

红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵工艺优化

Optimization of the compound fermentation process of red chili and pickled chili juice

王万程 赵玲艳 邓放明

WANG Wan-cheng ZHAO Ling-yan DENG Fang-ming

(湖南农业大学食品科学技术学院食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128)

(Food Science and Biotechnology of Hunan Provincial Key Laboratory, College of Food Science and Technology,
Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要:以红线椒和盐渍辣椒汁为原料,按1:1的质量比混合,然后接种乳杆菌、嗜酸乳杆菌和肠膜明串珠菌进行发酵,选取乳酸菌接种量、发酵温度和发酵时间为试验因素,以乳酸含量为响应值,设计单因素与响应面试验对发酵工艺进行优化。结果表明,优化后最佳条件为:接种量6%、发酵温度35℃、发酵时间6d。经验证该条件下可得乳酸含量为0.74%,且风味良好的发酵辣椒产品。

关键词:红线椒;盐渍辣椒汁;多菌种发酵

Abstract: Red line chili and pickled chili juice were mixed in a 1:1 (w/w) ratio, and inoculated with *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* and *Leuconostoc mesenteroides* to get fermentation. The lactobacillus inoculation quantity, fermentation temperature and fermentation time were selected as the experimental factors, and the lactic acid content was used as the response value. The single factor and response surface test were designed to optimize the fermentation process. The best conditions for optimization were as follows: inoculation 6%, fermenting at 35℃ for 6 days. The validation test results showed that the fermented pepper products' lactic acid content was 0.74% and the products had a good flavor.

Keywords: red line chili; pickled chili juice; mixed strain fermentation

盐渍辣椒汁是剁辣椒盐渍过程中渗出的汁液,经测定其中蛋白质含量约为0.73 g/100 mL、总糖含量约为3.46 g/mL、氨基酸态氮含量约为0.07 g/100 mL、氯化钠含量约为

24.93 g/100 mL、可溶性无盐固形物含量约为7.61 g/100 mL,具有独特的辣椒制品风味^[1]。目前,大多数企业都把盐渍辣椒汁作为污水排放,这不仅造成大量营养物质流失,而且对环境造成污染。为了利用好盐渍辣椒汁,卢星军等^[2]对盐渍辣椒汁的成分进行了分析,并研究了风味辣椒汁的加工;唐鑫^[1]利用盐渍辣椒汁,制作出了一种新型腌制菜调味料;李明浩等^[3]利用盐渍辣椒汁代替普通盐水生产了剁椒坯盐水酱油;唐鑫等^[4-5]将盐渍辣椒汁作为基质设计了植物乳杆菌培养基,并对其培养条件进行了优化。虽然有关盐渍辣椒汁应用有一些研究,但相对于其巨大的排放量,利用程度还远远不够。

发酵剁辣椒因其独特的风味而深受消费者的喜爱,发酵过程中乳酸菌起到了至关重要的作用,研究^[6]表明乳酸菌不仅使产品美味爽口,同时它还具有平衡肠道菌群、提高食物消化率、降低胆固醇等功效,进而促进了人体健康。传统发酵辣椒食品一般采用自然发酵或单一菌种发酵,存在生产周期长、产品质量不稳定、酶系不全、氨基酸态氮含量低、风味不佳等问题。有研究^[7]发现利用乳酸菌发酵相比于自然发酵可显著缩短发酵时间。有关发酵辣椒利用多菌种接种发酵的研究也有一些报道,如邵伟等^[8]对多菌种混合发酵剁辣椒的工艺进行了初探;谢丽源^[9]利用多菌种的协同作用,采用固态低盐发酵方式生产豆瓣辣酱;沈畅萱等^[10]为提高发酵辣椒工业的生产效率,设计开发了以枯草芽孢杆菌、乳酸乳球菌和植物乳杆菌为优势菌的复合菌剂;徐浩^[11]将从高盐辣椒坯中分离得到耐盐酵母Yx.509及耐盐乳酸菌L₁、L₂制成混合发酵剂接种发酵剁辣椒,得到了质脆味美的产品。

为了解决盐渍辣椒汁批量使用的问题,本试验拟将盐渍辣椒汁作为腌制剂对新鲜红线椒进行湿腌,拟选取在自然发酵辣酱中产酸量高且生长良好的植物乳杆菌、肠膜明串珠菌、嗜酸乳杆菌3种乳酸菌组合而成发酵剂^[12-13],将这种乳酸菌多菌种发酵剂接种于红线椒与盐渍辣椒汁混合后的剁

基金项目:国家特色蔬菜产业技术体系专项(编号:CARS-24-E-02);湖南省重点研发计划项目(编号:2016NK2110);国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:31101268);湖南省教育厅优秀青年项目(编号:13B047)

作者简介:王万程,男,湖南农业大学在读硕士研究生。

通信作者:邓放明(1962—),男,湖南农业大学教授,博士。

E-mail: fmdenghnan@sina.com

收稿日期:2017-12-26

辣椒中,选取接种量、发酵温度、发酵时间3个因素,以乳酸含量为响应值,进行响应面试验,对剁椒发酵工艺进行优化,旨在设计出风味优良的产品,并为盐渍辣椒汁的利用提供新的途径。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

辣椒:坛坛香4号红线椒,湖南坛坛香食品科技有限公司;

盐渍辣椒汁:辣椒加工企业生产剁辣椒过程中因盐渍过程所产生的辣椒盐坯细胞组织浸出液,湖南坛坛香食品科技有限公司;

植物乳杆菌 ATCC-8014(*Lactobacillus plantarum*):广东省微生物菌种保藏中心;

肠膜明串珠菌 CICC-21861(*Leuconostoc mesenteroides*):广东省微生物菌种保藏中心;

嗜酸乳杆菌 ATCC-4356(*Lactobacillus acidophilus*):广东省微生物菌种保藏中心;

MRS培养基:广东环凯微生物技术有限公司;

氢氧化钠、邻苯二甲酸氢钾、甲醛:AR级,国药集团化学试剂有限公司;

无水乙醇:AR级,衡阳市凯信化工试剂股份有限公司;

酚酞:AR级,天津市化学试剂研究所。

1.2 仪器与设备

电子天平:AB265-S型,湖南立德测控技术有限公司;

立式压力蒸汽灭菌锅:LDZX-50KBS型,上海申安医疗器械厂;

离心机:SS-450型,湘潭离心机配件厂;

净化工作台:CJ-2D型,天津市泰斯特仪器有限公司;

生化培养箱:SPL-250型,天津市莱玻特瑞仪器设备有限公司;

电热鼓风干燥箱:WGL-230B型,天津市泰斯特仪器有限公司;

pH计:雷磁PH-S3C型,上海精密科学仪器有限公司;

双向磁力搅拌器:78-2型,常州华普达教学仪器有限公司;

恒温水浴锅:DHG-9140A型,上海博讯医疗设备厂。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

红线椒原料挑选→清洗晾干→剁碎→加入盐渍辣椒汁→接种发酵液→混匀装坛→密封发酵→杀菌冷却→成品

1.3.2 乳酸菌发酵液的制备 将肠膜明串珠菌、嗜酸乳杆菌、植物乳杆菌3种菌株分别活化2~3代,再各吸取0.1 mL接入装有50 mL MRS液体培养基的250 mL锥形瓶中,在37℃下扩大培养24 h,在3 500 r/min、4℃条件下离心10 min,用50 mL 0.85%的生理盐水洗涤沉淀菌种2~3次后制成多菌种发酵剂备用(发酵种子液的菌浓度达10⁹ CFU/mL)。

1.3.3 单因素试验设计

(1) 乳酸菌接种量对盐渍辣椒汁复合红线椒发酵的影

响:将菌种质量比为植物乳杆菌:嗜酸乳杆菌:肠膜明串珠菌=1:2:1的发酵液接种于红线椒与盐渍辣椒汁质量比为1:1的发酵辣椒中,乳酸菌接种量分别为4%,5%,6%,7%,8%。在30℃的条件下静置发酵5 d,发酵结束后对剁辣椒的乳酸和氨基酸态氮含量进行测定,并对产品进行感官评价。

(2) 发酵温度对盐渍辣椒汁复合红线椒发酵的影响:将菌种质量比为植物乳杆菌:嗜酸乳杆菌:肠膜明串珠菌=1:2:1的发酵液接种于红线椒与盐渍辣椒汁质量比为1:1的发酵辣椒中,乳酸菌接种量为6%。分别在20,25,30,35,40℃的条件下静置发酵5 d,发酵结束后对剁辣椒的乳酸和氨基酸态氮含量进行测定,并对产品进行感官评价。

(3) 发酵时间对盐渍辣椒汁复合红线椒发酵的影响:将菌种配比质量比为植物乳杆菌:嗜酸乳杆菌:肠膜明串珠菌=1:2:1的发酵液接种于红线椒与盐渍辣椒汁质量比为1:1的发酵辣椒中,乳酸菌接种量为6%。在25℃的条件下分别静置发酵3,4,5,6,7 d,发酵结束后对剁辣椒的乳酸和氨基酸态氮含量进行测定,并对产品进行感官评价。

1.3.4 响应面试验设计 选取接种量、发酵温度、发酵时间3个因素,在单因素试验的基础上,按照Box-Behnken中心组合原理,使用Design-Expert.8.06软件进行响应面优化试验设计,以乳酸含量为响应值进行三因素三水平的响应面优化试验。

1.3.5 测定指标与方法

(1) 乳酸:酸碱滴定法,按GB/T 12456—2008执行。

(2) 氨基酸态氮:酸度计法,按GB 5009.235—2006执行。

(3) 感官评价:感官评定采用100分制,邀请10名食品专业的研究生组成评定小组对剁辣椒的外观、色泽、口感、风味和形态等进行感官评分,结果取平均分作为最终评分。剁辣椒感官评分表见表1。

表1 剁辣椒感官评分表
Table 1 Sensory evaluation of the chopped pepper

项目	评分	评定标准
色泽 (20分)	0~5	暗红带褐色
	6~10	淡红褐色
	11~15	淡红略带褐色
	16~20	色泽红亮
口感 (20分)	0~5	软烂,无脆度
	5~10	较软,脆度较小
	11~15	柔和,有脆度
	16~20	爽脆
风味 (30分)	0~10	气味异常、刺鼻,难以入口
	11~20	香气较淡、无鲜味,酸味或酸味过重
	21~30	香气浓郁、酸感适中,味道鲜美爽口
	0~10	外形软烂,皮肉分离,表面有霉斑或白膜
形态 (30分)	11~20	外形较软烂,椒块棱角不清晰,表面有少量白膜
	21~25	椒块棱角较分明,粗细较均匀,表面无白膜
	26~30	椒块棱角分明,粗细均匀,表面无白膜

1.3.6 数据统计 采用 Design-Expert.8.06 软件进行响应面试验设计与数据分析,采用 ORIGIN 软件制图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 乳酸菌接种量对红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵的影响 由图 1 可知,随着乳酸菌接种量的增大,乳酸和氨基酸态氮含量先增大后减小,当乳酸菌接种量为 6% 时,两者含量最大,当乳酸菌接种量高于 6% 时,两者含量又有下降趋势。结合感官评分可以看出,乳酸菌接种量低于 4% 时,由于发酵剂中的乳酸菌量较少,使得发酵过程中产酸量不高,感官评分也较低;乳酸菌接种量高于 4% 时,随着乳酸菌接种量的不断上升,辣椒风味逐渐浓郁,当接种量为 6% 时,剁辣椒感官评分最高。当接种量超过 6% 后,产品的色泽、口感、滋味和形态都会发生一定程度的下降。以上现象说明随着乳酸菌接种量的增加,红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵的效果越来越好,但当乳酸菌接种量达到一定程度后,若继续增加,辣椒的风味反而会适得其反,其原因在于产酸量是衡量一个菌种发酵能力的重要指标,氨基酸态氮含量又是衡量剁辣椒鲜味的特性指标^[14];当乳酸菌接种量低于 4% 时,发酵液中的优势乳酸菌数太少,发酵过程中营养物质主要用于乳酸菌的生长,因此,产酸率不高,同时由于含酸量不高,杂菌的生长和代谢未被抑制,从而破坏了剁辣椒的风味;当乳酸菌接种量高于 6% 时,乳酸产率逐渐降低的原因在于剁辣椒中的生物量太多导致菌种对营养物质的竞争作用^[15]。所以 6% 的乳酸菌接种量为本试验的最适接种量。

2.1.2 发酵温度对红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵的影响 发酵温度是影响发酵的重要因素,温度过高和过低都会影响乳酸菌的代谢,从而影响产品的风味。由图 2 可知,20~35℃ 时乳酸与氨基酸态氮的含量不断增加,温度高于 35℃ 时两者略有下降。由感官评分可知,发酵温度在 20~25℃ 时,发酵辣椒风味不足且口感不佳,因为低温影响了乳酸菌群的生长与代谢,使得产酸量下降,对杂菌的抑制作用不强,导致发酵辣椒感官质量不高;当发酵温度为 40℃ 时,较高的温度也会影响乳酸菌群的生长,使得产品风味不佳。已有的研究^[13]表明植物乳杆菌和肠膜明串珠菌的最适生长

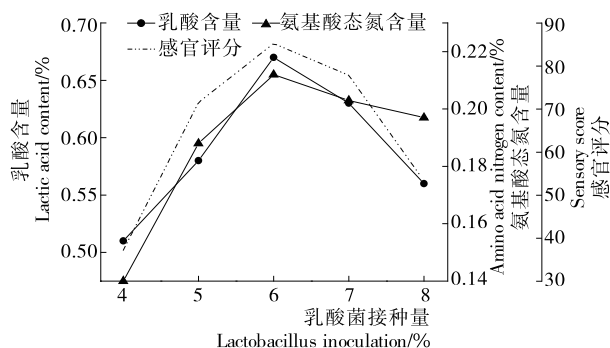


图 1 不同乳酸菌接种量下的剁辣椒中各指标的变化

Figure 1 Changes in various indicators of red line chili under different lactobacillus inoculation

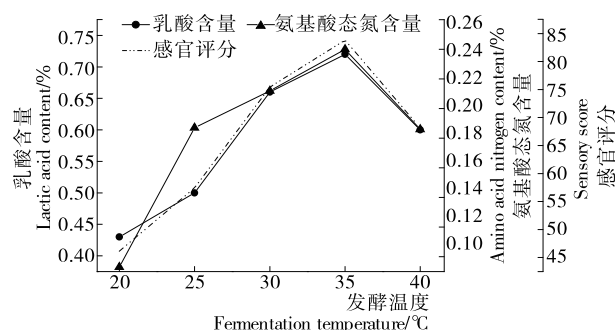


图 2 不同发酵温度下的剁辣椒中各指标的变化

Figure 2 Changes in various indicators of red line chili under different fermentation temperatures

温度在 30~40℃,结合乳酸含量、氨基酸态氮含量与感官评分,选择 35℃ 为红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵的最佳温度。

2.1.3 发酵时间对红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵的影响 发酵时间是影响剁辣椒产品品质的重要因素,随着发酵时间的延长,乳酸菌不断繁殖,发酵作用也不断增强。由图 3 可知,随着发酵时间的延长,乳酸和氨基酸态氮含量不断增加。发酵初期乳酸菌迅速产酸使得体系中 pH 迅速下降,有效抑制有害微生物的水平是乳酸发酵产品生产中的技术关键。发酵后期的乳酸含量缓慢增加的原因可能是由于酵母菌、丁酸菌等菌种分解乳酸导致^[16],也有可能是部分乳酸与乙醇发生酯化反应生成乙酸乙酯所致^[15]。由图 3 还可知,发酵过程中产品的风味逐渐变的浓郁,但发酵时间过长,乳酸含量过高,影响产品风味,同时过度的发酵会导致组织软化,从而使辣椒的脆度逐渐降低,产品的口感变差,其原因可能为在发酵过程中酵母菌及其他一些产果胶酶的菌群开始大量生长,产生果胶酶,使与纤维素结合的果胶物质降解^[14]。试验结果表明,发酵至第 6 天时,辣椒色泽红亮,香气浓郁,酸度适宜,所以选择其为最佳的发酵时间。

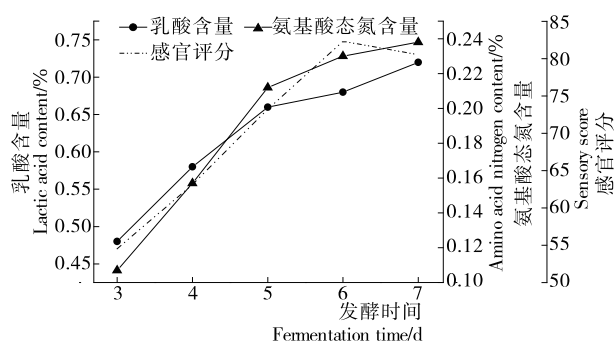


图 3 不同发酵时间下的剁辣椒中各指标的变化

Figure 3 Changes in various indicators of red line chili under different fermentation time

2.2 响应面试验

Box-Behnken 试验因素水平见表 2,设计与结果见表 3。

2.2.1 回归方程的方差分析 使用 Design-Expert 8.0.6 软件对表 3 中数据进行二次多元回归拟合,得到乳酸含量(Y)的回归方程:

表2 Box-Behnken 试验因素水平表

Table 2 Factors and their coded levels used in Box-Behnken experimental design

水平	A 乳酸菌接种量/%	B 发酵温度/℃	C 发酵时间/d
-1	5	30	5
0	6	35	6
1	7	40	7

表3 响应曲面试验设计及结果

Table 3 Box-Behnken experimental design with experimental results

试验编号	A	B	C	乳酸含量/%
1	1	0	-1	0.56
2	0	0	0	0.75
3	0	1	-1	0.55
4	-1	0	-1	0.56
5	0	1	1	0.53
6	1	0	1	0.72
7	-1	1	0	0.52
8	0	0	0	0.76
9	0	0	0	0.71
10	0	-1	-1	0.43
11	0	0	0	0.72
12	-1	0	1	0.60
13	1	-1	0	0.52
14	0	-1	1	0.51
15	-1	-1	0	0.46
16	1	1	0	0.54
17	0	0	0	0.75

$$Y = 0.74 + 0.025A + 0.028B + 0.032C - 0.010AB + 0.030AC - 0.025BC - 0.062A^2 - 0.17B^2 - 0.066C^2$$
。(1)

由表4可知,回归方程的方差分析显著性结果表明,该模型回归极显著($P<0.0001$),即各因素间交互作用影响显著,而失拟项不显著,说明该模型拟合程度好。函数的相关系数 $R^2=0.9745$,数值与1极为靠近,表示该模型误差小,可较为准确地模拟红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵的过程。矫正 $R^2_{Adj}=0.9417$,说明94.17%的响应值变化可以用此函数反映。说明自变量与响应值之间的线性关系显著,模型与实际情况拟合相近,即试验误差小,因此可以用该模型预测和分析不同条件对红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵工艺的影响。从乳酸含量的方差分析结果可以看出,方程的一次项A、B、C影响显著,交互项影响不显著,二次项 B^2 影响为极显著, A^2 、 C^2 影响显著。根据表中F值和P可知,3个因素对产品乳酸含量的影响程度为:发酵时间>发酵温度>乳酸菌接种量。

2.2.2 交互作用分析 根据回归方程可得到各因素之间的相互作用对剁辣椒乳酸含量影响的响应面及等高线图见图4。曲面图可反映各因素对乳酸含量的影响程度,曲面越陡峭则影响越显著;等高线图越似椭圆形,表明两因素间交互作用越显著,将图4中(a)、(b)、(c)3图进行对比后得知,接种量与发酵温度之间的交互作用最为显著。

2.2.3 红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵工艺的优化组合及验证 通过Design-Expert 8.0.6软件分析得到红线椒与盐渍辣椒汁复合发酵工艺的最优条件为乳酸菌接种量6.27%、发酵温度35.26℃、发酵时间6.30d,预测在此工艺条件下,产品乳酸含量值为0.747%。为了实际操作时的便利设计验证实验的优化条件为乳酸菌接种量6%、发酵温度35℃、发酵时间6d,经3次平行实验后得到产品乳酸含量为0.74%,且风味良好,与理论预期值基本相符。

表4 回归模型的方差分析[†]

Table 4 Analysis of variance of regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	差异显著性
模型	0.019	9	0.021	29.69	<0.0001	**
A	5.000E-003	1	5.000E-003	7.03	0.0329	*
B	6.050E-003	1	6.050E-003	8.50	0.0225	*
C	8.450E-003	1	8.450E-003	11.88	0.0107	*
AB	4.000E-004	1	4.000E-004	0.56	0.4778	
AC	3.600E-003	1	3.600E-003	5.06	0.0592	
BC	2.500E-003	1	2.500E-003	3.51	0.1030	
A ²	0.016	1	0.016	22.38	0.0021	*
B ²	0.120	1	0.120	164.07	<0.0001	**
C ²	0.019	1	0.019	26.17	0.0014	*
残差	4.980E-003	7	7.114E-004			
失拟项	3.100E-003	3	1.033E-004	2.20	0.2308	不显著
纯误差	1.880E-003	4	4.700E-004			
总离差	0.200	16				

[†] ** .差异极显著, $P<0.01$; * .差异显著, $P<0.05$ 。

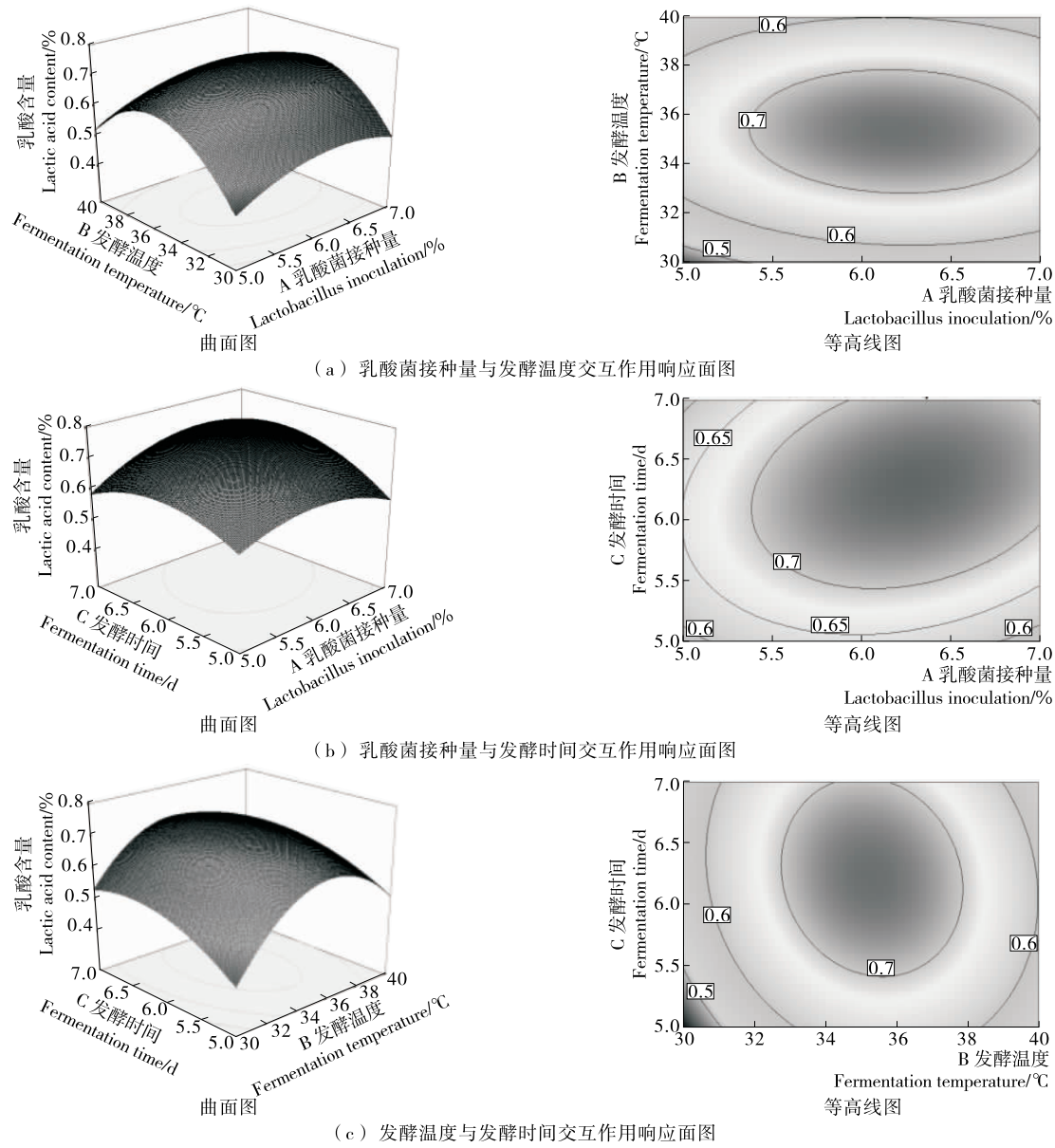


图 4 各因素交互作用对剁辣椒乳酸含量的影响

Figure 4 The effects of various factors on the lactic acid content of chopped pepper

3 结论

本试验采用植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌和肠膜明串珠菌 3 种乳酸菌组成的多菌种发酵剂对使用盐渍辣椒汁作为腌制剂的红线椒进行接种发酵,发酵后得到风味良好的产品。同时得到最佳的工艺条件组合为乳酸菌接种量 6%、发酵温度 35℃、发酵时间 6 d,经验证实验后得到乳酸含量为 0.74%,且风味良好的产品。

回顾试验过程对盐渍辣椒汁与红线椒发酵产品的进一步研究提出以下展望:

(1) 剁辣椒发酵过程中以乳酸菌为主的益生微生物发挥着重要的作用,除乳酸菌外的酵母菌、醋酸杆菌、丁酸菌等微生物的生长繁殖对发酵产品的品质有一定的影响,本次试验多菌种发酵剂中的 3 种菌株皆属乳酸菌类,下一步可对其他菌种发酵剂的配方进行研究,进一步提高产品品质。

(2) 在盐渍辣椒汁的研究上,参数、指标的选取仍是一个关键问题,下一步研究可对产品中有有机酸含量与组成、氨基酸组成、挥发性成分等指标进行监测,更为全面地对产品品质进行把关。

(3) 将盐渍辣椒汁作为腌制剂发酵红线椒,产品脆度稍差,可考虑添加钙盐类保脆剂提高产品的脆度。

参考文献

[1] 唐鑫. 盐渍辣椒汁加工腌制菜调香料的工艺研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014: 8.
[2] 卢星军. 辣椒汁工业化生产技术研究及应用[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015: 6-18.
[3] 李明浩, 胡璇, 庞立, 等. 剁椒坯盐水酱油的发酵工艺研究[J]. 中国酿造, 2011, 30(12): 30-33.

(下转第 219 页)

表3 不同灰柱高度小区域选取时包灰值测定结果

Table 3 Determination of ash value with different height of ash column and selection of small area

灰柱高度/ cm	1#		2#		3#		4#	
	均值	RSD/%	均值	RSD/%	均值	RSD/%	均值	RSD/%
1.0	3.413	15.3	3.872	17.7	3.869	20.6	5.542	16.7
1.5	3.624	18.4	3.653	19.1	4.520	22.4	4.733	24.4
2.0	3.152	20.9	3.939	28.4	3.995	20.7	5.032	23.2

测量结果发生了明显变化,这应当是与减少了图片选择区域内的空白区域的面积有关。

3 结论

(1) 采用灰柱拍照、ImageJ 图片分析技术定量测量卷烟包灰值时,由于卷烟纸搭口的原因,拍照方向对测量结果的影响较大;且以单支卷烟、单个燃烧面为单位测量结果的重复性也较差。为此,提出了3支卷烟、3个燃烧面为一组的改进方案,即以3支卷烟为1组,分别从正对搭口、背对搭口、侧对搭口3个方向对燃烧后的灰柱进行拍照、分析,并取3支卷烟测量结果的平均值作为一次测量结果。“3支3面”测量方案能够更全面地反映卷烟的整体包灰性能,并能明显改善测量结果的重复性。

(2) 拍照时的灰柱高度和分析时的图片选择区域宽度对包灰值测量结果及其重复性也有较大影响。在图片选择区域高度一定时,适当增加灰柱高度并以灰柱底部为起点选择图片区域,有利于避开顶部弯曲现象对测量结果的影响,提高重复性;将图片选择区域宽度限定在灰柱直径范围以内,则可以避免外翻灰片对测量结果的影响,进一步提高精准确度。

(3) 与改进前相比,4个参试样品重复测量结果的RSD由26.18%~34.52%下降到15.3%~20.6%,改进效果较明显。

参考文献

[1] 李桂珍,王平军. 卷烟纸添加剂对卷烟包灰性能影响的研究[J].

造纸化学品, 2011, 23(4): 18-21.

[2] 孙川, 桂永发, 许永, 等. 卷烟纸燃烧调节剂对卷烟燃烧性能的影响[J]. 广东化工, 2008(3): 71-74.

[3] 于龙国. 卷烟纸相关因素对卷烟包灰性能影响分析[J]. 中华纸业, 2015, 36(6): 37-40.

[4] 宋微, 李磊. 卷烟纸主要性能的影响因素和控制方法[J]. 造纸化学品, 2011, 23(4): 25-26.

[5] 李庚, 丁海燕, 孙军, 等. 改善卷烟纸包灰效果的研究[J]. 中国造纸, 2012, 31(8): 32-34.

[6] 邹中亮, 侯鑫. 卷烟纸定量、透气度对卷烟包灰及燃烧速度的影响[J]. 黑龙江造纸, 2013, 41(2): 35-37.

[7] 熊安言, 李善莲, 丁美宙, 等. 卷烟生产过程质量稳定性评价方法的设计及应用[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 183-188.

[8] 丁美宙, 刘欢, 刘强, 等. 梗丝形态对细支卷烟加工及综合质量的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(9): 197-202.

[9] 程占刚, 叶明樵, 胡素霞, 等. 影响卷烟包灰能力的因素研究[J]. 烟草科技, 2011(2): 10-12.

[10] 王道宽, 连芬燕, 刘雯, 等. 卷烟包灰性能的影响因素[J]. 烟草科技, 2013(4): 12-15.

[11] 孙水发, 董方敏. ImageJ 图像处理与实践[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013: 124-203.

[12] 国家烟草专卖局. GB/T 16447—2004 烟草及烟草制品调节和测试的大气环境[S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2004: 1-2.

[13] 李桂珍, 骆永昌, 连芬燕, 等. 卷烟包灰性能的测定方法: 中国, 201010119032.5[P]. 2011-09-21.

(上接第215页)

[4] 唐鑫, 夏延斌, 吴灿. 植物乳杆菌发酵盐渍辣椒汁培养基及其条件的优化[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 66-71.

[5] 刘伦伦, 刘焱, 瞿朝霞, 等. 植物乳杆菌发酵盐渍辣椒汁培养基的优化[J]. 中国酿造, 2014, 33(2): 32-36.

[6] 赵玲艳, 邓放明, 杨抚林. 乳酸菌的生理功能及其在发酵果蔬中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2004(5): 77-80.

[7] 沈国华, 卢英, 何丁喜, 等. 纯菌接种发酵技术在腌渍蔬菜加工上的应用研究(一): 优良乳酸发酵菌种特性的研究及菌种筛选[J]. 中国调味品, 2002, 22(3): 22-25.

[8] 邵伟, 张亚雄, 熊泽, 等. 多菌种混合发酵生产酢辣椒工艺初探[J]. 中国酿造, 2000, 19(1): 18-20.

[9] 谢丽源. 多菌种固态低盐发酵生产豆瓣辣酱[J]. 食品工业, 2002(5): 24-25.

[10] 沈畅莹, 王修俊, 朱隆绘, 等. 直投式发酵辣椒复合菌剂的制备[J]. 食品与机械, 2017, 33(6): 201-206.

[11] 徐浩. 发酵脆鲜风味剁辣椒发酵剂的制备及应用[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013: 11-33.

[12] 张菊华, 单扬. 多菌种乳酸菌泡辣椒的工艺研究[J]. 辣椒杂志, 2004(4): 44-46.

[13] 沙漠, 逢焕明, 古丽娜孜, 等. 自然发酵辣椒酱中乳酸菌的分离与鉴定[J]. 食品与机械, 2012, 28(1): 35-37.

[14] 罗凤莲, 夏延斌, 欧阳建勋, 等. 剁辣椒发酵过程中滋味物质的变化[J]. 食品科学, 2013, 34(3): 21-24.

[15] 胡博涵, 吴晖, 赖富饶, 等. 农家风味剁辣椒发酵工艺的优化[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2014, 40(1): 108-112.

[16] 钟敏, 宁正祥. 辣椒自然乳酸发酵中的变化及影响发酵质量的几个因素[J]. 食品与机械, 2001(6): 13-14.