

# 凤尾菇酸奶的发酵特性研究

刘昭明, 黄翠姬, 陈莹

(广西工学院生物与化学工程系, 广西柳州, 545006)

**摘要** 研究了凤尾菇酸奶在发酵及贮藏过程中的pH值、滴定酸度、乳酸含量、丁二酮含量和乳酸菌总数的变化。结果表明, 添加了凤尾菇汁的酸奶凝乳时间较短, 凝乳效果好, 滴定酸度增加的速度较快, 且添加菇汁量越多, 凝乳时间越短, 滴定酸度增加越快; 发酵过程中, 添加凤尾菇汁的酸奶的乳酸及丁二酮增加的速度大于未添加菇汁者, 最终乳酸的含量趋于一致, 而丁二酮的含量则是菇汁添加量越大, 发酵结束时的丁二酮含量也越高; 添加菇汁的酸奶在贮藏过程中, 滴定酸度增加比较缓慢, 乳酸菌总数下降较少, 说明菇汁的添加不仅促进了乳酸菌的生长, 而且在一定程度上抑制了酸奶的后酸化。

**关键词** 凤尾菇, 酸奶, 发酵特性, 乳酸菌

酸奶具有多种保健功能<sup>[1]</sup>。将食用菌提取物添加到发酵酸奶中, 可促进酸奶中乳酸菌生长, 提高成品中的乳酸菌总数, 同时又赋予产品特殊的风味, 较高营养价值和新的保健功效<sup>[2-4]</sup>。凤尾菇是生长在热带、亚热带高温多雨地区的一种野生食用菌, 含有蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素和矿物质元素。有研究表明, 凤尾菇提取物具有一定的抗癌活性<sup>[5]</sup>。实验中对添加凤尾菇汁后, 酸奶在发酵和贮藏过程中pH值、滴定酸度、乳酸含量、丁二酮含量和乳酸菌总数的变化进行了研究, 为开发凤尾菇酸奶产品提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与试剂

奶粉: 采用伊利牌全脂奶粉和高蛋白高钙脱脂奶粉; 凤尾菇: 购于农贸市场, 要求新鲜无腐烂; 白砂糖: 符合GB317-1998一级标准; 保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌: 由广西工学院生物与化学工程系实验室提供; 乳酸、丁二酮为标准试剂(Sigma公司), 其它均为分析纯试剂。

### 1.2 主要仪器与设备

高压均质机; 全自动新型生化培养箱; 手提式压力蒸汽消毒器; 垂直流超净工作台; pH计; 高效液相色谱仪(Agilent 1100), 色谱柱: ZORBAX SB-C18, 150 mm×4.6 mm (i.d.)×5 μm; 气相色谱仪(Agilent HP6890), 色谱柱: HP-INNOWAX 毛细管柱(30 m×0.32 mm×0.5 μm)。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 凤尾菇汁的制备

凤尾菇→清洗→撕开→软化(加水量1:5, 加0.1%抗坏血酸和适量0.05%柠檬酸护色)→搅拌(90℃, 15 min)→打浆→离心分离(4 000 r/min, 20 min)→凤尾菇汁。

#### 1.3.2 脱脂乳培养基、菌种及发酵剂的制备

##### 1.3.2.1 脱脂乳培养基制备

按脱脂乳粉12%比例制得脱脂乳并分装于消毒后的试管中, 高压灭菌锅中115℃下灭菌15 min。

##### 1.3.2.2 菌种活化

将冻干保存的保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌接种至脱脂乳培养基中, 43℃培养, 并反复活化, 直到活力达到规定要求为止。

##### 1.3.2.3 发酵剂的制备

取3%活化好的菌种置灭菌脱脂乳内, 43℃培养至凝固, 鉴定合格后使用。

##### 1.3.2.4 改良TJA培养基的制备<sup>[6]</sup>

番茄汁 50 mL、酵母提取液 5 g、肉膏 10 g、乳糖 20 g、葡萄糖 2 g、K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2 g、吐温 80 1 g、乙酸钠 5 g、琼脂 15 g, 加水至 1 000 mL, 调 pH 为 6.8±0.2, 115℃下灭菌 15 min。

#### 1.3.3 制备凤尾菇酸奶的工艺流程<sup>[7]</sup>

全脂奶粉、白砂糖、凤尾菇汁→溶解、混匀→均质→巴氏杀菌(95℃, 5 min)→冷却(43℃)→接种(保加利亚乳杆菌: 嗜热链球菌=1:1, 接种量2%)→发酵(43℃, 3 h)→冷却(快速冷却到20℃再冷却到4℃)→后熟(12 h)→成品(4℃下贮藏)。

### 1.4 测定方法

#### 1.4.1 总糖含量的测定

直接滴定法<sup>[8]</sup>。

第一作者: 硕士, 副教授。  
收稿日期: 2007-07-05

## 1.4.2 蛋白质含量的测定

凯氏定氮法<sup>[8]</sup>。

## 1.4.3 pH值的测定

用pH计测定。

## 1.4.4 滴定酸度的测定

称取5 g酸奶,置于250 mL三角瓶中,加入20 mL蒸馏水,再加入0.5 mL的酚酞-乙醇溶液,小心摇匀,用0.1 mol/L NaOH标准溶液滴定至微红色,在1 min内不消失为止。以消耗的NaOH标准溶液的体积(mL)乘以20,即为滴定酸度<sup>[9]</sup>。

1.4.5 发酵过程中乳酸的测定(HPLC法)<sup>[10]</sup>

## 1.4.5.1 流动相的配制

称取分析纯 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  5.0 g,用超纯水定容至1 L,用 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 调pH至3.0,用0.45  $\mu\text{m}$ 滤膜过滤。

## 1.4.5.2 乳酸标准溶液的配制

称取330 mg乳酸,用5 g/L  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 溶液溶解并定容至100 mL,作为标准母液。再准确移取一定体积的标准母液,配成体积分数为20%、40%、60%和80%的标准系列,用0.45  $\mu\text{m}$ 滤膜过滤。

## 1.4.5.3 样品制备

将10 mL样品置于离心管中,用 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 调pH至4.2,8 000 r/min离心10 min,用0.45  $\mu\text{m}$ 滤膜过滤。

## 1.4.6 发酵过程中挥发性风味物质的测定(GC法)

## 1.4.6.1 色谱条件

进样器(S/SL):温度200℃;模式:分流,分流比为1:10;程序升温:初温40℃停留1 min,先10℃/min升至100℃,停留1 min;然后20℃/min升至160℃,停留2 min;最后20℃/min升至220℃,停留2 min;检测器(FID):温度:250℃;高纯 $\text{H}_2$ :45.0 mL/min;高纯空气:450 mL/min;补充 $\text{N}_2$ :30 mL/min;载气:高纯 $\text{N}_2$ ,1.5 mL/min。

## 1.4.6.2 丁二酮标准溶液的配制

准确称取100.0 mg丁二酮,用双蒸水定容至100 mL,作为标准母液。再准确移取一定体积的标准母液,配成20%、40%、60%和80%的标准系列,用0.45  $\mu\text{m}$ 滤膜过滤。

## 1.4.6.3 样品制备

取3 mL发酵液于20 mL顶空瓶中,85℃加热5 min,自动进样。

1.5 乳酸菌总数的测定<sup>[10]</sup>

平板计数法。

## 2 结果与分析

## 2.1 凤尾菇汁主要成分测定

经测定,实验所得的凤尾菇汁的总糖含量为4.52 mg/mL,粗蛋白质含量为3.87 mg/mL。

## 2.2 凤尾菇汁添加量对乳酸菌凝乳时间与效果的影响(表1)

表1 凤尾菇汁添加量对乳酸菌凝乳效果的影响

凤尾菇汁添加量/%	凝乳时间/min	凝乳效果
0	214	+
3	197	++
6	189	++
9	186	+++
12	174	+++
15	167	+++
18	161	+++
21	155	+++
24	150	+++

注:“+”代表一般,“++”代表较好,“+++”代表好。

从表1可以看出,随着凤尾菇汁添加量的增大,凝乳时间逐渐缩短,说明添加凤尾菇汁可以缩短酸奶的凝乳时间,增强了凝乳效果。凤尾菇汁中含有糖类、氨基酸和肽类等化合物,这些营养物质的存在,为嗜热链球菌提供了发酵初期生长所需的含氮物质,促进了嗜热链球菌的生长,缩短了菌体生长的延滞期,凝乳时间缩短,凝乳效果好。

## 2.3 凤尾菇汁添加量对发酵过程中凤尾菇酸奶pH值及滴定酸度变化的影响

对添加0%、9%、15%和21%凤尾菇汁的凤尾菇酸奶发酵过程的pH值及滴定酸度的变化进行测定,其变化如图1和图2所示。

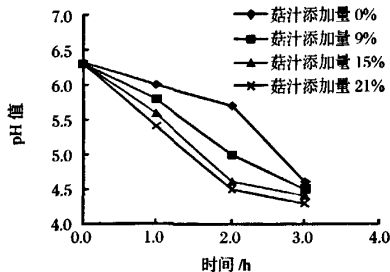


图1 发酵过程中pH值随时间的变化

从图1和图2中可以看出,随着发酵时间的增加,各种添加量的凤尾菇酸奶的pH值均下降,滴定酸度均升高。但在相同的发酵时间内,添加有凤尾菇汁酸奶的pH值要低于未添加者。而滴定酸度则高于未添加者,同时可以看到,随着菇汁添加量的增加,

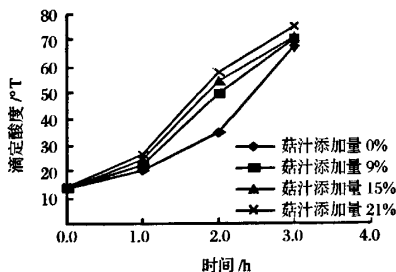


图2 发酵过程中滴定酸度(TA)随时间的变化

酸度增加速率也大。说明乳酸菌在含凤尾菇汁的酸奶中的生长繁殖速度要快于未添加者。即凤尾菇汁对乳酸菌的增加有明显的促进作用,促进了发酵过程中酸度的增加。其原因是凤尾菇汁可以促进嗜热链球菌快速生长,嗜热链球菌生长过程中产生的甲酸、丙酮酸等物质,又刺激了保加利亚乳杆菌的生长,从而促进了发酵过程中酸度的快速增加。对于未添加凤尾菇汁的酸奶,嗜热链球菌必须待保加利亚乳杆菌分解蛋白后才能利用其生成的氨基酸,因此,乳酸菌的生长速度慢于添加有凤尾菇汁者,造成酸度的增加较慢。

## 2.4 酸奶发酵过程中乳酸含量的变化

对添加0%、9%、15%和21%凤尾菇汁的凤尾菇酸奶发酵过程中乳酸的变化进行测定,结果见图3。

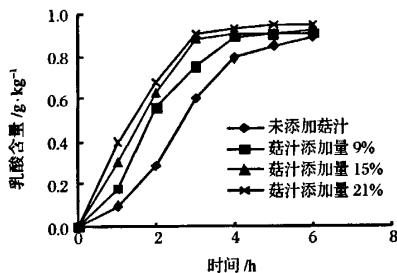


图3 发酵过程中乳酸含量随时间的变化

从图3可以看到,添加凤尾菇汁的量越大,乳酸的生成速度也越快,但是,最终乳酸的生成量基本趋于一致,与是否添加凤尾菇汁的关系不大。这是由于添加菇汁后,保加利亚乳杆菌和嗜热链球菌的生长速度加快,故发酵酸奶中的乳酸生成速度也快,但随着乳糖量的减少,乳酸最后的生成总量趋于一致。

## 2.5 酸奶发酵过程中丁二酮含量的变化

酸奶发酵过程中主要的风味物质是酮类、醛类和酯类物质。其中丁二酮是酸奶中重要的风味物质。本研究对添加0%、9%、15%和21%凤尾菇汁的凤尾菇酸奶发酵过程中丁二酮含量的变化进行测定,结果

见图4。

从图4中可以看出,随着菇汁添加量的增加,发酵酸奶中的丁二酮含量也增大。说明菇汁量增加后对丁二酮的产生有推动作用。一般认为,酸奶发酵过程中丁二酮是由乳酸菌通过HMP代谢途径产生<sup>[11]</sup>,其生成量与原料中的柠檬酸量的多少有关系。由于菇汁中含有部分的柠檬酸,故使得发酵后酸奶中丁二酮含量增加。但丁二酮含量过高会产生令人不愉快的风味,故应控制菇汁的添加量。

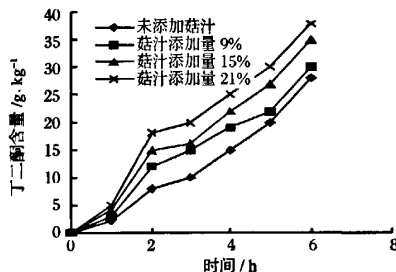


图4 丁二酮含量随时间的变化

## 2.6 酸奶贮藏过程中pH值和滴定酸度的变化

对添加0%、9%、15%和21%凤尾菇汁的凤尾菇酸奶贮藏过程中的pH值及滴定酸度的变化进行测定,其变化如图5和图6所示。

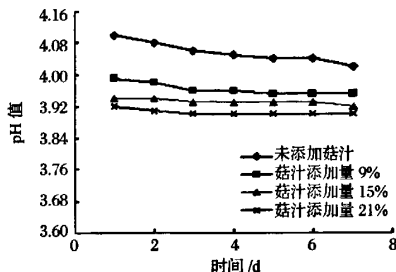


图5 贮藏过程中pH值的变化

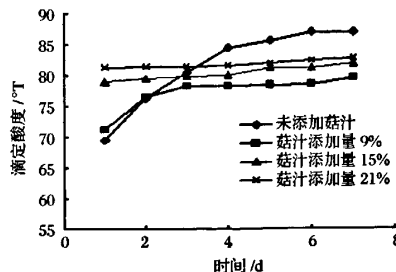


图6 贮藏过程中滴定酸度随时间的变化

从图5可以看出,酸奶的pH值随着贮藏时间的延长而降低,未添加菇汁者在贮藏的第1天下降较快,但以后添加和不添加的产品pH值都下降缓慢。

从图6可以看出,贮藏过程中未添加者的酸度上升得很快,而添加菇汁者的酸度上升趋势较缓慢,说明添加菇汁后,对酸奶酸度在上升有一定的缓冲作用,在一定程度上延滞了酸奶后酸化。其原因可能是,添加菇汁后促进了嗜热链球菌的快速增长,嗜热链球菌的数量大于保加利亚乳杆菌数量,对后酸化有抑制作用。徐成勇等<sup>[12]</sup>的研究也证实,酸乳中的嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌比例高时,酸乳的后酸化相对比较小。此外,酸奶中的乳酸有2种,一种是L-(+)乳酸,主要由嗜热链球菌产生,另一种是D-(-)乳酸,由保加利亚乳杆菌生成。由于菇汁的添加主要是促进了球菌的生长,嗜热链球菌的生长速度快于保加利亚乳杆菌,发酵产生的L-(+)乳酸较多,其L-(+)乳酸与D-(-)乳酸的比值较高。有文献报道<sup>[14]</sup>,当L-(+)乳酸与D-(-)乳酸的比大于2.0时,酸奶的质量较高。

## 2.7 凤尾菇酸奶发酵及贮藏过程中微生物的变化趋势

发酵及贮藏过程中的乳酸菌总数变化分别见图7和图8。

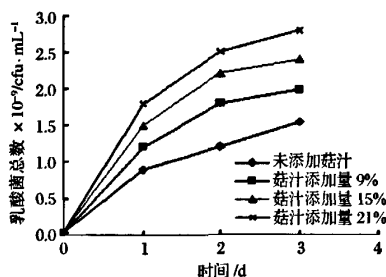


图7 发酵过程中乳酸菌总数随时间的变化情况

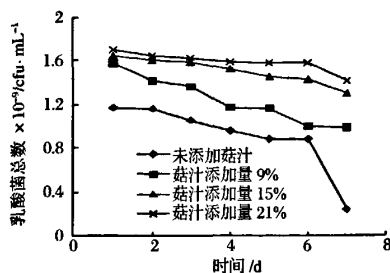


图8 贮藏过程中乳酸菌总数随时间的变化

从图7可以看出,在发酵过程中,凤尾菇汁对乳酸菌的生长有明显的促进作用。添加有菇汁的酸奶中的乳酸菌生长繁殖的速度及发酵终了时的乳酸菌总数均高于未添加者。

从图8可以看到,在贮藏期间,随着不同程度的

后酸化过程,酸度进一步上升,对乳酸菌的生长不利,故逐渐出现数量上的下降,特别到第7天时,未添加菇汁的酸奶其乳酸菌数下降很快。在实验过程中发现,样品的球菌数比杆菌数多,说明菇汁对球菌的促生长作用比对杆菌的大,球菌的生长在一定程度上缓和了酸奶的酸度,对抑制酸奶的后酸化也起到一定的作用。

## 3 结论

(1)添加凤尾菇汁的酸奶的凝乳时间小于未添加者,且凝乳效果较好,风味更加浓郁。

(2)在发酵过程中,添加凤尾菇汁的酸奶的酸度、乳酸及丁二酮量增加的速度较未添加菇汁的酸奶快。但是到达发酵终点时,乳酸的含量趋于一致,丁二酮则是添加菇汁量越多,则其含量也越大。

(3)在贮藏过程中,未添加菇汁和添加菇汁的酸奶的酸度都是随着时间增加而增加,但添加有菇汁的酸奶的酸度增加的速度比较平缓。在此过程中,乳酸菌总数虽然在减少,但样品的乳酸菌数的下降速度还是比较缓慢的。菇汁的添加不仅促进了乳酸菌的生长,而且在一定程度上延滞了酸奶后酸化现象的发生。

## 参考文献

- 1 Ki Bum Park, Suk Heung Oh. Production of yogurt with enhanced levels of gamma-aminobutyric acid and valuable nutrients using lactic acid bacteria and germinated soybean extract [J]. Bioresource Technology, 2007, 98: 1 675~1 679
- 2 李祥,赵征. 酸奶的生产现状及发展趋势[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(19)
- 3 李凤林,张丽丽,庄威. 金针菇保健酸奶的研制[J]. 冷饮与速冻食品工业, 2005, 11(3): 16~21
- 4 王林山. 鸡腿菇保健酸奶的研制[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(10): 83~85
- 5 方幼兰,刘艳如. 凤尾菇子实体多糖的提取及其部分性质[J]. 中国食用菌, 2003, 22(5): 43~45
- 6 谢继志,肖宏彬. 酸奶中乳酸菌及酸度的检测与变化[J]. 中国乳品工业, 2002, 30(1): 22~25
- 7 郭红珍,张燕. 金针菇与香菇酸奶的研制[J]. 中国乳业, 2005, (9): 37~39
- 8 大连轻工业学院等编. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2004
- 9 朱俊平. 乳及乳制品质量检验[M]. 北京:中国计量出版社, 2006
- 10 刘用成. 食品检验技术(微生物部分)[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2006
- 11 Valeric M. Marshall Starter culture for milk fermentation and their characteristics [J]. Journal of the Society of

Dairy Technology, 1993, 46: 49~56

研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(12): 10~14

12 徐成勇, 吴昊, 郑思聪, 等. 酸乳后酸化影响因子的初步

13 郭本恒. 乳制品[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001

## Study on the Fermentation Properties of Phoenix-tail Mushroom

Liu Zhaoming, Huang Cuiji, Chen Ying

(Department of Biological and Chemical Engineering, Guangxi University of Technology, Liuzhou 545006, China)

**ABSTRACT** The changes of pH, TA values, amount of lactic acid and diacetyl and lactobacillus in the fermentation and storage process of phoenix-tail mushroom yogurt were studied. According to the results, to the yogurt which added juice of phoenix-tail mushroom, the curd time was shorter, curd quality was better, TA increased quickly. During the fermentation, the amount of lactic acid and Diacetyl in the yogurt added juice of phoenix-tail mushroom increased quickly than the yogurt without juice, in the end of fermentation, the amount of lactic acid tend to be consistant, the amount of diacetyl increased with the amount of juice; during the storage the TA value increased slowly, the lactobacillus decreased slowly, the mushroom juice were able to inhibit the post-acidification of yogurt.

**Key words** phoenix-tail mushroom, yogurt, fermentation property, lactobacillus

行业动态

### 世界最大液态谷物食品无菌纸包装线在厦门投产

惠尔康是厦门市着力培育的农业龙头企业之一。经过 15 年的发展,惠尔康综合实力名列全国民营企业 500 强,还先后被评为国家农业产业化重点龙头企业、福建省高新技术企业、全国质量管理达标企业,惠尔康品牌也荣获“中国驰名商标”、“中国名牌产品”等荣誉。

惠尔康东方食品城占地面积 40hm<sup>2</sup>,总体规划建筑面积 20 多万平方米。目前,东方食品城已建成投产全球最大的液态谷物食品无菌纸包装车间——“谷粒谷力”生产车间,拥有 37 条世界最先进的无菌纸包装生产线,年生产能力达 30 万 t 以上,是世界最先进的液态谷物食品无菌纸包装车间。

全面建成投产后,东方食品城将拥有 70 条无菌纸包装生产线,6 条三片罐高速生产线,5 条 PET 热灌装生产线,并引进紫江企业等国内外知名包装配套厂家,生产包含谷粒谷力在内的 7 大系列 3 大包装类别的 100 多种产品,形成 200 万 t 的年生产能力,为惠尔康第二次腾飞提供可靠的产能保证和技术保证。

### 国家农产品加工技术研发中心在北京成立

2007 年 10 月 26 日,“国家农产品加工技术研发中心”成立及挂牌仪式在京举行。该中心依托中国农业科学院农产品加工研究所建立,是农业部加快我国解决农产品加工业重大技术创新、技术引进和技术推广问题的重要举措之一。

统计资料显示,随着食品生物技术、食品化学与营养、食品微生物与发酵工程、功能食品与生物活性物质、粮食与植物蛋白工程等领域的技术进步,“十五”以来,我国农产品加工业的产值以年均 15% 的速度递增,到 2006 年底,规模以上企业产值达到 4.6 万亿元,成为国民经济中发展最快、最具活力的支柱产业之一。但与发达国家相比,我国农产品加工业发展还存在技术创新水平与科技成果转化能力较低等方面的差距。

该中心的主要任务是积极开展农产品加工业宏观发展战略及相关政策研究;加强农产品加工基础与应用基础研究、前沿技术研究、重大共性关键技术与集成;加快农产品加工科技成果转化、示范与推广;加强人才培养、国际合作与交流,为行业发展提供信息和咨询服务。经过 3~5 年的建设,该中心将形成以企业为主体、以科研单位为技术依托、产学研前,结合的农产品加工技术创新体系,成为加速农产品加工领域科技成果转化,推动我国农产品加工技术进步和产业升级的重要力量。

### 喀什建成绿色食品原料标准化基地

喀什市全国绿色食品原料(胡萝卜)标准化生产基地通过自治区绿色食品发展中心验收。

胡萝卜是喀什市种植的主要蔬菜之一,栽培历史悠久,产量高、质量好、耐储存。2007 年 3 月,喀什市被国家农业部绿色食品管理办公室和中国绿色食品发展中心列为第 3 批创建全国绿色食品原料(胡萝卜)标准化生产基地。目前,该市已建立 7 000hm<sup>2</sup> 绿色食品胡萝卜标准化生产基地,分布于 8 个乡和 2 个场,种植农户达 1 万余户。今年,基地胡萝卜亩产达到 2 418.1kg,总产量达到 25.39 万 t,总产值达 3.8 亿元。