

王 英,周剑忠,施亚萍,等. 低盐、低亚硝酸盐西兰花茎泡菜发酵工艺[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):189-193.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.036

低盐、低亚硝酸盐西兰花茎泡菜发酵工艺

王 英¹,周剑忠¹,施亚萍²,李亚辉¹,李 莹¹

(1. 江苏省农业科学院农产品加工研究所,江苏南京 210014; 2. 江苏省南京市脆而爽蔬菜食品有限公司,江苏南京 211225)

摘要:为了提高西兰花副产物茎的利用率和西兰花产业的经济附加值,对低盐和低亚硝酸盐西兰花茎泡菜发酵工艺进行研究。以具有优良降解亚硝酸盐功能和发酵性能的植物乳杆菌 SD-7 为发酵剂,利用单因素和正交试验考察发酵温度、接种量和发酵时间对西兰花茎泡菜品质的影响。结果表明,西兰花茎的发酵最佳条件:发酵温度为 23 ℃、接种量为 5%、发酵时间为 6 d,发酵的西兰花茎泡菜口感脆嫩、色泽纯正、开胃解腻、有浓郁的乳酸发酵香气。该研究结果可为西兰花茎泡菜的工业化生产提供理论依据和技术支持。

关键词:植物乳杆菌;亚硝酸盐;西兰花;泡菜;发酵工艺

中图分类号: TS255.54;TQ920.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)01-0189-04

西兰花营养丰富,含有蛋白质、脂肪、膳食纤维、胡萝卜素、维生素 A₁、维生素 C、维生素 E、钙等。除此之外,西兰花还含有黄酮类化合物、异硫氰酸盐及挥发油等药理成分,可以起到阻止癌前病变细胞形成的作用,抑制肿瘤生长等功效^[1-5]。研究结果还显示,西兰花对高血压、心脏病有调节和预防的作用,其富含高膳食纤维能有效降低肠胃对葡萄糖的吸收,进而降低血糖,有效控制糖尿病的疾病^[6-8]。西兰花茎叶为收获供食用的花蕾后通常被废弃的部分,这些绿色废弃物占整个植株鲜质量的 60%~80%,易造成环境污染,或者以极低的价格被收购用作饲料加工。

在传统泡菜生产中,前期通常采用高浓度食盐溶液对蔬菜原料进行贮藏,含盐量高达 15%~20%,后期的脱盐工序会产生大量盐渍废水,造成环境污染^[9-11]。另外,高盐摄入对人体健康会有危害,引起高血压、降低人体细胞的防御功能等。发酵蔬菜的亚硝酸盐含量超标是困扰蔬菜发酵生产厂家和消费者的严重问题,过量的亚硝酸盐会引起胃癌、食道癌等消化系统癌症^[12-14]。植物乳杆菌 SD-7 菌株来源于传统自然发酵食品,是具有优良的降解亚硝酸盐和发酵性能的乳酸菌^[15],同时该菌株有较强的适应环境能力和较好的加工属性,具有

良好的应用前景。因此,笔者所在项目组利用具有亚硝酸盐降解功能的乳杆菌 SD-7 为发酵剂,以西兰花茎叶为发酵蔬菜原料,研究发酵温度、发酵时间和接种量对发酵西兰花茎品质的影响,进而对发酵工艺进行优化和调控,获取西兰花茎叶泡菜制作技术。本研究结果可以为发酵西兰花茎泡菜的工业化生产提供理论依据和技术支持,具有重要的理论研究意义和实际应用价值。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 菌株与原料 植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*) SD-7,保藏于江苏省农业科学院农产品加工研究所食品生物工程研究室。西兰花、辣椒、大蒜、葱、姜、冰糖、精盐等原材料均购买于当地市场。

MRS 液体培养基和 MRS 固体培养基,均购自山东省青岛海博生物技术有限公司。按照说明书加入稀释,121 ℃灭菌 20 min。

1.1.2 主要设备及其来源 雷磁 ZD-2 型自动点位滴定仪,购自上海精密科学仪器有限公司;UV-1600PC 紫外分光光度计,购自上海美谱达仪器有限公司;124S-CW 分析天平,购自赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;SX-500 全自动高压灭菌锅,购自日本 Tomy Digital Biology 公司;SW-CJ-1C(标准型)双人单面水平流净化工作台,购自苏州净化设备有限公司;Sigma 3K-15 台式高速冷冻离心机,购自北京五洲东方科技发展有限公司;色差计

收稿日期:2018-12-28

基金项目:江苏省南京市科技发展规划(编号:201716053,201805066)。

作者简介:王 英(1978—),女,安徽淮北人,博士,副研究员,主要从事食品生物技术研究。Tel:(025)84391571;E-mail:wy116009@126.com。

YS6060,购自深圳市三恩时科技有限公司;TMS - Touch 质构分析仪,购自美国 FTC 公司;3nh 色差仪,购自深圳市三恩时科技有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 菌株的活化与培养 从 -80 ℃取出甘油管保藏的 SD - 7 菌种,划线接种至 MRS 培养基平板上,30 ℃培养 48 h,挑取单菌落接种至 MRS 液体培养基中,30 ℃条件下培养 18 ~ 20 h,按照 5% 的接种量转接到 MRS 液体培养基中,培养 18 h,4 ℃、5 000 r/min 离心 5 min,收集菌体,用 0.9% 氯化钠无菌溶液洗菌体 2 次后用 0.9% 氯化钠无菌溶液重悬,调整菌体密度为 5.02×10^8 CFU/mL,用作发酵泡菜的发酵剂。

1.2.2 泡菜水的制备 在 1 L 水中加入 40 g 精盐、10 g 花椒(青椒和红花椒各 5 g)、10 g 干红辣椒和 30 g 冰糖,煮沸后保温 20 min,降至室温备用。向降温后的泡菜水中加入 0.15% 氯化钙作为保脆剂,加入 0.05% 柠檬酸和 0.03% 异抗坏血酸作为护色剂。

1.2.3 pH 值测定 开始发酵后每天取一定量的泡菜水,参照 GB/T 13662—2008《黄酒》用 pH 计直接测定腌制卤水的 pH 值。

1.2.4 发酵温度对泡菜品质的影响 将西兰花茎清洗干净后,去皮切片放入泡菜坛中,加入 2 倍质量的泡菜水。将制备好的发酵菌液按照 5% 的接种量接种至泡菜坛中,用干净的冷开水密封坛口后分别放置在 15、20、25、30、35 ℃条件下发酵,在发酵过程中每天取样,测定泡菜水的 pH 值,当 pH 值达到 3.8 左右时结束发酵。记录发酵结束时间,测定泡菜的亚硝酸盐含量、硬度和色度,同时进行感官评定。

1.2.5 接种量对泡菜品质的影响 将西兰花茎清洗干净后,去皮切片放入泡菜坛中,加入 2 倍质量的泡菜水。将制备好的发酵菌液分别按照 1%、3%、5%、7%、9% 的接种量接种至泡菜坛中,用干净的冷开水密封坛口后放置在 25 ℃条件下发酵,在发酵过程中每天取样,测定泡菜水的 pH 值,当 pH 值达到 3.8 左右时结束发酵。记录发酵结束时间,测定泡菜的亚硝酸盐含量、硬度和色度,同时进行感官评定。

1.2.6 发酵时间对泡菜品质的影响 将西兰花茎清洗干净后,去皮切片放入泡菜坛中,加入 2 倍质量的泡菜水。将制备好的发酵菌液按照 5% 的接种量

接种至泡菜坛中,用干净的冷开水密封坛口后放置在 25 ℃条件下发酵,分别在发酵 1、3、5、7、9 d 时测定泡菜水的 pH 值、亚硝酸盐含量、硬度和色度,同时进行感官评定。

1.2.7 正交试验 在试验过程中各种因素之间会相互影响,可能存在协同作用,以发酵温度、接种量、发酵时间等为试验因素,利用 $L_9(3^4)$ 正交试验优化西兰花茎泡菜发酵的工艺条件,具体设计见表 1。

表 1 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平

水平	因素		
	A:发酵温度(℃)	B:接种量(%)	C:发酵时间(d)
1	23	4	4
2	25	5	5
3	27	6	6

1.2.8 发酵泡菜品质测定 亚硝酸盐含量测定:利用盐酸萘乙二胺法测定泡菜的亚硝酸盐含量,具体操作方法参照 GB/T 5009.33—2003《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》中的格里斯比色法对亚硝酸盐含量进行测定。以亚硝酸盐含量(x)为横坐标、吸光度(y)为纵坐标,绘制标准曲线,得到标准曲线回归方程: $y = 0.043x + 0.013$,相关系数 $r^2 = 0.998$ 。

泡菜硬度测定:利用 TMS - Touch 质构分析仪对泡菜硬度进行测试。选取 250 N 的力量感应单元,直径为 8 mm 的圆柱型探头,硬度测试条件设置:测前速率为 1 mm/s,测试速率为 0.5 mm/s,测后速率为 1 mm/s,压缩量为 50%。测试结果选取测试的硬度最大力(F_{max})为参数进行分析。

色度测定:用 3nh 色差仪分别测定发酵结束时西兰花茎泡菜的 L^* 、 a^* 、 b^* 。对每种样品取 3 次样,取平均值。 L^* 表示光泽亮度,值越大,亮度越高; a^* 值正值表示红色程度,负值表示绿色程度; b^* 值正值表示黄色程度,负值表示蓝色程度;饱和度(c)根据公式 $c = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ 计算,反映发酵蔬菜的色泽程度,数值越大,泡菜色泽越浓。

感官评价:泡菜 pH 值下降到适宜食用的范围(pH 值为 3.8 左右)时,认为泡菜成熟,将其切成合适大小后对泡菜的色、香、味、脆性等进行评定。选择对本试验有兴趣且对泡菜味道有一定识别能力的食品专业研究生为感官评定小组成员。参加评定的成员事先接受训练,并了解评分标准。每个样品品尝后,用 37 ℃温水漱口后再品尝下一个样本。每个样本进行 3 次重复评定。泡菜感官评分参照表 2。

表 2 泡菜感官评分标准

指标	分数 (分)	标准	扣分 (分)
色泽及形态	30	颜色一致,色泽正常、有光泽,无杂质及异物,汤汁清亮,无霉花漂浮	0
		色泽不正常、不鲜艳、无光泽、发黑	1~10
		有菜屑、杂质及异物	1~10
		汤汁不清凉、有霉花浮膜	5~10
香味	30	具有本产品固有的香气,具有发酵型香气和辅料添加后的复合香气,无不良气味及其他异味	0
		香气差	1~5
		香气不正	1~10
		有不良气味(如氨、硫化氢、焦糊、酸败等气味)及其他异味	7~15
质地及滋味	40	滋味鲜美,质地脆嫩,酸甜咸味适宜,无过酸过咸过甜,无苦味及涩味、焦糊味	0
		菜质脆嫩度差	1~10
		口味淡薄	1~5
		有苦味、涩味、酸败味	4~10
		有其他不良气味(如馊味、霉味等)	7~15

1.3 数据统计分析

采用 SPSS 13.0 软件进行数据统计分析,数据间差异比较采用 *t* 检验,差异显著水平为 *P* < 0.05。

2 结果与分析

2.1 发酵温度对西兰花茎泡菜品质的影响

温度对发酵进程有加速作用,一般来说,在适宜的范围内,温度越高,发酵时间越短,但是温度对产品的品质有明显的影响,不同的发酵机制,温度的影响结果不同。从表 3 中可以看出,温度升高,发酵时间缩短;硬度随着温度的升高呈现先升高后降低的趋势,这是由于温度低,发酵时间长,西兰花在发酵液中浸制时间长,导致产品的硬度降低。另外,温度过高,发酵过快,产酸速度快,西兰花茎的硬度也下降。泡菜色泽是各种单色的综合体现,仅根据单一颜色变化的色泽指标 α^* 、 b^* 并不能够真实反映泡菜的色泽,饱和度反映的是泡菜色泽的鲜艳程度,数值越大,泡菜色泽越鲜艳^[16-17]。本研究中,西兰花茎泡菜色泽随着发酵温度的增加,饱和度呈现增加趋势。感官评分结果显示,发酵温度在 25℃ 时,西兰花茎泡菜的感官评分最高。

表 3 发酵温度对西兰花茎泡菜品质的影响

发酵温度 (℃)	亚硝酸盐含量 (mg/kg)	饱和度	硬度 (N)	发酵结束 时间(d)	感官评分 (分)
15	3.25d	20.14a	156.58c	10e	64.59a
20	2.33c	24.54b	164.26d	8d	75.68b
25	0.34a	28.65c	169.41e	6c	86.55d
30	1.35b	32.15d	135.66b	5b	80.21c
35	2.21c	34.22d	127.59a	3a	78.65bc

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 4、表 5 同。

2.2 接种量对西兰花茎泡菜品质的影响

在同一发酵体系中,发酵剂的接种量会对发酵进程有影响,一般来说,随着接种量的增大,会加快发酵速度。从表 4 中可以看出,随着接种量的增大,发酵时间缩短,当接种量达到 7% 时,发酵时间随着接种量的增加不再缩短。接种量对泡菜的色泽和硬度也有不同的影响,接种量低,发酵时间延长,硬度偏低,随着接种量的增大,泡菜的硬度增大,接种量高于 5% 时,硬度呈现下降的趋势。随着接种量的增加,色泽加深。亚硝酸盐含量随着接种量的增加,呈现下降趋势,当接种量高于 5% 时,泡菜中的亚硝酸盐含量差异不显著。感官评分结果显示,接种量为 5% 时,西兰花茎泡菜的感官评分最高。

表 4 接种量对西兰花茎泡菜品质的影响

接种量 (%)	亚硝酸盐含量 (mg/kg)	饱和度	硬度 (N)	发酵结束时间 (d)	感官评分 (分)
1	2.44c	25.89a	136.73b	9d	71.34a
3	1.29b	26.54a	144.64c	8c	79.68c
5	0.26a	31.25b	169.45d	6b	86.90d
7	0.25a	39.44c	135.73b	5a	80.21c
9	0.21a	39.98c	107.44a	5a	73.94b

2.3 发酵时间对西兰花茎泡菜品质的影响

从表 5 中可以看出,随着发酵时间的延长,发酵液的 pH 值逐渐降低,发酵 1~2 d,泡菜液中的 pH 值高于 4.0,发酵没有结束,当 pH 值低于 3.5 时,品尝时酸感太强。随着时间的延长,硬度呈现下降趋势。泡菜的色泽随着发酵时间的延长,饱和度呈现增加趋势。亚硝酸盐含量随着发酵时间的延长呈现下降趋势,在发酵时间为 1 d 时,亚硝酸盐含量较高,达到 58.23 mg/kg,这是由于蔬菜在发酵初期有个亚硝酸峰,这与前人的研究结果^[18-19]相一致。感

官评分结果显示,当发酵时间为 5 d 时,西兰花茎泡菜的感官评分最高。

表 5 发酵时间对西兰花茎泡菜品质的影响

发酵时间 (d)	亚硝酸盐含量 (mg/kg)	饱和度	硬度 (N)	pH 值	感官评分 (分)
1	58.23e	20.14a	206.68e	5.35d	50.55a
3	5.33d	24.54b	184.74d	4.21c	65.43b
5	1.34c	28.65c	167.99c	3.60b	89.55d
7	0.35b	32.15d	135.64b	3.26a	77.21c
9	0.21a	34.22e	82.77a	3.31a	67.69b

2.4 发酵条件正交优化

考虑到因素之间可能存在协同的交互作用,以发酵温度、接种量、发酵时间为 3 个主要因素,以感官评分结果为响应指标,利用 $L_9(3^4)$ 正交试验优化西兰花茎泡菜的发酵条件。由表 6 可以看出,3 个因素对西兰花茎泡菜的感官评分的影响表现为 $A > C > B$,即影响西兰花茎泡菜感官评分的最主要环境因素是发酵温度,其次是发酵时间。确定最佳发酵条件为 $A_1B_2C_3$,即培养发酵温度为 23 ℃、接种量为 5%、发酵时间为 6 d。

表 6 $L_9(3^3)$ 正交试验设计及结果

试验号	A:发酵温度 (℃)	B:接种量 (%)	C:发酵时间 (d)	感官评分 (分)
1	1(23 ℃)	1(4%)	1(4)	90.55
2	1	2(5%)	2(5)	89.67
3	1	3(6%)	3(6)	89.09
4	2(25 ℃)	1	2	85.65
5	2	2	3	90.25
6	2	3	1	86.56
7	3(27 ℃)	1	3	81.02
8	3	2	1	78.95
9	3	3	2	75.46
K_1	269.31	257.22	256.06	
K_2	262.46	258.87	250.78	
K_3	235.43	251.11	260.36	
k_1	89.77	85.74	85.35	
k_2	87.49	86.29	83.59	
k_3	78.48	83.70	86.79	
极差	11.29	2.59	3.20	
较优水平	A_1	B_2	C_3	

从表 7 可以看出,发酵温度对西兰花茎泡菜感官评分影响显著($P < 0.05$),在试验选择的范围内,发酵时间和接种量对感官评分影响不显著。另外,校正模型对感官评分影响显著($P < 0.05$)。

2.5 验证试验

按照正交试验获得的最优发酵条件进行西兰花茎的发酵,发酵温度为 23 ℃、接种量为 5%、发酵

表 7 感官评定的 SPSS 方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
校正模型	240.42	6	40.07	35.60	0.028 *
A	213.93	2	106.97	95.04	0.010 *
B	11.14	2	5.57	4.95	0.168
C	15.35	2	7.68	6.82	0.123
残差	2.25	2	1.13		
总和	65 642.21	9			

注: * 表示差异显著($P < 0.05$)。

时间为 6 d。1 次 3 个平行,重复 3 次,进行验证,发酵西兰花茎的感官评分的平均值为 88.64 分,与预测值 89.04 分基本一致。

3 结论

通过测定发酵温度、接种量和发酵时间对西兰花茎泡菜品质的影响,并利用正交试验优化发酵工艺,获得的西兰花茎泡菜的最佳发酵工艺为 $A_1B_2C_3$,即发酵温度为 23 ℃、接种量为 5%、发酵时间为 6 d,在此条件下发酵的西兰花茎口感脆嫩、色泽纯正、开胃解腻、有浓郁的乳酸发酵香气。该研究结果可为西兰花副产物茎的开发利用提供技术支持,同时对提高西兰花种植和加工产业的经济附加值具有重大意义。

参考文献:

[1] 贺云冲,贾 侃,王 川,等. 西兰花提取物萝卜硫素抑制胃癌和胰腺癌的生长与侵袭[J]. 科技通报,2015,31(9):62-67,88.

[2] 王 蓉,何 磊. 西兰花中的抗癌成分及其活性的初步研究[J]. 食品科学,2009,30(7):243-245.

[3] 姚丹燕,吴秋云,李 倩,等. 萝卜硫素调控机制的研究进展[J]. 园艺学报,2014,41(5):1020-1026.

[4] 俞霞君,张 婷,阮心明,等. 老年人群以西兰花提取物为癌症预防保健品的调查[J]. 中国老年学杂志,2017,37(24):6223-6225.

[5] 代 梅,高 林,吴继红. 西兰花中硫代葡萄糖苷的研究进展[J]. 食品研究与开发,2017,38(6):212-217.

[6] de Pascual - Teresa S, Sanchez - Ballesta M T. Anthocyanins: from plant to health[J]. Phytochemistry Reviews,2008,7(2):281-99.

[7] Lee Y R, Noh E M, Han J H, et al. Sulforaphane controls TPA - induced MMP - 9 expression through the NF - κ B signaling pathway, but not AP - 1, in MCF - 7 breast cancer cells[J]. BMB Reports, 2013,46(4):201-206.

[8] 洪 姣,王佳蕊,黄春琦,等. 西兰花预防和治疗肿瘤研究的新进展[J]. 肿瘤药学,2014,4(6):405-409.

[9] 耿金山,王 斌. 泡菜废水处理工程设计及运行调试[J]. 成都大学学报(自然科学版),2009,28(4):353-355.

[10] 常明庆,赵希锦,刘继宁,等. 四川泡菜产业面临的环境问题及对策研究[J]. 环境科学与管理,2014,39(9):167-170.

焦金英,姬星宇,李自波,等.不同产地鱼腥草中 4 种活性成分分析评价[J].江苏农业科学,2020,48(1):193-199.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.037

不同产地鱼腥草中 4 种活性成分分析评价

焦金英¹,姬星宇¹,李自波³,李国辉¹,王彦辉¹,余祖功²

(1.商丘美兰生物工程有限公司,河南商丘 476000; 2.南京农业大学,江苏南京 210095; 3.河南普华基因科技有限公司,河南郑州 450000)

摘要:研究旨在建立一种鲜鱼腥草蒸馏液中 4 种活性成分 4-萜品醇、 α -松油醇、乙酸龙脑酯、甲基正壬酮的含量测定的气相色谱法,应用该方法测定不同产地鱼腥草的 4 种活性成分含量。参照鱼腥草注射液质量标准,建立 4 种活性成分含量测定的前处理和气相色谱检测法,并对其进行方法学验证;应用所建方法对湖北省、四川省、贵州省、广东省广州市 4 个地区的鲜鱼腥草中活性成分进行测定分析。结果表明,所建立的方法专属性强,4 种活性成分在 0.1~1.5 mg/mL 的范围内,相关系数均大于 0.999,线性关系优良,方法重复性试验样品中 4 种成分平均 $RSD \leq 1.2\%$,中间精密性试验样品中 4 种成分平均 $RSD \leq 1.3\%$,精密性好,回收率在 80%~120% 之间,准确度高。测得湖北省、四川省、贵州省的 4 种成分含量均符合规定,其中以湖北和四川地区含量相对较高。上述研究可为鱼腥草的药材选择、鱼腥草药材内在质量的综合评价和全面控制提供新的参考依据。

关键词:鱼腥草;不同产地;活性成分;气相色谱法

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)01-0193-07

鱼腥草为三白草科植物蕺菜 (*Houttuynia cordata* Thunb.) 的新鲜全草或干燥地上部分,始载于《名医别录》,其后历代本草文献都有记载“以清解肺热见长,为治肺壅之要药”^[1-3]。鱼腥草味辛能行散,微寒,归肺经,有清热解毒、消痈排脓、利尿通淋等功效,用于肺痈吐脓、痰热喘咳、热痢、热淋、臃肿疮毒等病症^[4],自古以来就被视为常用中药之一,尤其对治疗肺痈有特殊疗效。《本草经疏》等古

籍一向认为鱼腥草是“治痰热壅肺,发为肺痈吐脓血之要药。”《本草纲目》中认为:鱼腥草能散热毒痈肿^[5-8]。现代药理学上鱼腥草有抗菌、抗病毒、增强免疫、抗炎镇痛、利尿止血、通过调节细胞周期和诱导凋亡而抗肿瘤等作用^[9-10]。

鱼腥草中含有黄酮类、甾醇类等多种化合物,而挥发油为其主要有效成分。有效成分为鱼腥草素、癸酰乙醛、月桂醛、月桂烯、甲基正壬酮等,还包括多酚类活性成分:蕺菜碱、槲皮素、槲皮苷、绿原酸、亚油酸等^[11-13]。《中国兽药典》2015 年版二部中收录的“鱼腥草注射液”主要以鱼腥草挥发油中的 4-萜品醇、 α -松油醇、甲基正壬酮和乙酸龙脑酯进行质量控制^[14]。本研究发现,不同产地鱼腥草挥发油中 4 种有效成分含量存在很大差异,因此选

收稿日期:2019-11-05

基金项目:河南省重大科技专项(编号:181100110500)。

作者简介:焦金英(1988—),女,河南巩义人,硕士,研究方向为中兽药开发。E-mail:819712823@qq.com。

通信作者:余祖功,教授,研究方向为兽药新制剂研发、新兽药作用及药动学、新兽药注册。E-mail:yuzugong@njau.edu.cn。

[11] 吴少清,张书海.淮南市盐化工业中氯化物对地表水的污染与防治[J].江苏环境科技,2005,18(增刊1):61-62.

[12] 林东昕,吴月娇,徐蕴芹,等.胃癌危险性不同人群膳食硝酸盐、亚硝酸盐及维生素 C 摄入量[J].营养学报,1988,10(3):234-239.

[13] 张志国,王光银,孙健全.泡菜中亚硝酸盐含量动态研究[J].中国调味品,2008,33(4):40-42.

[14] Sen N P, Seaman S W, Baddoo P A, et al. Formation of N-nitroso-N-methylurea in various samples of smoked/dried fish, fish sauce, seafood, and ethnic fermented/pickled vegetables following incubation with nitrite under acidic conditions[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(4):2096-2103.

[15] 王英,周剑忠,李清,等.植物乳杆菌 SD-7 的分离鉴定及其亚硝酸盐降解特性[J].中国食品学报,2016,16(7):97-104.

[16] 王武,邓烈,何绍兰,等.不同套袋时间对早香橘橙果色泽的影响[J].中国农学通报,2007,23(7):415-421.

[17] 胡位荣,张昭其,季作梁,等.荔枝冷害过程中果皮色泽、花色苷和类黄酮含量的变化[J].园艺学报,2004,31(6):723-726.

[18] 王立霞.花椒对 3 种泡菜自然发酵过程中亚硝酸盐含量的影响研究[J].包装与食品机械,2016,34(4):10-14.

[19] 葛焱,郭双霜,陈安均.泡菜中亚硝酸盐消长规律及调控技术研究进展[J].食品工业科技,2015,36(4):382-385,390.