

# 发酵技术在板鸡加工中的应用研究

李香春<sup>1</sup>, 李洪军<sup>2,\*</sup>

(1. 西南科技大学生命科学与工程学院, 四川 绵阳 621002

2. 西南农业大学食品学院, 重庆 400716)

**摘 要:** 本试验采用人工接种培养的多菌种发酵, 筛选适用于肉品发酵的菌种组合, 重点研究了发酵条件及发酵过程对肉制品的理化特性的影响, 同时也探讨了腌制过程中食盐的动态变化并确定最佳腌制条件: 即在4~6℃下腌制16h, 食盐5%, 蔗糖3%, 复合香辛料4%时风味最佳; 经过筛选确定使用于发酵的发酵剂组成为: 植物乳杆菌、短乳杆菌、米曲霉。

**关键词:** 板鸡; 腌制; 发酵; 烘烤

## Research on Fermentation Technology in Salted Chicken

LI Xiang-chun<sup>1</sup>, LI Hong-jun<sup>2,\*</sup>

(1. College of Life Science and Technology, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621002, China 2. Institute of Food Science, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

**Abstract:** Several ferment strains were used for inoculating ferment in this experiment. The best ferment agent for meat product was determined. The effects of ferment conditions and ferment processing on the physical and chemical characteristics of meat product were investigated, at the same time, the dynamic change of salt in the curing process and the regulation of the moisture changing in the drying process were discussed. The product has good flavor by curing 16 hours under 4~6℃. The ingredients are: salt: 5%, sucrose: 3% and compound condiment: 4% *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum* and *Aspergillus oryzae* are selected as the best fermentation agents for meat production.

**Key words:** salted chicken; curing; fermentation; roasting

收稿日期: 2005-03-31

\*通讯作者

作者简介: 李香春(1978-), 女, 助教, 主要从事食品加工方面的研究。

为进一步验证, 采用确定的优化条件进行三次平行实验, 结果总多酚提取得率平均为3.05mg/g, 原花青素提取得率平均为1.18mg/g, 分别与最大值相差1.93%和1.67%, 与此条件下的预测值相差0.6%和0.83%, 与模型符合良好并且具有可行性。

### 3 结 论

采用响应面回归分析法对大麦中多酚类活性成分的超声提取工艺进行了研究, 考察了乙醇浓度、超声时间、料液比对总多酚及原花青素提取得率的影响, 得到大麦多酚物质超声提取的最佳工艺条件为: 乙醇浓度65%, 超声时间10min, 料液比1:27, 此时总多酚和原花青素的提取得率分别可以达到3.05mg/g和1.18mg/g。

### 参考文献:

- [1] 凌关庭. 有“第七类营养素”之称的多酚类物质[J]. 中国食品添加剂, 2000, (1): 28-37.
- [2] Ian McMurrough, Malcolm J, Loughrey, et al. Content of (+)-catechin and proanthocyanidins in barley and malt grain[J]. J Sci Food Agric, 1983, 34: 62-72.
- [3] Santos-Buelga C, Scalbert A. Review: Proanthocyanidins and tannin-like compounds-nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health[J]. J Sci Food Agric, 2000, 80(7): 1094-1117.
- [4] Matteo Bonoli, Vito Verardo, Emanuele Marconi, et al. Antioxidant phenols in barley (*Hordeum vulgare* L.) flour: comparative spectrophotometric study among extraction methods of free and bound phenolic compounds[J]. J Agric Food Chem, 2004, 52: 5195-5200.
- [5] 孙芸, 谷文英. 硫酸-香草醛法测定葡萄籽原花青素含量[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(9): 43-46.
- [6] 费荣昌. 试验设计与数据处理(第四版)[M]. 江南大学教材, 2001. 59-63.

中图分类号: TS251.55

文献标识码: B

文章编号: 1002-6630(2006)05-0176-10

在我国, 发酵肉制品的研究属于新兴的研究领域。目前, 我国传统发酵肉制品基本上仍采用自然发酵, 尤其是金华火腿生产中微生物发酵作用是必不可少的。但自然发酵存在加工过程中污染菌的种类复杂, 难以保证制品品质, 加工成熟期长, 储藏期缩短等缺点。利用发酵剂可使生产周期缩短, 品质稳定性提高, 有效抑制了有害微生物的生长, 延长贮藏期, 乳酸菌不受季节限制, 正好弥补了传统自然发酵的不足。

因鸡肉营养成分齐全、营养价值高、易消化吸收、肉质细嫩、味道鲜美, 深受国内外消费者的欢迎。鸡肉产品品种虽很多, 但腌腊制品却很少。传统的板鸡制品也属腌腊制品, 而板鸡加工中采用人工接种进行发酵是崭新的研究领域。由于鸡肉中肌红蛋白含量低, 颜色浅, 鸡肉制品的开发带来一定难度。在肉中接种乳酸菌、制作发酵肉制品, 不仅能改善制品的色泽、提高蛋白质的消化率和净利用率, 而且能增加制品的安全性和货架期, 并赋予制品以独特的风味<sup>[2][11]</sup>。

本试验采用合适的腌制方法, 确定最佳的腌制条件, 同时采用微生物学方法对使用于肉品发酵的微生物进行筛选, 采用人工接种方式进行多菌种混合发酵。对发酵条件进行确定的同时, 系统研究了微生物的生长繁殖及对肉制品理化特性的影响, 最后对成品制作过程中的烘烤方式和条件进行研究并确定。从而为人工接种发酵肉制品研究与开发提供了一定的理论依据, 并丰富了我国禽肉制品市场, 促进我国发酵肉制品的发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 原料

活鸡、食盐、白糖、复合香辛料、味精、料酒购于重庆北碚天生市场。

亚硝酸钠、VC、复合磷酸盐 西南农业大学食品学院肉类加工实验室提供。其他试剂均为分析纯化学试剂。

#### 1.1.2 微生物菌种

A 短乳杆菌(*Lactobacillus brevis*); B 植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*); C 干酪乳杆菌(*Lactobacillus casei*); D 乳酸链球菌(*Streptococcus acidilactici*); E 米曲霉(*Aspergillus oryzae*)。

以上菌种由西南农业大学食品学院微生物实验室提供。

#### 1.1.3 培养基

MRS 固体培养基 用于乳酸菌保存; 改良 MRS 培养基 用于乳酸菌计数; PCA 培养基 细菌总数确定; 孟加拉红培养基 用于霉菌计数。

#### 肉汤培养基:

瘦鸡肉切碎块, 称 500g 加水 1000ml, 低温处浸泡过夜, 煮 30 min, 用纱布过滤, 加蛋白胨及氯化钠, 煮沸, 补充水量, pH 调至 7.4~7.6 灭菌使用。(主要用于乳酸菌的扩大培养)。

#### 豆芽汁培养基:

先将洗净的豆芽 100g 放入适量水中煮沸 30min, 煮制液用双层纱布过滤得豆芽汁, 在其中加入 30g 葡萄糖等融化后加水至 1000ml, 灭菌备用(用于米曲霉的扩大培养)。

## 1.2 设备

SW-CJ-1F 超净工作台 苏净集团安泰公司; PHS-3C 型酸度计 成都方舟科技开发公司; S22PC 分光光度计 上海棱光技术有限公司; DHS16-A 多功能红外水分测定仪 上海精密科学仪器有限公司; TGL-16C 高速台式离心机 上海安亭科学仪器厂; ML-902 定时恒温磁力搅拌器 上海浦江分析仪器厂; 电热恒温培养箱 上海跃进医疗器械厂; 热风循环烘箱 重庆银河包装股份试验仪器有限公司; DE600/28 真空包装机 上海人民包装股份有限公司; SS-327 高温高压灭菌锅 TOMY KOGYO 有限公司; HH-6 型数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 板鸡加工工艺流程

原料选择→宰杀→开膛, 清洗→腌制→发酵→烘烤→真空包装→高温高压灭菌→成品

### 1.3.2 原料处理

1.3.2.1 选择符合食品卫生标准的新鲜或冷冻鸡, 重量在 1.5~2kg 左右。

1.3.2.2 宰杀 活鸡采用切断三管法宰杀。宰前 12h 停止喂食, 饮水不断, 以便放血干净及内脏处理, 再对此进行烫毛、褪毛处理。

1.3.2.3 开膛, 整形 持刀切开腹部和沿胸骨左侧切开胸部, 一直切断锁骨为止, 打开胸腹腔拉出肠、胃、肝、心, 然后用食指在四周勾破筋膜、挖出肺, 清除腔内的筋膜和肾脏。下五件, 并把整鸡压平调整形状, 或以分割部位进行加工。

1.3.2.4 清洗 将取出内脏后的鸡, 用清洁冷水洗净体腔内残留的破碎内脏和血液。然后将洗净的鸡浸泡于

清洁水中 3~4h (以拔出体内血液, 使肌肉洁白, 成品口味鲜美, 延长保存期), 捞出沥干水即可。

### 1.3.3 腌制条件的确定

观察不同盐浓度条件下肉中食盐含量随时间的变化, 选出合适的盐浓度和腌制时间。用  $L_9(3^4)$  正交试验对食盐浓度、复合香辛料、蔗糖浓度、腌制时间进行筛选确定最佳腌制条件。

### 1.3.4 菌种筛选试验

#### 1.3.4.1 乳酸菌之间的相互关系

在肉汤培养基中接入乳酸菌, 在 37℃ 条件下培养。在培养 10h 和 20h 后分别用血球计数板计数法测菌数<sup>[13]</sup>。

用含菌的接种环, 在乳酸菌固体培养基上划一条直线, 在 37℃ 条件下培养两天。待形成菌落后沿菌落边缘 (不接触), 在用接种环从垂直方向接另一种菌。在 37℃ 培养 24h 观察有无抑菌区<sup>[12]</sup>。

#### 1.3.4.2 乳酸菌与霉菌之间的拮抗试验

用移块法分别测定所选的乳酸菌与霉菌之间的拮抗作用。记录抑菌圈直径<sup>[12]</sup>。

### 1.3.5 单因子试验

以不同接种比例、接种量、发酵温度为单因子, 接种、发酵, 定期测定 pH 值, 氨基酸态氮含量成品进行感官评定, 进行选优。

### 1.3.6 最佳发酵条件的确定

在进行单因子试验优选的基础上采用四因素二次旋转组合对接种量、接种比例 (以霉菌在发酵剂中所占百分比来表示)、发酵温度、发酵时间进行试验, 建立氨基酸态氮和酸度与各因素之间的数学模型, 再通过计算机选优, 获得最佳的发酵条件。各因素水平的编码表见表 1。

### 1.3.7 测定方法

表 1 二次通用旋转组合设计因素水平编码表  
Table 1 The codes and their levels of factors

| 编码 | 接种量 $X_1$ (%) | 接种比例 $X_2$ (%) | 发酵温度 $X_3$ (°C) | 发酵时间 $X_4$ (h) |
|----|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| +2 | 3.0           | 80.0           | 36.0            | 22             |
| +1 | 2.5           | 75.0           | 34.0            | 20             |
| 0  | 2.0           | 70.0           | 32.0            | 18             |
| -1 | 1.5           | 65.0           | 30.0            | 16             |
| -2 | 1.0           | 60.0           | 28.0            | 14             |

表 2 评分标准表

Table 2 The standard of appraisal

| 外观                  | 组织状态      | 气味                    | 口感    | 分数   |
|---------------------|-----------|-----------------------|-------|------|
| 表面光洁, 肌肉切面呈一定的深红色   | 切面致密, 有光泽 | 具有板鸡特有的发酵香味, 无哈味和其他异味 | 咸淡适中  | 8~10 |
| 体表有少量油脂渗出, 肌肉切面呈暗红色 | 切面疏松, 无光泽 | 带有哈喇味                 | 稍咸或稍淡 | 4~7  |
| 有大量油脂渗出             | 切面易疏散、无光泽 | 带有哈喇味和其他怪味            | 很咸或很淡 | 1~3  |

### 1.3.7.1 理化指标的测定

盐分 莫尔法<sup>[10]</sup>; 水分 直接烘干法<sup>[10]</sup>; 总糖 斐林试剂法<sup>[30]</sup>; 脂肪 索氏抽提法<sup>[30]</sup>; 氨基酸态氮 电位滴定法<sup>[34]</sup>; 游离脂肪酸 参考文献<sup>[11]</sup>; 总酸含量 参考文献<sup>[34]</sup>; pH 值 参考文献<sup>[10]</sup>; 过氧化值 参考文献<sup>[11]</sup>; 亚硝酸盐 分光光度法<sup>[10]</sup>。

### 1.3.7.2 微生物指标的测定

乳酸菌数 参考文献<sup>[12, 13]</sup>; 细菌总数 参考文献<sup>[32]</sup>; 霉菌计数 参考文献<sup>[10]</sup><sup>[13]</sup>; 大肠菌群及致病菌参考《食品卫生检验方法—微生物部分》。

### 1.3.7.3 感官评定

七个人感官评定小组对成品的色、香、味进行评价打分<sup>[18, 19]</sup>, 评分标准见表 2。

### 1.3.7.4 统计分析<sup>[29]</sup>

## 2 结果与分析

### 2.1 腌制过程盐分的变化与腌制条件的确定

#### 2.1.1 盐分的动态变化

腌制温度高易造成肌球蛋白变性, 且带菌量多, 易使微生物生长繁殖, 导致腐败。而低温有效抑制腐败微生物生长, 又有利于肌球蛋白的溶出, 有利于保持肉中的水分含量<sup>[4]</sup>。现在肉制品加工中腌制大部分都采用低温, 因此, 本试验也采用了 4~6℃ 的低温腌制的方法。

采用干腌和湿腌两种方法, 对其盐分含量的变化进行观察比较。

从图 1、2 可以看出湿腌的食盐渗透速度较慢, 而且湿腌不同浓度的食盐之间渗透速率差距较小, 当肉腌制一定时间时肉中食盐含量变化不明显, 这表示湿腌过

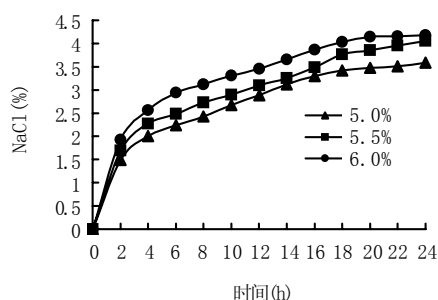


图 1 干腌过程食盐含量的变化图

Fig.1 The change of salinity in the curing process

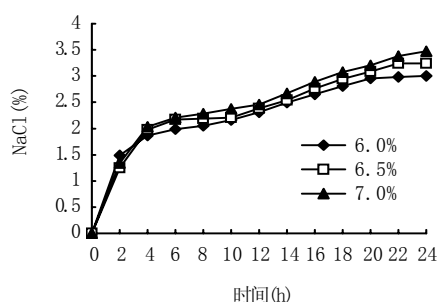


图2 湿腌过程食盐含量的变化图

Fig.2 The change of salinity in the curing process

程中腌制一定时间后,肉与腌制液之间形成一个动态平衡,达到此平衡状态时肉中食盐含量就不再增加。

资料显示<sup>[19]</sup>,氯化钠的识别味阈为1.75%~49.7%,一般所使用的炖煮食物的含盐量为1.5%~2.0%,香肠火腿为2.3%~4.2%,腌制蔬菜为8%~10%,腌咸鱼、肉等为15%~30%。

实际上咸味等味觉还受年龄、性别、温度、健康情况、介质等多数因素的影响,所以本试验在资料显示的数据基础上经过反复多次的感官评定,将腌制结束时的含盐量控制在3.2%~3.5%,此时板鸡成品的咸度较适口,普遍让人接受。

从表3和图1、2可看出达到此含盐量,干腌法食盐浓度5%时需腌制16~20h,5.5%时需腌制12~16h,6%时需腌制10~12h。湿腌法食盐浓度7%时24h以上,6.5%时22h,6%时20h均可达腌制平衡,并且达到了所要求的含盐量。

湿腌和干腌各有各的优点和缺点,湿腌具有腌制均匀,省工,根据腌制液浓度可以判断腌制情况,腌制产量大等优点,但其腌制速度较慢,腌制剂和辅料用量较多可造成浪费等缺点。对于工业化生产湿腌是可取的,可行的,但本试验腌制规模小,尚未大众化的条件下考虑中小食品加工企业,采用经济又快速的方法。干腌可缩短腌制时间,不需要特别的设备、场所、简便易行,因此,本试验采用了干腌法。

### 2.1.2 最佳腌制条件的确定

在单因子试验选优的基础上,以食盐浓度、复合香辛料浓度、蔗糖浓度、腌制时间为四个因素进行正交试验,最终确定最佳腌制条件。

表3 因素、水平编码表

Table 3 Factors and levels of the orthogonal experiment

| 水平 | A 食盐 (%) | B 复合香辛料 (%) | C 蔗糖 (%) | D 腌制时间 (h) |
|----|----------|-------------|----------|------------|
| 1  | 5.0      | 3           | 2        | 12         |
| 2  | 5.5      | 4           | 3        | 16         |
| 3  | 6.0      | 5           | 4        | 20         |

根据表3进行正交试验,得出影响腌制后风味的因

表4 成品感官评定结果

Table 4 The result of sensory grade

| 项目   | 试验号 |    |    |    |    |    |    |   |    |
|------|-----|----|----|----|----|----|----|---|----|
|      | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8 | 9  |
| 咸味   | 4   | 10 | 8  | 4  | 8  | 5  | 5  | 2 | 8  |
| 甜味   | 3   | 10 | 6  | 6  | 7  | 3  | 6  | 1 | 8  |
| 整体口感 | 5   | 10 | 6  | 4  | 8  | 4  | 5  | 3 | 9  |
| 综合评分 | 12  | 30 | 20 | 14 | 23 | 12 | 16 | 6 | 25 |

注:“8~10”为较好,“4~7”为一般,“1~3”为差。

素主次顺序为:蔗糖浓度(C)→腌制时间(D)→复合香辛料(B)→食盐浓度(A)。

最优组合为A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>即在4~6℃下腌制16h,食盐5%,蔗糖3%,复合香辛料4%为最佳。次优组合为A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub>,食盐5.5%,蔗糖4%,复合香辛料5%,腌制12h。

在腌制过程中加入食盐有利于盐溶蛋白的提取,提高肉蛋白的结合力,延长制品的保藏期。适量的盐能抑制部分杂菌生长,促使乳酸菌系的形成,但浓度过高,不但口感太咸,而且也会延迟发酵进程<sup>[16]</sup>。

糖类是制品发酵必需的基质,葡萄糖等单糖的利用率比蔗糖高,但由最终产品不需要高的酸度,实验中也发现蔗糖足以满足发酵产酸的需要。蔗糖浓度对口味起主要影响,过多则太甜,过少则口感单调,未与咸味协调则整体风味就差,也直接影响下一步发酵的速度和最终pH值。同时,在烘烤过程中由于羰氨反应,影响色泽。

香辛料不仅能产生良好的风味,还有些香辛料具有杀菌或抑菌作用<sup>[16]</sup>。

腌制时间较长,则腌制剂作用充分,但同时也要控制好其含盐量。因鸡肉本身肉质细嫩等特点实践中发现腌制时间超过12h时就可达到良好的腌制效果。

## 2.2 发酵微生物的筛选

### 2.2.1 乳酸菌之间的相互关系

由于乳酸菌之间都能产生细菌素,因而在混合培养

表5 单一或两种乳酸菌培养的菌数(个/ml)

Table 5 The cultured amount of one or two *Lactobacillus* strains

| 实验组 | 菌种          | 时间(h)             |                   |
|-----|-------------|-------------------|-------------------|
|     |             | 10                | 20                |
| 1   | A 菌种        | $1.5 \times 10^7$ | $3.3 \times 10^7$ |
| 2   | B 菌种        | $3.2 \times 10^6$ | $8.5 \times 10^6$ |
| 3   | C 菌种        | $5.3 \times 10^6$ | $7.9 \times 10^6$ |
| 4   | D 菌种        | $1.2 \times 10^7$ | $2.6 \times 10^7$ |
| 5   | A 菌种 + B 菌种 | $1.9 \times 10^7$ | $4.3 \times 10^7$ |
| 6   | A 菌种 + C 菌种 | $1.1 \times 10^7$ | $2.5 \times 10^7$ |
| 7   | A 菌种 + D 菌种 | $1.8 \times 10^7$ | $3.7 \times 10^7$ |
| 8   | B 菌种 + C 菌种 | $4.1 \times 10^6$ | $6.3 \times 10^6$ |
| 9   | B 菌种 + D 菌种 | $1.3 \times 10^7$ | $3.5 \times 10^7$ |
| 10  | C 菌种 + D 菌种 | $4.2 \times 10^6$ | $5.2 \times 10^6$ |

时它们之间可能存有拮抗关系。因此,在肉汤培养基中接入乳酸菌,在37℃条件下培养,在培养10h和20h后分别用血球计数板计数法测菌数,从而筛选出可以共生的菌种。

从表5中可以看出10h后A和B混合培养的菌数为 $1.9 \times 10^7$ ,而A和B混合培养菌数是单独培养的1.6倍和5.9倍;20h后混合培养的A与B是单独培养菌数的1.3倍和5.1倍。10h后B和D混合培养的菌数为 $1.3 \times 10^7$ ,而B和D混合培养菌数为单独培养的4.1倍和1.1倍;20h后混合培养的B和D是单独培养菌数的4.2倍和1.4倍。而10h后A单独培养菌数是A和C混合培养的1.4倍,C单独培养菌数是B和C混合培养的1.3倍,C和D混合培养的1.3倍,D单独培养菌数是C和D混合培养的2.9倍。20h后A单独培养菌数是A和C混合培养的1.3倍,B单独培养菌数是B和C混合培养的1.4倍,C单独培养菌数是B和C混合培养的1.3倍,C和D混合培养的1.5倍,D单独培养菌数是C和D混合培养的5倍。从而初步可以判断A和B,B和D之间不存在拮抗作用。

含菌的接种环,在乳酸菌固体培养基上划一条直线,在37℃条件下培养两天。待形成菌落后沿菌落边缘(不接触),再用接种环从垂直方向接另一种菌。在37℃培养24h观察有无抑菌区。

表6 各乳酸菌之间的抑菌区(cm)

Table 6 The scope of *Lactobacillus*' reciprocal inhibition (cm)

| 最初接菌 | A菌种  | B菌种  | C菌种  | D菌种  |
|------|------|------|------|------|
| A菌种  | —    | 阴性   | 1.35 | 1.40 |
| B菌种  | 阴性   | —    | 2.00 | 阴性   |
| C菌种  | 1.20 | 1.85 | —    | 2.10 |
| D菌种  | 阴性   | 阴性   | 阴性   | —    |

从表6中可以看出A菌种与B菌种,B菌种与D菌种之间无抑制区,从而可确定A菌种和B菌种或B菌种和D菌种可以用于混合发酵。

## 2.2.2 乳酸菌与霉菌之间的拮抗试验

采用琼脂移块法来进行菌种筛选,通过观察有无抑菌圈来确定两菌种之间是否存在拮抗关系,从而选出可以与霉菌共生的菌种。

表7 霉菌与乳酸菌之间的抑菌圈(cm)

Table 7 The scope of reciprocal inhibition between *Lactobacillus* and molds (cm)

|     | A菌种 | B菌种 | D菌种  |
|-----|-----|-----|------|
| E菌种 | 不明显 | 不明显 | 1.02 |

从表7可以看出A菌种和B菌种与E菌种之间拮抗作用较弱,从而确定最佳三菌组合为A、B、E。

## 2.3 微生物发酵条件对肉制品风味的影响

### 2.3.1 菌种比例对肉制品风味的影响

乳酸菌主要利用糖类而产生乳酸,赋予产品发酵特有的香味,米曲霉所产生的酶类可分解蛋白质和脂肪产生氨基酸、有机酸等各种风味物质,从而提高产品的香气和整体风味。发酵有助于制品的发色、经感官评定,发酵后的制品呈红褐色,因为发色剂( $\text{NaNO}_2$ 或 $\text{NaNO}_3$ )形成一氧化氮的过程需要在酸性环境中进行,在 $\text{pH} 6 \sim 4.5$ 的范围内,pH值越低,就越有利于一氧化氮的产生。试验中乳酸菌发酵糖类产生的乳酸,降低了肉的pH值,提高了一氧化氮的形成率,促进一氧化氮肌红蛋白的形成,使制品的色泽更鲜艳。

三菌以不同的配比进行发酵,并测pH值与氨基酸态氮含量的变化,成品进行感官评定,进行最优选择。由于乳酸菌或多或少都对霉菌有抑制作用,因此,试验配比设计时提高了霉菌在发酵剂当中所占比例。

资料显示<sup>[19]</sup>,有酸味感的食品pH值一般在3~5之间,而大多数食品的pH值在5~6.5之间,无酸味感。当pH小于3时,则一般达到难以适口的酸味程度。目前大多数人们在口感上尚未能接受肉制品的酸味,为了产品符合大众的口感,本试验将成品的pH值控制在5.0~5.2<sup>[16]</sup>。

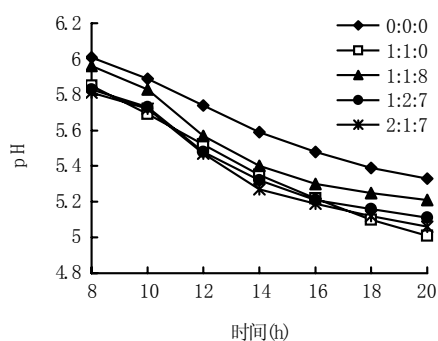


图3 不同比例三菌配比发酵时的pH变化

Fig.3 Effects of strain ratio on pH value during fermentation

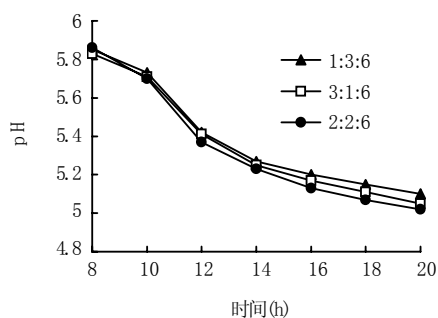


图4 不同比例三菌配比发酵时的pH变化

Fig.4 Effects of strain ratio on pH value during fermentation

表8 不同配比三菌发酵产品品质  
Table 8 Effects of strain ratio on quality of product

| 项目 | A:B:E |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    | 0:0:0 | 1:1:0 | 1:1:8 | 1:2:7 | 2:1:7 | 1:3:6 | 3:1:6 | 2:2:6 | 1:4:5 | 4:1:5 | 2:3:5 | 3:2:5 |
| 口感 | 2     | 4     | 2     | 7     | 8     | 8     | 9     | 9     | 6     | 6     | 6     | 7     |
| 气味 | 2     | 6     | 3     | 6     | 5     | 8     | 8     | 8     | 6     | 6     | 6     | 6     |
| 外观 | 2     | 6     | 2     | 5     | 5     | 7     | 7     | 8     | 6     | 6     | 6     | 6     |
| 评分 | 1.4   | 5.2   | 2.0   | 6.1   | 6.2   | 7.7   | 8.1   | 8.4   | 7.0   | 7.0   | 7.0   | 7.4   |

注：口感占40%，气味占30%，外观占30%；8~10为较好，4~7为一般，1~3为差。

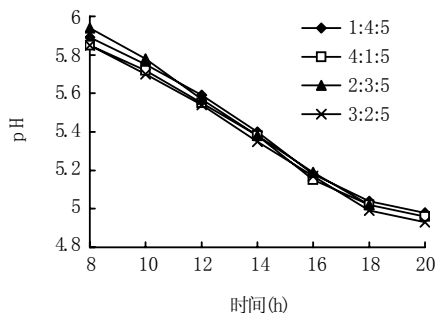


图5 不同比例三菌配比发酵时的pH变化

Fig.5 Effects of strain ratio on pH value during fermentation

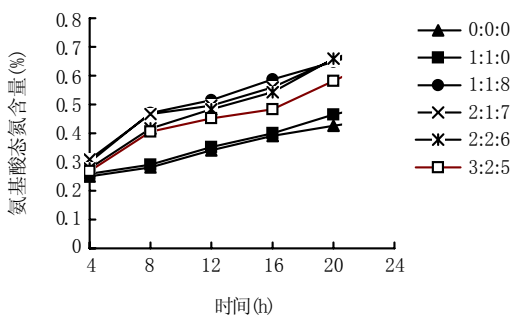


图6 不同配比三菌发酵时氨基酸态氮含量的变化

Fig.6 Effects of strain ratio on N-AC value during fermentation

从图3、图4、图5中可以看出发酵16~20h时均达到了发酵终点。

从图6中可以看出霉菌在发酵剂中的所占百分率(如：2:2:6为60%)超过50%时在发酵时间内所产生的氨基酸态氮含量明显高于未接种霉菌的实验组，且霉菌含量在60%以上时高于50%时所产生的氨基酸态氮含量。

发酵剂中乳酸菌所占比例较小则乳酸菌发酵不充分，从而导致整体风味差，较多则容易变酸。因此，乳酸菌发酵产生的乳酸等风味物质与米曲霉作用产生的游离氨基酸，有机酸等风味物质相互协调而决定整体风味。从表8中可看出，霉菌所占百分率占60%，尤其三菌配比为2:2:6时的产品品质最佳，次之为50%和70%。

### 2.3.2 接种量对肉制品风味的影响

接种量也直接影响发酵产酸速度，氨基酸态氮含量和肉制品品质。本试验以1%、2%、3%、4%、5%（以

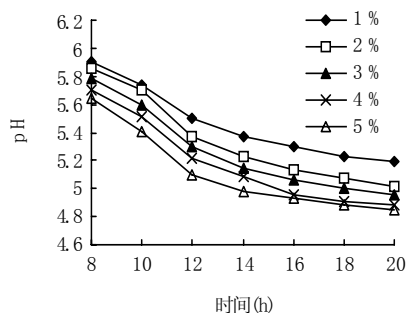


图7 不同接种量发酵时pH的变化

Fig.7 Effects of seed volume on pH value during fermentation

肉重计)的接种量进行发酵。结果1%发酵缓慢，达到发酵终点需要24h、3%、4%、5%发酵速度较快，达到发酵终点所需时间差距不是很大，大部分都在12~16h范围内，2%时需要18~20h，3%、4%、5%时需要12~16h不等。产品从外观、口感和气味等方面进行综合评定，结果认为2%的接种量最理想，次之未为3%。

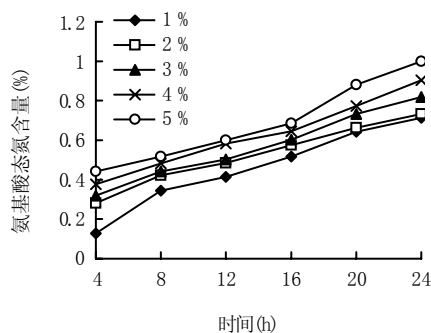


图8 不同接种量发酵时氨基酸态氮含量的变化

Fig.8 Effects of seed volume on N-AC value during fermentation

从图8中可看出发酵产生的氨基酸态氮含量随接种量的增加而增加，感官评定结果2%的接种量时产品品质最好。这可能是由于接种量大则发酵时间短，发酵终点不好控制，其他风味物质含量和产品色泽都达不到理想的程度，从而使整体风味下降，相反接种量少则发酵时间长，发酵不充分而整体肉制品风味不理想。

### 2.3.3 发酵温度和时间对肉制品风味的影响

发酵温度和时间对制品的品质有着至关重要的影

表9 不同接种量发酵产品品质  
Table 9 Effects of strain ratio on quality of product during fermentation

| 项目   | 接种量(%) |     |     |     |     |
|------|--------|-----|-----|-----|-----|
|      | 1      | 2   | 3   | 4   | 5   |
| 口感   | 8      | 9   | 7   | 6   | 4   |
| 气味   | 8      | 8   | 7   | 5   | 4   |
| 外观   | 4      | 9   | 8   | 7   | 6   |
| 综合评分 | 6.8    | 8.9 | 7.3 | 6.0 | 4.6 |

注：口感占40%，气味占30%，外观占30%；8~10为较好，4~7为一般，1~3为差。

响。由于菌种在不同温度下产酸的速度有差异，湿度控制在菌种最适生长范围、就有利于乳酸菌的生长繁殖，加快发酵过程。但产酸过快，发酵程度难以控制，尤其在消费者对于发酵肉制品的酸味尚不习惯的情况下，制品过酸就难以接受。发酵温度过低，发酵时间就长，不利于提高生产效率。本试验选择28、32、36、40℃ 4个发酵温度进行试验，并对发酵过程中pH值的变化进行了测定，结果显示、28℃发酵速度缓慢需要24h，可能使其他杂菌生长，而36℃和40℃发酵速度过快，发酵进行至14h，pH值就下降至4.7左右，且发酵终点很难控制。因此，从发酵过程中酸度变化来看生产中采用32℃发酵18~20h较为合适。此时pH值在

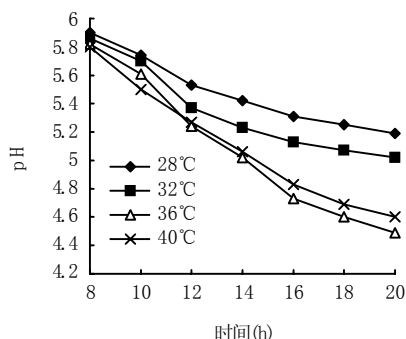


图9 不同温度发酵时pH的变化

Fig.9 Effects of temperature on pH value during fermentation

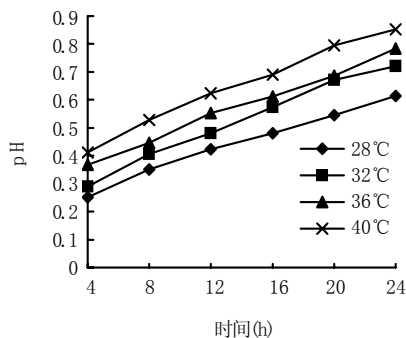


图10 不同温度发酵时氨基酸态氮含量的变化

Fig.10 Effects of temperature on N-AC value during fermentation

5.0~5.2范围内<sup>[16]</sup>，经感官评定，大多数人都能较好的接受。

根据图10可看出随着温度的升高所产生的游离氨基酸含量也有所增加，如28℃发酵24h时氨基酸态氮含量达0.61%，40℃、12h已达到0.62%，这说明蛋白酶活力随温度升高而提高，这可能是随温度提高激活了肉本身的蛋白酶活力，使整体活力提高。

## 2.4 数学模型的建立及最佳发酵条件的优化选择

为了得到较全面的发酵工艺条件，在上述实验的基础上采用二次通用旋转组合设计对接种量( $X_1$ )，接种比例( $X_2$ )，发酵温度( $X_3$ )，发酵时间( $X_4$ )四因素进行优化组合，建立游离氨基酸态氮( $Y_1$ )和酸度( $Y_2$ )与各因素之间的数学模型，并解析而获得最佳发酵条件。

### 2.4.1 回归模型的建立与分析

通过运算可求得四个因素和氨基酸态氮 $Y_1$ 和酸度 $Y_2$ 之间的数学模型并进一步进行回归分析，回归方程均达到了显著水平，说明回归方程和实际情况吻合的很好，根据方差分析结果，去掉不显著的项，最后所得回归方程为：

$$Y_1 = 0.5247 + 0.0313X_1 + 0.0179X_2 + 0.0271X_3 + 0.0346X_4 + 0.0117X_1^2 \quad R=0.958 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0.5624 + 0.0364X_1 + 0.0354X_3 + 0.0205X_4 - 0.0287X_1^2 - 0.0344X_2^2 - 0.0433X_3^2 \quad R=0.944 \quad (2)$$

由方程(1)可知，接种量、接种比例、发酵温度、发酵时间对氨基酸态氮含量有正影响( $b_1 > 0$ 、 $b_2 > 0$ 、 $b_3 > 0$ )。因此，氨基酸态氮含量随接种量、接种比例、发酵温度、发酵时间的增加而增加。由于本试验不需要很高的酸度，所以酸度控制在0.38%~0.46%。根据感官评定结果发现在所要求的酸度条件下氨基酸态氮含量在0.65%~0.67%范围时整体风味最佳，在此基础上通过电脑选优得出最佳发酵条件的范围是： $X_1=2\% \sim 2.5\%$ 、 $X_2=60\% \sim 65\%$ 、 $X_3=32 \sim 34^\circ\text{C}$ ， $X_4=20 \sim 22\text{h}$ 。

## 2.5 微生物的发酵作用及其对肉制品的影响

### 2.5.1 微生物菌群的变化

从图9中可以看出以肉重2%的接种量接种，其接入的乳酸菌带菌量为 $10^7\text{CFU/ml}$ ，霉菌孢子数为 $10^5$ 个/ml。测得初始乳酸菌活菌数为 $1.6 \times 10^5\text{CFU/g}$ ，初始细菌总数为 $3.0 \times 10^5\text{CFU/g}$ ，初始霉菌总数为 $1.02 \times 10^3$ 个/g。发酵24h内乳酸菌和细菌总数呈上升趋势，米曲霉总数相对来讲上升得较缓慢。至24h时细菌总数和乳酸菌数很接近，说明此时乳酸菌可能达到最大值 $1.82 \times 10^9\text{CFU/g}$ 。

### 2.5.2 发酵作用对亚硝酸盐残留量的影响

酸性条件有利于 $\text{NO}_2^-$ 分解为 $\text{NO}$ ， $\text{NO}$ 与肌红蛋白结合生成亚硝基肌红蛋白，从而促进发色；低pH条件

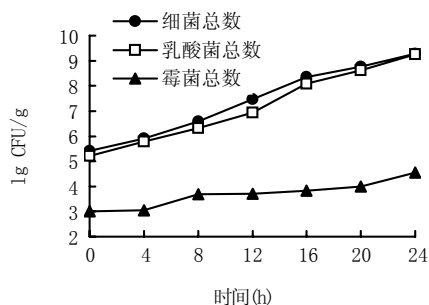


图 11 微生物发酵过程中微生物菌群的变化

Fig.11 The change of microflora in the fermentation

促进亚硝酸盐的分解,可减少亚硝胺的生成<sup>[7]</sup>。本试验为了提高发色速度以亚硝酸盐为发色剂,以0.015%的最大添加量添加。

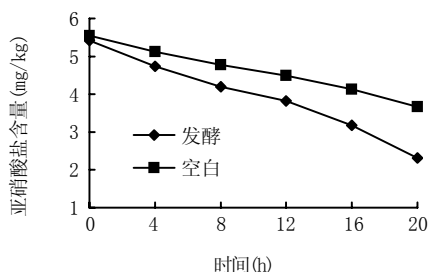


图 12 发酵过程亚硝酸盐残留量的变化

Fig.12 The change of residual nitrite in fermentation

如图12显示发酵的比未发酵的更有效地降低亚硝酸盐的含量,发酵结束时亚硝酸盐残留量仅为2.31mg/kg,但两者的亚硝残留量无论是腌制结束还是发酵结束都符合卫生标准。因此,对亚硝酸盐的残留问题不多加以研究。

### 2.5.3 发酵作用对肉制品成分的影响

由于霉菌所产生的脂肪酶和组织酶的分解作用使脂肪含量有所减少,产生游离脂肪酸,均对香味和风味的形成产生影响。从图13可以看出发酵比未发酵时所产生的游离脂肪酸含量明显增加。

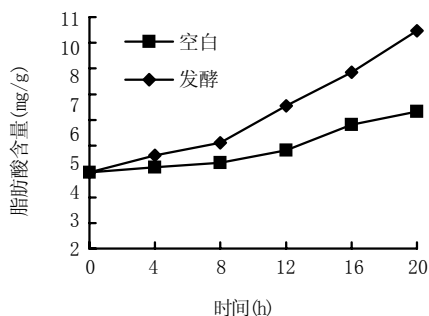


图 13 发酵过程脂肪酸含量的变化

Fig.13 The change of fatty acid in fermentation

### 2.5.4 发酵作用对残糖量的影响

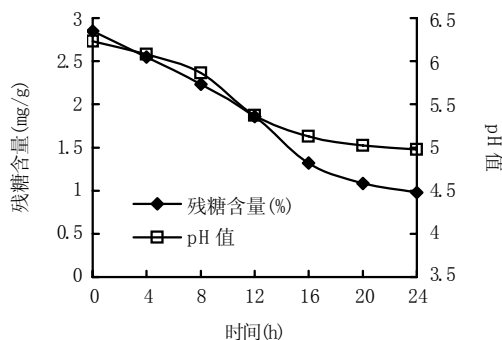


图 14 发酵过程糖、酸的变化

Fig.14 The change of titrated acid and sugar in of fermentation

图14可以看出发酵过程中糖的利用情况。乳酸菌对葡萄糖等单糖的利用率比蔗糖高,但由生产成本和产酸速度考虑直接使用了蔗糖。发酵起始阶段pH值为6.23,腌制后残糖含量为2.85%,经24h发酵作用,pH值降到4.98,糖也降到0.98%。

### 2.6 肉制品的保质期试验

#### 2.6.1 板鸡产品设计指标

感官指标:色泽具一定的深红色;具有特有的发酵香味,咸淡适中,无哈味及其它异味;组织状态切面肌肉干而紧密,软硬适中,无过多的油脂析出<sup>[18,19]</sup>。

理化指标:

过氧化值(%) $\leq 1.8$ ;水分 $\leq 48\%$ ;亚硝酸盐(mg/kg) $\leq 20$ ;含盐量 $\leq 5.8\%$ 。

微生物指标:

细菌总数(个/100g) $\leq 30000$ ;大肠菌群(个/100g) $\leq 30$ ;致病菌 未检出。

注:此标准主要参考了板鸭卫生标准GB2732-88和中式香肠(腊肠)、香肚卫生标准GB10147-88。

#### 2.6.2 产品质量卫生评定

表 10 成品的理化指标分析  
Table 10 The physical and chemical index

| 项目 | 水分(%)     | 含盐量(%)     | 亚硝酸盐(mg/kg) |
|----|-----------|------------|-------------|
|    | $\leq 42$ | $\leq 4.2$ | $\leq 2.3$  |

从表11中可以看出,常温下3个月,低温下5个月本试验的产品质量完全符合国家卫生标准。

### 3 结 论

对一系列加工过程的研究得出的结论如下。

3.1 干腌法食盐浓度5%时需腌制16~20h,5.5%时需腌制12~16h,6%时需腌制10~12h。湿腌法食盐浓度6%时20h,6.5%时22h,7%时24h以上均可达腌制



表 11 成品的保质期试验结果  
Table 11 The result on shelf life of product

| 项目               |   | 保存时间(月) |       |       |       |       |       |
|------------------|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  |   | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 过氧化值<br>(%)      | A | 0.087   | 0.613 | 1.04  | 1.806 | 3.284 | 4.682 |
|                  | B | 0.098   | 0.406 | 0.671 | 1.114 | 1.701 | 2.301 |
| 细菌总数<br>(个/100g) | A | 137     | 7990  | 14400 | 31980 | 57100 | 89000 |
|                  | B | 98      | 4900  | 9700  | 12000 | 23500 | 51200 |
| 大肠菌群<br>(个/100g) | A | 20      | 26    | 31    | 56    | 67    | 81    |
|                  | B | 12      | 23    | 27    | 35    | 35    | 57    |
| 感官评定             | A | 9.0     | 8.5   | 7.0   | 6.5   | 6.0   | 5.5   |
|                  | B | 7.5     | 7.0   | 6.0   | 6.0   | 5.5   | 5.5   |
| 致病菌              |   | 未检出     |       |       |       |       |       |

注: A 为常温保藏, B 为低温(4~8℃)保藏; 8~10 为良好, 4~7 为一般, 1~3 为差。

平衡, 并且达到了所要求的含盐量。通过正交试验确定腌制最优组合为 A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub> 即在 4~6℃下腌制 16h, 食盐 5%, 蔗糖 3%, 复合香辛料 4% 时风味最佳。

3.2 经过筛选确定使用于发酵的微生物组合为: 植物乳杆菌、短乳杆菌、米曲霉。

影响发酵产生氨基酸态氮含量和酸度的主要因素: 接种量 X<sub>1</sub>, 接种比例 X<sub>2</sub>, 发酵温度 X<sub>3</sub>, 发酵时间 X<sub>4</sub> 与氨基酸态氮含量 Y<sub>1</sub>, 酸度 Y<sub>2</sub> 之间进行回归分析, 得出以下方程:

$$Y_1 = 0.5247 + 0.0313X_1 + 0.0179X_2 + 0.0271X_3 + 0.0346X_4 + 0.0117X_1^2$$

$$Y_2 = 0.5624 + 0.0364X_1 + 0.0354X_2 + 0.0205X_3 - 0.0287X_1^2 - 0.0344X_2^2 - 0.0433X_3^2$$

由于本实验不需要很高的酸度, 所以酸度控制在 0.38%~0.46%。根据感官评定结果发现在所要求的酸度条件下氨基酸态氮含量在 0.65%~0.67% 范围时整体风味最佳, 在此基础上通过电脑选优得出最佳发酵条件的范围是: X<sub>1</sub>=2%~2.5%、X<sub>2</sub>=60%~65%、X<sub>3</sub>=32~34℃, X<sub>4</sub>=20~22h。

3.3 发酵过程中, 在 24h 内乳酸菌和细菌总数呈上升趋势, 米曲霉总数相对来讲上升得较缓慢。24h 时乳酸菌达到最大值  $1.82 \times 10^9$  CFU/g。肉制品的主要成分在微生物酶的作用下, 发生分解, 表现为游离脂肪酸含量增加, 残糖量的降低, 氨基酸态氮含量的增加。从而肉制品的结构、感官品质也均发生了一定的变化, 此外, 在微生物(乳酸菌)的分解作用下亚硝酸盐残留量明显比未发酵时降低, 色泽质量提高。

3.4 成品的色泽具一定的深红色; 具有特有的发酵香味, 咸淡适中, 无哈味及其它异味; 组织状态切面肌肉干而紧密, 软硬适中, 无过多的油脂析出。常温下 3 个月, 低温下 5 个月贮藏后的产品质量完全符合国家卫生标准。

## 参考文献:

- [1] 宫庆娥, 张树峰, 孙汉水. 板鸡加工工艺研究[J]. 畜产品加工, 1999, 21(2): 34-35.
- [2] 马汉军, 乔发东, 宋照军. 板鸡加工技术[J]. 食品工业科技, 1998, (6): 47-48.
- [3] 张兰威, 郭清泉, 郑冬梅, 等. 自然发酵与乳酸菌发酵风干香肠的理化特性及微生物变化[J]. 肉类工业, 2001, (7): 26-28.
- [4] 马汉军, 潘润淑. 肉类发酵研究新进展[J]. 河南职技师学院学报, 1995, 23(2): 37-39.
- [5] 张富新. 乳酸菌及其在发酵肉制品中的应用[J]. 黄牛杂志, 1997, 23(1): 50-51.
- [6] 李凤彩, 程文新, 谢华, 等. 发酵香肠菌种筛选标准探讨[J]. 食品工业科技, 2002, (6): 78-79.
- [7] 马汉军, 潘润淑, 张军合, 等. 鸡肉发酵香肠的研制[J]. 肉类工业, 1997, (9): 30-31.
- [8] 危贵茂. 鸡肉制品的开发[J]. 肉类工业, 1997, (4): 34-36.
- [9] 冯月荣. 我国禽肉制品的现状与发展方向[J]. 肉类工业, 2001, (3): 47-48.
- [10] 国家进出口商品检验局翻译. 肉类及其制品化学分析检验手册[M]. 湖南科学技术出版社, 1993.
- [11] 郑州粮食学院食品分析方法翻译组. 食品分析方法(上)[M]. 四川科学技术出版社, 1985.
- [12] 张红城, 等. 发酵香肠生产中乳酸菌的选择[J]. 食品科学, 1996, 17(8): 25-29.
- [13] 李宗军, 江汉湖. 肉品微生态系统与肉类发酵剂研究[J]. 食品与发酵工业, 2001, 28(5): 54-58.
- [14] 葛长荣, 马美湖. 肉与肉制品工艺学[M]. 中国轻工业出版社, 2002.
- [15] 莱斯特. 中国板鸭理化及微生物特性[J]. 王卫译. 肉类研究, 1990, (4).
- [16] 李先保, 李兴民, 南庆贤, 等. 中式发酵香肠的基础研究[J]. 食品科学, 1998, 19(11): 36-39.
- [17] 朱俊晨. 中式发酵香肠用发酵剂混合菌种的研究[J]. 2000, 27(5): 17-19.
- [18] 宋照军, 马汉军, 潘润淑, 等. 发酵肉制品发酵剂的研究和应用[J]. 食品工业科技, 1998, (5): 68-70.
- [19] 施正学, 王擎. 肉品发酵剂[J]. 食品与发酵工业, 1996, (6): 50-53, 49.
- [20] 王雪青, 马长伟. 发酵香肠及微生物发酵剂(一)[J]. 食品与发酵工业, 1998, 24(2): 62-67.
- [21] 马长伟, 王雪青. 发酵香肠及微生物发酵剂(二)[J]. 食品与发酵工业, 1998, 24(5): 77-79.
- [22] 和久丰, 等. 日本食品工业学会志, 1994, 41(12): 921.
- [23] Briar J b Wod. 发酵食品微生物学[M]. 徐岩, 译. 中国轻工业出版社, 2001.
- [24] 加腾大雄. 乳酸菌发酵香肠[J]. 食品工业[日], 1991, 34(17): 48-56.
- [25] 加腾大雄, 等. 乳酸菌发酵生产半干非加热杀菌香肠的研究[J]. 食品工业学会志[日], 1990, 37(4): 248-255.
- [26] 王绍树, 译. 发酵香肠的分类和生产工艺[J]. 武汉食品科技出版社, 1991.
- [27] 黄加成, 林庆文. 乳酸菌发酵香肠发酵期间品质之变化[J]. 食品科学, 1992, 19(3): 417-425.
- [28] 张弘, 等. 乳酸菌发酵火腿的研制[J]. 卫生学, 1992, (6): 20-22.
- [29] 徐中儒. 回归分析与试验设计[M]. 中国农业出版社, 1998.
- [30] 叶世柏. 食品理化检验方法指南[M]. 北京大学出版社, 1991.
- [31] 傅德成, 刘明堂. 食品感官鉴别手册[M]. 中国轻工业出版社, 1991.
- [32] 吴信法. 肉品科学及肉品卫生检验[M]. 中国商业出版社, 1985.
- [33] 刘程, 周汝忠. 食品添加剂实用大全[M]. 北京工业大学出版社, 1994.
- [34] 冯有胜, 冯叙桥. 食品分析检验原理与技术[M]. 成都科技大学出版

# 挤压加工中调味料的添加对谷物早餐质构的影响

王 亮, 周惠明\*, 钱海峰  
(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036)

**摘 要:** 本文研究了挤压加工中糖含量、盐含量和蜂蜜含量对谷物早餐质构的影响。选取脆性、保脆性、WAI、WSI、体积密度、固体密度和膨化度为主要指标进行研究。得出结论: 随着糖含量的增加, WAI 下降, 保脆性、WSI 和膨化度升高, 淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构; 随着盐含量的增加, 保脆性和膨化度降低, WSI 上升, 淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构; 随着蜂蜜含量的升高, 脆性和 WAI 降低, 保脆性和 WSI 增高, 淀粉颗粒可以保持其原有的晶型结构。

**关键词:** 谷物早餐; 挤压; 质构

## Effects of Flavoring Additives on Cereal Breakfast Texture for Extrusion Processing

WANG Liang, ZHOU Hui-ming\*, QIAN Hai-feng  
(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

**Abstract:** The content effects of sugar, salt and honey on the texture of breakfast cereals during extrusion were studied. Crispness, bowl life, WAI, WSI, bulk density, solid density and expansion ratio were analyzed as the main indexes. WSI, bowl life and expansion ratio increased while WAI decreased, and starch granule could maintain its natural crystal texture as sugar content increasing; WSI increased while bowl life and expansion ratio decreased, and starch granule could maintain its natural crystal texture as salt content increasing; bowl life and WSI increased while crispness and WAI decreased, and starch granule could maintain its natural crystal texture as honey content increasing.

**Key words** breakfast cereal; extrude; texture

中图分类号: TS213

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2006)05-0185-06

谷物早餐(Breakfast Cereals)是以谷物——玉米、大米、小麦、燕麦等为主要原料加工成加入牛奶(冷食)或稍煮沸片刻(热食)就可食用的早餐食品。其味道有本味, 有加砂糖、蜂蜜、巧克力、肉桂等调味品, 还有加葡萄干、坚果、椰丝、杏仁、干果、蔬菜等<sup>[1]</sup>。

另外, 有的产品强化多种维生素、无机盐等成分, 使之达到营养平衡; 有的特意添加燕麦麸皮增加膳食纤维含量, 增强保健作用。目前, 谷物早餐的生产主要采取挤压加工<sup>[2, 3]</sup>。

调味料被广泛的应用于当今的食品工业中, 在目前

收稿日期: 2005-07-27

\*通讯作者

作者简介: 王亮(1977-), 男, 博士研究生, 研究方向为粮食油脂与植物蛋白工程。

社, 1994.

[35] J Coventry. Growth characteristics of meat starter cultures[J]. Meat Science, 1991, 30: 41-48.

[36] James N Bacus. Use of microbial cultures: meat products[M]. Food Technology, January, 1981.

[37] Andrew D, Ron B. The microbiology of meat and poultry[M]. Published

by Blackie Academic and Professional, an Imprint of Thomson Science London, 1997. 53-256.

[38] Farkas J. Andrassy E. Intl Food Microbiol, 1993, 19: 145-152.

[39] Cassens R G. Food Technol, 1995, 49(7): 72-80, 115.

[40] Coventry J. Meat Science, 1991, 30: 11-48.

[41] Hammes W P, Knauf H J. Meat Science, 1994, 36: 155.