

浆水芹菜自然和接种发酵过程中有机酸的变化

何 玲¹, 杨 公 明²

(1. 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 华南农业大学 食品学院, 广东 广州 510642)

摘 要:以芹菜为原料, 选用自然和接种发酵处理, 测定发酵后有机酸的变化。结果表明: 敞口发酵含有酒石酸, 并且醋酸含量高; 密闭发酵不产生酒石酸而含有苹果酸, 醋酸含量低; 接种发酵与自然发酵相比, 发酵速度快, 产生的酸含量高, 但产醋酸少。

关键词:浆水芹菜; 自然发酵; 接种发酵; 有机酸

中图分类号:S 636.309⁺3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)04-0179-03

蔬菜发酵是一类冷加工方法, 一定的盐浓度和酸度可以有效地保存发酵蔬菜。发酵蔬菜其因制作工艺不同在国内外各具特色。国外具有代表性的是韩国和日本的泡菜、欧洲酸菜。韩国泡菜是一种以蔬菜为主要原料, 各种水果、海鲜及肉类为配料的发酵食品^[1-2]。日本泡菜是以糠秕和盐制作的^[3]。日本泡菜与韩国泡菜相比辛辣味和咸味都淡, 以酸甜为主。欧洲酸菜以圆白菜、黄瓜和橄榄为主。

浆水菜, 一般以芹菜为原料, 是我国西北地区, 如陕西、甘肃等地的一种传统发酵蔬菜, 口味酸醇、清香, 且其浆水营养丰富, 具有调中引气、开胃止渴、解烦去困、调理脏腑、利小便和降血压等功效。据报道, 用浆水配合药物, 还可治疗烧伤病人^[4-5]。将洗净的蔬菜切成条, 用开水焯一下, 放在干净的坛子里。加面汤(可以是煮过面条的汤, 也可以是水中加入一定量面粉煮制而成)发酵而成, 其中以浆水芹菜为上品。

蔬菜经乳酸菌发酵后, 能使蛋白质、脂肪和糖类分解为人体更易吸收的预消化状态。钙和铁是不易吸收的元素, 发酵蔬菜中富含维生素 C、有机酸(柠檬酸、苹果酸、乳酸等)、含硫氨基酸等有助于消化的因子, 可提高钙和铁的体内吸收率。乳酸可降低肠道内的 pH 值, 抑制有害微生物的生长繁殖^[6-7]。

浆水芹菜中的有机酸主要包括醋酸、乳酸、柠檬酸、琥珀酸。有机酸的种类、浓度, 调节着酸碱平衡, 影响浆水芹菜的口感及生物稳定性。现以旱芹原料加面汤进行自然和接种发酵, 采用高效液相色谱法对浆水芹

菜发酵过程中有机酸进行分析, 研究发酵过程中各种有机酸的变化趋势, 为其工业化生产奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

芹菜: 陕西杨凌当地产成熟期日本实心西芹, 去叶备用; 面汤: 面粉: 水=1:20(m/m)煮制 4 min 制成; 菌种: L₁(明串珠菌 *L. mesenteroides*)、L₂(短乳杆菌 *L. brevis*)、L₃(植物乳杆菌 *L. plantarum*)和 L₄(发酵乳杆菌 *L. fermentum*)从传统浆水中分离并鉴定。

1.2 试验仪器

泡菜坛、隔水式恒温培养箱、ZSD-1270 生化培养箱、光学显微镜、DL-CJ-2N 医用型超净工作台、TOMSS-325 型全自动杀菌釜、PB303-M 电子天平、PB-21 pH 计、冷凝回流装置、U-1800 紫外分光光度计、恒温水浴锅、日本岛津 LC-6A 高效液相色谱仪、SPD-6AV 紫外检测器、CTO-6A 恒温柱箱、SCL-6B 系统控制器、CR-4A 数据处理装置、超声波脱气装置。

1.3 试验方法

1.3.1 浆水芹菜工艺流程 芹菜茎→洗净→切段→沸水热烫 3 min→按芹菜: 面汤=1:1(m/m)入坛→30℃发酵。

1.3.2 发酵阶段有机酸的变化 不同发酵方式浆水芹菜发酵过程中有机酸的变化: 芹菜茎切成小段, 沸水热烫 3 min, 按芹菜: 面汤=1:1(m/m)的比例加入, 在 30℃下敞口或密闭发酵, 观察有机酸变化情况; 接种浆水芹菜发酵过程中有机酸的变化: 芹菜茎切成小段, 沸水热烫 3 min, 按芹菜: 面汤=1:1(m/m)的比例加入, 分别接入 2% L₁、L₂、L₃ 和 L₄ 4 种乳酸菌及 L₁+L₂+L₃+L₄=1:1:1:1(v/v)混合菌种在 30℃的条件下敞口发酵, 观察有机酸变化情况。

1.4 有机酸检测方法^[8-14]

1.4.1 色谱条件 色谱柱: ODS C18 柱(4.6 mm×150 mm, 5 μm); 流动相: 0.01 mol/L 磷酸二氢铵溶液(用

第一作者简介:何玲(1965-), 女, 江苏宜兴人, 副教授, 现主要从事果蔬加工研究。

通讯作者:杨公明(1950-), 男, 陕西富平人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事农产品加工工程研究工作。E-mail: ygm@scau.edu.cn。

收稿日期:2010-12-13

磷酸调节 pH 为 2.5), 使用前经 0.45 μm 滤膜减压过滤, 流速: 1 mL/min。柱温: 30℃; 检测波长: 200 nm; 标准和样品溶液用前均经 0.45 μm 滤膜过滤。

1.4.2 标准溶液配制 准确称取一定量经干燥恒重的各种有机酸, 配制成浓度为: 乙酸 5.0 g/L、乳酸 7.5 g/L、苹果酸 10.0 g/L、琥珀酸 10.0 g/L、酒石酸 10.0 g/L、柠檬酸 10.0 g/L 的混合标准贮备液。吸取混合标准贮备液, 适量稀释 10 倍即为标准使用液。

1.4.3 测定方法 待仪器稳定后, 将标准使用液进样, 依各自的保留时间及浓度做成各种酸的校正因子。将不同处理下发酵浆水芹菜汤汁用一定量蒸馏水浸提后, 定容至 50 mL, 经 0.45 μm 滤膜过滤后直接进样, 试验结束, CR-4A 数据处理机即得出实测结果。

2 结果与分析

2.1 浆水芹菜不同自然发酵方式过程中有机酸的变化

从表 1 可看出, 30℃ 下发酵产生的有机酸种类和含量都有变化, 在发酵开始时, 醋酸含量较高, 乳酸含量低; 随着发酵的进行, 醋酸含量减少, 乳酸增多; 发酵后期, 乳酸降低而醋酸又有所增加。

敞口发酵与密闭发酵主要区别是: 敞口发酵含有酒石酸, 醋酸含量高, 密闭发酵不产生酒石酸而含有苹果酸, 醋酸含量低。因为敞口发酵与环境接触, 有充足的氧, 有利于好氧微生物和醋酸菌的生长, 所以, 敞口发酵醋酸含量比密闭发酵高。酒石酸酸味比柠檬酸、苹果酸都强, 稍有涩味。苹果酸酸味较柠檬酸强, 酸味尖刻, 微有苦涩味。因此敞口发酵制品口感、风味比密闭发酵制品浓郁, 这也是浆水菜的特色。

表 1 浆水芹菜发酵过程中有机酸变化 g/L

发酵温度 /℃	发酵时间 /d	酒石酸	L-苹果酸	乳酸	醋酸	柠檬酸	琥珀酸
30℃ (敞口)	1	-	-	0.529	0.632	0.402	0.134
	3	0.029	-	1.586	0.215	0.412	0.286
	5	0.079	-	2.941	0.235	0.502	0.207
	7	0.094	-	2.944	0.254	0.512	0.195
	9	-	-	2.635	0.461	0.674	0.13
30℃ (密闭)	1	-	0.176	0.646	0.449	0.219	0.789
	3	-	0.137	1.635	0.204	0.222	0.203
	5	-	0.134	2.988	0.121	0.455	0.37
	7	-	0.116	2.983	0.116	0.246	0.608
	9	-	0.176	2.889	0.201	0.207	0.54

2.2 接种浆水芹菜发酵过程中有机酸的变化

从表 2 可看出, 接种发酵浆水芹菜与自然发酵浆水芹菜在酸的种类和含量上都有差异。接种发酵浆水芹菜除了 L₁ 菌株产生醋酸外, 其它 3 种不产生醋酸, 而产生大量乳酸; 混合菌种产酸量比单一菌种稍高, 有机酸种类多, 口感好; 接种发酵浆水芹菜与自然发酵相比, 发酵速度快, 产生的酸含量高, 但趋势也是逐渐升高, 到发酵中期含量达最高后又逐渐下降, 接种发酵产醋酸少, 有利于产品的保藏。

表 2 接种浆水芹菜发酵过程中有机酸的变化 g/L

发酵时间 /d	乳酸菌	乳酸	醋酸	柠檬酸	琥珀酸	L-苹果酸
1	L ₁	2.989	0.197	0.034	0.095	
	L ₂	3.480		0.026	0.107	
	L ₃	2.576			0.080	
	L ₄	2.479			0.101	
	Mix LAB	3.186	0.132	0.088	0.113	
2	L ₁	3.656	0.168	0.130	0.126	
	L ₂	3.358		0.126	0.095	
	L ₃	3.489		0.025	0.102	
	L ₄	3.396		0.146	0.115	
	Mix LAB	3.788	0.143	0.265	0.117	
3	L ₁	3.585	0.119	0.244	0.135	
	L ₂	3.020		0.034	0.125	0.001
	L ₃	3.209		0.061	0.093	
	L ₄	3.856			0.125	
	Mix LAB	3.677	0.095	0.253	0.145	
5	L ₁	2.273			0.094	
	L ₂	3.143		0.006	0.097	
	L ₃	3.582		0.021	0.104	
	L ₄	3.239		0.020	0.087	
	Mix LAB	3.573	0.042	0.179	0.112	

有机酸标样色谱图和不同发酵方式自然发酵有机酸色谱图见图 1、2 和 3。接种发酵有机酸色谱图见图 4~9。

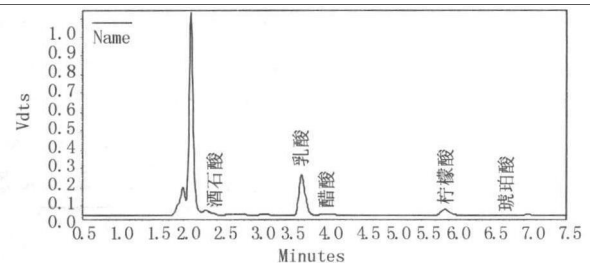


图 1 有机酸标样色谱图

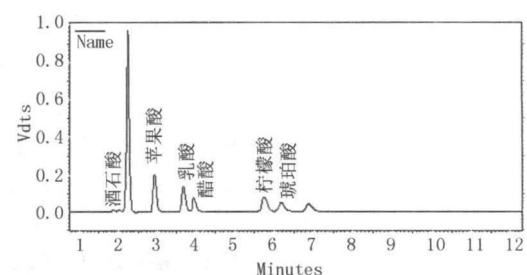


图 2 30℃ 第 3 天敞口自然发酵有机酸色谱图

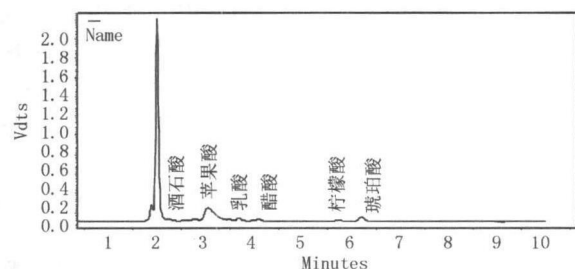


图 3 30℃ 第 3 天密闭自然发酵有机酸色谱图

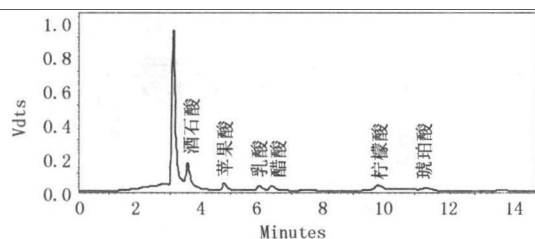


图4 有机酸标样色谱图

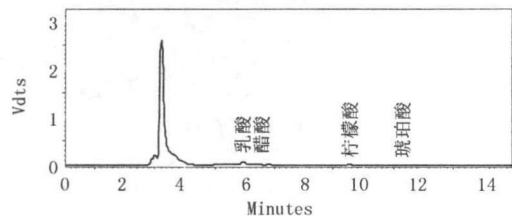
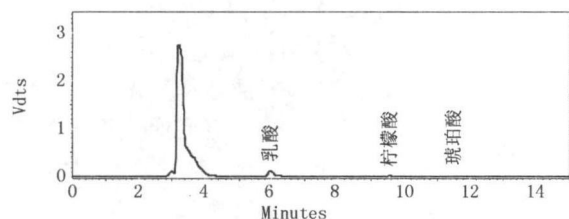
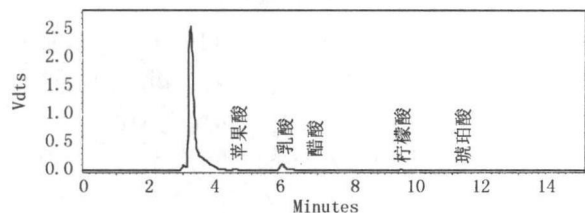
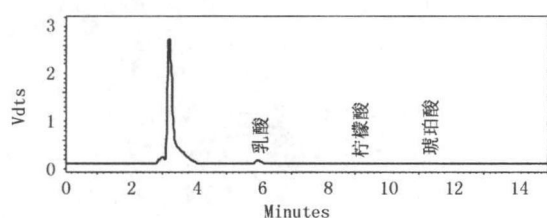
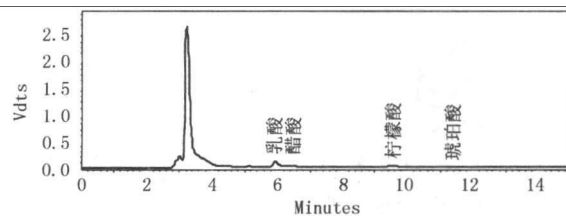
图5 接入 L₁ 乳酸菌发酵有机酸色谱图图6 接入 L₂ 乳酸菌发酵有机酸色谱图图7 接入 L₃ 乳酸菌发酵有机酸色谱图图8 接入 L₄ 乳酸菌发酵有机酸色谱图

图9 接入混合乳酸菌发酵有机酸色谱图

3 结论

浆水芹菜发酵过程中,敞口发酵含有酒石酸,而醋酸含量高,密闭发酵不产生酒石酸而含有苹果酸,醋酸含量低;接种发酵与自然发酵相比,发酵速度快,产生的酸含量高,但产醋酸少。

参考文献

- [1] Stamer J R. Fermentation of vegetables balactic acid bacteria, in Proceedings[M]. Frontiers in Food Research, 1968; 46-52.
- [2] 李金红. 泡菜与乳酸菌[J]. 中国调味品, 2004(3): 3-4.
- [3] 沈国华. 纯菌接种发酵技术在腌渍蔬菜加工上的应用研究(一) [J]. 中国调味品, 2002(3): 22-25.
- [4] Rosenberg I H. Key to longer, heathier, more vital life[J]. Nutrition Reviews, 1994, 52(8): 50-52.
- [5] 傅乃武. 大蒜油和大蒜素的抗氧化作用[J]. 中国医学科学院通报, 1993, 15(4): 295.
- [6] 张静, 张锦丽, 杨娟侠. 乳酸菌群对乳酸发酵作用的探讨[J]. 天津农业科学, 2002, 8(2): 18-20.
- [7] 郭松年, 田淑梅, 白洪涛. 乳酸菌及乳酸菌发酵食品[J]. 食品科技, 2005, 12(1): 39-41.
- [8] 张军, 韩英素, 高年发, 等. HPLC 法测定葡萄酒中有机酸的色谱条件研究[J]. 酿酒科技, 2004(2): 91-93.
- [9] 陈文华, 张旸, 李鑫. 高效液相色谱法测定果酒中的有机酸[J]. 中国卫生检验杂志, 2003, 13(4): 453-454.
- [10] Zotou A, Loukou Z, Karava O. Method development for the determination of seven organic acids in wines by Reversed2Phase High Performance Liquid Chromatography[J]. Chromatographia, 2004, 60(2): 39-44.
- [11] Fignschoa D L, Marais J P. Spectrophotometric method for the determination of microquantities of lactic acid in biological material [J]. Analbiochem, 1991, 195(2): 308-312.
- [12] Puchades P, Herrero M A. Simultaneous enzymatic determination of L (一) malic acid and L(+) lactic acid in wine by flow injection analysis [J]. Food Chem, 1991, 42: 167-182.
- [13] 李君霞, 都振江. HPLC 法测定葡萄酒中的有机酸[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2007(6): 5-6.
- [14] 丁玲, 屠幼英, 陈晓敏. 高效液相色谱测定紧压茶中有机酸条件研究 [J]. 茶叶, 2005, 31(4): 224-227.

Change of Organic Acids During Jiangshui Celeries Spontaneous and Inoculating Fermentation

HE Ling¹, YANG Gong-ming²

(1. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

Abstract: Celeries was used as experimental materials. Composition and content of organic acids were decided after spontaneous and inoculating fermentation. The results showed that it had tartaric acid, and acetic content was higher in open fermentation. It had malic acid, and acetic content was lower in closing fermentation. Rate of inoculating fermentation was fast and content of organic acids were higher than spontaneous fermentation. But acetic content was lower.

Key words: jiangshui celeries; spontaneous fermentation; inoculating fermentation; organic acids