

农家风味剁辣椒发酵工艺的优化

胡博涵¹, 吴晖^{1*}, 赖富饶¹, 徐浩², 夏延斌²

(1.华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510640; 2.湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 采用耐盐乳酸菌 *Lactobacillus* L1、L2 和耐盐酵母菌 *Zygosaccharomyces rouxii* (Saito) Lodd Yx.509 混合发酵制作剁辣椒, 通过单因素试验和正交试验对其发酵工艺进行优化。结果表明: 酸感、风味较佳脆鲜剁辣椒的适宜发酵条件为接种量 6%, 食盐添加比率为 11%~12%, 28 °C 恒温发酵 9 d; 添加 0.2% 的 CaCl₂ 能够保持剁辣椒良好的脆度; 80 °C 水浴灭菌 15 min 能达到商业灭菌的效果。

关键词: 剁辣椒; 耐盐乳酸菌; 酵母菌; 发酵工艺

中图分类号: S641.3; TS205.5 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2014)01-0108-05

Optimization of fermentation technology on chopped chili with rustic flavor

HU Bo-han¹, WU Hui^{1*}, LAI Fu-rao¹, XU Hao², XIA Yan-bin²

(1.College of Light Industry and Food Science, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2.College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Fermentation technology on chopped chili was optimized by using salt-tolerant *Lactobacillus* (L1 and L2) mixed with salt-tolerant yeast *Zygosaccharomyces rouxii* (Saito) Lodd Yx.509 (Yx. 509) through single factor and orthogonal test. Result showed that the best fermentation condition for chopped chili with optimal sour taste and good flavor was under inoculum size of 6%, 11%–12% salt concentration, 28 °C constant temperature, 9 d's fermentation time; Chopped chili could keep a good brittleness by adding 0.2% CaCl₂, and achieve commercial sterilization effect in 80 °C water bath for 15 min.

Key words: chopped chili; lactic acid bacteria with salt resistance; yeast; fermentation technology

剁辣椒是传统调味品, 多为农家自制, 其风味突出和香气特别, 但受生产条件和技术所限, 其质量很难保证, 产量也较小, 一般仅供农家自己食用, 很难成为商品。工业上一般采用高盐腌制、脱盐调味的方法生产剁辣椒, 也有用乳酸菌纯菌发酵制作剁辣椒的^[1-5], 但以上方法都存在缺陷, 生产出的剁辣椒风味远远比不上自然发酵的农家风味剁辣椒, 而且工艺繁琐, 营养流失。良好的剁辣椒发酵工艺能缩短发酵时间, 保证发酵质量, 提高生产效益^[6-8]。笔者采用乳酸菌和酵母菌混菌发酵的方式生产剁辣椒, 研究其适宜发酵条件和保脆、灭菌、保质等的工艺参数, 以研制发酵周期短、品质佳、

质量稳定的具有农家风味的剁辣椒。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

试验原材料红辣椒购于湖南农业大学农贸市场。菌种由湖南农业大学食品科学技术学院发酵实验室分离得到的耐盐乳酸菌 *Lactobacillus* L1、*Lactobacillus* L2 和耐盐酵母菌 *Zygosaccharomyces rouxii* (Saito) Lodd Yx.509 组成。酵母菌 Yx.509 培养基组分为 2% 葡萄糖、1.5% 酵母膏、0.1% K₂HPO₄、10% 豆芽汁。乳酸菌培养基组分为葡萄糖 3%, 牛肉

膏 1% , K_2HPO_4 0.2% , 番茄汁 15%。乳酸菌、酵母菌培养温度为 28 ℃。

1.2 方法

1.2.1 剁辣椒的加工

选择全红、饱满、不萎蔫的鲜红辣椒,去蒂,用清水洗干净,置于竹筛上沥水晾干,切碎,加入食盐拌匀,装入玻璃瓶中,接种发酵剂,同时加入保脆剂进行混菌发酵。发酵过程中瓶盖留一定的缝隙,防止爆瓶。发酵完成后水浴杀菌,得成品剁辣椒。

1.2.2 单因素试验

在发酵过程中,接种量、发酵温度、食盐添加比率和发酵时间是影响剁辣椒质量的主要因素。针对接种量(2%、4%、6%、8%、10%)、食盐添加比率(8%、12%、16%、20%、24%)、发酵温度(20、24、28、32、36 ℃)和发酵时间(6、7、8、9、10 d)进行单因素试验。初始试验条件:以按一定比例调配好的剁辣椒作为发酵底物,将培养好的乳酸菌(10^9 CFU/mL)发酵剂和酵母菌(10^8 个/mL)发酵剂按体积比 2 : 1 : 1(L1 L2 Y x.509)混匀,以接种量 2% , 食盐添加比率 6% , 培养温度 28 ℃ , 发酵时间 7 d 为发酵条件制备剁辣椒,于发酵终点测定发酵后的剁辣椒酸度。

1.2.3 正交试验

在接种量、食盐添加比率、发酵温度、发酵时间单因素试验的基础上进行 4 因素 3 水平正交试验,以确定适宜发酵工艺参数。

1.2.4 剁辣椒的保脆试验

在发酵和后熟过程中,辣椒组织中的果胶在果胶酶的作用下发生酶促水解,在酸作用下发生酸化水解,导致组织软化,因此,控制辣椒脆度的关键在于抑制果胶的溶解。生产实践中一般以添加保脆剂的方法来保持剁辣椒的脆度。绝大多数保脆剂是通过渗入到蔬菜组织中与果胶形成钙桥来加强细胞的纤维结构而达到保脆的目的。常用的保脆剂有 $CaCl_2$ 、 $CaCO_3$ 等^[6-7]。本试验中于发酵前分别添加 0.1%、0.2%、0.3% 的 $CaCl_2$ 和 $CaCO_3$, 比较二者的保脆效果。

1.2.5 剁辣椒灭菌工艺

剁辣椒的货架期与剁辣椒的杀菌效果关系密切。辐照灭菌、超高压杀菌、超高温瞬间杀菌、微波杀菌、紫外杀菌、臭氧杀菌等新型杀菌技术因受生产成本的制约而很少采用,一般企业在生产过程中采用巴氏灭菌方法来杀菌^[8]。本试验中将成品剁辣椒装入玻璃瓶中,在不同温度(70、80、90 ℃)下分别水浴灭菌 10、15、20 min,放置在 37 ℃ 恒温培养箱中培养 10 d 后测定细菌总数,并进行感官评价,比较其杀菌效果。

1.2.6 剁辣椒质量检测

1.2.6.1 感官评价

挑选 10 名食品专业的学生对不同试验组剁辣椒的形态、色泽、香气、风味进行感官评分。评分标准见表 1。

表1 剁辣椒的感官评分标准

Table 1 Standards of sensory evaluation for fermented and chopped chilli

评价指标	指标内容	分值/分
形态	外形糜烂,皮肉分离,底部有大量浑浊汁液,表面有大面积霉斑或白花	0~10
	椒块棱角不清晰,粗细不均匀,底部有少量浑浊汁液,表面有少量霉斑或白花	> 10~20
	椒块棱角较分明,粗细均匀,底部有少量澄清汁液,无霉斑或白花	> 20~25
	椒块棱角分明,粗细均匀,底部有少量澄清汁液,无霉斑或白花	> 25~30
色泽	暗红	0~5
	淡红褐色	> 5~10
	略带褐色	> 10~15
	红艳	> 15~20
风味	气味异常,刺鼻,味道异常,难以入口	0~10
	香气较淡,无鲜味、酸味或咸味过重	> 10~20
	香气较好,酒香偏重,咸味偏重或偏轻	> 20~25
	香气浓郁,酸感适中,味道鲜美,醇和爽口	> 25~30
脆度	软烂	0~5
	稍有脆度	> 5~10
	有脆度	> 10~15
	很脆	> 15~20

1.2.6.2 理化指标及卫生指标检测

根据酱腌菜质量标准^[9-10],测定剁辣椒总酸、氨基酸态氮、还原糖、食盐、亚硝酸盐含量和细菌总数及大肠菌群、霉菌和酵母菌数等指标,其中,还原糖含量参照 GB/T5009.7—2008 测定;总酸(以乳酸计)含量参照 GB/T5009.40—2010 测定;氨基酸态氮含量参照 GB/T5009.39—2010 测定;食盐含量参照 GB/T5009.33—2010 测定;亚硝酸盐含量参照 GB/T5009.33—2010 测定;细菌总数参考 GB/T 4789.2—2010 检测;大肠菌群参照 GB/T4789.3—2010 检测;霉菌和酵母菌数量参照 GB/T4789.15—2010 检测。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 适宜接种量

由表 2 可知,接种量为 2% 时,发酵液中的优势生物量太少,发酵液中的营养物质主要用于乳酸菌和酵母菌的组织分裂和生长,因此,乳酸和乙酸等的产率不高,且有杂菌与之竞争生长,破坏了剁辣椒的风味;接种量为 2%~6% 时,酸度不断上升,且接种量由 2% 升为 4% 时酸度的增幅增大;接种量为 6% 时酸度达到最高值;接种量为 8%~10% 时酸度增幅减小。结果表明,接种量为 6% 时,发酵液中的生物量与可利用的糖量达到动态平衡,此时既能保持良好的乳酸产量,又能维持酵母菌的生长繁

殖。接种量为 8%~10% 时总酸产率逐渐降低的原因可能是发酵液中生物量的增加导致菌种对营养进行竞争。

表2 不同接种量发酵剁辣椒的感官评价结果和酸度

接种量/%	感官评价结果	酸度
2	表层长有杂菌,色泽暗红,汁液浑浊,气味不良,辣椒变质	0.487
4	辣椒质脆色红,香气稍淡,酸味、鲜味一般	0.732
6	辣椒质脆色红,具有剁辣椒的特殊风味,脆鲜酸爽	0.832
8	辣椒质脆色红,香气较好,酸味、鲜味一般	0.798
10	辣椒质脆色红,香气较好,酸味、鲜味一般	0.772

2.1.2 适宜的食盐添加比率

由表 3 可见,随着食盐添加比率的增加,剁辣椒中的总酸含量逐渐减少,在食盐添加比率 16% 以上时酸度降低幅度大,这可能与乳酸菌对食盐的耐受程度有关。随着食盐添加比率的增加,乳酸菌的生长繁殖受到抑制,在食盐添加比率达 16% 以上时乳酸菌生长缓慢。食盐添加比率大于 12% 时,剁辣椒能够保持较好的脆度,这可能是由于食盐含量高时,产果胶溶解酶的杂菌不易生长,使辣椒的结构没被破坏。当食盐添加比率为 12%~16% 时发酵辣椒的品质较好,外形美观,风味优良,味道鲜美且脆感好。当食盐添加比率大于 20% 时,乳酸菌很难生长,只有耐盐酵母菌能够生长繁殖,且发酵能力不如低盐含量的好。由于食盐含量过高不宜食用,所以,剁辣椒发酵的食盐添加比率以 12% 为宜。

表3 不同食盐添加比率发酵辣椒的感官评价结果和酸度

食盐添加比率/%	外形	风味	脆感	酸度
8	表层有菌膜和霉斑,色泽暗红,底层汁液浑浊	气味不良,酸味过重	软烂	0.892
12	红色红亮,椒块棱角清晰,底层汁液澄清	具有剁辣椒特殊的香气,酸感适中	较有脆度	0.789
16	色泽红亮无异常,底层有少量澄清汁液	发酵风味较好,味道鲜美,口感略咸	很有脆度	0.703
20	色泽红亮,棱角分明,底层汁液较少	有醇香和一定的鲜味,辛辣,过咸	很有脆度	0.465
24	色泽红亮,棱角分明,底层汁液较少	有醇香和一定的鲜味,辛辣,过咸	很有脆度	0.252

2.1.3 适宜发酵温度

从表 4 可以看出,发酵温度为 28~32 °C 时,剁辣椒中的酸度较高;发酵温度低于 24 °C 时,酸度明显较低,菌株生长代谢缓慢;发酵温度高于 32 °C 时,酸度有所下降,因此,剁辣椒的适宜发酵温度为 28 °C。

表4 不同发酵温度剁辣椒的感官评价结果和酸度

温度/°C	感官评价结果	酸度
20	辣味重,酸味少,脆感好	0.312
24	辣味重,略酸,脆感好	0.636
28	香气好,口感酸爽脆感好	0.825
32	香气较好,酸味较好,脆感好	0.802
36	香气稍淡,有酸味,脆感好	0.731

2.1.4 适宜发酵时间

由表 5 可见，随发酵时间的延长，剁辣椒的酸度逐渐增加，当发酵时间为 5~7 d 时，酸度增幅较大；7 d 以后产酸逐渐减少，这可能是发酵后期菌数增加到一定临界值时菌体争夺营养物质，导致乳

酸和乙醇产量下降，也可能是因为部分乳酸与乙醇发生酯化反应时生成了乙酸乙酯。当剁辣椒的发酵时间为 7~9 d 时，辣椒色泽红亮，棱角分明，香气浓郁，酸味柔和，味道鲜美，无辛辣味，因此，加工剁辣椒的适宜发酵时间为 7~9 d。

表5 不同发酵时间剁辣椒的感官评价结果和酸度

Table 5 Sensory properties and acidity of the fermented chili under different fermentation time

发酵时间/d	外形	风味	脆感	酸度
3	色泽红亮，椒块棱角分明	香气很淡，辛辣味重	很脆	0.262
5	色泽红亮，椒块棱角分明	香气较淡，有辛辣味	很脆	0.416
7	色泽红亮，椒块棱角分明	香气较好，滋味酸爽	很脆	0.682
9	色泽红亮，椒块棱角分明	香气浓郁，酸味柔和	较脆	0.781
11	色泽红亮，椒块棱角分明	酒香过于突出，滋味略酸	较脆	0.827

2.2 正交试验结果

由表 6 可知，接种量、发酵时间、发酵温度、食盐添加比率对剁辣椒品质的影响依次减小，最优

组合为 $A_2B_1C_1D_3$ ，即生产发酵剁辣椒的适宜工艺参数为接种量 6%，食盐添加比率 11%，发酵温度 28℃，发酵时间 9 d。

表6 正交试验结果

Table 6 Optimization results of orthogonal tests for fermentation process

试验编号	A(接种量/%)	B(食盐添加比率/%)	C(发酵温度/℃)	D(发酵时间/d)	感官评价分值/分
1	5	11	28	7	69
2	5	12	30	8	72
3	5	13	32	9	78
4	6	11	28	9	89
5	6	12	32	7	81
6	6	13	30	8	80
7	7	11	32	8	85
8	7	12	28	9	79
9	7	13	30	7	73
k_1	74.667	81.667	77.000	75.667	
k_2	84.333	78.667	78.667	80.000	
k_3	79.000	77.667	82.333	82.333	
K_1	24.889	27.222	25.667	25.222	
K_2	28.111	26.222	26.222	26.667	
K_3	26.333	25.889	27.444	27.444	
R	9.666	4.000	5.333	6.666	

2.3 保脆试验结果

由表 7 可知，添加 0.2%的 $CaCl_2$ 可以达到较好的保脆效果，且风味保持良好，添加 0.1%的 $CaCl_2$ 时质地较脆，口感也适中，但效果略差； $CaCl_2$ 添加量超过 0.2%时，剁辣椒出现苦涩味，质地粗糙，不符合要求。添加 $CaCO_3$ 的保脆效果比添加 $CaCl_2$ 的差，因此，保脆剂以添加 0.2%的 $CaCl_2$ 较为适宜。

表7 添加不同钙盐的硬化效果

Table7 Harden effects of adding different concentration of calcium salt

钙盐种类	钙盐质量分数/%	脆度分值/分	感官评定结果
$CaCl_2$	0.1	16	质脆，口感适中
	0.2	17	质地很脆，风味无明显变化
	0.3	18	口感苦涩，质地粗糙
$CaCO_3$	0.1	13	脆感一般
	0.2	15	质地较脆，无涩味
	0.3	15	质地较脆，无涩味

2.4 灭菌时间和灭菌温度的确定

由表8可见:90℃恒温水浴10min,剁辣椒可以达到商业无菌要求;70℃恒温水浴20min才能达到商业无菌要求。结合杀菌后剁辣椒的感官评价,80℃杀菌15min的剁辣椒品质最优。此条件

下既可以达到杀菌要求,又可以获得较好的剁辣椒脆度,也不会影响剁辣椒的外观。相反,杀菌温度过高,杀菌时间过长,则会导致剁辣椒性状发生改变,出现辣椒组织消融、褪色等现象。

表8 不同灭菌条件下剁辣椒的品质

Table 8 Quality of chopped chili under different sterilized conditions				
试验编号	灭菌温度/℃	灭菌时间/d	菌落总数/(CFU·g ⁻¹)	37℃保温10d剁辣椒的感官评价结果
1	70	10	4.3×10 ²	气味异常,辣椒变暗红
2	70	15	3.8×10 ²	气味不良,汁液浑浊
3	70	20	<1.0	香气很好,风味正常,辣椒很脆
4	80	10	<1.0	香气较好,口感略酸,汁液稍有浑浊
5	80	15	<1.0	香气良好,风味变化小,辣椒很脆
6	80	20	<1.0	香气正常,风味无明显变化,辣椒较脆
7	90	10	<1.0	香气正常,风味无明显变化,辣椒较脆
8	90	15	<1.0	香气正常,红色变淡,辣椒稍软
9	90	20	<1.0	香气稍淡,辣椒颜色变淡,辣椒较软

2.5 剁辣椒质量检测结果

经检测,成品剁辣椒的总酸含量为0.82%~0.85%,氨基酸态氮含量为0.38%,食盐含量为12.3%~12.8%,亚硝酸盐含量为0.16~0.21mg/kg,细菌总数<1.0CFU/g,大肠菌群<3MPN/g,霉菌和酵母菌总数<1.0CFU/g。成品剁辣椒色泽红亮,组织均匀,棱角清晰,有明显的农家风味,香气醇而浓郁,脆鲜酸爽。

3 结论与讨论

发酵菌种接种量太少时发酵慢,营养物质利用程度不高;接种量太大时菌体对原料中的营养物质竞争加强,菌体生长不佳,发酵能力下降。温度过高时菌体细胞容易遭受热损伤而生长减缓;温度过低时菌体繁殖缓慢,发酵缓慢。发酵时间太短,乳酸菌不能有效利用辣椒中的营养成分,不能消除鲜辣椒的辛辣味,酵母菌不能充分利用辣椒中的糖类发酵产生醇类物质,乳酸菌和酵母菌的代谢产物也较少,使剁辣椒风味不突出;发酵时间长虽然能够延长剁辣椒的后熟时间,增加氨基酸和醇类、酯类等风味物质含量,但是会导致剁辣椒过酸,发酵过度,辣椒组织软化,出现皮肉分离现象,且容易滋生杂菌,影响剁辣椒的品质。从工业生产的角度来看,发酵时间过长会延长剁辣椒的生产周期,降低产能,增加生产成本。食盐添加比率通过改变菌体细胞的渗透压而影响菌体的生长,同时对辣椒脆度的影响也很大。本试验结果表明,当接种量为6%,

食盐添加比率为11%,发酵温度为28℃,发酵时间为9d时,剁辣椒的风味适宜。为了使剁辣椒保脆和有一定的货架期,添加0.2%的CaCl₂并采取80℃灭菌15min,既可以达到商业灭菌的要求,又能使剁辣椒的色泽、脆感和风味等较佳。

参考文献:

- [1] 高琳燕. 调味品企业走出同质化泥潭[J]. 包装财智, 2011, 36(12): 74-76.
- [2] 朱维军, 陈月英. 我国调味品行业存在的问题及发展趋势[J]. 中国酿造, 2009(6): 15-17.
- [3] 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.
- [4] 燕平梅, 薛文通. 乳酸菌与发酵蔬菜的风味[J]. 中国调味品, 2005, 2(2): 11-14.
- [5] Sharma A, Gautam S, Jadhav S S. Spice extracts as dose-modifying factors in radiation inactivation of bacteria[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(4): 1340-1344.
- [6] 李金红. 辣椒腌制护色保脆和软包装工艺[J]. 江苏调味副食品, 2009(6): 38-40.
- [7] 龙秀田. 腌渍蔬菜的保绿和保脆研究[J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(5): 53-57.
- [8] 姜越君, 刘素纯, 李罗明, 等. 低盐风味麦辣酱发酵工艺研究[J]. 作物研究, 2011, 25(2): 140-144.
- [9] GB 4789—2010 食品安全国家标准[S].
- [10] GB 5009—2010 食品安全国家标准[S].

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 王 库