

乳酸菌对低盐腌制榨菜理化性质及风味成分的影响

高世阳¹, 孙志栋², 杜新勇¹, 何国庆¹

(1. 浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江省微生物重点实验室, 浙江杭州 310058)

(2. 宁波市农业科学研究院, 浙江宁波 315040)

摘要: 为了获得一种更为安全健康的榨菜腌制方法, 以乳酸菌(植物乳杆菌)为发酵剂在低盐条件下接种腌制榨菜。对一次接种、分次接种低盐腌制榨菜以及传统高盐腌制榨菜腌制过程中的 pH 值、乳酸菌数、亚硝酸盐含量, 以及最终榨菜产品的氨基态氮含量以及风味物质成分进行了测定。分次接种和一次接种相对于对照组, 在初腌阶段, 可以迅速降低 pH 到 4 以下, 增加乳酸菌数达到 10^8 cfu/mL, 促使亚硝酸盐峰值提前 4~6 d 出现, 亚硝酸盐峰值仅为 $1 \mu\text{g/mL}$; 而复腌时分次接种可以维持腌制后期卤水 pH 为 3.6~3.8, 乳酸菌数保持稳定, 并能再次降低亚硝酸盐峰值低于 $0.3 \mu\text{g/mL}$ 。氨基态氮含量的测定结果也表明接种乳酸菌腌制榨菜多于对照组; GC-MS 测定风味物质, 接种榨菜风味成分优于对照组, 而分次接种腌制榨菜更优于一次接种腌制榨菜。

关键词: 乳酸菌; 榨菜; 酸度; 亚硝酸盐; 风味

文章编号: 1673-9078(2013)11-2663-2668

Physicochemical Properties and Flavor components of Low-Salt Pickle Inoculated with *Lactic Acid Bacteria*

GAO Shi-yang¹, SUN Zhi-dong², DU Xin-yong¹, HE Guo-qing¹

(1. Zhejiang University, Biosystem Engineering and Food Science School, 388 Yuhangtang Road, Zhejiang 310058, China)

(2. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315040, China)

Abstract: In order to get a more healthy and safe pickle, lactic acid bacteria (LAB) was inoculated in the pickle-preparation process under low salt condition. The pH, the number of LAB, and the nitrite content in the pickle progress, as well as the amino nitrogen content and the flavor components of the final products were determined when adopting different processing methods including one inoculation, multiple inoculation and the traditional high salt pickling process. The results showed that, at primary pickle stage, pH values of the pickle inoculated only once and inoculated by several times quickly reduced to 4 or less than 4, and the number of lactic acid bacteria reached to 10^8 cfu/mL. The nitrite peak value ($1 \mu\text{g/mL}$) appeared 4~6 days earlier than that of the control. During the repeat pickle process, the pickle inoculated by several times showed a constant pH range of 3.6~3.8, stable number of LAB and the lower nitrite peak value below $0.3 \mu\text{g/mL}$ at the post period. The pickle inoculated with LAB had more amino nitrogen content and flavor components than the control group, and multiple inoculation process was better than one inoculation for achieving better quality of the product.

Key words: *lactic acid bacteria*; Zhacai; pH; nitrite; amino nitrogen; flavor

榨菜是一种中国传统的腌渍蔬菜, 在我国有着悠久的历史。榨菜以其脆嫩爽口, 风味鲜美成为人们日常佐餐的佳品。乳酸菌作为一种益生菌早已得到认可, 并且已经应用到一些快速发酵蔬菜生产上, 而榨菜后熟阶段的优势菌落是乳酸菌, 利用乳酸菌进行接种发酵蔬菜, 提高蔬菜品质的研究成为近些年的热点^[1]。

榨菜腌制过程中影响其品质及安全性的理化指标

收稿日期: 2013-07-02

基金项目: 农业科技成果转化资金项目(2011GB2C220002); 国家自然科学基金(31130042)

通讯作者: 何国庆教授

有酸度、亚硝酸盐浓度、氨基态氮含量以及菌落数目变化。榨菜在腌制过程中产酸速率影响榨菜中腐败菌的生长和腌制速度, 产酸速度越快, 对榨菜中腐败菌的抑制效果越好^[2]。榨菜在腌制过程中一些有害微生物能将榨菜中含有的硝酸盐转化为亚硝酸盐, 这些亚硝酸盐容易与卤水中的游离氨基酸反应生成有致癌性的亚硝胺, 因此, 抑制腌制过程中亚硝酸盐含量一直是榨菜腌制中的关键环节。氨基态氮含量与最终风味以及营养流失有关。榨菜腌制过程的后熟阶段以及榨菜特殊香气的形成是有益微生物(主要是乳酸菌)作用的结果, 榨菜中乳酸菌数的变化, 也可以反映榨菜腌制过程的好坏。当前榨菜的腌制有自然发酵和人

工接种发酵两种方式,自然发酵采用高加盐量;人工接种发酵则采用低盐并接种乳酸菌进行发酵。部分学者的研究已经表明,人工接种发酵要明显优于传统的自然发酵,接种发酵具有减少食盐使用量、降低亚硝酸盐含量、增加酸度、抑制杂菌和提高榨菜品质等优点^[3]。

余姚地区榨菜的腌制方式为两次加盐腌制,而目前的研究集中于纯种接种量或混合接种比例对榨菜的影响两个方面,且都采用一次接种,尚无分次接种乳酸菌对榨菜腌制过程的研究。但是,榨菜腌制周期长,容易导致腌制后期pH回升、乳酸菌数量下降、亚硝酸盐峰值偏高,甚至出现腐败,因此有必要复腌时进行二次接种改善腌制。本研究利用植物乳杆菌发酵剂在低盐条件下进行分次人工接种,测定和分析腌制过程中酸度、亚硝酸盐、氨基态氮、盐度、乳酸菌数的动态变化,为进一步优化人工接种发酵榨菜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

鲜菜头、腌制用盐:余姚市铜钱桥食品菜业有限公司提供;植物乳杆菌发酵剂:四川高福记生物科技有限公司提供“泡乐美”菌粉(10^7 cfu/g)。

1.2 主要实验仪器

DFT-250型粉碎机,温岭市林大机械公司;电子天平,北京赛多利斯科学仪器公司;pHS-25数显pH计;Spectrum紫外分光光度计,上海光谱仪器有限公司;酸碱滴定管(50 mL);SW-CJ-1D型无菌操作台,素洁净化设备有限公司;YQX-2型厌氧培养箱,上海新苗医疗器械制造有限公司;气相色谱/质谱联用仪(Agilent 6890/5975),安捷伦公司

1.3 榨菜腌制工艺



选料:挑选组织鲜嫩、致密、皮薄、粗纤维少,没有黑心、烂心、黄心,形状呈圆球形或椭圆形的菜头;剥菜:剥除菜头基部的粗老皮和筋,不伤及上部青皮;清洗:在流动水中洗净榨菜上沾有的泥土;初腌:采用层层撒盐的方式,一层菜头一层盐;人工接种:发酵剂经过37℃温水活化后加入腌制桶;复腌:补加剩下的腌制用盐。

表1 试验设计表

Table 1 Design of the experiment

		一次接种组	分次接种组	对照组
加盐量	初腌	5%	5%	5%
	复腌	3%	3%	5%
接种量	初腌	5‰	3‰	0
	复腌	0	2‰	0

注:加盐量和接种量均为鲜菜头的质量的百分数和千分数。

1.4 测定方法

1.4.1 样品处理方法

腌制中的榨菜,将其切碎混匀,将切碎的样品用四分法取适量,用食物粉碎机制成匀浆备用。

1.4.2 酸度测定方法

pH计法:用pHS-25数显pH计直接测定腌制卤水。

1.4.3 亚硝酸盐测定方法^[4]

盐酸萘乙二胺法:称取5 g制成匀浆的试样,置于50 mL烧杯中,加12.5 mL饱和硼砂溶液,搅拌均匀,以70℃左右的水约300 mL将试样洗入500 mL容量瓶中,于沸水浴中加热15 min,取出置冷水浴中冷却,并放置至室温,加入5 mL亚铁氰化钾溶液,摇匀,再加入5 mL乙酸锌溶液,以沉淀蛋白质。加水至刻度,摇匀,放置30 min,除去上层脂肪,上清液用滤纸过滤,弃去初滤液30 mL,滤液备用。

测定时,吸取40.0 mL上述滤液于50 mL带塞比色管中,另吸取0.00 mL、0.20 mL、0.40 mL、0.60 mL、0.80 mL亚硝酸钠标准使用液(相当于0.0 μg、1.0 μg、2.0 μg、3.0 μg、4.0 μg亚硝酸钠),分别置于50 mL带塞比色管中。于标准管与试样管中分别加入2 mL对氨基苯磺酸溶液,混匀,静置3 min~5 min后各加入1 mL盐酸萘乙二胺溶液,加水至刻度,混匀,静置15 min,用2 cm比色杯,以零管调节零点,于波长538 nm测吸光度,绘制标准曲线比较。同时做试剂空白。

1.4.4 氨基态氮测定方法^[5]

甲醛法:吸取5.0 mL匀浆,置于100 mL容量瓶中,加水至刻度,混匀后吸取20.0 mL,置于200 mL烧杯中,加60 mL水,开动磁力搅拌器,用氢氧化钠标准溶液($c(\text{NaOH})=0.050$ mol/L)滴定至酸度计指示pH 8.2,加入10.0 mL甲醛溶液,混匀。再用氢氧化钠标准滴定溶液(0.05 mol/L)继续滴定至pH 9.2,记下消耗氢氧化钠标准滴定溶液(0.05 mol/L)的毫升数。同时取80 mL水,先用氢氧化钠溶液(0.05 mol/L)调节至pH为8.2,再加入10.0 mL甲醛溶液,用氢氧化钠标准滴定溶液(0.05 mol/L)滴定至pH 9.2,同时做试剂空白试验。

1.4.5 乳酸菌计数法

划线平板法：以MRS培养基为基础培养基，采用梯度稀释平板法计数。将卤水用生理盐水稀释为 10^5 、 10^6 、 10^7 、 10^8 个梯度在 $37\text{ }^\circ\text{C}$ 下厌氧培养24 h，选取菌落数在30~300之间的平板计数，每个实验组平行三次，计算平均值。

1.4.6 同时蒸馏萃取法(SDE)提取榨菜挥发性组分

称取榨菜样品100 g，置于1000 mL的蒸馏烧瓶中，加入200 mL去离子水，置于SDE装置的一端，于250 mL的蒸馏烧瓶中加入二氯甲烷50 mL，置于SDE装置的另一端。样品液用套式恒温器加热，保持微沸状态，二氯甲烷端于 $40\text{ }^\circ\text{C}$ 水浴中加热连续蒸馏萃取2 h。萃取液置于一 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱中加入无水硫酸钠，脱水干燥一昼夜，过滤后用旋转蒸发器浓缩至2 mL，得到挥发性组分浓缩液，供GC/MS分析。

1.4.7 气相色谱-质谱联用测定条件

气相色谱条件：

升温程序： $60\text{ }^\circ\text{C}$ 保持5 min，以 $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 升至 $200\text{ }^\circ\text{C}$ ，保持5 min；进样量 $1\text{ }\mu\text{L}$ ；载气：He；气化室温度： $200\text{ }^\circ\text{C}$ ；分流比40:1。色谱柱：DB-5MS石英毛细管柱($30\text{ m}\times 0.25\text{ mm}$ ， $0.25\text{ }\mu\text{m}$)。

质谱条件：

离子化方式：EI离子源；GC/MS接口温度： $200\text{ }^\circ\text{C}$ ；离子源温度： $200\text{ }^\circ\text{C}$ ；电子能量： 70 eV ；发射电流： $60\text{ }\mu\text{A}$ ；电子倍增器电压： 900 V ；质量扫描范围： $20\sim 500\text{ u}$ 。

1.5 数据分析

利用SPSS 16.0和Excel 2010软件进行数据统计分析及作图，差异显著性($P<0.05$)用不同的英文字母(a/b)表示。

2 结果与分析

2.1 腌制榨菜卤水中乳酸菌数变化

从图1可以看出，腌制开始后，接种组乳酸菌数增长速度明显高于对照组，乳酸菌经过对数生长期后迅速进入稳定期，乳酸菌数接近 10^8 cfu/mL 。但初腌14 d后，接种组中乳酸菌出现了下降趋势，主要是由于榨菜腌制时间长，卤水中营养物质减少，乳酸菌进入了衰亡期而导致。复腌时，二次接种组乳酸菌数有所增加，腌制后期可以稳定在 10^7 cfu/mL ；而一次接种组乳酸菌数则继续减少，只能达到 10^6 cfu/mL ；对照组在整个腌制过程中菌数增长缓慢，一个月后，乳

酸菌数只能达到 10^5 cfu/mL 。乳酸菌是榨菜后熟阶段的关键微生物，菌数上的优势可以加快榨菜后熟的完成。而二次接种后的榨菜后期可以保持乳酸菌数在 10^7 cfu/mL ，有利于加快榨菜腌制过程。

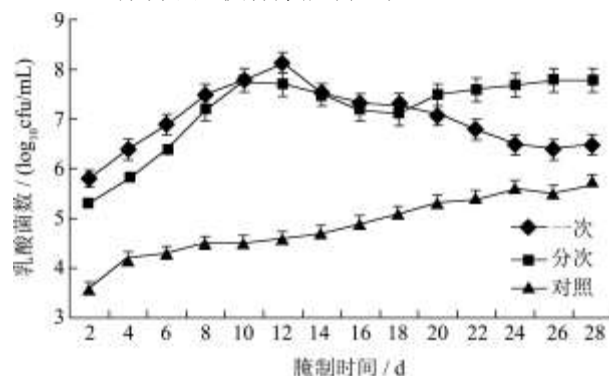


图1 榨菜腌制过程中乳酸菌数变化

Fig.1 Change of LAC in the pickled process of Zhacai

2.2 腌制榨菜卤水pH变化

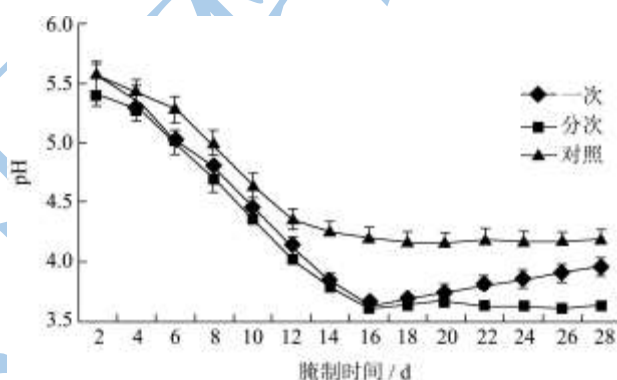


图2 腌制榨菜卤水pH变化

Fig.2 Change of pH in the pickled process of Zhacai

由图2可见，腌制初期，乳酸菌产酸作用强，接种组pH下降速度快于对照组，腌制第10 d后pH可以达到4以下，而对照组的pH值在20 d后才能达到4以下，不过初腌后期接种组的pH有所回升，分析原因与同时期乳酸菌数降低导致酸度下降有关，刘璞等人^[6]的研究也有相似的情况出现。酸度降低容易导致腐败菌滋生，不利于腌制安全。图2中分次接种组的pH变化显示，复腌接种后pH值可以相对稳定地维持在3.6~3.8之间，一定程度上保证了榨菜后熟过程的安全。

2.3 腌制榨菜的亚硝酸盐含量变化

从图3中可见，腌制初期，接种组与对照组的亚硝酸盐含量均呈上升趋势，并且随后都有亚硝酸盐峰值出现，燕平梅等人^[7]对发酵蔬菜的研究也说明腌制过程会出现亚硝酸盐峰值。但接种组初腌时亚硝酸盐峰值比自然发酵组出现提前2~3 d，并且峰值远低于

对照组的亚硝酸盐峰值。榨菜腌制过程中生成的亚硝酸盐容易和生物胺结合产生致癌物亚硝胺，乳酸菌的介入可以有效的减少生物胺和亚硝酸盐含量^[8]。张庆芳^[9]的研究说明 pH 4 以下可以有效控制亚硝酸盐的产生，接种组在腌制初期 pH 快速降低到 4 以下抑制了亚硝酸盐的生成。图 3 还说明复腌时，各组仍然有亚硝酸盐峰值的出现，但是，分次接种组的亚硝酸盐要明显低于另外两组，乳酸菌能产生部分亚硝酸盐还原酶^[10]，分次接种组后期乳酸菌数含量高，乳酸菌使亚硝酸盐控制在较低水平。

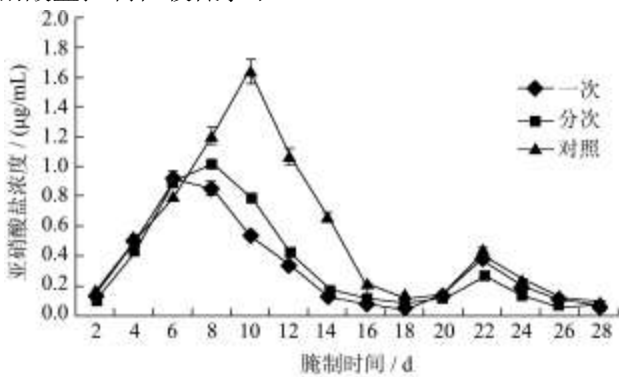


图3 榨菜腌制过程亚硝酸盐含量变化

Fig.3 Change of nitrite content in the pickled process of Zhacai

2.4 腌制榨菜氨基态氮含量

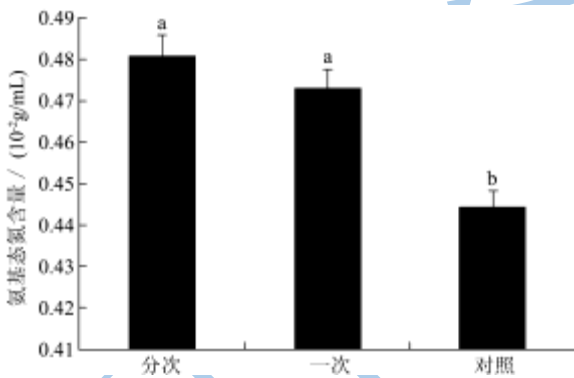


图4 腌制榨菜的氨基态氮含量

Fig.4 The amino nitrogen content of Zhacai

氨基态氮含量的多少影响榨菜的鲜味和香气，从图4可以看出，接种组的氨基态氮含量均高于对照组的氨基态氮含量，而分次接种组氨基态氮含量还要略高于一次接种组的氨基态氮含量，氨基态氮含量主要来自榨菜中蛋白分解，高浓度的乳酸菌有利于蛋白分解，产生更多量游离氨基态氮。

2.5 腌制榨菜风味成分

从表2中可以看出，共检测出48种物质，醇类6种、酯类16种、酸类4种、醛类6种、酚类2种、烷类7种、酮类2种、醚类1种，其他类物质4种；其中三组榨菜相

对含量均较高的物质有：对丙烯基茴香醚、含硫化物、异硫氰酸烯丙酯、十六酸、邻苯二甲酸丁基十一烷基二酯、亚油酸乙酯和亚麻酸乙酯，这些物质应为榨菜的主要风味成分。

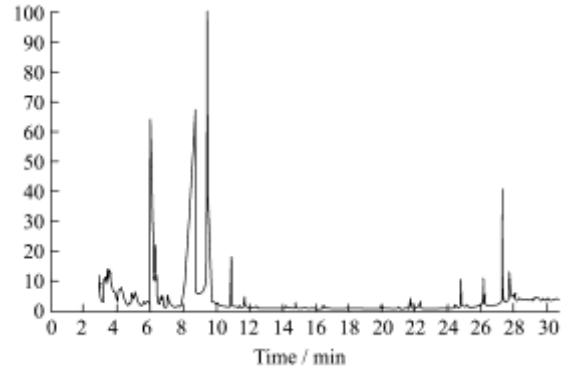


图5 对照组榨菜风味物质

Fig.5 Flavor components of the control group of Zhacai

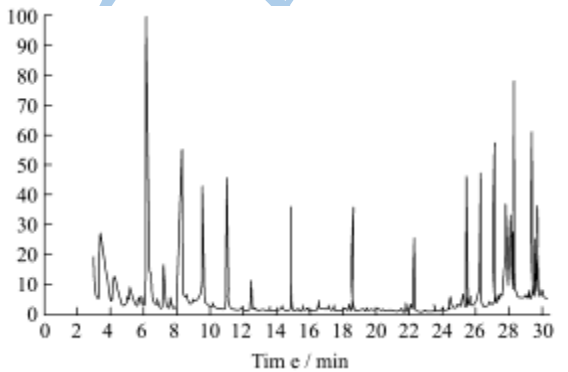


图6 一次接种组榨菜风味物质

Fig.6 Flavor components of the one inoculation of Zhacai

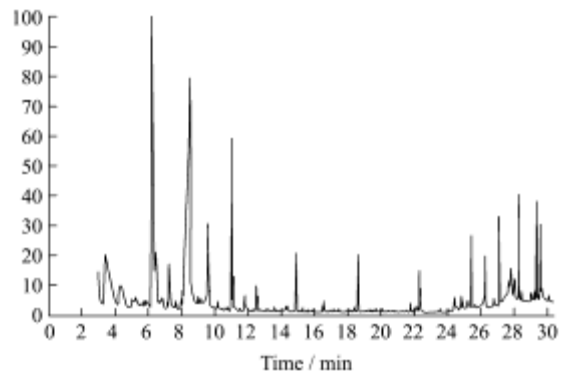


图7 分次接种组榨菜风味物质

Fig.7 Flavor components of the multiple inoculation of Zhacai

表2 榨菜挥发性风味成分表

Table 2 The volatile flavor components of Zhacai

序号	保留时间/min	物质名称	相对含量/%		
			一次	分次	对照组
1	3.39	2-乙基-1-丁醇	0.32	0.18	0.23
2	3.57	丙烯基二醇	0.11	-	1.19
3	3.69	二甲基二硫	0.32	0.35	0.13

转下页

接上页

4	4.28	吡啶	2.43	2.95	2.34	43	26.83	E,E-2,13-十八碳二烯-1-醛	1.22	0.98	2.06
5	5.21	戊酸	4.05	3.87	3.94	44	27.06	11,14,17-二十碳三烯酸甲酯	1.01	0.76	1.54
6	5.52	己酸	2.01	2.76	1.83	45	27.11	13-十七碳炔-1-醇	0.42	0.22	0.66
7	5.72	糠醛	1.24	1.81	1.65	46	27.37	亚油酸乙酯	7.43	7.89	8.56
8	5.86	3-甲基丁酸	1.03	1.96	-	47	27.81	亚麻酸乙酯	7.32	6.84	7.64
9	6.18	乙酸-2-乙基己酯	2.01	2.22	-	48	29.38	乙酸十八酯	1.54	0.95	1.32
10	6.37	3-咪喃甲醇	0.11	-	0.56	对照组共检测出41种物质，醇类6种、酯类12种、酸类3种、醛类4种、酚类2种、烷类7种、酮类2种、醚类1种，其他类物质4种；一次接种组共检测出47种物质，醇类6种、酯类15种、酸类4种、醛类6种、酚类2种、烷类7种、酮类2种、醚类1种，其他类物质4种；分次接种组共检出45种物质，醇类3种、酯类16种、酸类4种、醛类6种、酚类2种、烷类7种、酮类2种、醚类1种，其他类物质4种。接种组于对照组，酚类化合物和醛类化合物以及酸类化合物要明显多于对照组，酚类和醛类是榨菜风味的主要影响化合物 ^[1] ，酚类和醛类可以赋予榨菜较好的优良的发酵风味 ^[2] 。另一方面，感官嗅觉分析也可以明显感觉接种组在香气香味上要强于对照组。					
11	6.59	异硫氰酸环丙酯	0.44	0.82	0.63						
12	7.20	异硫氰酸烯丙酯	13.34	14.13	13.63						
13	8.81	乙酸异丙酯	0.92	1.23	1.02						
14	9.54	二甲基三硫	2.89	3.22	3.20						
15	11.01	苯酚	0.12	0.16	0.43						
16	12.50	扁桃酸乙酯	0.46	0.73	-						
17	13.56	苯乙醛	1.01	0.76	0.51						
18	14.89	4-乙基苯甲醛	0.86	0.75	-						
19	16.54	苯乙醇	0.43	0.39	0.91						
20	16.90	2-丙酮环己酮	0.22	0.25	0.18						
21	17.21	二甲基四硫	1.54	1.32	1.43						
22	17.91	苯乙酮	0.34	0.29	0.22						
23	18.34	戊酸苯甲酯	0.45	0.78	-						
24	18.62	顺式-5-甲基-2-异丙基-己烯-1-醛	1.53	1.63	-						
25	21.83	对丙烯基茴香醚	13.98	14.12	13.13						
26	22.30	异硫氰酸苜蓿酯	3.87	3.54	3.64						
27	23.54	6-乙基十一烷	0.88	0.75	0.67						
28	23.82	2,5-二甲基十一烷	0.98	1.21	1.06						
29	24.13	西诺沙酯	-	0.22	-						
30	24.54	4-(2-丙烯基苯酚)	0.64	1.01	0.75						
31	24.73	十四烷	0.26	0.22	0.63						
32	24.89	2, 7,10-三甲基十二烷	1.21	1.01	1.32						
33	25.01	2-十四醇	0.11	-	0.24						
34	25.13	3-(4-甲氧苯基)-2-丙烯酸乙酯	1.53	1.08	1.19						
35	25.22	十八烷	0.34	0.22	0.55						
36	25.29	2,6,10,14-四甲基十六烷	1.22	0.67	1.23						
37	25.35	二十烷	0.20	0.15	0.32						
38	25.38	十六酸甲酯	0.83	0.31	0.27						
39	25.44	十六酸	6.67	6.21	7.54						
40	25.65	十六酸乙酯	2.84	2.12	3.13						
41	26.02	8-十八碳烯醛	1.43	1.11	1.99						
42	26.26	邻苯二甲酸丁基十一烷基二酯	4.63	4.94	5.23						

3 结论

测定低盐条件下接种乳酸菌腌制榨菜理化变化及风味成分，通过与传统高盐腌制方法进行比较可以得到：初腌时，接种乳酸菌榨菜酸度下降快于传统腌制方法，10 d后 pH可低于4；接种组乳酸菌数要高于对照组，一次接种后期可达到 10^6 cfu/mL，而分次接种可达到 10^7 cfu/mL；接种组较对照组提前 2~3 d 出现亚硝酸盐峰值，而且峰值显著低于对照组。复腌时，分次接种组比一次接种组在腌制后期 pH 维持更加稳定，能够很好的减缓乳酸菌数下降的趋势，并且复腌亚硝酸盐峰值低于一次接种和对照组。腌制完成后，接种组的氨基态氮含量高于对照组，而分次接种组要高于一次接种组。对榨菜风味成分的 GC-MS 分析结果也说明，接种组榨菜风味物质种类明显多于对照组，香味香气比传统高盐腌制榨菜更加浓郁。

参考文献

- [1] Trichopoulou S, Soukara S, Vasilopoulou E. Traditional foods: A science and society perspective [J]. Trends in Food Science and Technology, 2007,18: 420-427
- [2] 张锐,吴祖芳,沈锡权,等.榨菜低盐腌制过程的微生物群落结构与动态分析[J].中国食品学报,2011,11(3):175-180
Zhang R, Wu Z F, Shen X Q, et al. Microbial Community

- Structure and Its Dynamic Analysis during the Processing of Low-salinity Pickled Mustard Tuber [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2011, 11(3): 175-180
- [3] 吴祖芳,刘璞,翁佩芳.榨菜加工中乳酸菌技术的应用及研究进展[J].食品与发酵工业,2005,31(8):73-76
Wu Z F, Liu P, Weng P F Key Technologies and Development of Lactic Acid Bacteria Application in Pickled Mustard Tuber Processing [J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 31(8): 73-76
- [4] GB/T 5009.33-2003,食品中亚硝酸盐和硝酸盐的测定
GB/T 5009.33-2003, The Determination of Nitrite and Nitrate of Food
- [5] GB/T 5009.39-2003,酱油卫生标准的分析方法
GB/T 5009.39-2003, The Analysis Method of the Health Standard for Soy Sauce
- [6] 刘璞,翁佩芳,吴祖芳.新型发酵蔬菜制品乳酸菌发酵剂的筛选研究[J].《宁波大学学报(理工版)》,2006,3(19):316-320
Liu P, Weng P F, Wu Z F. Screening *Lactic Acid Bacteria* Starter for New Type of Fermented Vegetable Products [J]. Journal of Ningbo University (Natural Science & Engineering Edition), 2006, 3 (19): 316-320
- [7] 燕平梅,薛文通,张惠.纯种发酵技术对发酵甘蓝中亚硝酸盐含量的影响[J].中国农业大学学报,2007,12(3):70-74
Yan P M, Xue W T, Zhang H. Effect of starter cultures on nitrite concentration of fermenting Chinese cabbage [J]. Journal of China Agricultural University, 2007, 12(3): 70-74
- [8] Mohamed A Rabie, Hassan Siliha, Soher el-Saidy, et al. Reduced biogenic amine contents in sauerkraut via addition of selected lactic acid bacteria [J]. Food Chemistry, 2011, 129(9): 1778-1782
- [9] He S L, Li B, Ji B.P. Study on nitrate reductase activity during the fermentation of pickled vegetable [J]. Chinese Food Technol., 2005, 1: 94-97
- [10] 董硕,迟乃玉,张庆芳.氯化钠对乳酸菌降解亚硝酸盐的影响[J].中国酿造,2010,7:103-105
Dong S, Chi N Y, Zhang Q F. Effects of NaCl on Nitrite Decomposed by *Lactobacillus* [J]. China Brewing, 2010, 7: 103-105
- [11] Zhao D, Tang J, Ding X. Analysis of volatile components during potherb mustard (*Brassica juncea*, Coss.) pickle fermentation using SPME-GC-MS [J]. LWT-Food Science and Technology, 2007, 40: 439-447
- [12] Ming-Chun Liu, Zheng-Guo Li, Wei Deng, et al. Changes in volatile compounds of pickled mustard tuber (*Brassicajuncea* var. *tsatsai*) during the pickling process [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(7): 2278-2286