

# 乳酸菌发酵生产青椒酱的工艺研究

何绪晓<sup>1</sup>, 丁筑红<sup>1</sup>, 张永凤<sup>2</sup>, 俞露<sup>1</sup>, 谭书明<sup>3</sup>

(1. 贵州大学生命科学学院食品科学系, 贵州 贵阳 550025) (2. 贵州大学化学工程学院, 贵州 贵阳 550003)  
(3. 贵州大学贵州省发酵工程与生物制药重点实验室, 贵州 贵阳 550003)

**摘要:** 本文以青椒和红椒为原料, 研究了乳酸菌发酵过程中总酸、pH、可溶性固形物、Vc、总糖、还原糖、蛋白质和氨基酸等成分的变化。结果表明乳酸菌发酵生产青椒酱的工艺可行, 其发酵过程中的总糖、还原糖、蛋白质和氨基酸的变化与红辣椒发酵的变化趋势基本一致, 具有红椒发酵的发酵特性; 因青椒中的糖含量较低, 在原料中添加一定量的糖或含糖量高的果蔬利于生产优质青椒酱; 另青椒中的叶绿素易分解, 控制发酵初期叶绿素的损失是解决青椒制品护色的最关键一步。

**关键词:** 青椒; 红椒; 发酵

中图分类号: TS201.3; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2008)05-0455-04

## Research on the Feasibility of Fermentation of Green Chilli Inoculated with Acetic acid bacteria

HE Xu-xiao<sup>1</sup>, DING Zhu-hong<sup>1</sup>, ZHANG Yong-feng<sup>2</sup>, YU Lu<sup>1</sup>, TAN Shu-ming<sup>3</sup>

(1. Food Science Department, Life Science College, Guizhou University, Guiyang 550025, China) (2. Chemical Engineering College, Guizhou University, Guiyang 550003, China) (3. Guizhou Province Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biological Pharmacy, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

**Abstract:** Changes of total acid, pH value, soluble solids, V<sub>C</sub>, total sugar, reducing sugar, protein and amino acid content of green pepper and Chilli during the inoculated fermentation process were investigated in the experiment. The result indicated that green chill fermentation had the same typical characteristics with Chilli fermentation, which confirmed the feasibility of green pepper sauce via fermentation. Adding sugar or sugar-containing vegetables may improve the quality of the fermented sauce. Besides, improving the flavor and reducing the loss of chlorophyll was the key to the color retention of the green pepper sauce.

**Key words:** green chilli; red chilli; fermentation

乳酸菌发酵食品可提高食品的营养价值, 改善风味, 延长保存期, 同时还具有多种保健功能<sup>[1]</sup>。蔬菜是人类膳食不可缺少的食品, 发酵蔬菜中含有多种 B 族维生素, 包括植物中不存在的维生素 B<sub>12</sub>, 对人体健康大有裨益, 在促进钙吸收方面的类药剂营养品市场领域, 发酵蔬菜食品以相当于药品的效果形式存在<sup>[2]</sup>; 蔬菜发酵后亚硝酸盐含量降低, 尤其是接种发酵制品<sup>[3-4]</sup>, 提高了食品安全性; 此外发酵蔬菜含糖量低, 为低热值的保健食品, 颇受广大消费者喜爱, 乳酸菌应用于蔬菜加工中的研究也日益广泛和深入, 使发酵蔬菜的加工发展空间更广阔。当前, 寻求将不同蔬菜

收稿日期: 2008-04-24

基金项目: 贵州省重大专项黔科合 NZ 字 2005 (3010)

作者简介: 何绪晓(1981-), 女, 硕士, 主要从事农产品加工研究

通讯作者: 丁筑红(1966-), 女, 教授, 主要从事农产品加工与综合利用研究

原料自有营养、保健成分与乳酸菌的独特的保健功能相结合成为研究的热点<sup>[5]</sup>。

目前, 发酵辣椒制品多以成熟新鲜红辣椒为原料进行装坛自然发酵, 产品品种较为单一, 发酵生产周期长, 原料加工受季节性影响较大, 发酵过程中有益菌群和有害菌群作用难以控制, 亚硝酸盐含量高, 产品质量风味不统一, 稳定性差。针对发酵辣椒产业及其制品存在的上述问题, 本文对青椒接种发酵过程总酸及营养成分的变化与红椒接种发酵过程的变化进行了比较, 旨在探索以青椒为原料发酵生产青椒酱的可行性、扩大发酵辣椒原料加工季节适用性, 为生产新型、食用安全的“绿色”辣椒发酵制品提供理论指导。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

新鲜青红辣椒: 购于贵州花溪党武乡; 鲜姜、大

蒜: 购于花溪农贸市场; 食盐: 食品级; 乳酸菌种(菌种编号为 2-7、5-1、4-6、4-10)、乳酸菌液体培养基: 贵州大学生命科学学院食品科学系微生物实验室提供。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 发酵液制备

分别取四种乳酸菌种各 2 环→活化(10 mL 乳酸菌液体培养基, 37 °C, 24 h)→再活化(取 0.5 mL 活化菌液, 接入 10 mL 乳酸菌液体培养基, 37 °C, 24 h)→扩大培养(接入 500 mL 乳酸菌液体培养基中, 37 °C, 至四种乳酸菌液中乳酸菌活菌数均达 10<sup>8</sup> cfu/mL 以上)→将四种乳酸菌发酵液按等体积混合→发酵液。

### 1.2.2 辣椒发酵处理工艺

新鲜青或红辣椒→清洗去柄→加 2%辅料( $m_{\text{鲜菜}}:m_{\text{大蒜}}=1:1$ )→0.8 mg/L 臭氧水减菌处理 2 min→无菌条件下打浆, 加 8%食盐, 接入 2%发酵液→混匀→装入消毒灭菌泡菜坛, 20%灭菌食盐水封坛沿→常温发酵。

## 1.3 测定方法

### 1.3.1 总酸和 pH 值

总酸采用中和滴定法<sup>[6]</sup>; pH 值采用酸度计测定<sup>[6]</sup>。

### 1.3.2 可溶性固形物含量

折射仪法。取少量发酵辣椒酱, 用纱布包裹, 挤压出汁液于糖度计上, 读数。

### 1.3.3 蛋白质、总氨基酸和 Vc 含量测定

采用南京建成生物有限公司蛋白、总氨基酸和 VC 试剂盒, 按操作说明操作。

### 1.3.4 总糖

采用蒽酮比色法<sup>[6]</sup>。

### 1.3.5 还原糖

采用 3,5 二硝基水杨酸比色<sup>[7]</sup>。

### 1.3.6 叶绿素含量测定<sup>[8]</sup>

准确称取 1.0 g 样品, 加 5 mL 无水乙醇碾磨 1 min, 提取液直接过滤到 20 mL 刻度试管中, 无水乙醇洗涤碾钵, 洗液一同过滤至刻度试管中, 无水乙醇定容, 摇匀, 无水乙醇空白调零, 于波长 645 nm 和 663 nm 处测定吸光度 OD<sub>645</sub> 和 OD<sub>663</sub>。利用 Arnon 公式算出叶绿素含量。

### 1.3.7 辣椒红色素 OD 值测定<sup>[9]</sup>

准确称取 1.0 g 样品, 碾磨, 用无水乙醇将样品洗入 50 mL 容量瓶, 无水乙醇定容, 摇匀, 提取 10 min, 过滤, 无水乙醇调零, 于波长 460 nm 处测定吸光度。

## 2 结果与分析

### 2.1 辣椒发酵过程总酸含量和 pH 值的变化

如图 1 所示, 新鲜青椒中总酸含量为 0.23%, pH 值为 5.69, 红椒总酸含量和 pH 值分别为 0.35% 和 4.84, 发酵 18 d 后青椒发酵制品总酸含量和 pH 值为 1.48% 和 2.93%, 红椒发酵制品总酸含量和 pH 值为 1.47% 和 3.00, 表明新鲜青椒组织中总酸较新鲜红椒含量低, 但发酵成熟的青椒和红椒酱制品总酸含量和 pH 值无明显差别。两种不同成熟度的原料发酵体系总酸和 pH 值变化主要集中在发酵前 12 d, 随后两种原料发酵体系总酸含量和 pH 值定变化趋于稳, 表明青椒与红椒发酵过程总酸和 pH 值总的变化趋势基本一致。青椒发酵体系在发酵前 3 d 总酸增加较明显, pH 值急剧降低, 红椒最快发酵期为 3~6 d, 乳酸菌的迅速生长, pH 的迅速下降是优质辣椒乳酸发酵的技术关键<sup>[10]</sup>, 可见以青椒为原料发酵生产优质乳酸发酵辣椒酱制品是可行的。

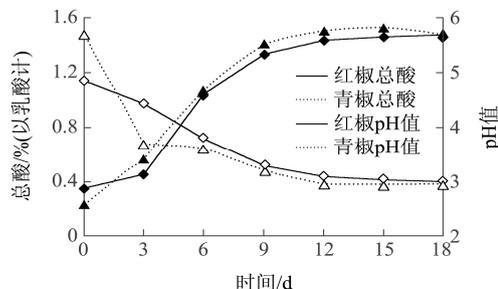


图 1 辣椒发酵过程中总酸含量和 pH 值的变化

Fig.1 Changes of total acid content and pH value during fermentation of chilli

### 2.2 辣椒发酵过程中可溶性固形物和 Vc 含量的变化

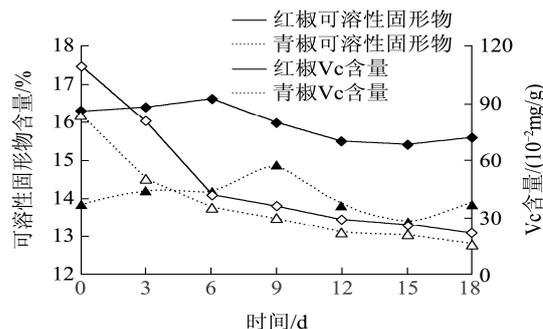


图 2 青椒发酵过程中可溶性固形物和 Vc 含量的变化

Fig.2 Changes of soluble solids and Vc content during fermentation of green chilli

从图 2 看见, 青椒发酵前 6 d, 红椒发酵前 3 d 体系中可溶性固形物含量逐渐增加, 发酵初期由于辣椒果肉组织在食盐高渗透压和发酵的共同作用下, 细胞失活, 原生质膜和液泡膜选择透性消失, 细胞内的可溶性成分向外渗透, 而这时微生物处于滞后期, 利用底物速度不快, 致使可溶性固形物含量有所增加<sup>[10-11]</sup>; 在发酵中期, 可溶性物质逐渐减少, 主要是随

着微生物的迅速繁殖，底物利用速度加快，可溶性固形物含量便开始降低；发酵后期，由于前期发酵产酸的大量积累，使发酵体系 pH 值较低，乳酸菌生长受抑制，底物利用速度减慢，同时，由于酸度的增加，作为细胞结构组分的果胶、蛋白质等物质便会因酸催化而水解溶出等作用<sup>[10-11]</sup>，致使体系可溶性固形物含量缓慢增加。

如图 2，青椒和红椒发酵体系前 6 d 的 Vc 含量快速降低，由于食盐的渗透与浸泡作用以及原料组织结构受到的机械损伤使组织中 Vc 渗出，在发酵体系部分残留空气的共同作用下，Vc 含量损失较大，发酵 6 d 后，由于发酵体系形成的厌氧环境及及乳酸菌生长产生的乳酸所创造的酸性环境可以抑制 Vc 氧化，有利于 Vc 保护，Vc 含量降低缓慢，趋于稳定。

2.3 辣椒发酵过程糖、蛋白质和氨基酸含量的变化

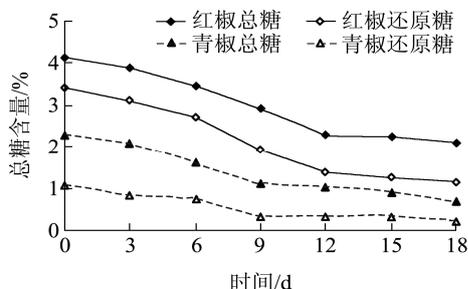


图 3 青辣椒发酵过程中总糖和还原糖含量的变化

Fig.3 Changes of total sugar and reducing sugar content during

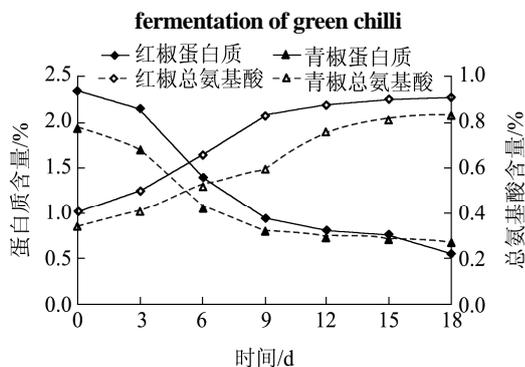


图 4 青辣椒发酵过程中蛋白质和总氨基酸含量的变化

Fig.4 Changes of protein and total amino acid content during fermentation of green chilli

从图 3 和 4 可以明显看出，新鲜青椒原料中总糖（2.27%）、还原糖（1.05%）、蛋白质（1.93%）以及氨基酸（0.34%）含量均比红椒含量低，这主要是因为成熟的红椒原料本身水分含量较低，营养成分及干物质含量较高，据包启安分析，青椒含水量高达 93%，而红椒一般为 90%左右<sup>[12]</sup>。青椒发酵过程总糖、还原糖和蛋白质含量在发酵前期（0~9 d）降低比较明显，后期变化较小；总氨基酸含量在发酵过程逐渐增加，

前期增加较快，后期增加较缓慢，蔬菜发酵过程和后熟过程，原料中所含有的蛋白质受微生物的作用和本身所含蛋白质水解酶的作用逐渐被分解为氨基酸，这在蔬菜的发酵过程和后熟期是十分重要的化学反应，也是发酵制品产生一定色泽、香气和风味的主要来源<sup>[13]</sup>。从整个发酵趋势看青椒发酵过程总糖、还原糖、蛋白质和氨基酸的变化与红辣椒发酵过程的变化趋势基本一致。

青椒原料中各种营养组分含量较低，尤其是糖含量较低，糖是微生物发酵利用的主要底物之一，含糖量高的蔬菜原料经乳酸发酵风味较好<sup>[10]</sup>，为了提高青椒发酵制品的品质，增加发酵风味，在发酵青椒原料中适当的添加一定量的糖或各种营养丰富且含糖量高的果蔬原料来促进发酵，利于生产优质的乳酸发酵青椒酱制品。

2.4 辣椒发酵过程色素含量的变化

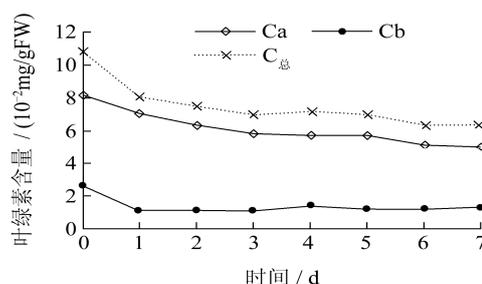


图 5 青辣椒发酵过程中叶绿素含量的变化

Fig.5 Changes of chlorophyll content during fermentation of green chilli

青椒发酵过程叶绿素变化如图 5 所示，发酵前 3 d 总叶绿素、叶绿素 a 和叶绿素 b 损失较重，以发酵第 1 d 最为显著，叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素由发酵前 82.0 mg/kg、26.4 mg/kg 和 107.9 mg/kg，发酵 1 d 后分别为降为：70.2 mg/kg、10.3 mg/kg、81.0 mg/kg，导致叶绿素大量损失的主要原因是由于机械损伤对原料组织的破坏及食盐的渗透作用，使辣椒组织中叶绿素渗出，叶绿素在光和热的作用下不稳定所造成；发酵 3 d 后叶绿素含量继续缓慢降低，这一过程除光、热和酸的影响外，乳酸菌不断生长繁殖产生乳酸，使发酵体系 pH 值不断降低，而绿色蔬菜中叶绿素在酸性环境中，叶绿素的 Mg<sup>2+</sup> 易被氢原子取代，原来的绿色消失，被叶绿素所掩盖的胡萝卜素和叶黄素的颜色就显示出来，使产品变暗、发黄、变褐，进而降低了制品的色泽品质。因此控制发酵初期青椒叶绿素的损失是解决青椒制品护色最关键的一步。

辣椒红素和辣椒玉红素占辣椒色素总量的 40%~50%<sup>[14]</sup>，是红辣椒的主要成色物质，只存在于成

熟的红辣椒中。辣椒红色素对热稳定, pH=2~12 之间色素稳定, 在暗室和室内光线下, 无褪色现象, 日光下半天时间内色素几乎损失殆尽<sup>[15]</sup>。红辣椒发酵过程体系 pH 值在 3~6 之间 (见图 1), 辣椒红色素吸光值变化较小 (如图 6), 表明红椒发酵体系对辣椒红色素是比较稳定的环境, 对其含量影响较小。

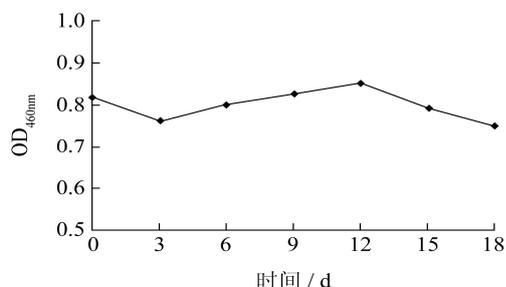


图 6 红辣椒发酵过程中红色素吸光值的变化

Fig.6 Changes of red pigment absorption value during fermentation of red chilli

### 2.5 发酵辣椒酱的感官品质

产品感官品质表 1 和图 7 所示, 青椒酱制品色泽黄绿色但以绿色为主, 红椒酱制品色泽鲜红明亮, 两种不同成熟度的发酵辣椒制品口感均比较细腻, 具有发酵辣椒特有的香味, 表明利用青椒为原料进行发酵具有可行性, 但青椒发酵酱制品发酵香味与红椒酱制品相比略显不足, 光泽度稍差, 青椒发酵制品叶绿素损失较重和表层失绿是青椒发酵酱制品不足之处。

表 1 发酵酱制品的感官品质

Table 1 Sensory quality of fermented sauce product

处理	感官评价
发酵红椒酱	色泽鲜红, 光泽度较好, 口感细腻, 有辣椒发酵特有香味, 表层有极轻微褐变。
发酵青椒酱	酱体黄绿色, 且以绿色为主, 表面光泽度较差, 口感细腻, 有辣椒发酵特有香味但与红椒发酵酱制品相比略显不足, 表层有褪色和轻微褐变。



发酵青椒酱

发酵红椒酱

图 7 辣椒发酵 18 d 后制品图片

Fig.7 Appearance of fermented chilli after 18 d

## 3 结论

乳酸菌发酵生产青椒酱的工艺切实可行, 其发酵

过程中总酸含量、pH 值、Vc、可溶性固形物、总糖、还原糖、蛋白质和氨基酸含量在发酵过程及后熟阶段总的变化趋势基本一致, 生产出的青椒酱口感细腻, 具有典型的发酵辣椒特有的香味。

因青椒中总糖、还原糖、蛋白质和氨基酸含量均比红椒含量低, 故青椒酱较红椒酱在风味方面存在一定的不足, 建议进一步探讨青椒酱的质量控制技术, 比如考虑添加糖、蛋白质等营养丰富且色素含量稳定的绿色果蔬共同发酵, 提高产品风味。另因叶绿素易分解, 在光和热的条件下不稳定, 这导致青椒发酵酱的感光光泽度, 色泽及感官比红椒酱差, 控制发酵初期叶绿素的损失是解决青椒制品护色的最关键一步。

## 参考文献

- [1] 杨汝德,陈琼,陈惠音.乳酸菌发酵制品研究的现状与发展[J].广州食品工业科技,2003,19(增刊):79-83
- [2] 张岩,肖更生,陈卫东等.发酵蔬菜的研究进展[J].现代食品科技,2005,21(1):184-186
- [3] 卢翰,苏爱军,谭兴和.辣椒酱发酵工艺研究[J].食品与机械,2006,22(3):126-129
- [4] 丘加德.剁辣椒纯菌种发酵生产技术[J].辣椒杂质,2006,(2):38-41
- [5] 张菊华,单杨.乳酸菌发酵蔬菜汁工艺研究[J].现代食品科技,2005,21(4):61-63
- [6] 吴谋成主编.食品分析与感官评定[M].北京:中国农业出版社,2006,6:55-87
- [7] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学试验指导[M].北京:中国农业科技出版社,1998,10:103-105
- [8] 郭胜伟,高云东.比色法测定中华芦荟叶片中叶绿素含量方法的研究[J].中医药学刊,2004,22(1):54
- [9] 李玉红.红辣椒中红色素的提取与性质研究[J].天津化工,2001,(11):21-22
- [10] 钟敏,宁正祥.辣椒自然乳酸发酵中的变化及影响发酵质量的几个因素[J].广州食品工业科技,2000,16(3):1-3
- [11] 秦礼康,江萍,张倩,等.菌群强化与直接装瓶发酵糟辣椒生产工艺的研究[J].中国酿造,2004,3:16-19
- [12] 包启安.西方酸渍菜的制备(一)[J].中国调味品,1998,4:2-6
- [13] 陈学平主编.果蔬产品加工工艺学[M].北京:中国农业出版社,1993,10:159-161
- [14] B.H.Davies, S.Matthew, J.T.O.Kirk. The Nature and Biosynthesis of the Carotenoids of Different Color Varieties of Capsicum annum[J]. Phytochemistry, 1970, 9: 797-805
- [15] 张志强,江英,田丽萍.辣椒红色素的稳定性及在食品中的应用研究[J].现代食品科技,2006,22(2):83-85