

# 不同菌种组合对发酵广式香肠品质的影响

黄金枝<sup>1,2</sup>, 杨荣玲<sup>1</sup>, 唐道邦<sup>1</sup>, 曲直<sup>1</sup>, 刘学铭<sup>1</sup>

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东广州 510610)

(2. 江西农业大学生物科学与工程学院, 江西南昌 330045)

**摘要:** 广式腊肠为我国传统特色肉制品, 深受广大消费者的喜爱。随着对我国传统肉制品品质、安全性和现代加工技术的重视, 对广式腊肠的研究逐渐增多, 但对发酵剂用于广式香肠的研究相对较少。本文以植物乳杆菌、戊糖片球菌、汉逊德巴利酵母为发酵剂制作发酵广式香肠, 研究了不同发酵剂组合对发酵广式香肠理化性质的影响, 结果表明不同比例组合发酵剂对发酵广式香肠品质影响不同, 当菌种的接种量为  $10^6$  cfu/g 肉时, 由植物乳杆菌和戊糖片球菌组合的发酵剂 (2:1, V/V) 时, 发酵的香肠品质最佳, 其水分含量为 19.93%, pH 值为 5.95, 总酸含量为 35.6 g/kg, 酸价为 3.38 mg/g, 过氧化值为 0.059 g/100 g, 亚硝酸盐残留量为 4.46 mg/kg, 弹性为 0.93, 硬度为 9498.86 N, 粘聚性为 0.79, 咀嚼性为 6917.93 N,  $L^*$  值为 50.86,  $a^*$  值为 6.66,  $b^*$  为 3.87。采用复合菌剂生产的肉制品的理化特性明显优于自然发酵的肉制品。

**关键词:** 发酵广式香肠; 发酵剂; 配比组合; 品质

文章编号: 1673-9078(2014)10-147-153

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.025

## Effects of Different Strain Combinations on the Quality of Fermented Cantonese Sausages

HUANG Jin-zhi<sup>1,2</sup>, YANG Rong-ling<sup>1</sup>, TANG Dao-bang<sup>1</sup>, QU Zhi<sup>1</sup>, LIU Xue-ming<sup>1</sup>

(1. Sericulture and Agri-food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China)

(2. College of Bio-engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

**Abstract:** Cantonese sausages are popular with consumers as a Chinese traditional specialty meat product. Studies on Cantonese sausages are on the rise as more attention is paid to the quality, safety, and use of modern production technology for traditional meat products in China. However, there are relatively fewer studies on the application of fermentation agents in Cantonese sausages. In this study, the effects of different combinations of fermentation agents on the physicochemical characteristics of fermented Cantonese sausages were studied using *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* and *Debaryomyces hansenii* as fermentation agents. The results indicated that fermentation agents with different combination ratios had a different impact on the quality of fermented Cantonese sausages. The best quality of fermented sausages was obtained using the combination of *L. plantarum* and *P. pentosaceus* (2:1, V/V) with inoculum size of  $10^6$  cfu/g meat, and the results showed the following properties: moisture content, 19.93%; pH, 5.95; total acid content, 35.60 g/kg; acid value, 3.38 mg/g; peroxide value, 0.059 g/100 g; nitrite residue content, 4.46 mg/kg; flexibility, 0.93; hardness, 9498.86 N; cohesiveness, 0.79; chewiness, 6917.93 N;  $L^*$  value, 50.86;  $a^*$  value, 6.66; and  $b^*$  value, 3.87. Meat products prepared using microbial combinations during processing showed better physicochemical properties than those fermented naturally.

**Key words:** fermented Cantonese sausage; starter culture; ratio combinations; quality

广式腊肠以猪肉为原料, 瘦肉经粗绞、肥膘经切丁后, 配以辅料, 灌入天然肠衣再经晾晒或烘烤而成, 具有岭南地区传统食品的醇香、腊香等特有风味<sup>[1]</sup>, 其发酵过程属自然发酵, 靠原料肉自身的微生物与环境微生物的竞争作用完成<sup>[2]</sup>。传统自然发酵中的微生

收稿日期: 2014-04-01

基金项目: 广东省科技计划项目 (2011A08080311, 2012B040500058)

作者简介: 黄金枝 (1988-), 女, 硕士生, 研究方向为微生物发酵工程

通讯作者: 刘学铭 (1967-), 男, 博士, 研究员, 主要从事农产品加工研究

物不仅种类比较复杂, 而且容易受到有害微生物的污染, 使产品质量不稳定, 甚至会导致发酵过程的失败, 引起肉制品的腐败变质, 产生对人体有毒有害的物质。因此, 采用肉制品发酵剂可有效控制发酵过程, 保证肉制品的质量和安全, 成为我国传统香肠现代化的必然趋势<sup>[3]</sup>。

近年来, 微生物发酵剂在我国肉制品生产中得到了广泛的应用, 已有许多针对中式肉制品纯种发酵的研究, 而选择多菌种混合的方式来发酵香肠可以弥补

单一菌种发酵的单调性,使产品风味物质更丰富,质量更好。刘书亮<sup>[4]</sup>等系统研究了戊糖乳杆菌和葡萄糖片球菌复合菌剂对羊肉发酵香肠理化性质及生物学特性的影响,发现采用复合菌剂生产的肉制品的理化及生物学特性明显优于自然发酵的肉制品。夏让<sup>[5]</sup>等探讨了不同微生物混合发酵剂对牛肉串理化性质、微生物指标和感官特性的影响,发现复合发酵剂的实验组产品的感官特性优良,颜色和风味得到了很大的改善,显著优于对照组。目前,广式腊肠研究主要集中在菌种的分离、鉴定和筛选,而发酵剂用于广式香肠的研究相对较少,特别是乳酸菌与酵母菌或片球菌混合发酵广式香肠的研究鲜有报道。本研究采用人工接种植物乳杆菌、戊糖片球菌和汉逊德巴利酵母不同比例的混合菌种进行广式香肠恒温发酵,并以自然发酵为对照,对发酵广式香肠水分、总酸、酸价、过氧化值、亚硝酸盐残留、质构及色泽进行比较和分析,以探讨这三种菌在发酵广式香肠中的作用和功能,从而为发酵广式香肠的开发提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要材料与试剂

#### 1.1.1 材料

肥肉、瘦肉、味精、白酒、糖和盐等腊肠配料均购于广州华润万家超市。亚硝酸钠、氢氧化钾、碘化钾等均为分析纯。

#### 1.1.2 菌种

植物乳杆菌 (*Lactobacillus plantarum*)、戊糖片球菌 (*Pediococcus pentosaceus*) 以及汉逊德巴利酵母 (*Debaryomyces hansenii*) 均购于广东省微生物菌种保藏中心。

#### 1.1.3 培养基

MRS 培养基、麦芽汁培养基以及平板计数培养基

### 1.2 主要仪器和设备

MM12 型绞肉机,广东省韶关市食品机械有限公司;微型灌肠机,东韶关市大金食品机械厂;GHRH-20 型热泵干燥机,广东省农业机械研究所干燥设备制造厂;SW-CJ-1F 超净工作台,苏州安泰空气技术有限公司;生化培养箱,上海一恒科学仪器有限公司;UV-2450 分光光度计,Shimadzu corporation; pH/ATC electrode,赛多利斯科学仪器有限公司;ALC-210.4 分析天平,赛多利斯科学仪器有限公司;碱式滴定管;TA X1plus 质构仪,配有 Texture Expert V1.0 数据处理软件,英国 Stable Micro System 公司;Ultrascan VIS

型色度仪, Hunter lab/美国等。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 发酵剂制备

植物乳杆菌和戊糖片球菌采用 MRS 培养基活化,37 °C 厌氧培养,培养时间 24~48 h。汉逊德巴利酵母采用麦芽汁培养基活化,培养温度 28 °C,培养时间 48 h。用活化培养基对三种菌种进行扩大培养,菌体通过冷冻离心收集,添加适量无菌水稀释,测其 OD 值。用平板计数法测得的菌落总数,根据 OD 值和菌落总数的对应关系绘制成曲线。菌体扩大培养后根据曲线方程算出 OD 值所对应的菌落总数,用无菌水分别把上述三种菌体浓度调节为  $10^8$  cfu/mL,4 °C 冰箱放置待用。

### 1.3.2 工艺流程

#### 1.3.2.1 流程

辅料和菌种  
↓  
肥肉切丁、瘦肉搅碎→拌料→灌肠→扎针排气→发酵→结扎→烘焙→成品

#### 1.3.2.2 工艺要点

配方:瘦肉与肥肉之比为 8:2,辅料以肉总重计,亚硝酸钠 0.01% (*m/m*),糖 12% (*m/m*),白酒 2% (*m/m*),味精 0.2% (*m/m*),盐 3.0% (*m/m*)。菌种的浓度为  $10^8$  cfu/mL,1.5 kg 肉中植物乳杆菌、戊糖片球菌和汉逊德巴利酵母添加量如表 1 所示。

表 1 不同发酵剂组合表

Table 1 Different combinations of fermentation agents

组合	植物乳杆菌/mL	戊糖片球菌/mL	汉逊巴德利酵母/mL
1	0	0	0
2	0	5	5
3	0	10	10
4	5	0	5
5	5	5	10
6	5	10	0
7	10	0	10
8	10	5	0
9	10	10	5

发酵参数:37 °C,8 h。

烘烤参数:

45 °C 1 h,50 °C 2 h,52 °C 4 h,55 °C 15 h→降温通风(1 h)→55 °C 15 h,52 °C 8 h→降温通风(1 h)→52 °C 40 h→成品

### 1.3.3 广式腊肠的理化指标测定方法

#### 1.3.3.1 水分含量的测定

测定方法按照 GB/T 5009.3-2010《食品中水分的测定》的直接干燥法。

### 1.3.3.2 pH值的测定

取样品 10 g 绞碎后置于 250 mL 三角瓶中, 加入 100 mL 蒸馏水, 放入 4 °C 冰箱 20 min, 摇匀后用 pH 计测定。

### 1.3.3.3 总酸含量的测定

测定方法按照 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》的酸碱滴定法。

### 1.3.3.4 酸价的测定

测定方法按照 GB/T 5009.44-2003《肉与肉制品卫生标准的分析方法》腌腊肉中的酸价测定。

### 1.3.3.5 过氧化值的测定

测定方法按照 GB/T 5538-2005《动植物油脂过氧化值测定》。

### 1.3.3.6 亚硝酸盐的测定

测定方法按照 GB 5009.33-2010《食品安全国家标准食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》的分光光度法。

### 1.3.3.7 微生物的检测

参照 GB 4789.2-2010《食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定》。

### 1.3.3.8 质构的测定

采用 TA-XT2i 质构分析仪进行测定。将样品切成 8±1 mm 长的圆柱体, 选择圆柱型探头 P/50。TPA 模式; 测前速度 2.0 mm/s; 测中速度 1.0 mm/s; 测后速度 2.0 mm/s; 下压距离 30%; 两次下压间隔时间 5.0 s。每个样品测六次, 测定项目为硬度、弹性、咀嚼性和粘聚性。

### 1.3.3.9 色泽的测定

利用色差仪测定样品的表面色泽。将腊肠切成 1 cm 厚的圆柱体, 放入样品盒, 将样品按平整, 填满样品盒底部。测定前用白色校准板 ( $L^*=97.42$ ,  $a^*=-0.75$ ,  $b^*=1.31$ ) 对色差仪进行校准。每个样品测七次, 记录亮度( $L^*$ )值、红度( $a^*$ )值和黄度( $b^*$ )值。

### 1.3.4 数据分析

通过 Microsoft Excel 进行数据处理, 采用 Origin 7.5 软件作图, 采用 SPSS 17.0 统计软件对测定指标进行单因素方差分析, 显著性水平为  $P<0.05$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同发酵剂组合对发酵广式香肠水分含量的影响

水分对于肉制品非常重要, 在肉制品的加工过程

中许多与风味有关的反应都需要水分的参与, 另一方面, 水分在肉制品酸败或腐败过程中也起着一定的作用<sup>[6]</sup>。不同发酵剂组合对发酵广式香肠水分含量的影响见图 1。从图 1 可知, 不同发酵剂组合对发酵广式香肠的水分含量有一定影响, 各样品的水分含量在 19.69%~24.10% 之间, 低于广东省地方标准 (广式腊味 GB 44/421-2007) 规定的 25%, 添加发酵剂组合的腊肠水分含量略高于未添加发酵剂组合, 这与吴娜<sup>[7]</sup> 研究报道结果一致。广式腊肠的水分含量远低于其他传统腊肠, 如川味香肠 (22.5%~39.8%)、土耳其香肠 (42%~46%)、希腊香肠 (49.71%) 和葡萄牙香肠 (43.3%) 的含水量。低水分含量创造的低水分活度和高渗透压环境, 能抵制微生物的生长, 同时低水分含量导致肠体结构致密, 溶氧低, 从而抑制一部分严格需氧微生物的生长和繁殖<sup>[8]</sup>。

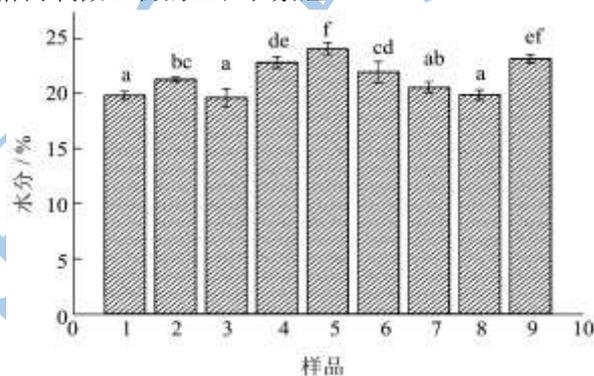


图 1 不同发酵剂组合对发酵广式香肠水分含量的影响

Fig.1 Effects of different combinations of fermentation agents on moisture content of fermented Cantonese sausages

注: 不同字母表示差异显著 ( $p<0.05$ ), 下同。

### 2.2 不同发酵剂组合对发酵广式香肠 pH 值的影响

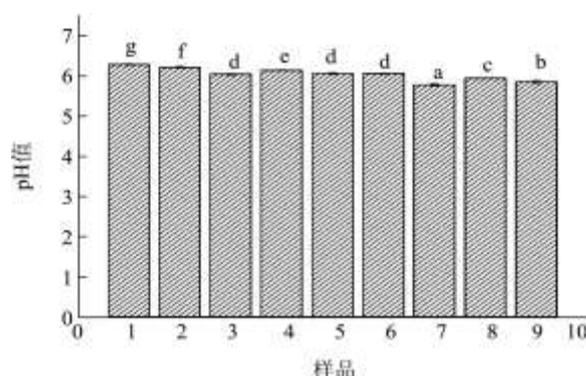


图 2 不同发酵剂组合对发酵广式香肠 pH 值的影响

Fig.2 Effects of different combinations of fermentation agents on pH of fermented Cantonese sausages

肉制品本身是一个缓冲体系, pH 的变化, 一方面

是蛋白质被分解成氨基酸，氨基酸通过脱羧或脱氨作用而成酸性或碱性；另一方面是因为微生物分解肉制品中的淀粉、糖等碳水化合物生产乳酸、醋酸等有机酸。不同发酵剂组合对发酵广式香肠 pH 值的影响如图 2 所示。从图 2 可知，不同发酵剂组合对发酵广式香肠 pH 值有一定的影响，添加不同组合发酵剂样品的 pH 值比未添加发酵剂组合 pH 值低，存在显著差异 ( $p < 0.05$ )。这说明添加发酵剂能够显著降低香肠的 pH 值，这与吴娜等<sup>[7]</sup>研究结果一致。乳酸菌是发酵香肠中的优势菌种，能代谢碳水化合物生产乳酸，降低原料的 pH 值，从而抑制病原微生物的生长，稳定产品的质量并延长产品的货架期。

### 2.3 不同发酵剂组合对发酵广式香肠总酸含量的影响

总酸对发酵广式香肠的口感影响很大，总酸含量越高，其口感越差。但是酸性条件能够抑制病原菌和腐败菌的生长。从图 3 可以看出，不同发酵剂组合对发酵广式香肠的总酸含量有一定影响，与不添加发酵剂组合 1 相比，其它添加发酵剂组合的总酸均有升高，其中组合 2、4、6、8 差异不显著 ( $p > 0.05$ )，其它各组差异显著 ( $p < 0.05$ )，这与吴娜等<sup>[7]</sup>研究结果一致。这是由于人工接种复合发酵剂的香肠在发酵期间乳酸菌大量繁殖分解碳水化合物产生了乳酸，使总酸含量升高<sup>[9]</sup>。

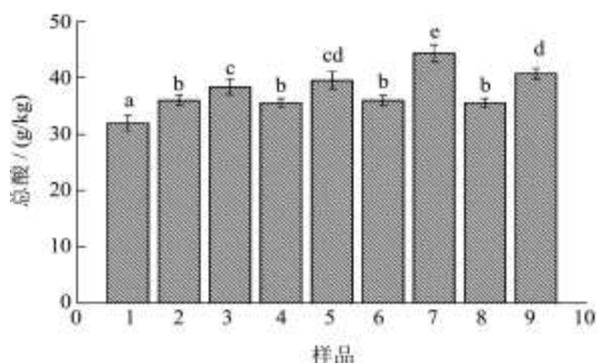


图 3 不同发酵剂组合对发酵广式香肠总酸含量的影响  
Fig.3 Effects of different combinations of fermentation agents on total acid content of fermented Cantonese sausages

### 2.4 不同发酵剂组合对发酵广式香肠酸价的影响

酸价可以反应出油脂中游离脂肪酸总量的变化，酸价越高样品中游离脂肪酸总量就越大。在本研究中，添加不同组合发酵剂的样品酸价比不添加发酵剂组合

酸价高，但是均低于国家限量标准 ( $\leq 4.0$  mg/g)。香肠在发酵到成熟的整个加工过程中，其甘油酯和磷脂可在微生物及内源酶的作用下不断降解产生脂肪酸，游离脂肪酸的不断积累导致酸价上升。接菌种香肠酸价高于未接菌种组的原因，一方面，可能是由于接菌种香肠的可滴定酸度高于对照组，当用石油醚提取香肠中的脂肪时，把乳酸、乙酸等小分子有机酸也一并萃取出来，导致测定结果偏高；另一方面，可能是由于接菌种促进了能够产生脂肪酶的菌种的生长，加剧了脂肪的降解<sup>[7]</sup>。

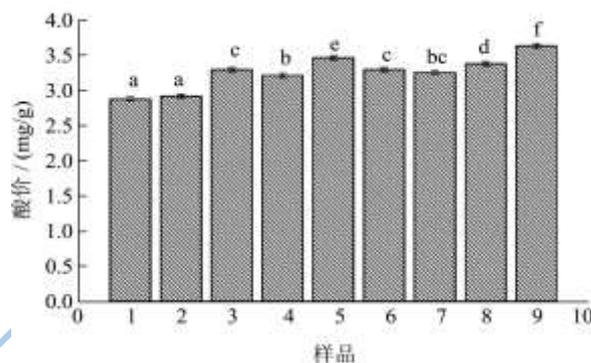


图 4 不同发酵剂组合对发酵广式香肠酸价的影响  
Fig.4 Effects of different combinations of fermentation agents on acid value of fermented Cantonese sausages

### 2.5 不同发酵剂组合对发酵广式香肠过氧化值的影响

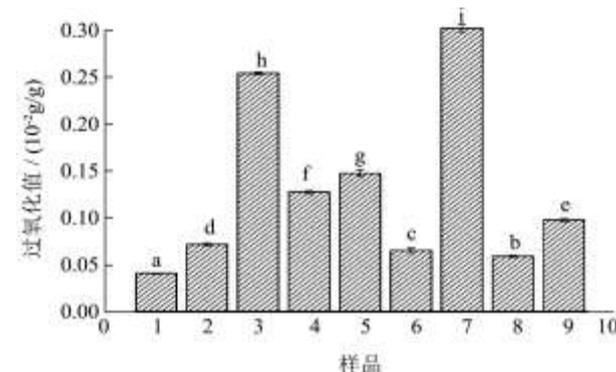


图 5 不同发酵剂组合对发酵广式香肠过氧化值的影响  
Fig.5 Effects of different combinations of fermentation agents on peroxide value of fermented Cantonese sausages

过氧化值是衡量油脂酸败程度的指标，一般来说过氧化值越高说明其酸败越严重。因为油脂氧化酸败产生的一些小分子物质如自由基，进入体内会对人体产生不良的影响，所以过氧化值太高对人体不利。过氧化值的增加说明随着加工的进行，脂肪氧化的一级产物在不断生成和累积。不同发酵剂组合对发酵广式香肠过氧化值的影响如图 5 所示。由图 5 可知，不同

发酵剂组合对发酵广式香肠过氧化值具有一定影响, 添加发酵剂组合的过氧化值均符合国家限量标准 ( $\leq 0.5 \times 10^{-2}$  g/g), 其中添加发酵剂的组合 8 远低于限量标准, 且与其它各组之间差异显著 ( $p < 0.05$ ), 说明其新鲜度较其它各组高。

## 2.6 不同发酵剂组合对发酵广式香肠亚硝酸盐含量的影响

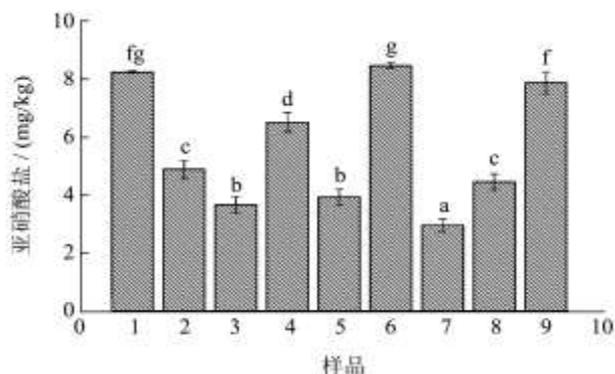


图 6 不同发酵剂组合对发酵广式香肠亚硝酸盐含量的影响  
Fig.6 Effects of different combinations of fermentation agents on nitrite content of fermented Cantonese sausages

亚硝酸盐残留量是衡量产品安全性的指标之一。不同发酵剂组合对广式发酵香肠亚硝酸盐含量的影响如图 6 所示。由图 6 可以看出, 不同发酵剂组合对发酵广式香肠亚硝酸盐的含量具有一定影响, 9 组样品中亚硝酸盐的含量均保持较低水平, 由原添加量 100 mg/kg 分别下降到了 8.25 mg/kg (未添加发酵剂组合 1)、4.89 mg/km (组合 2)、3.67 mg/kg (组合 3)、3.94 mg/kg (组合 5)、2.96 mg/kg (组合 7) 及 4.45 mg/kg (组合 8), 远低于香肠中亚硝酸盐残留量的国家标准 30 mg/kg, 且实验组显著低于未添加发酵剂的组合 1 ( $p < 0.05$ )。这是由于乳酸菌能代谢碳水化合物产生乳酸, 降低了原料的 pH 值, 抑制了病原微生物的生长, 而乳酸菌的接触酶活性促进了亚硝酸盐的分解, 降低了亚硝酸盐的残留量, 在保持产品品质的同时, 使产品的安全性得到提高<sup>[10]</sup>。说明合理添加发酵剂具有降解亚硝酸盐的作用, 能提高广式腊肠的食用安全性, 这与王澜等<sup>[11]</sup>研究报道一致。

## 2.7 不同发酵剂组合对发酵广式香肠微生物菌群的影响

不同发酵剂组合对发酵广式香肠微生物菌群的影响如表 2 所示。由表可知, 不同发酵剂组合对发酵广式香肠的微生物具有一定影响, 添加发酵剂香肠菌

落总数显著高于未添加发酵剂组合, 这主要是由于接种植物乳杆菌、戊糖片球菌和汉逊德巴利酵母后, 样品微生物基数变大所致。乳酸菌与菌落总数变化相似, 添加发酵剂组合香肠乳酸菌数量高于未添加发酵剂组, 这主要是由于接种植物乳杆菌和戊糖片球菌后, 乳酸菌基数变大所致, 也可能由于接种菌株后促进了乳酸菌的生长。酵母菌与菌落总数变化也相似, 添加发酵剂组合香肠酵母菌数量也高于未添加发酵剂组, 这主要是由于接种了汉逊德巴利酵母后, 酵母菌基数变大所致, 组合 6、8 和 9 酵母菌数量高, 可能是因为接种了植物乳杆菌和戊糖片球菌共同作用促进了酵母菌的生长。

表 2 不同发酵剂组合对发酵广式香肠微生物菌群的影响 (cfu/g)

Table 2 Effects of different combinations of fermentation agents on microbial flora of fermented Cantonese sausages (cfu/g)

样品编号	乳酸菌	酵母菌	菌落总数
1	160±5	<30	330±15
2	250±10	110±20	450±50
3	490±15	360±40	1900±200
4	300±5	<30	680±20
5	430±50	60±5	740±75
6	37560±1000	1130±60	40000±2000
7	400±5	<30	1250±150
8	6570±250	1080±290	14000±1000
9	1600±100	1400±5	10000±250

注: 表中所有结果均以平均值±标准差显示。

## 2.8 不同发酵剂组合对发酵广式香肠质构的影响

表 3 不同发酵剂组合对发酵广式香肠质构的影响

Table 3 Effects of different combinations of fermentation agents on texture of fermented Cantonese sausages

样品	硬度/N	弹性	咀嚼性/N	粘聚性
1	8997.13±386.92 <sup>f</sup>	0.91±0.05 <sup>a</sup>	5985.80±561.66 <sup>a</sup>	0.76±0.04 <sup>d</sup>
2	8288.60±333.71 <sup>d</sup>	0.93±0.05 <sup>ab</sup>	5887.30±603.03 <sup>a</sup>	0.76±0.04 <sup>d</sup>
3	819.01±454.32 <sup>d</sup>	0.91±0.04 <sup>a</sup>	5567.73±566.26 <sup>a</sup>	0.75±0.04 <sup>bcd</sup>
4	6843.77±192.22 <sup>b</sup>	0.93±0.02 <sup>ab</sup>	4990.41±263.19 <sup>a</sup>	0.78±0.03 <sup>ab</sup>
5	8266.26±328.99 <sup>df</sup>	0.94±0.03 <sup>ab</sup>	6134.31±313.33 <sup>a</sup>	0.79±0.02 <sup>d</sup>
6	7488.94±219.65 <sup>c</sup>	0.90±0.05 <sup>a</sup>	5078.37±614.03 <sup>a</sup>	0.75±0.06 <sup>abc</sup>
7	6383.16±249.35 <sup>a</sup>	0.97±0.04 <sup>b</sup>	4847.71±499.76 <sup>a</sup>	0.78±0.05 <sup>a</sup>
8	9498.86±325.67 <sup>f</sup>	0.93±0.03 <sup>ab</sup>	6917.93±641.05 <sup>a</sup>	0.79±0.04 <sup>c</sup>
9	7674.19±546.64 <sup>c</sup>	0.93±0.03 <sup>ab</sup>	5738.97±677.77 <sup>a</sup>	0.80±0.04 <sup>cd</sup>

注: 表中所有结果都以平均值±标准误差显示, 相同的字

母表示差异不显著, 不同字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。

不同发酵剂组合对发酵广式香肠质构的影响如表 3 所示。从表 3 可见, 不同发酵剂组合对发酵广式香肠的质构具有一定影响, 其中组合 8 的硬度 (9498.86 N)、组合 7 的弹性 (0.97)、组合 8 的咀嚼性 (6917.93 N) 以及组合 9 的粘聚性 (0.80) 都高于未添加发酵剂的组合 1。由于乳酸菌的发酵作用, 导致 pH 下降, 低 pH 使肉中的蛋白质变性, 蛋白质的变性和凝固降低了产品的持水力, 从而使香肠的结构越来越致密<sup>[12]</sup>, 这与刘书亮等<sup>[4]</sup>研究报道的一致。乳酸菌的添加可能导致肌肉中蛋白质的变性及凝胶化<sup>[13]</sup>, 从而使香肠硬度增加。本研究中发酵香肠弹性的变化趋势与水分含量的变化基本一致。以上实验结果可以说明添加发酵剂的发酵能力比自然发酵的发酵能力强, 增强了发酵香肠的硬度并提高了其弹性, 从而提高香肠的品质。

## 2.9 不同发酵剂组合对发酵广式香肠色度的影响

表 4 不同发酵剂组合对发酵广式香肠色度的影响

Table 4 Effects of different combinations of fermentation agents on chrominance of fermented Cantonese sausage

样品	L*	a*	b*
1	49.37±0.69 <sup>a</sup>	6.41±1.34 <sup>ab</sup>	3.70±0.87 <sup>a</sup>
2	50.02±0.48 <sup>ab</sup>	7.37±0.56 <sup>cd</sup>	4.75±0.51 <sup>b</sup>
3	50.70±1.44 <sup>bc</sup>	5.91±0.76 <sup>a</sup>	4.11±0.66 <sup>ab</sup>
4	49.79±1.37 <sup>ab</sup>	6.95±0.46 <sup>bcd</sup>	4.28±0.50 <sup>abc</sup>
5	51.33±0.64 <sup>c</sup>	7.23±0.66 <sup>bcd</sup>	4.97±0.68 <sup>c</sup>
6	49.08±1.15 <sup>a</sup>	6.77±0.34 <sup>bcd</sup>	3.78±0.42 <sup>a</sup>
7	51.25±0.69 <sup>c</sup>	6.53±0.37 <sup>abc</sup>	4.59±0.38 <sup>bc</sup>
8	50.86±0.37 <sup>bc</sup>	6.66±0.44 <sup>abc</sup>	3.87±0.69 <sup>a</sup>
9	51.41±0.82 <sup>c</sup>	7.58±0.82 <sup>d</sup>	4.90±0.66 <sup>c</sup>

注: 表中所有结果都以平均值±标准误差显示, 相同的字母表示差异不显著, 不同字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。

L\*值主要反映样品对光线的反射, 引起其变化的主要因素是样品中的水分含量; a\*值主要反映样品的偏红度, 肌红蛋白的变化是引起 a\*变化的主要因素; b\*值主要反映样品的偏黄度, 该值的增大主要是由于脂肪的氧化及蛋白变性。不同发酵剂组合对发酵广式香肠色度的影响如表 4 所示。由表 4 可以看出, 不同发酵剂组合对发酵广式香肠的色度具有一定影响, 与不添加发酵剂的空白组合 1 号相比, 组合 9 的 L\*值较大, 说明颜色较亮, 差异显著 ( $p<0.05$ ); 组合 9 的 a\*值较大, 说明颜色较红, 差异显著 ( $p<0.05$ ); 组合 9 的 b\*值较大, 说明颜色较黄, 总体来说组合 9 的色度

值略高于其它各组。由表还可以看出添加发酵剂的大多数样品的色度和亮度都略高于不添加发酵剂的空白组合 1, 色泽得到了优化, 提高了产品的可接受性。说明乳酸菌发酵剂的添加可以促进香肠的发色。这可能是因为, 试验组乳酸菌的加入使其 pH 值低于对照组, 而低 pH 则促进亚硝酸盐分解为 NO, NO 与肌红蛋白结合生成亚硝基肌红蛋白, 从而使发酵香肠呈现出腌制肉制品特有的色泽。对照组的色泽明显的劣于试验组, 可能是在自然发酵过程中有异型发酵乳酸菌参与发酵, 其产生的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 与肌红蛋白形成胆绿肌红蛋白, 从而使香肠发生变绿现象, 段艳等<sup>[14]</sup>研究也得到了相似的结论。

## 3 结论

将肉制品中常见的三种有益微生物植物乳杆菌、戊糖片球菌和汉逊德巴利酵母按照一定比例混合制成复合发酵剂添加到广式香肠中进行研究发现, 与自然发酵相比, 采用人工接种复合发酵剂能降低发酵广式香肠的 pH 和亚硝酸盐的残留量, 提高产品的食用安全性。此外, 复合发酵剂的添加可以缩短香肠的发酵周期, 改善产品的色泽和质地, 从而提高产品的生产效率和品质。

## 参考文献

- [1] 许鹏丽, 郭祀远. 广式腊肉风味物质成分分析的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 122-124  
XU Peng-li, GUO Si-yuan. Study on the volatile compounds of cantonese cured meat [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(11): 122-124
- [2] Sriphochanart W, Skolpap W. The use of selected lactic acid bacteria starter cultures for improved Thai sausage fermentation [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2011, 35(3): 291-298
- [3] Leroy F, Verluyten J, De Vuyst L. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation [J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 106(3): 270-285
- [4] 刘书亮, 王焱, 姚开, 等. 复合菌剂对发酵肉制品理化及生物学特性影响的研究[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2010, 4: 185-190  
LIU Shu-liang, WANG Yi, YAO Kai, et al. Effects of combined bacteria cultures on the physical, chemical and biological properties of fermented meat product [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2010, 4: 185-190
- [5] 夏让, 孔保华, 张宏伟, 等. 不同发酵剂对发酵牛肉串品质的

- 影响[J].食品与发酵工业,2010,6:196-200
- XIA Rang, KONG Bao-hua, ZHANG Hong-wei, et al. Effects of different culture quality of fermented beef strings [J]. Food and Fermentation Industries, 2010, 6: 196-200
- [6] Santos E M, González-Fernández C, Jaime I, et al. Physicochemical and sensory characterisation of Morcilla de Burgos, a traditional Spanish blood sausage[J]. Meat Science, 2003, 65(2): 893-898
- [7] 吴娜.广式腊肠中肠球菌的分离、筛选及其应用研究[D].华南理工大学,2010
- WU Na. Selection, identification and its application research of enterococcus on cantonese sausage [D]. South China University of Technology, 2010
- [8] 符小燕,蒋爱民,郭善广,等.市售广式腊肠微生物特性调查及安全性评估[J].现代食品科技,2010,26(9):1005-1008
- FU Xiao-yan, JIANG Ai-min, GUO Shan-guang, et al. Microbiological characteristics of catonese sausage and its safety assessment [J]. Modem Food Science and Technology, 2010, 26(9): 1005-1008
- [9] Patrignani F, Luciana I, Melania V, et al. Role of surface-inoculated debaryomyces hansenii and yarrowia lipolytica strains in dried fermented sausage manufacture. Part 1: evaluation of their effects on microbial evolution, lipolytic and proteolytic patterns [J]. Meat Science, 2006, 89: 684-691
- [10] Fadda S, López C, Vignolo G. Role of *Lactic acid bacteria* during meat conditioning and fermentation: Peptides generated as sensorial and hygienic biomarkers [J]. Meat Science, 2010, 86(1): 66-79
- [11] 王澜,王玉田,张莉力.混合菌种发酵羊肉香肠理化性质的初探[J].辽宁医学院学报,2010,31(5):434-437
- WANG Lan, WANG Yu-tian, ZHANG Li-li. The research of physicochemical properties of fermenting mutton sausage with mixed starters [J]. J Liaoning Medical University, 2010, 31(5): 434-437
- [12] Xu Y, Xia W, Yang F, et al. Effect of fermentation temperature on the microbial and physicochemical properties of silver carp sausages inoculated with *pediococcus pentosaceus* [J]. Food Chemistry, 2010, 118(3): 512-518
- [13] Lu Y. The development of a cured, fermented sheep meat sausage designed to minimise species and pastoral-diet flavours [D]. AUT University, 2010
- [14] 通力嘎,段艳,靳志敏,等.不同发酵剂对羊肉发酵香肠理化特性的影响[J].食品与发酵工业,2012,12:87-90
- TONG Li-ga, DUAN Yan, JIN Zhi-min, et al. Effect of different starter cultures on the physical and chemical properties of mutton sausage fermentation [J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 12: 87-90