

乳酸菌发酵黄瓜泡菜品质的研究

Study on quality of cucumber pickles fermented by lactic acid bacteria

陈影¹ 王锦慧¹ 张文菱子¹ 何新益^{1,2}

CHEN Ying¹ WANG Jin-hui¹ ZHANG Wen-ling-zi¹ HE Xin-yi^{1,2}

(1. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384; 2. 天津市农副产品深加工技术工程中心, 天津 300384)

(1. Department of Food Science and Engineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China;

2. Tianjin Engineering Research Center of Agricultural Products Processing, Tianjin 300384, China)

摘要:利用直投式乳酸菌粉发酵制备黄瓜泡菜。研究不同菌粉添加量下黄瓜泡菜发酵过程中的 pH 值、亚硝酸盐含量、盐度、酸度、色泽、菌落总数的动态变化,并应用模糊综合评价法筛选较优发酵工艺条件。结果表明:随着发酵时间的延长,黄瓜泡菜液中 pH 值逐渐降低,酸度逐渐增加;黄瓜中盐度先增加后稳定,色泽逐渐变浅,亚硝酸盐含量先增加后下降并趋于稳定,且其最高峰值远低于 GB 2714—2003 规定的亚硝酸盐小于 20 mg/kg 的要求。感官分析表明:添加 0.4% 的乳酸菌粉发酵 24 h 条件下制作的黄瓜泡菜感观分值最高。直投式乳酸菌发酵可有效地缩短黄瓜泡菜发酵时间,可广泛应用于方便型泡菜的生产。

关键词:黄瓜;泡菜;乳酸菌;亚硝酸盐

Abstract: The preparation of cucumber pickled cabbage using direct val set (DVS) lactic acid bacteria fermentation powder was studied. Effects were determined, for DVS lactic acid bacteria powder content on the dynamic change of pH value, nitrite content, salinity, color value and the total number of colonies in the fermentation of pickled cucumber. Fuzzy comprehensive evaluation method was applied to select the optimum fermentation conditions. The results showed that with the increasing of fermentation time, pH value of cucumber pickle juice decreased gradually while acidity increased gradually. Cucumber salinity first increased and then stabilized. The color a value was increasing during fermentation process. Nitrite content first increased, then decreased and stabilized. The peak value of nitrite content was far lower than the nitrite national standard GB 2714-2003 of 20 mg/kg. The sensory analysis showed that the highest score of cucumber pickle was the highest in the cucumber pickle under the condition of fermentation 24 h with adding 0.4% DVS lactic acid bacteri-

a. DVS lactic acid fermentation can effectively shorten the fermentation time of cucumber pickled, which can be widely used in the production of convenience pickled.

Keywords: cucumber; fermentation process; lactic acid bacteria; nitrite

泡菜是以乳酸菌主导发酵而生产的传统生物食品,其历史悠久、风味独特,是中国传统特色发酵食品之一^[1,2]。目前中国的泡菜生产企业大多仍沿用传统工艺进行生产,生产过程繁琐、产品质量不稳定、亚硝酸盐含量高,为泡菜的食用安全埋下了隐患。近年来,研究者认为采用泡菜直投式菌剂有利于提高泡菜的品质和食品安全性^[3,4],并对直投式菌剂发酵泡菜的工艺进行了探索^[5,6]。

黄瓜肉质脆嫩、汁多味甘、芳香可口,含有蛋白质、脂肪、糖类、多种维生素、纤维素,以及钙、磷、铁、钾、钠、镁等丰富的成分。尤其是黄瓜中含有的细纤维素,可以降低血液中胆固醇、甘油三酯的含量,促进肠道蠕动,加速废物排泄,改善人体新陈代谢^[7]。传统制作黄瓜泡菜使用盐水进行自然发酵,发酵时间长,工业化与标准化程度低,亚硝酸盐含量高^[8],且发酵过程难以控制。本研究拟利用直投式乳酸菌发酵技术制作黄瓜泡菜,来实现缩短黄瓜泡菜发酵的时间,降低发酵过程中亚硝酸盐含量,并保持黄瓜的营养品质的目的,为直投式乳酸菌应用于传统泡菜领域提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄瓜:购自天津红旗农贸市场;

泡菜酸乳酸菌发酵剂:由植物乳杆菌和麦芽糊精组成,北京川秀国际贸易有限公司;

乙酸锌、亚铁氰化钾、氢氧化钠、对氨基苯磺酸、N-1-奈基乙二胺、硝酸银、铬酸钾、硝酸银、铬酸钾:分析纯,天大科威试剂公司;

营养琼脂培养基:天大科威试剂公司。

基金项目:天津市大学生创新创业训练计划项目(编号:201410061122)

作者简介:陈影(1991—),女,天津农学院在读本科生。

E-mail:cyhuaibei@163.com

通讯作者:何新益

收稿日期:2015-04-29

1.2 仪器与设备

酸度计:PHS-3C型,上海虹益仪器仪表有限公司;
紫外—可见分光光度计:UV-1800型,岛津国际贸易(上海)有限公司;
电热恒温培养箱:DHP-9052B型,上海一恒科学仪器有限公司;
高压蒸汽灭菌锅:TOMY SX-500型,上海博谊生物科技有限公司;
分光测色计:CM-5型,深圳星科仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 泡菜制作工艺流程

新鲜黄瓜→挑选、整理→清洗、切分→沥水→入瓶→加入配置食盐水、白糖等→加入直投式菌粉→泡制→出瓶→调味→包装→杀菌→成品

1.3.2 操作要点

- (1) 预处理:将新鲜的黄瓜用水清洗,沥干,切条(长3 cm、宽、厚各1 cm)待装瓶,将所用工具均置于沸水中消毒15 min。
- (2) 配置泡菜水:量取纯净水100 g加入2%的食盐,白糖8 g,白酒0.1 g。
- (3) 装瓶:称取40 g切好的黄瓜及100 g配置好的泡菜水装入瓶中。
- (4) 发酵:在瓶中加入不同比例的菌粉进行发酵泡制。
- (5) 检测:分别于发酵1,3,5,7,9 d取样,测定泡菜中亚硝酸盐含量、pH值、色泽、酸度、食盐含量等指标。
- (6) 调味:获得的黄瓜泡菜与味精、辣椒粉、鲜姜丝和食用油的重量比为100:0.75:3.5:3.5:1。
- (7) 包装:采用玻璃罐装填样品,每瓶100 g。
- (8) 杀菌:采用巴氏杀菌,55~60℃,30~35 min。

1.3.3 试验样品的分组 原料是新鲜的黄瓜,每组100 g泡菜水。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组分别是0.0,0.2,0.4,0.6,0.8 g菌粉的单一变量黄瓜泡菜试验组。分别观察5个试验组在7 d内的亚硝酸盐含量、酸度、pH值、盐含量以及色泽变化。

1.3.4 亚硝酸盐测定方法 采用格里斯试剂比色法^[9]。

1.3.5 酸度测定方法 采用酸碱滴定法^[10],以乳酸计。

1.3.6 pH值测定方法 采用pH计测定法^[11]。

1.3.7 盐含量测定方法 采用硝酸银沉淀滴定法^[11]。

1.3.8 色泽测定方法 采用色差仪测定法^[9]。

1.3.9 菌落总数的测定方法 采用平板计数法^[12]。

1.3.10 感官分析 本试验采用模糊数据评判法进行感官评价分析,具体实施过程如下,感官评价的质量控制实质上是一个PDCA循环的应用过程,从评价标准的确定、评价方法的选择、评价标度的制定,再到评价员评分,经过对结果的评价分析,最后得出结论。

黄瓜泡菜样品由专人负责分别登记编号为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ。参加评比的人员由10位感观评价员组成,其所用工具及样品每人一份,以便仔细鉴定。主要从泡菜的酸甜度、脆性、色泽及气味4个方面进行感官评分。感官评价标准见表1。

表 1 泡菜感官评价标准				
Table 1 Sensory evaluation criteria for pickles				
等级	酸甜	脆性	色泽	气味
极差(51~60)	酸味或甜味过重	无脆性	偏黄或偏白	酸味或馥味过重
差(61~70)	无明显酸味或甜味	脆性不明显	偏黄、绿之间	有明显酸腐味
中(71~80)	轻微酸甜味	少部分有脆性	浅绿	有酸味、无馥气味
良(81~90)	酸甜味一般	脆性一般	绿色良好	酸腐味不明显
优(91~100)	酸甜味适中	脆性较好	接近黄瓜本身颜色	气味良好,无酸腐味

2 结果与分析

2.1 亚硝酸盐含量的变化

由图1可知,泡菜中亚硝酸盐含量在1~7 d内的整体变化趋势是:先上升再下降并逐渐趋于稳定。其中,Ⅰ组不加菌粉发酵的泡菜中亚硝酸盐含量保持较高,峰值最高达6.0 mg/kg,且上升幅度也最大。随着菌粉含量增加,泡菜中亚硝酸盐含量相对降低,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组亚硝酸盐含量峰值最高分别为3.55,1.30,2.40,0.90 mg/kg。由于加入不同量的乳酸菌粉,经活化后的乳酸菌产生乳酸形成酸性环境减少了杂菌的生长,相较于Ⅰ组亚硝酸盐含量明显降低。因此,适当加入菌粉,可以降低泡菜中亚硝酸盐含量。

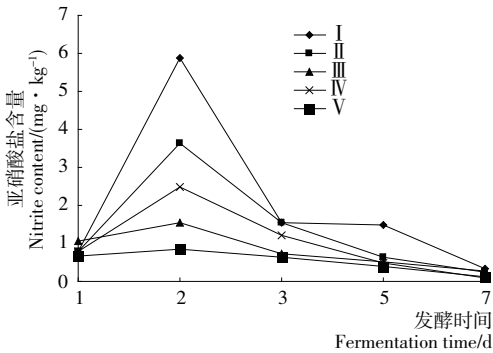


图1 亚硝酸盐含量的变化
Figure 1 Change of nitrite content in pickles

2.2 总酸度的变化

由图2可知,随发酵时间的延长,各组总酸度(以乳酸计)均逐渐升高。前3 d各组酸度相当且呈缓慢上升状态,发酵5~7 d,各组酸度明显增加,其中Ⅲ组酸度升高最快,Ⅴ组酸度升高缓慢。由此可看出,适当加入乳酸菌粉可提高泡菜发酵中的酸度,营造酸性环境。但菌粉加入过多发酵后期反而会影响有机酸的生成,这是因为在发酵后期乳酸菌产生竞争性抑制,产酸受到严重影响。

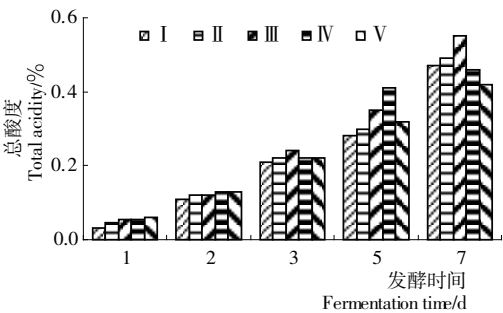


图 2 总酸度的变化

Figure 2 Change of total acidity in pickles

2.3 pH 值的变化

由图 3 可知,随发酵天数的增加,各组 pH 值均逐渐降低。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组在发酵第 2 天 pH 迅速下降,而Ⅰ组 pH 下降不明显。其中Ⅳ、Ⅴ组在 3~7 d 时,pH 下降逐渐缓慢,趋于平稳。第 7 天Ⅳ、Ⅴ组 pH 高于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组,其原因是由于Ⅳ、Ⅴ组中乳酸菌粉添加量多,大量的乳酸菌产生竞争性抑制,部分乳酸菌死亡,造成产酸量下降,pH 降低缓慢。

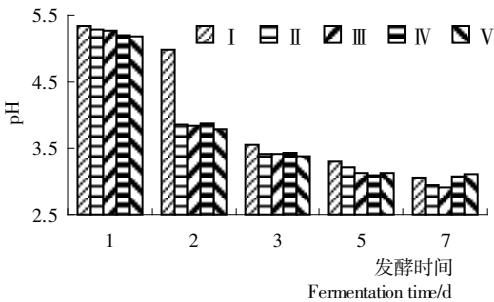


图 3 pH 值的变化

Figure 3 The change of pH in pickles

2.4 盐含量的变化

由图 4 可知,随发酵天数的增加,盐度变化的总体趋势是逐渐上升的。其中,发酵 1~2 d 时Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组上升缓慢,发酵 2~3 d 时盐度上升幅度增大,3~7 d 时呈缓慢上升趋势。可能是泡菜发酵过程中由于食盐的渗透和迁移作用,导致黄瓜组织中盐分含量增加,泡菜水中盐度逐渐下降,最终内外渗透压将逐渐平衡,使得盐度变化趋于平稳。

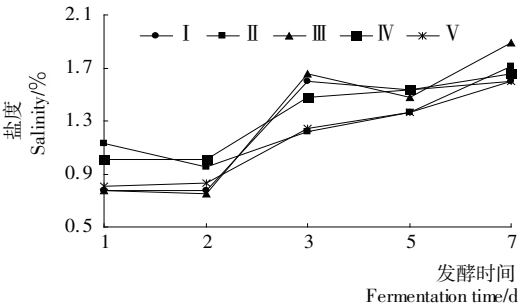


图 4 盐含量的变化

Figure 4 The change of salt content in pickles

2.5 色差值的变化

色泽 a 值越小,表示物品偏绿程度越大。由图 5 可知,黄瓜泡菜发酵前 5 d,色泽变化较明显,绿色褪去较严重。随后发酵 5~7 d,绿色变化程度较小,绿色褪去不明显。发酵前 3 d,Ⅰ组 a 值变化最大,说明Ⅰ组在发酵 3 d 内,绿色变浅最严重,其次是Ⅴ组。

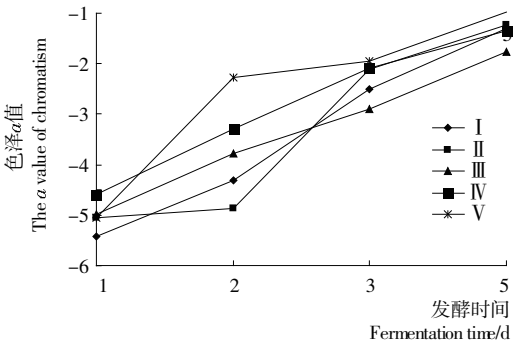


图 5 色差值的变化

Figure 5 The change of color difference in pickles

2.6 菌落总数的变化趋势

由图 6 可知,Ⅰ组在 5 d 内的菌落总数呈逐渐升高的趋势;Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组在 0~2 d 普遍呈现上升趋势,2~3 d 菌落变化不大且菌落总数总体处于峰值,3~5 d 则呈现下降趋势,由此可见,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组加入菌粉后随着乳酸菌数量的增加,在达到一定数值后产生抑制作用从而导致泡菜中菌落出现先增后降的现象;而Ⅰ组未加乳酸菌粉,发酵初期泡菜中的菌含量较少,因此,在 5 d 内菌落总数未达到峰值处于持续增长的趋势。

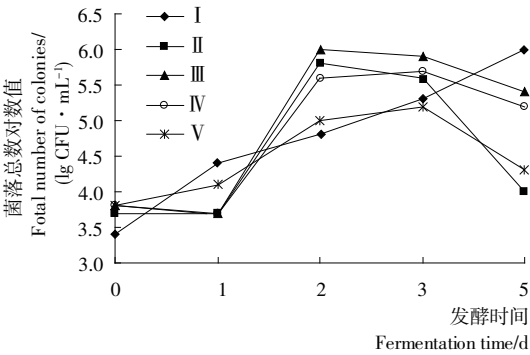


图 6 菌落总数的变化趋势

Figure 6 The change of the total number of colonies in pickles

2.7 感官评价

为获得黄瓜泡菜的酸甜度、脆性、色泽、气味这 4 个指标对黄瓜泡菜感官质量影响的权重,邀请 10 位评价员采用工程技术行业常用的“0~4 评判法”^[13] 确定每个因素的权重。统计 10 张表格,各个因素的得分列于表 2。将各项因素所得总分除以全部因素总分之和便得权重系数: X_1 酸甜度、 X_2 脆性、 X_3 色泽、 X_4 气味分别为 0.5,0.2,0.1,0.2。因此,得到权重集 $X=\{0.5,0.2,0.1,0.2\}$ 。

表 2 黄瓜泡菜的权重打分统计

Table 2 Weight scoring statistics of cucumber pickles											
因素	评价员										总计
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
酸甜	2	6	5	6	5	5	7	7	4	3	50
脆性	4	1	3	1	3	1	1	1	2	3	20
色泽	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
气味	3	2	1	2	1	3	1	1	3	3	20
总计	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

10 位评价员对 5 组泡菜感官得分情况见表 3。

表 3 10 位评价员对各样品感官评分

Table 3 The sensory score of the 10 reviewers for each sample						
样品	感官指标	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100
I	酸甜度	1	1	2	4	2
	脆性	0	1	5	4	0
	色泽	0	2	4	1	3
	气味	3	1	1	1	4
II	酸甜度	0	2	3	2	3
	脆性	1	1	2	4	2
	色泽	0	0	5	3	2
	气味	0	4	2	3	1
III	酸甜度	1	0	3	2	4
	脆性	1	1	2	2	4
	色泽	1	2	1	4	2
	气味	0	4	2	1	3
IV	酸甜度	3	3	3	1	0
	脆性	2	5	2	0	1
	色泽	2	4	1	1	2
	气味	1	2	3	3	1
V	酸甜度	4	4	0	1	1
	脆性	5	4	0	1	0
	色泽	5	2	1	1	1
	气味	4	1	2	1	2

将上述各表中的数字除以评价人员总数 10 人,得到的 5 组关系,称之为模糊矩阵 $\mathbf{R}_1$ 、 $\mathbf{R}_2$ 、 $\mathbf{R}_3$ 、 $\mathbf{R}_4$ 、 $\mathbf{R}_5$,其中 r_{ij} 为样品中第 i 个因素对第 j 类评价的隶属度。根据模糊综合评判数学模型原理,进行模糊变换,可得黄瓜感官质量综合评判的结果向量:

$$\mathbf{R}_1 = (r_{ij})_{5 \times 5}$$
$$=[0.5,0.2,0.1,0.2] \times \begin{vmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0.0 & 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0.0 \\ 0.0 & 0.2 & 0.4 & 0.1 & 0.3 \\ 0.3 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.4 \end{vmatrix}$$
$$b_1 = 0.5 \times 0.1 + 0.2 \times 0 + 0.1 \times 0 + 0.2 \times 0.3 = 0.11$$
$$b_2 = 0.5 \times 0.1 + 0.2 \times 0.1 + 0.1 \times 0.2 + 0.2 \times 0.1 = 0.11$$

$$b_3 = 0.5 \times 0.2 + 0.2 \times 0.5 + 0.1 \times 0.4 + 0.2 \times 0.1 = 0.26$$
$$b_4 = 0.5 \times 0.4 + 0.2 \times 0.4 + 0.1 \times 0.1 + 0.2 \times 0.1 = 0.31$$
$$b_5 = 0.5 \times 0.2 + 0.2 \times 0 + 0.1 \times 0.3 + 0.2 \times 0.4 = 0.21$$

即 $\mathbf{B}_1 = [0.11, 0.11, 0.26, 0.31, 0.21]$

同理可得:

$$\mathbf{B}_2 = [0.02, 0.20, 0.28, 0.27, 0.23]$$
$$\mathbf{B}_3 = [0.08, 0.12, 0.24, 0.20, 0.36]$$
$$\mathbf{B}_4 = [0.23, 0.33, 0.26, 0.12, 0.06]$$
$$\mathbf{B}_5 = [0.43, 0.32, 0.05, 0.10, 0.10]$$

根据模糊数据评判法最大隶属度原则, I 样品感观评价分值处于 81~90,综合评价等级为良。II、III、IV、V 样品感观评价结果分别属于中、优、差、极差 4 个不同的等级。综合评判结果表明, III 样品更符合大众的口感要求,加入 0.4 g 菌粉时黄瓜泡菜在缩短发酵时间的同时还能保证其优良的风味,属于优等级泡菜。

3 结论

本试验利用直投式乳酸菌粉发酵制备黄瓜泡菜,对发酵过程中 pH 值、亚硝酸盐含量、盐度、酸度、色泽、菌落总数的动态变化进行了研究。结果表明,添加 0.4%直投式乳酸菌粉发酵的黄瓜泡菜感观品质最佳,发酵 7 d 内硝酸盐含量峰值为1.30 mg/kg。直投式乳酸菌粉发酵黄瓜果酸度提高较快,能够缩短泡菜发酵周期,改善泡菜发酵的品质,保证泡菜的新鲜度和食用安全。

参考文献

1

陈功. 中国泡菜的品质评定与标准探讨[J]. 食品工业科技, 2009, 30(2):335~338.

2

陈功. 试论中国泡菜历史与发展[J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(3):1~5.

3

龚钢明,管世敏,吕玉涛. 接种乳酸菌发酵泡菜的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(6):44~46.

4

余文华,张其圣,陈功,等. 直投式菌剂发酵泡菜的动态研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 36(6):12~15.

5

周光燕,张小平,钟凯,等. 乳酸菌对泡菜发酵过程中亚硝酸盐含量变化及泡菜品质影响研究[J]. 西南农业学报, 2005, 19(2):290~293.

6

尹利端,韩北忠,黄晶晶,等. 萝卜泡菜发酵过程中食盐对微生物变化的影响[J]. 中国酿造, 2005(3):19~21.

7

郭树国,王丽艳,李成华. 黄瓜真空冷冻干燥工艺参数优化[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(1):232~234.

8

范丽平,任国平,张学兵,等. 接菌发酵泡菜品质分析[J]. 食品与机械, 2012, 28(5):55~58.

9

吴海清,何新益,孙贵宝. 萝卜叶酱菜加工过程中营养素的变化研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(1):216~220.

10

全国食品工业标准化技术委员会. GB/T 12456—2008 食品中总酸的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

11

徐娟娣,刘东红. 雪里蕻腌菜腌制过程中主要成分的动态变化研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(7):215~221.

12

中华人民共和国卫生部. GB/T 4789.2—2010 食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 北京:中国标准出版社,2010.

13

徐树来,王永华. 食品感官分析与实验[M]. 北京:化学工业出版社, 2009:100~101.