 0.45 μm 微孔滤膜，取续滤液，即得。

2.1.4 线性关系考察 精密吸取对照品溶液 0.2、0.4、1.0、2.0、4.0、5.0、8.0 mL，分别置于 10 mL 量瓶中，加甲醇稀释至刻度，摇匀，即得系列梯度标准溶液。对照品溶液和梯度标准溶液在“2.1.1”项条件下进样测定，进样量 10 μL 。以质量浓度为横坐标（*X*），峰面积为纵坐标（*Y*）进行回归，结果见表 1，可知各成分在各自范围内线性关系良好。

氧化钠滴定液滴定，至粉红色持续 30 秒不褪^[14]。

2.3 色度测定方法 因发酵温度和时间不同，淡豆豉样品断面颜色可能呈现棕黄色、棕红色、棕黑色等，一般发酵越完全，颜色越接近棕黑色，故有必要对淡豆豉色度进行测定。色差仪可用于淡豆豉粉末颜色的测定，其中 L 代表明暗度（黑白），a 代表红绿色，b 代表黄蓝色。L 值越低，说明淡豆豉颜色越深，a 值越大，说明淡豆豉颜色越红，b 值越大，说明淡豆豉颜色越黄，越接近 2020 年版《中国药典》要求的“断面棕黑色”。参考文献 [15] 中的方法进行测定，其中淡豆豉粉末过三号筛。

2.4 淡豆豉制备 参照 2020 年版《中国药典》^[1]方法，取桑叶、青蒿，加 10 倍水煎煮 2 次，过滤，药液浓缩至 5 倍生药量后拌入净制的黑豆，浸泡过夜，药液被吸尽后，隔水蒸熟，晾至 40 ℃ 以下。将黑豆放入竹筐中，以湿纱布覆盖，再覆以煎过的药渣，在温度（26±2）℃、相对湿度（75±10）% 下培养，待黄衣便上，取出，洗曲，沥干，装入容器中，45 ℃ 密闭发酵 15 d 后，取出，略蒸，45 ℃ 干燥，即得。每 1 000 g 黑豆，用桑叶 100 g，青蒿 80 g。

2.5 后酵条件对淡豆豉质量的影响

2.5.1 样品制备 按“2.4”项下方法，其中后酵温度分别为 35、45、50、55、65 ℃，后酵时间分别为 0、1、2、3、4、5、6、7、9、11、13、15 d，每批后酵品使用 300 g 洗曲样品，平行重复 2 次。结果发现，后酵 15 d 后淡豆豉各指标变化速度趋于平缓，且成品豉香味浓郁，外观性状符合 2020 年版《中国药典》规定，故确定后酵时间为 15 d。

2.5.2 黄酮类成分含量测定 不同后酵温度、时间下，淡豆豉黄酮类成分含量测定结果见图 1~5，其中第 0 天为洗曲后样品。因洗曲后干燥时间不同，不同后酵温度第 0 天样品黄酮苷类成分存在部分差异。由图可知，35 ℃ 后酵 3 d 内苷类成分转化较快，之后苷元类成分增加速度较慢，在第 13 天时到达顶峰；45 ℃ 后酵第 1 天，苷类成分即快速转

化，第2~3天时转化速度下降，苷元类成分在第11天到达顶峰；50℃后酵第1天，苷类成分即大部分转化，第2天苷类成分完全转化，之后染料木素含量缓慢降低，大豆素含量较为稳定；55℃后酵黄酮类变化趋势接近50℃，但染料木素含量下降速度更快；60℃后酵第1天，苷类成分即大部分转化，第2天苷元含量达到顶峰，之后苷元基本不转化，染料木素含量快速降低，大豆素含量较稳定。

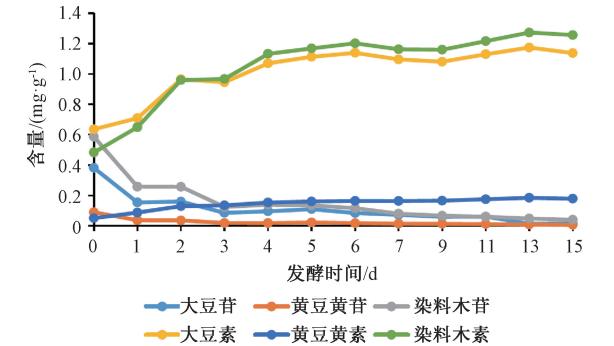


图1 35℃后酵黄酮类成分含量测定结果 (n=2)

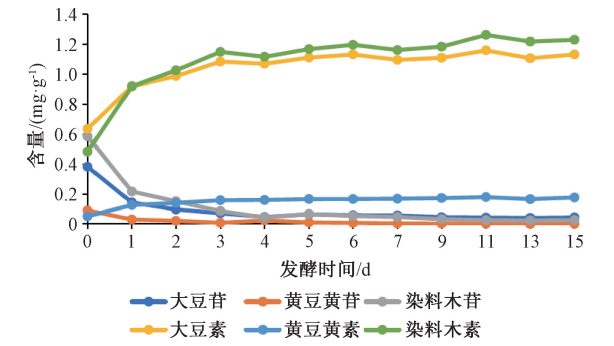


图2 45℃后酵黄酮类成分含量测定结果 (n=2)

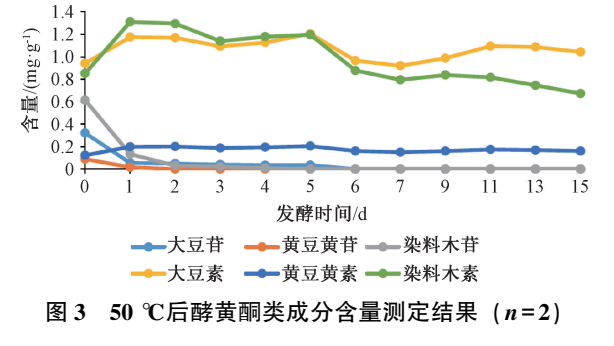


图3 50℃后酵黄酮类成分含量测定结果 (n=2)

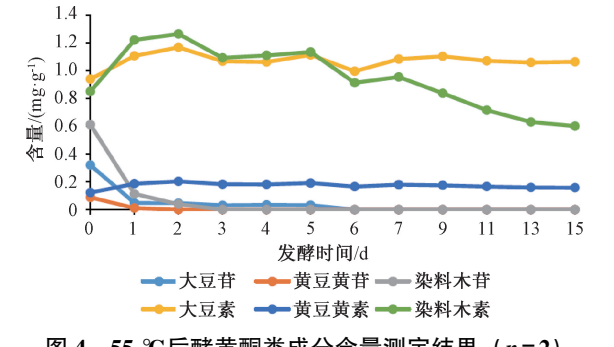


图4 55℃后酵黄酮类成分含量测定结果 (n=2)

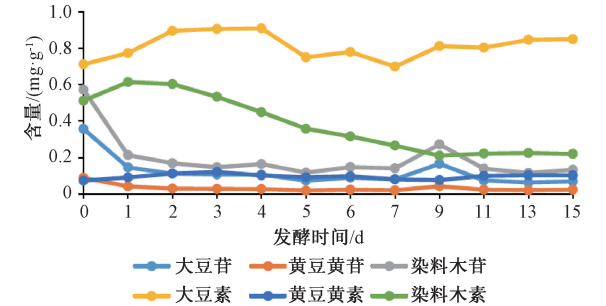


图5 65℃后酵黄酮类成分含量测定结果 (n=2)

2.5.3 酸值变化规律 发酵过程中酸值动态分析结果见图6。可知，后酵过程中酸值会不断增加，随着后酵温度的上升，淡豆豉酸值越小，其中65℃时酸值最低。

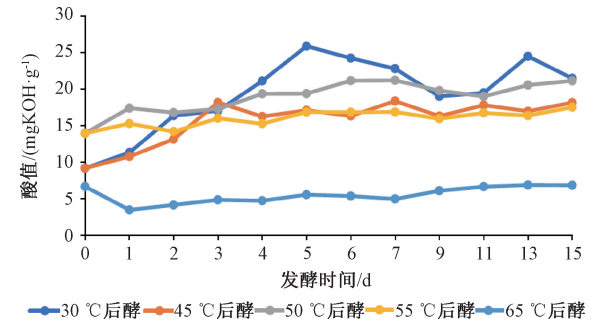


图6 不同温度后酵酸值测定结果 (n=2)

2.5.4 色度变化规律 淡豆豉亮度(L)分析结果见图7，不同温度后酵时，淡豆豉亮度均呈下降趋势，以55、50℃亮度下降最快。淡豆豉红度(a)测定结果见图8，除65℃外，不同温度后酵时，淡豆豉红度均呈上升趋势，其中65、55、50℃后酵产品红度接近，35、45℃红度接近。淡豆豉黄度(b)测定结果见图9，50、55℃后酵时，随着发酵时间的增加，淡豆豉b值逐渐减小，其他温度对b值影响不明显。淡豆豉颜色一方面是黑豆种皮中水溶性成分带入的，另一方面是高温和酶促反应共同介导的美拉德反应产生的类黑精等物质^[2]。因此35~45℃时淡豆豉颜色较浅，50~55℃时淡豆豉呈棕黑色，65℃时淡豆豉呈棕红色，高温导致酶促反应速率降低，其类黑精成分较少。

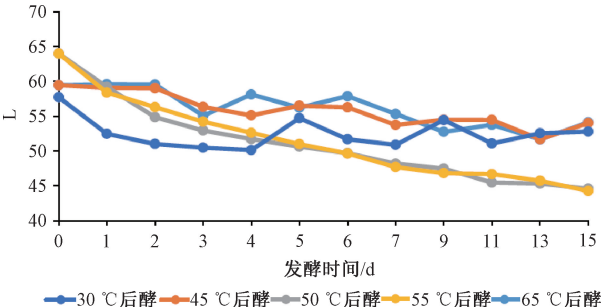


图7 不同后酵温度亮度测定结果 (n=2)

2.5.5 不同指标相关性分析 为更好地阐述酸值、色度和黄酮类成分含量3个评价指标的关系，更好地控制淡豆豉产品质量，对不同温度发酵过程中共60个样品的3种黄酮

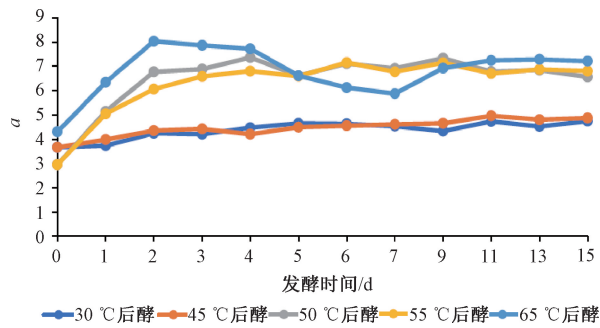


图8 不同后酵温度红度测定结果 (n=2)

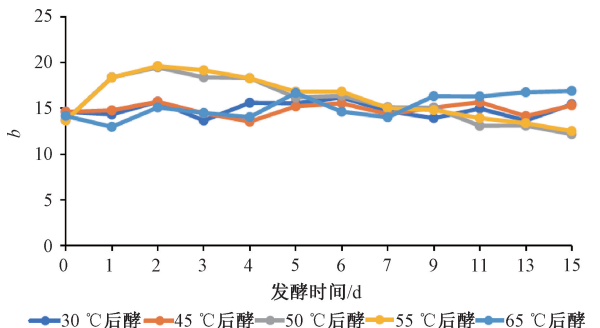


图9 不同后酵温度淡豆豉黄度动态分析 (n=2)

苷、3种黄酮苷元、3个色度和酸值间的相关性进行分析。各组数据不均呈正态分布，故使用SAS 8.2软件进行spearman相关系数分析，结果见表2。可知，苷含量与苷元含量、酸值呈负相关，苷元含量与酸值呈正相关，说明在

正常发酵条件下，酸值和黄酮类成分含量关系较为密切，发酵越充分，酸值越高。亮度与苷含量呈正相关，红度与苷含量呈负相关，黄度与苷元含量呈正相关，颜色指标整体与其他指标相关性较小。

表2 不同指标相关性分析结果

	大豆苷	黄豆黄苷	染料木苷	大豆素	黄豆黄素	染料木素	酸值	亮度	红度	黄度
大豆苷	1	0.922 1**	0.966 2**	-0.498 3**	-0.678 8**	-0.276 5*	-0.544 5**	0.707 0**	-0.486 1**	-0.052 0
黄豆黄苷	0.922 1**	1	0.958 1**	-0.601 9**	-0.768 5**	-0.416 7**	-0.571 7**	0.598 5**	-0.440 7**	-0.191 7
染料木苷	0.966 2**	0.958 1**	1	-0.521 7**	-0.701 8**	-0.304 6*	-0.556 0**	0.682 2**	-0.473 7**	-0.105 6
大豆素	-0.498 3**	-0.601 9**	-0.521 7**	1	0.896 3**	0.900 1**	0.668 8**	-0.018 7	-0.040 5	0.268 6*
黄豆黄素	-0.678 8**	-0.768 5**	-0.701 8**	0.896 3**	1	0.795 5**	0.579 4**	-0.186 6	0.153 8	0.375 6**
染料木素	-0.276 5*	-0.416 7**	-0.304 6*	0.900 1**	0.795 5**	1	0.608 0**	0.282 2*	-0.309 2*	0.304 7*
酸值	-0.544 5**	-0.571 7**	-0.556 0**	0.668 8**	0.579 4**	0.608 0**	1	-0.162 8	-0.091 3	-0.012 8
亮度	0.707 0**	0.598 5**	0.682 2**	-0.018 7	-0.186 6	0.282 2*	-0.162 8	1	-0.760 9**	0.230 2
红度	-0.486 1**	-0.440 7**	-0.473 7**	-0.040 5	0.153 8	-0.309 2*	-0.091 3	-0.760 9**	1	0.296 6*
黄度	-0.052 0	-0.191 7	-0.105 6	0.268 6*	0.375 6**	0.304 7*	-0.012 8	0.230 2	0.296 6*	1

注：* P<0.05, ** P<0.01。

2.6 直接后酵对淡豆豉质量的影响

2.6.1 样品制备方法 按“2.4”项下淡豆豉制备方法，省去前酵过程，将蒸熟的黑豆直接45℃密闭发酵15d后干燥，得到直接后酵品；将蒸熟的黑豆混入质量分数0.04%米曲霉孢子后，分别拌入0、2.5%、5%、10%的水，45℃密闭发酵15d后干燥，得到不同加水量种曲后酵品，平行重复2次。

2.6.2 淡豆豉指标成分变化规律 不同发酵方法淡豆豉指标成分测定结果见图10~11。黑豆原料中不含黄酮苷元类化合物，由图10可知，直接后酵品仍有少量黄酮苷转化为苷元，说明即使没有酶促反应，高温环境也可以导致黄酮类成分分解。45℃远超过米曲霉适宜生长温度，实验发现种曲后酵品表面无明显菌落，加入种曲仅能起到带入米曲霉孢子中的酶的作用^[16]。种曲后酵品黄酮类转化率超过50%，说明酶促反应的确是淡豆豉发酵过程中成分转化的因素。加入种曲的同时再加入2.5%的水，黄酮苷类成分几乎完全转化为苷元，其原因是一方面少量的水可以使米曲霉孢子更深入黑豆内部，另一方面适宜的含水量可以促进酶活性，也可能是适宜的含水量加速了黄酮苷的分解，而加入更多水不会更明显促进黄酮苷的转化。对于酸值而言，后酵品酸值均低于5mg KOH/g，远小于正常发酵品的15

mg KOH/g以上。不同工艺条件下，淡豆豉亮度变化较小，黄度和红度变化较大，其中以加水2.5%种曲后酵品颜色最鲜艳，其原因是适量的水促进了美拉德反应，而过量的水对颜色具有稀释作用。

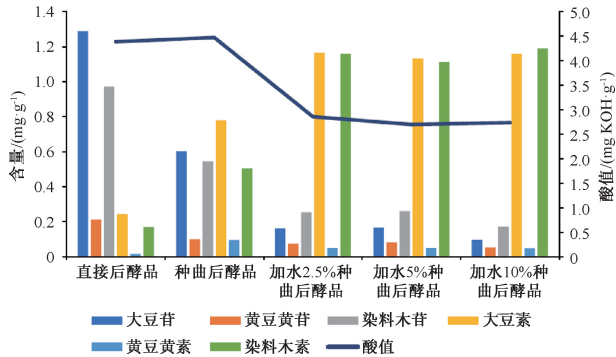


图10 不同工艺淡豆豉黄酮类成分含量及酸值测定结果 (n=2)

3 讨论

2020年版《中国药典》和1988年版《全国中药炮制规范》^[17]均使用二次发酵法制备淡豆豉，其中前酵是微生物、菌丝和相关酶深入黑豆内部的阶段，后酵是酶分解大分子化合物、使淡豆豉产生特有风味的阶段。但部分地区

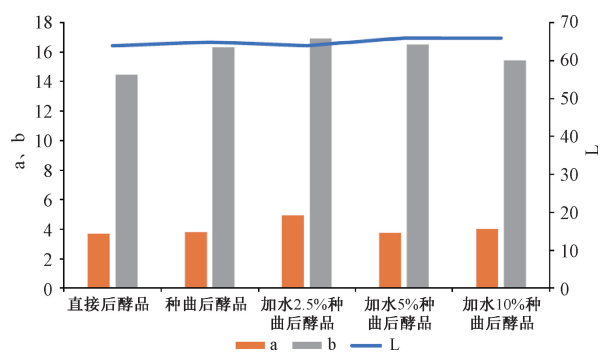


图 11 不同工艺淡豆豉色度测定结果 (n=2)

仍采用单次发酵法制备淡豆豉（仅前酵），所得产品豉香味淡、断面色浅发酵并不完全，若想得到色香味浓的优质淡豆豉，后酵过程必不可少。

酸值一般用来表征油脂或食品的酸败程度，也可以表征淡豆豉的发酵程度。后酵过程中酸值会不断增加，说明淡豆豉中的脂肪在不断水解。随着后酵温度的上升，淡豆豉酸值越小，其中 65℃ 后酵淡豆豉酸值明显低于其他温度，其原因可能是高温抑制了酶活性。在适宜温度下，随着发酵时间的增加，酸值不断增高，且未前酵样品酸值明显较低，故推测发酵越完全，淡豆豉酸值越高。仅以外观性状和黄酮苷元含量为指标无法表征淡豆豉发酵情况，如加水 2.5% 种曲直接后酵制作的淡豆豉表面呈黑色，有皱缩，质脆，断面棕黄色，大豆苷元和染料木素的总量大于 0.20%，基本符合 2020 年版《中国药典》规定的外观性状和含量测定标准，但其没有前酵过程，酸值只有 2.86 mg KOH/g，远低于完全发酵淡豆豉。因此有必要增加酸值作为淡豆豉的质量控制指标。

近年来研究者多关注不同发酵工艺终点时淡豆豉饮片质量^[6,18]，但对发酵过程中成分转化分析较少。对淡豆豉后酵不同温度、时间所得产品进行分析，有利于揭示淡豆豉发酵原理，稳定生产工艺。后酵温度 50~55℃ 时可促进黄酮苷快速转变为苷元，也可以在第 1 天时使酸值大量增加，但长时间加热会导致黄酮苷元的损失，其中以染料木素最不稳定。且随着发酵时间的增加，淡豆豉酸值仍在缓慢增加，亮度持续降低，说明此时不同成分的转化速率是不同步的，当黄酮类成分完全转化乃至发生分解时，脂肪的水解、类黑精物质的生成仍不完全。若按 2020 年版《中国药典》要求后酵 15~20 d，则寻找适宜的后酵温度，使三者转化速率接近才是保证淡豆豉“发透”且不“发过”的关键。35、45℃ 后酵时黄酮苷转化、酸值增加、颜色变化 3 个指标变化率较为同步，说明此温度下是适宜的淡豆豉后酵温度，其中以 45℃ 后酵成品豉香味更浓。若从减少生产周期的角度考虑，应选择后酵温度 50~55℃、发酵 2 d，此时黄酮类成分转化完全，分解较少，酸值、颜色等指标虽未达到顶峰，但也接近 45℃ 后酵 7 d 所得淡豆豉质量。

参考文献:

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 342.

[2] 林王敏, 翁倩倩, 邓爱平, 等. 基于文献的淡豆豉发酵过程成分转化分析[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(9): 2119-2132.

[3] 贾亭亭, 牛广财, 朱 丹, 等. 淡豆豉发酵中前处理工艺的优化[J]. 农业科技与装备, 2014, 242(8): 45-47.

[4] 李宁新, 卢志标, 马 潇, 等. 淡豆豉关键质量指标的确定及标准修订[J]. 中国现代中药, 2020, 22(7): 1000-1005.

[5] 陈丽艳, 夏 延, 王 萍, 等. 细菌型淡豆豉发酵底物及前酵、后酵工艺研究[J]. 黑龙江中医药, 2017, 46(3): 42-43.

[6] 李 刚, 梁永红, 龙 凯, 等. 再闷过程影响淡豆豉炮制工艺研究[J]. 中草药, 2014, 45(8): 1083-1088.

[7] 李 刚, 龙 凯, 苏明声, 等. 淡豆豉炮制至“黄衣上遍”过程中微生物菌群动态变化的初步研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(11): 139-142.

[8] 赵佳琪, 王满元, 陈 红, 等. 淡豆豉发酵制备过程异黄酮变化规律研究[J]. 中国现代中药, 2021, 23(10): 1788-1795.

[9] 温嘉敏, 蔡尤林, 黎 攀, 等. 应用中国根霉 12 发酵制备高溶栓活性淡豆豉的条件优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(20): 98-104; 111.

[10] 柴 川, 崔小兵, 戴贞丽, 等. 淡豆豉炮制前后异黄酮成分的测定及炮制工艺的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(12): 72-76.

[11] 朱海针, 龙 凯, 梁永红, 等. Biolog 技术监测淡豆豉发酵炮制过程中微生物种类动态变化[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(17): 14-17.

[12] 张 敏, 吴运莉, 印 酬, 等. “一测多评”法测定淡豆豉药材中 4 种黄酮类成分[J]. 中国药学杂志, 2014, 49(19): 1740-1743.

[13] 李 鸢, 曹冬英, 许 文, 等. 基于发酵过程的淡豆豉 6 种黄酮类成分质量控制研究[J]. 药学研究, 2019, 38(10): 563-566; 573.

[14] 马 葱, 刘钟栋. 酸碱滴定法在植物油质量检测中应用的改进[J]. 中国食品添加剂, 2018(2): 188-195.

[15] 荆文光, 程显隆, 刘 安, 等. 基于“辨状论质”综合评价指数的厚朴饮片等级划分和优质优效研究[J]. 中草药, 2021, 52(8): 2285-2293.

[16] 万 茵, 王登尧, 梁玉禧, 等. 响应曲面法优化米曲霉 NCUF414 低盐发酵芝麻粕酱工艺[J]. 南昌大学学报(理科版), 2019, 43(5): 465-471.

[17] 中华人民共和国卫生部药政管理局. 全国中药炮制规范[S]. 北京: 人民卫生出版社, 1988: 192.

[18] 张啸环, 马思骞, 杨 晶, 等. 不同辅料炮制对淡豆豉中大豆异黄酮含量的影响[J]. 长春中医药大学学报, 2014, 30(6): 1011-1012.