

海带益生菌发酵条件的优化和营养成分分析

郭丽琼^{1,2}, 郭心悦¹, 储炫¹, 林俊芳^{1,2}, 刘英丽³, 叶志伟^{1,2}, 李宏略¹, 廖雪义¹

(1. 华南农业大学食品生物技术研究所, 广东广州 510642) (2. 广州市澳键丰泽生物科技有限公司和华南农业大学联合的天然产物研究开发中心, 广东广州 510642) (3. 北京工商大学食品质量与安全北京实验室, 北京 100048)

摘要: 本文采用从海带中分离筛选的植物乳杆菌 La10 对海带进行纯种发酵, 研究海带发酵产品的营养成分及发酵过程中的亚硝酸盐含量变化。结果表明: (1) 以感官评定为终极指标的 OC1 最佳发酵条件为温度 20 ℃、接种量 5%、白砂糖浓度 9%、食盐浓度 4%, 时间 10 d; (2) 以发酵总酸为终极指标的 OC2 最优发酵条件为温度 30 ℃、接种量 10%、白砂糖浓度 9%、食盐浓度为 2%、时间 7 d; (3) 海带发酵产品去除了海带的腥味, 在 OC1 和 OC2 发酵条件下, 褐藻胶含量从 32.07% 分别下降至 19.60 和 14.01%, 还原糖和总糖含量从 2.19% 分别提高至 9.15 和 11.01%。发酵过程中的亚硝酸盐含量先上升后下降, 终产品中的亚硝酸盐含量两种发酵条件下分别为 93.99 和 71.43 μg/kg。

关键词: 海带; 植物乳杆菌; 发酵条件; 安全性

文章编号: 1673-9078(2015)8-280-285

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.8.044

Optimization of Kelp Fermentation Conditions using Probiotics and the Analysis of Nutrient Composition

GUO Li-qiong^{1,2}, GUO Xin-yue¹, CHU Xuan¹, LIN Jun-fang^{1,2}, LIU Ying-li³, YE Zhi-wei^{1,2}, LI Hong-lue¹, LIAO Xue-yi¹

(1. Institute of Food Biotechnology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China) (2. Joint Research & Development Center for Natural Products of Alchemy Biotechnology Co. Ltd. And South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China) (3. Beijing Laboratory for Food Quality and Safety, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract: *Lactobacillus plantarum* strain La10 was isolated and screened from kelp (*Laminaria japonica*) and used for the fermentation of fresh kelp. During the fermentation process, nutritional content of the fermentation products and changes in nitrite content were determined. The results showed that the optimal conditions were as follows: (1) The OC1 fermentation conditions for sensory evaluation as the ultimate target were: temperature 20 ℃, amount of inoculum 5%, sugar concentration 9%, salt concentration 4%, and duration of fermentation 10 d. (2) The OC2 fermentation conditions for total acid in the fermentation liquid as the ultimate target were: temperature 30 ℃, amount of inoculum 10%, sugar concentration 9%, salt concentration 2%, and duration of fermentation 7 d. (3) The fishy smell in the kelp fermentation products was eliminated. Using OC1 and OC2, algin content decreased significantly from 32.07% to 19.60% and 14.01%, respectively. In contrast, reducing sugar and total sugar content increased significantly from 2.19% to 9.15% and 11.01%, respectively. The taste of the kelp fermentation products was better than that of non-fermented products. During the fermentation, nitrite content remained at a low level and the final values, using the two kinds of fermentation conditions were 93.99 and 71.43 μg/kg, respectively, which were far lower than that of the national standards used (20 mg/kg in pickles).

Key words: *Laminaria japonica*; fermentation; *Lactobacillus plantarum*; safety

海带盛产于我国沿海地区, 年产量 80 多万 t 居世

收稿日期: 2014-08-30

基金项目: 国家自然科学基金 (31272217, 31372116); 广东省攻关项目 (2013B010404041)

作者简介: 郭丽琼, 教授, 博士生导师, 从事食品生物技术与开发

通讯作者: 林俊芳, 研究员, 博士生导师, 从事食品生物工程技术的研究与开发

界首位。目前海带主要以鲜食或干制后泡发食用为主, 粗加工产品主要有盐渍海带、海带结、海带丝。近年来, 研究者以海带为主要配料, 采用乳酸菌发酵生产富含海带多糖的饮料、奶冻、海带酒等^[1-2], 但由于海带固有怪味, 这些产品尚未得到消费者的普遍接受; 研究者还以海带为原料, 采用自然发酵、陈泡菜水发酵、乳酸菌接种发酵 3 种方式, 添加食盐、白糖、花

椒等辅料制作了海带泡菜, 比较了不同制作方式对海带泡菜的品质和风味的影响^[3]。同年研究了海带泡菜自然发酵的工艺及在发酵过程中的动态变化^[4]。以上对海带的发酵研究均在自然发酵条件下完成, 存在有害菌及亚硝酸盐含量超标等的安全隐患问题。

益生菌指的是通过宿主摄入足够数量后、对宿主产生健康益处的活的微生物。多年来, 益生菌在降低人体血清总胆固醇水平、减轻心脑血管疾病风险方面的益生功效作用得到了大量的动物和人类体外及体内的科学实验证实^[5-6]。益生菌在降解亚硝酸盐、减轻亚硝酸盐对人体健康危害方面的益生作用也有研究证实。研究发现益生菌不仅能产生大量的乳酸降解亚硝酸盐, 同时能分泌亚硝酸还原酶, 将亚硝酸盐转化为 NO 和 N₂O 达到降解亚硝酸盐的目的^[7-8]。乳酸菌降解亚硝酸盐的机理分为酶降解和酸降解两个阶段, 发酵初期以酶降解为主, 发酵后期以酸降解为主^[9]。泡菜中亚硝酸盐的含量主要取决于在发酵初期乳酸菌开始生长的速度与杂菌被抑制的速度^[10], 纯种乳酸菌发酵腌菜既可降低亚硝酸盐的含量又可以产生抑菌性物质(如有机酸、细菌素、双乙酰等)来抑制有害菌的生长^[11]。我们从海带中分离了 27 株乳酸菌, 前期的研究表明不同乳酸菌菌株其降解亚硝酸盐和胆固醇的效率不同, 亚硝酸盐的降解率相差 10.05%, 胆固醇的降解率相差 43.33%, 其中降解亚硝酸盐和胆固醇效率均高的菌株是植物乳杆菌 La10, 其降解率分别为 98.80% 和 61.21%^[12]。本文首次报道了该土著植物乳杆菌 La10 菌株发酵海带的研究结果。

1 材料与方法

1.1 材料

干海带购于广州市卜蜂莲花超市。辅料: 食盐, 食品一级, 市售, 白砂糖, 食品一级, 市售。

1.2 菌种与培养基

菌种: 植物乳杆菌 La10 菌株, 本实验室从海带中分离得到并保存^[12]。

MRS 培养基: 蛋白胨 10.0 g/L, 牛肉膏 10.0 g/L, 酵母粉 5 g/L, 磷酸氢二钾 2.0 g/L, 柠檬酸氢二铵 2.0 g/L, 葡萄糖 20.0 g/L, 吐温 80 1.0 mL/L, 乙酸钠 5.0 g/L, 硫酸镁 0.58 g/L, 硫酸锰 0.25 g/L。以上试剂购于精科试剂公司, 均为分析纯或化学纯。

土豆汁培养基: 马铃薯 200 g (切片、煮沸、过滤取汁), 蛋白胨 10 g, 葡萄糖 20 g, pH 6.8。

1.3 试验方法

1.3.1 海带的预处理

称取 500 g 的干海带, 置于清水中浸泡 1 h, 每隔 20 min 换一次水, 洗净, 切成小片, 置于沸水中漂烫 2 min, 冷却沥干, 备用。

1.3.2 装瓶与灭菌

称量 100 g 重的预处理海带分别装瓶 (150 mL 布丁瓶), 加入适量的食盐和白砂糖, 100 °C 蒸汽灭菌 15 min, 冷却, 于无菌条件下接入土著植物乳杆菌 La10, 拌匀, 恒温发酵。

1.3.3 菌株 La10 菌种制备

挑取 La10 单菌落接种于土豆汁培养基中, 30 °C 摇瓶培养 24 h, 按 15% 的接种量继代培养 1 次, 6000 r/min 离心 10 min, 收集的菌体后用生理盐水悬浮制成约 1×10^8 cfu/mL 的菌悬液作为菌种, 备用。

1.3.4 菌株 La10 发酵海带的单因素确定

设定基本发酵条件为接种量 5%, 盐浓度 3%, 白砂糖浓度 3%, 发酵温度 30 °C。分别对这 4 个主要影响因素进行单因素实验, 设 5 个梯度: 接种量 (2.5%、5.0%、7.5%、10.0%、12.5%); 白砂糖浓度 (1%、3%、5%、7%、9%); 盐浓度 (1%、2%、3%、4%、5%); 发酵温度 (20 °C、25 °C、30 °C、35 °C、37 °C)。按照上述工艺进行发酵, 待 pH 恒定后, 以发酵液的 pH 值、总酸、亚硝酸盐含量、游离氨基酸含量、粗蛋白含量以及发酵品感官评定为指标, 确定最佳单因素参数。每组试验 3 组平行, 试验结果为 3 组平行的平均值。

1.3.5 正交试验分析

根据 1.3.4 的试验结果, 采用正交试验分析, 以感官评定和总酸作为评价标准, 采用 3 水平 4 因素正交试验表 L₉(3⁴), 因素水平表见表 1 所示, 感官评分标准^[4]见表 2。每组试验 3 个平行, 试验结果为 3 组平行的平均值。

1.3.6 海带发酵过程中成分测定及感官评定

海带发酵至 pH 值恒定时结束发酵, 以 pH 计测定发酵液的 pH 值, 总酸采用滴定法进行测定^[13]、游离氨基酸采用茚三酮法测定^[14]、亚硝酸盐含量采用盐酸萘乙二胺法测定^[13]。蛋白质采用考马斯亮蓝法测定^[15]。感官评定主要参照肖欣欣文中的方法 (采取十分制)^[4]。

1.3.7 海带发酵产品的营养成分测定

按照优化后的发酵条件发酵海带, 获得的海带发酵产品置于 60 °C 的烘箱中烘至恒重, 粉碎, 过 120

目筛,以预处理的海带为对照进行相同的处理。分别测定海带发酵品中的甘露醇、粗蛋白、褐藻胶、碘、还原糖和总糖的含量。甘露醇含量采用比色法测定^[16]、褐藻胶采用醋酸钙法测定^[17]、碘采用碘量法测定^[18]、还原糖和总糖采用 DNS 法测定^[19]、蛋白质测定同 1.3.6。

1.3.8 海带发酵过程中亚硝酸盐含量的测定

海带发酵过程中每间隔 24 h 取样测定亚硝酸盐的含量,测定方法依据管世敏(2009)的方法进行^[13]。

1.3.9 数据分析

所有试验均有重复,数据以平均值±标准差表示,采用 SAS9.2 进行数据处理,数据先进行 T 检验,然后以单因素方差分析进行统计,采用 Duncan 方法进行组间比较,以 $p < 0.05$ 为统计学差异。图片绘制使用 Excel 及 origin 8.0 软件。

2 结果与分析

2.1 菌株 La10 发酵海带的单因素实验结果

通过接种量、白砂糖浓度、盐浓度、发酵温度的 5 个梯度的单因素实验,以亚硝酸盐含量、蛋白质含量、氨基酸含量、总酸、发酵液的 pH 值以及感官评定为指标,实验结果见图 1。图 1a 显示了菌株 La10 的接种量的单因素实验结果:亚硝酸盐含量、总酸、感官评定 3 个指标在各接种量中差异均不显著,粗蛋白和游离氨基酸含量随接种量增加而显著增加。当接种量为 7.5% 时,亚硝酸盐含量值最低,为 1.64 $\mu\text{g}/\text{mL}$;感官评定值最高,为 8.75。说明接种量为 7.5% 发酵的海带最安全,发酵的海带风味最好,酸甜可口(图 1a)。故确定接种量的最佳参数值为 7.5%。

图 1b 显示了白砂糖浓度的单因素实验结果:添加不同的白砂糖浓度亚硝酸盐含量的显著性差异,在白砂糖浓度为 5% 时,其值最低为 1.175,与白砂糖浓度为 7% 时差异不显著;粗蛋白含量和游离氨基酸含量均随白砂糖浓度的增加而显著增加;总酸量和感官评定数据差异不显著,然而当白砂糖浓度为 7% 时,口感最好,分值为 8.78,白砂糖浓度太高时,发酵的海带太甜,口感分值下降。所以确定白砂糖的最佳浓度为 7%。

图 1c 显示了发酵温度的单因素实验结果:亚硝酸盐含量随着发酵温度的增加而略有增加,其中在 25 $^{\circ}\text{C}$ 和 30 $^{\circ}\text{C}$ 时差异不显著。总酸量、粗蛋白含量以及游离氨基酸含量均随发酵温度变化而变化,有些差异显著。感官评定数据在各温度下差异不显著,但在 30 $^{\circ}\text{C}$ 发酵时口感最好,因此确定发酵温度为 30 $^{\circ}\text{C}$ 。

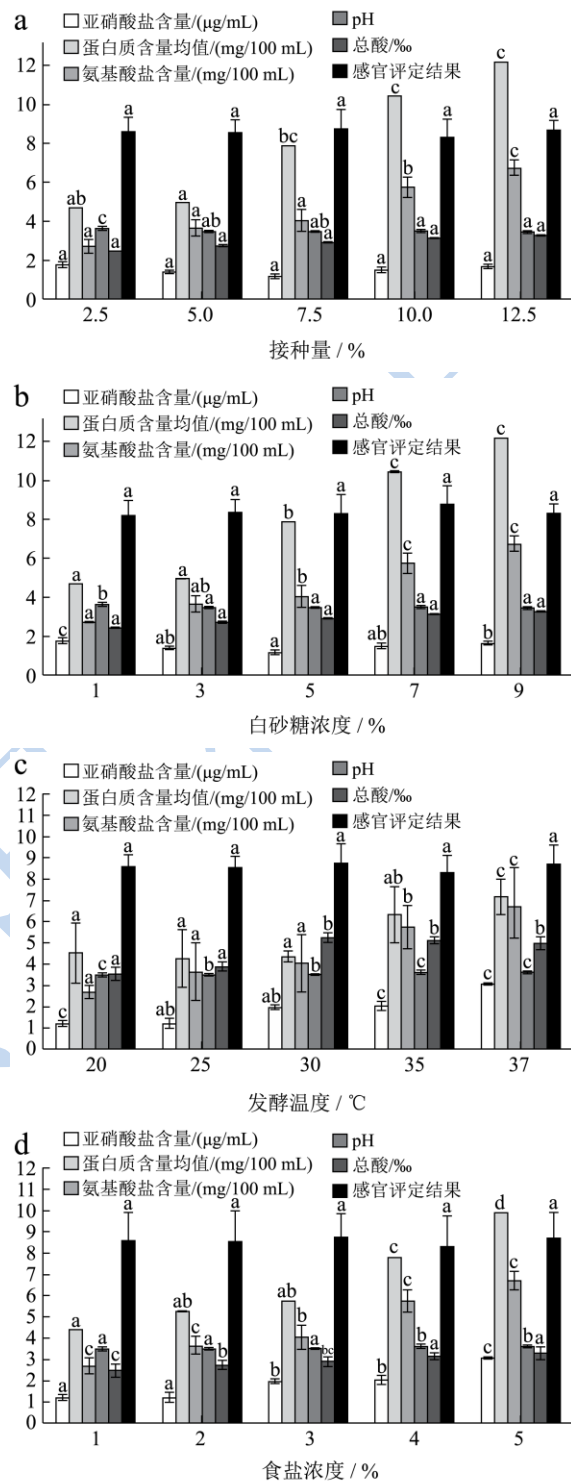


图 1 土著植物乳杆菌 La10 发酵海带的单因素试验结果

Fig.1 Effect of changes in various parameters during the fermentation of *Laminaria japonica* by indigenous *Lactobacillus plantarum* La10

注: a. La10 接种量对海带发酵的影响; b. 白砂糖浓度对海带发酵的影响; c. 发酵温度对海带发酵的影响 d. 食盐浓度对海带发酵的影响。

图 1d 显示了盐浓度单因素实验的结果:亚硝酸盐含量随着食盐浓度的增加而显著增加,但含量均很

低 (1.189~3.077 μg/mL); 总酸、粗蛋白和游离氨基酸含量均随食盐浓度的变化显示显著差异; 感官评定数据在 5 个盐浓度中虽然差异不显著, 但食盐浓度较低时, 发酵的海带较酸, 食盐浓度太高时, 发酵的海带太咸, 而当浓度为 3% 时口感最好, 感官评定值最高 7.76。所以选取食盐浓度为 3% 时, 发酵的海带风味最好, 酸甜咸可口。

2.2 海带接种 La10 纯种发酵最优条件确定

根据以上单因素试验的结果, 依据乳酸菌发酵后总酸含量往往是衡量发酵成熟度的特点以及海带发酵后的口感, 所以正交试验结果以感官评分和总酸为评定指标, 正交试验数据经过极差和方差分析结果见表 3 和表 4。表 4 结果显示, D 发酵温度的 F 比最大, 故其对海带发酵结果的影响是最大的, 但其 F 比值小于 F 临界值, 所以不是显著性地影响海带的发酵结果。综合表 3 和表 4 结果得出: 以感官评定为最终指标的海带纯种发酵影响因素由大到小依次为: D(发酵温

度)、A(接种量)、B(白砂糖浓度)、C(食盐浓度)。最优组合是 A₁B₃C₃D₁ (OC1), 即发酵温度 20 °C、接种量 5%、白砂糖浓度 9%、食盐浓度 4%。以发酵总酸含量为最终指标的海带纯种发酵的 4 个因素由大到小的关系是: D(发酵温度)、C(食盐浓度)、B(白砂糖浓度)、A(接种量), 最优组合是 A₃B₃C₁D₃ (OC2), 即发酵温度 30 °C、接种量 10%、白砂糖浓度 9%、食盐浓度 2%。

表 1 发酵海带正交试验水平因素

Table 1 Factors and levels of the orthogonal experiment

因素	接种量/%	白砂糖浓度/%	食盐浓度/%	发酵温度/°C
水平	5	5	2	20
	7.5	7	3	25
	10	9	4	30

表 2 感官评定标准

Table 2 Sensory evaluation criteria

感官项目	色泽	香气	滋味	脆度
分值/分	1.5	2.5	2.5	3.5

表 3 海带接种乳酸菌 La10 纯种发酵 L₉(3⁴) 正交试验结果

Table 3 The L₉(3⁴) orthogonal test results of *L. japonica* fermentation by lactic acid bacterium La10

试验编号	A(接种量/%)	B(白砂糖浓度/%)	C(发酵温度/%)	D(食盐浓度/°C)	感官评定	总酸(以乳酸计)/‰
1	1	1	1	1	8.511	2.139
2	1	2	2	2	8.356	2.226
3	1	3	3	3	8.344	4.201
4	2	1	2	3	6.756	4.649
5	2	2	3	1	8.056	1.528
6	2	3	1	2	7.833	2.517
7	3	1	3	2	8.056	1.804
8	3	2	1	3	6.833	4.889
9	3	3	2	1	8.500	2.124

感官 评定	K1	8.404	7.774	7.726	8.356	A ₁ B ₃ C ₃ D ₁
	K2	7.548	7.748	7.871	8.082	
	K3	7.796	8.226	8.152	7.311	
	R	0.856	0.478	0.426	1.045	

总酸	K1	2.855	2.864	3.182	1.930	A ₃ B ₃ C ₁ D ₃
	K2	2.898	2.881	3.000	2.183	
	K3	2.939	2.948	2.511	4.580	
	R	0.084	0.084	0.671	2.650	

2.3 海带发酵产品的成分分析

采用以上最佳培养条件 OC1 和 OC2 对海带进行发酵培养, 以发酵液 pH 值恒定值 (pH 3.8) 为发酵结束, 同时以没有发酵的海带为对照, 测定发酵产品和对照的主要成分结果见表 5。由表 5 可知, 两个最优

条件发酵的海带产品其粗蛋白和碘元素与对照差异均不显著, 还原糖和总糖含量均比对照显著提高, 甘露醇含量均比对照高, 但条件 OC1 与对照差异不显著, 条件 OC2 差异显著。有趣的是难吃的褐胶含量两种发酵条件均比对照显著降低, 而且发酵后去除了海带固有的腥味, 因此发酵后的海带口感比对照好。这主要

原因是植物乳杆菌发酵过程中产生的酶和代谢产物，与海带的腥味物质反应而消除，同时乳酸菌能够参与

一些特殊风味物质的形成，对腥味有一定的掩蔽作用^[20]。

表4 海带接种乳酸菌 La10 纯种发酵 L₉(3⁴) 正交试验结果的方差分析

Table 4 Variance analysis of L₉ (3⁴) orthogonal test results of *L. japonica* fermentation by lactic acid bacterium La10

因素	感官评定					总酸含量%				
	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
A接种量%	1.162	2	1.278	4.460		0.011	2	0.003	4.460	
B白砂糖浓度%	0.432	2	0.475	4.460		0.012	2	0.004	4.460	
C发酵温度%	0.282	2	0.310	4.460		0.722	2	0.213	4.460	
D食盐浓度℃	1.760	2	1.936	4.460		12.826	2	3.780	4.460	
误差	3.640	8				13.57	8			

表5 海带纯种乳酸菌 La10 发酵产品的营养成分分析

Table 5 Analysis of components of kelp (*L. japonica*) products after fermentation by strain La10

处理	甘露醇/(mg/g)	粗蛋白/(mg/g)	褐藻胶/%	碘/(mg/g)	还原糖/%	总糖/%
未发酵的海带	16.9093±0.3351 ^a	4.5985±1.0664 ^a	32.0734±1.5647 ^a	2.9914±0.6608 ^a	2.19±0.0306 ^a	10.1259±0.2499 ^a
OC1	17.3432±0.2200 ^a	3.5899±0.2351 ^a	19.6033±0.2650 ^b	2.3644±0.3256 ^a	9.15±0.2663 ^b	24.0306±0.6843 ^b
OC2	21.9305±0.1901 ^b	4.1541±0.5072 ^a	14.0109±0.5294 ^c	2.4188±0.3603 ^a	11.01±0.3051 ^c	26.4364±0.2739 ^c

注：a、b、c指5%水平下同个指标不同处理之间的显著性差异；n=3。

2.4 海带纯种发酵过程中的亚硝酸盐含量的变化

海带纯种发酵过程中的亚硝酸盐含量的变化见图2。由图2可以看出，OC1条件发酵的海带产品中亚硝酸盐在第5d出现最大值，之后递减，到发酵结束时其含量降到93.99 μg/kg。OC2条件发酵的海带产品中第4d达到高峰，之后递减，到发酵结束时其亚硝酸盐含量为71.43 μg/kg。两组条件发酵的海带产品在整个发酵过程，其亚硝酸盐的含量均远远低于国家标准（酱腌菜20mg/kg）。因此，我们可以推论，采用土著益生菌纯种发酵海带是安全的。

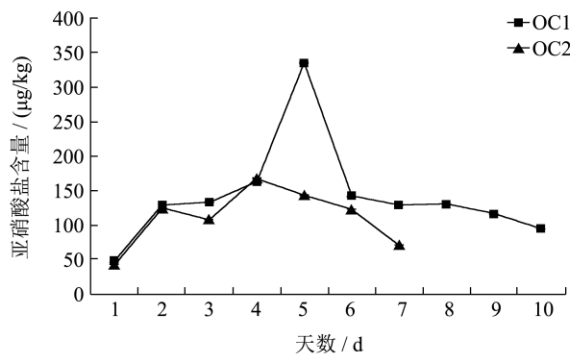


图2 海带 La10 纯种发酵过程中的亚硝酸盐含量变化

Fig.2 Changes in nitrite content during kelp (*L. japonica*) fermentation by strain La10

3 结论

本文通过接种量、白砂糖浓度、食盐浓度和发酵温度对植物乳杆菌 La10 发酵海带的单因素实验以及正交试验，得出乳酸菌发酵海带的最佳组合。以感官评定为终极指标的最优发酵条件 OC1 是：发酵温度 20℃、接种量 5%、白砂糖浓度 9%、食盐浓度 4%、发酵时间 10 d。本条件发酵的海带产品酸度较低，适合怕酸口味的人群。以发酵总酸含量为最终指标的最优发酵条件 (OC2) 是：发酵温度 30℃、接种量 10%、白砂糖浓度 9%、食盐浓度 2%，发酵时间 7 d。该条件发酵的海带产品比较酸，适合偏酸口味的人群。以植物乳杆菌 La10 发酵海带，在整个发酵过程中的亚硝酸含量均在较低的水平，远远低于自然发酵中的亚硝酸盐含量，也远远低于国家标准中所规定的亚硝酸盐含量不能超过 20 mg/kg（酱腌菜类）的含量。

参考文献

[1] 胡志和,韩宝丽,贾嘉,等.富含海带多糖的乳酸发酵饮料的研究[J].食品科学,2007,9:364-368
 HU Zhi-he, HAN Bao-li, JIA Jia, et al. Lactic fermentation beverage enriched high-concentration kelp polysaccharide [J]. Food Science, 2007, 9: 364-368

[2] 滕瑜,刘从力,张双灵,等.海带加工产业化的可持续性发展概述[J].保鲜与加工,2012,3:47-50
 TENG Yu, LIU Cong-li, ZHANG Shuang-ling, et al. Overview on the sustainable development of laminaria japonica processing industrialization [J]. Preservation and Processing, 2012, 3: 47-50

- [3] 赵祥忠,张磊,曲淑霞,等.不同发酵方式生产海带泡菜的研究[J].食品科技,2012,6:138-140
ZHAO Xiang-zhong, ZHANG Lei, QU Shu-xia, et al. Different fermentation on producing the kelp pickles [J]. Food Science and Technology, 2012, 6: 138-140
- [4] 肖欣欣.海带乳酸发酵制品的研制及贮藏期间菌相变化的研究[D].福建农林大学,2012
XIAO Xin-xin. Development of fermentation kelp product by lactic acid and its changes of microbial flora during storage [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2012
- [5] Pavlovic N, Stankov K, Mikov M. Probiotics-interactions with bile acids and impact on cholesterol metabolism [J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2012, 168: 1880-1895
- [6] Bordoni A, Amaretti A, Leonardi A, et al. Cholesterol-lowering probiotics: in vitro selection and in vivo testing of Bifidobacteria [J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2013, 97: 8273-8281
- [7] Gudrun Wolf EKAU. Heme-dependent and heme-independent nitrite reduction by lactic acid bacteria results in different N-containing products [J]. International Journal of Food Microbiology. 1990, 3(10): 323-329
- [8] Yan P, Xue W, Tan S, et al. Effect of inoculating lactic acid bacteria starter cultures on the nitrite concentration of fermenting Chinese paocai [J]. Food Control, 2008, 19(1): 50-55
- [9] 张庆芳,迟乃玉,郑学仿,等.短乳杆菌(Lactobacillus brevis)去除亚硝酸盐的研究[J].微生物学通报,2004,2:55-60
ZHANG Qing-fang, CHI Nai-yu, ZHENG Xue-fang, et al. Removal of nitrite by lactobacillus brevis [J]. Bulletin of Microbiology, 2004, 2: 55-60
- [10] Gardner NJ, Savard T, Obermeier P, et al.. Selection and characterization of mixed starter cultures for lactic acid fermentation of carrot, cabbage, beet and onion vegetable mixtures [J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 64(3): 261-275
- [11] Lee J, Heo G, Lee J W, et al.. Analysis of kimchi microflora using denaturing gradient gel electrophoresis [J]. International Journal of Food Microbiology, 2005, 102(2): 143-150
- [12] 储炫,郭丽琼,叶志伟,等.海带源降亚硝酸盐和胆固醇益生乳酸菌的筛选与鉴定[J].食品工业科技,2015,3
CHU Xuan, GUO Li-qiong, YE Zhi-wei, et al. Screening and identification of lactic acid bacteria with reduction of nitrite and cholesterol from kelp [J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 3
- [13] 管世敏. 降解亚硝酸盐乳酸菌的分离筛选及其在泡菜发酵中的应用研究[D].上海:上海师范大学,2009
GUAN Shi-min. Isolation and screening of nitrite degrading lactic acid bacteria and its application in the fermentation of pickled cabbage [D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2009
- [14] 胡明方,王光慈.食品分析[M].西安:西南师范大学出版社,1993
HU Ming-fang, WANG Guang-ci. Food analysis [M]. Xian: Southwestern Normal University press, 1993
- [15] 吴凤娜.海带蛋白提取及理化性质研究[D].济南:山东轻工业学院,2012
WU Feng-na. Protein extraction from kelp and its physicochemical properties [D]. Jinan: Shandong Light Industries College, 2012
- [16] 薛俊杰.北冬虫夏草主要有效成分的含量测定研究[D].南京:南京农业大学,2012
XUE Jun-jie. The determination of main effective components of cordyceps [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012
- [17] 尚德荣,宁劲松,赵艳芳,等.海带中褐藻胶含量测定方法的建立[J].食品科技,2011,36(8):252-254
SHANG De-rong, NING Jing-song, ZHAO Yan-fang, et al. The establishment of method for the kelp alginate determination [J]. Food Science and Technology, 2011, 36(8): 252-254
- [18] 邱小香.碘量法测定海带中碘的含量[J].信阳农业高等专科学校学报,2010,20(1):120-121
QIU Xiao-xiang. Determination of the content of iodine in the kelp with iodimetry [J]. Journal of Xinyang Agricultural College, 2010, 20 (1): 120-121
- [19] 魏炳栋,陈群,于秀芳,等.乳酸菌发酵豆粕、菜籽粕和棉籽粕过程中总糖和还原糖含量变化的研究[J].吉林畜牧兽医,2010,31(2):47-49
WEI Bing-dong, CHEN Qun, YU Xiu-fang, et al. Changes of water-soluble total sugar and reducing sugar in lactic acid bacteria fermentation sbm, rape-seed meal and cottonseed meal [J]. Journal of Jilin animal husbandry and veterinary. 2010, 31(2): 47-49
- [20] Van Kranenburg R, Kleerebezem M, van Hylckama Vlieg J, et al. Flavour formation from amino acids by lactic acid bacteria: Predictions from genome sequence analysis [J]. International Dairy Journal, 2002, 12(2): 111-121