

发酵剂对发酵香肠微生物及理化特性的影响

朱迎春^{1,2,3}, 杜智慧², 马俪珍³, 肖艳⁴, 党晓燕²

(1. 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457) (2. 山西农业大学食品科学与工程学院, 山西太谷 030801) (3. 天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300384) (4. 天津市龙缘达科技有限公司, 天津 300304)

摘要:采用3种复合型发酵剂(VBL-97、VBM-60、SHI-59)和1种单一型发酵剂(BOM-13)生产发酵香肠, 研究不同发酵剂对发酵香肠微生物及理化性质的影响。结果表明4组发酵香肠在发酵和成熟过程中, 乳酸菌始终保持为优势菌, 当达到成熟时, 乳酸菌数在7.21~8.13 lgcfu/g范围内, 葡萄球菌(除BOM-13外)高于5.50 lgcfu/g, 肠杆菌科菌数低于3.00 lgcfu/g。BOM-13型发酵剂由单一清酒乳杆菌组成, 发酵和成熟时间长于其他三组, 所以成品的硫代巴比妥酸值(TBARS值, 0.84 mg/100 g)和非蛋白氮值(NPN, 0.46%)高于其它3组产品。由此可知由于发酵剂组成不同, 相应地发酵条件(温度和时间)和成熟时间亦不同, 但最终四种发酵剂都可生产出高品质产品(pH值<5.3; A_w <0.82; NPN值高; TBARS值<1.0mg/kg; 乳酸菌为优势菌且>7.0 lgcfu/g; 肠杆菌科菌<3.0 lgcfu/g)。VBL-97型发酵剂产酸能力和抗氧化能力强, 而BOM-13型发酵香肠蛋白分解程度最高。

关键词: 发酵剂种类; 发酵香肠; 乳酸菌数; 品质特性

文章篇号: 1673-9078(2015)9-198-204

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.9.033

Effect of Different Starters on Microbial Flora and Physicochemical Properties of Fermented Sausages

ZHU Ying-chun^{1,2,3}, DU Zhi-hui², MA Li-zhen³, XIAO Yan⁴, DANG Xiao-yan²

(1.College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

(2.College of Food Science and Engineering, Shanxi Agriculture University, Taigu 030801, China)

(3.College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin Agriculture College, Tianjin 300384, China)

(4.Tianjin Longyuanda Technology Co. Ltd., Tianjin 300304, China)

Abstract: The physicochemical properties and microbial flora of fermented sausages were investigated when three composite starters (VBL-9, VBM-60, and SHI-59) and a single-organism starter (BOM-13) were used during production. The results showed that lactic acid bacteria (LAB) were the dominant species during fermentation and maturation processes using all four starters. In all mature sausages, LAB counts reached 7.21 to 8.13 log cfu/g and the *Staphylococcus* count (except with BOM-13) was >5.50 log cfu/g, while the *Enterobacteriaceae* count was <3 log cfu/g. In case of the starter BOM-13, composed of *Lactobacillus sakei*, sausage fermentation and ripening took longer and therefore, the values of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS, 0.84 mg/100 g) and non-protein nitrogen (NPN, 0.46%) were higher than those of the other three groups. Thus, fermenting conditions (temperature and time) and ripening time for the sausages depended on the composition of the starter used. All starters tested in this study produced high-quality sausages (pH < 5.3; water activity (A_w) < 0.82; TBARS < 1.0 mg/kg; high NPN value; LAB (dominant bacteria) count > 7.0 log cfu/g, and *Enterobacteriaceae* count < 3.0 log cfu/g). The starter VBL-97 showed strong acidification capabilities and antioxidant capacity, whereas the highest degree of protein decomposition occurred with starter BOM-13.

Key words: types of starter culture; fermented sausage; count of lactic acid bacteria; quality characteristics

发酵肉制品加工中菌种起着至关重要的作用, 研

收稿日期: 2014-11-22

基金项目: 天津市科技计划项目(13ZXCXNC02700); 山西省科技攻关项目(20130311034-1, 20140311025-6)

作者简介: 朱迎春(1970-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 肉品科学与技术

通讯作者: 马俪珍(1963-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 肉品科学与技术

究不同发酵剂对发酵肉制品品质的影响对实际生产具有指导意义。目前国外商业发酵剂应用的研究主要集中在发酵剂的应用对发酵香肠产生的理化变化及对蛋白、脂肪的分解能力方面。如 Juan^[1]使用五种商业发酵剂生产发酵香肠, 其中发酵剂木糖葡萄球菌+戊糖片球菌及乳杆菌+肉葡萄球菌具有较强的蛋白分解能力, 会使肌浆蛋白及肌原纤维蛋白发生降解, 游离氨

氨基酸含量增加,可明显改进干制发酵香肠的风味;Annalisa^[2]使用两种具有不同蛋白和脂肪分解能力的发酵剂(*S.xylosus*CVS111+*L.curvatus*AVL3 和 *S.xylosus*TVS21+*L.curvatus*S2)生产发酵香肠,考察了生产过程中微生物、游离氨基酸和脂肪酸的变化,认为两种发酵剂的使用可以提高发酵香肠的品质;刘书亮^[3]等系统研究了戊糖乳杆菌和葡萄糖片球菌复合菌对羊肉发酵香肠理化性质及生物学特性的影响;吴满刚^[4]等探讨了浓缩型冻干发酵剂在鸭肉发酵香肠中的应用,考查了发酵剂对发酵香肠的pH、水分活度、质构特性及游离脂肪酸的影响,发现发酵剂的添加不仅可以使产品快速产酸达到产品安全性的要求,而且对游离脂肪酸的释放起到促进作用,在一定程度上丰富了香肠风味的前体物质。本文选用意大利达尼克斯中国有限公司生产的四种发酵剂生产发酵香肠,其中三种为复合型发酵剂,一种为单一型发酵剂。在前期确定了四种商业发酵剂的最佳发酵工艺基础上,对四种发酵香肠发酵和成熟过程中的微生物及理化性质的变化进行分析,以比较四种发酵剂的差异,从而确定适宜发酵香肠加工的最佳发酵剂种类,为实际生产提供理论以及数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

原料肉:选择猪背最长肌和背膘(购自天津市迎宾放心肉专卖店),将瘦肉剔除筋膜、绞碎(绞肉机筛板3mm孔径),背膘手工切成0.3~0.5 cm³的丁状,生产发酵香肠时肥瘦比为2:8。

辅料:食盐、复合磷酸盐、亚硝酸钠、抗坏血酸钠等均为食用级。

发酵剂:Lyocami VBL-97(由木糖葡萄球菌、肉葡萄球菌、清酒乳杆菌和戊糖片球菌组成);Lyocami VBM-60(由木糖葡萄球菌、肉葡萄球菌、戊糖片球菌和乳酸片球菌组成);Lyocami SHI-59(木糖葡萄球菌、戊糖片球菌和植物乳杆菌组成);Lyocami BOM-13(清酒乳杆菌),均由丹尼斯克(Danisco)中国有限公司提供。

选择直径为26~28 mm的盐渍猪肠衣,购自天津市利成肠衣厂。

培养基MRS、MSA、VRBGA,购自北京奥博星生物技术有限责任公司。

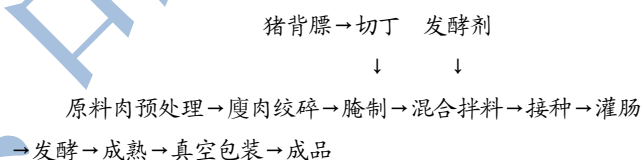
试剂:三氯乙酸、2-巯代巴比妥酸、氯仿、硼酸、盐酸、氢氧化钠、高氯酸、丁基羟基茴香醚(BHA)、硫酸铜、硫酸钾、酒石酸钾钠、浓硫酸等均为分析纯

1.2 主要仪器设备

CLC 111-TV 恒温恒湿培养箱(MMM Medcenter Einrichtungen GmbH);Five Easy Plus pH计(METTLER TOLEDO);SPECTROPHOTO 色差仪(KONICA MINOLTA);MM12 绞肉机(广东韶关市新通力食品机械有限公司);XZ-5L 灌肠机(广州旭众食品机械有限公司);FA25 高速剪切乳化分散剂(上海弗鲁克流体机械制造有限公司);Aw-1/1A 型水分活度仪(无锡市碧波电子设备厂);UDK140 微量凯氏定氮仪(意大利VELP公司);ST-40R 冷冻离心机(美国Thermo Fisher公司);电泳仪(美国Bio-Rad公司);WFJT200 可见分光光度计(尤尼柯仪器有限公司);DPX-9052B-2 生化培养箱(广东省医疗器械厂);L-8900 全自动氨基酸自动分析仪(日本日立公司)。

1.3 工艺流程

四组发酵香肠的制作过程中,辅料的添加种类和添加量均相同,即:亚硝酸钠0.01%、食盐2%、复合磷酸盐0.2%、抗坏血酸钠0.05%。发酵香肠的工艺流程如下:



操作要点:

(1)拌料和灌肠:将肉量0.02%的菌种用脱脂乳活化后和各种辅料加入到原料肉中真空搅拌均匀,0~4℃腌制6~8h后灌入肠衣中。

(2)发酵:将灌好的肠挂入发酵室中,四种菌的发酵条件分别为:发酵温度VBL-97为31℃,VBM-60为33℃,SHI-59为34℃,BOM-13为25℃;发酵时间VBL-97型为18h,VBM-60为18h,SHI-59为32h,BOM-13型为18h;相对湿度RH=95%。发酵结束时发酵香肠的pH均为5.0。

(3)干燥成熟:发酵结束后立即将香肠移入成熟间,成熟条件为:成熟温度14~15℃;相对湿度RH:第1d为90%,第2d为88%,第3~5d为85%,第5d以后为82%。成熟时间为香肠的水分活度(Aw)降到0.82所需的时间,即VBL-97型为13d,VBM-60为13d,SHI-59为10d,BOM-13型为22d。

1.4 试验设计

发酵阶段,每8h对4组发酵香肠的乳酸菌数、

葡萄球菌数、pH 值及色差进行测定；成熟阶段，在第 0 d、1 d、4 d、7 d、10 d、16 d，对 4 组发酵香肠的乳酸菌数、葡萄球菌数和肠杆菌科菌数、pH 值、Aw、TBARS、非蛋白态氮（NPN）、色差进行测定。

1.5 试验方法

1.5.1 pH 值测定

参照 GB9695.5-1988 的方法。

1.5.2 水分活度（Aw）测定

称取 2 g 绞碎的肉样，采用水分活度仪直接测定。

1.5.3 微生物指标测定

参考 GB/T4789.35-2003 的方法（倾注平板菌落计数法）。乳酸菌用改良 MRS 培养基厌氧培养，葡萄球菌用 MSA 培养基，肠杆菌科菌用 VRBGA 培养基厌氧培养，培养条件均为 30 °C/48 h。

1.5.4 TBARS 值的测定

参照 Mielche 的方法^[5]。

1.5.5 非蛋白氮（NPN）的测定

参照 Diaz^[6]的方法。10.00 g 样品+90 mL 蒸馏水，用高速乳化分散机 B 档（13000 r/min）匀浆 30 s，4000 g、4 °C 离心 10 min，上清液用 whatman No.1 滤纸过滤，重复一次。取 25 mL 滤液并加入 25 mL 20% TCA，在室温下静置 30 min，双层滤纸过滤，4 °C，4000 g 离心 10 min，滤液为非蛋白氮提取液，取适量用凯氏定氮法测定。

1.6 数据统计分析

用 Microsoft Excel 2003 计算各个指标的平均值和标准差，Statistix 8.1 进行数据分析，显著性差异（ $P < 0.05$ ）通过 Turkey test 程序进行，Sigmaplot 9.0 作图。

2 结果与分析

2.1 4 组发酵香肠发酵和成熟过程中 pH 值的变化

4 组发酵香肠在发酵及成熟过程中 pH 值的变化如图 1 所示。4 组发酵香肠在发酵过程中，其 pH 值迅速降低，但因为所添加的发酵剂种类不同，其 pH 值降低的速率有明显不同，速率由高到低的发酵剂种类依次为：VBL-97>VBM-60>SHI-59>BOM-13，相应地，使发酵香肠的 pH 值降低到 5.0 所需要的发酵时间依次为 16 h、16 h、18 h、32 h。发酵阶段，pH 值很快降低到 5.0 左右是发酵香肠安全控制的关键因素^[7-8]，低

pH 值可以促进亚硝酸盐分解，减少发酵香肠中 N-亚硝胺的生成，同时有利于抗菌素的形成。

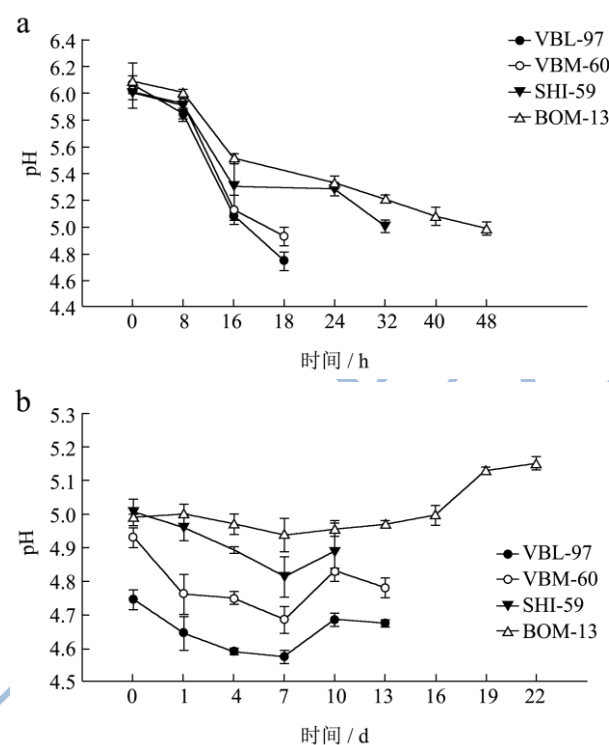


图 1 4 组发酵香肠在发酵及成熟过程中 pH 值的变化

Fig.1 Changes in pH of fermented sausages in the four groups during fermentation and ripening

注：a：发酵过程；b：成熟过程。

4 组发酵香肠成熟初期，pH 值先缓慢下降，在成熟到第 7 d 后，pH 值开始回升，这与 Baka A M 等^[9]对干发酵香肠的研究结果报道相一致。4 组发酵剂之间的 pH 值变化存在显著差异（ $P < 0.05$ ），4 组发酵香肠 pH 值由低到高的顺序依次是：VBL-97<VBM-60<SHI-59<BOM-13。成熟后期（7 d 后），各组 pH 值回升的原因是由于当碳水化合物被消耗尽，微生物开始消耗含氮化合物并产生某些碱性物质，以及蛋白酶降解蛋白质使一些碱性物质的浓度增加导致的^[10]。

2.2 4 组发酵香肠成熟过程中 Aw 的变化

Aw 是发酵香肠安全性保障的重要指标，4 组发酵香肠成熟过程中 Aw 的变化如图 2 所示。4 组发酵香肠初始 Aw 在 0.95~0.97 之间，发酵过程各组之间差异不显著（ $P > 0.05$ ，图表未列出）。随着发酵香肠成熟过程的进行，各组的 Aw 值迅速下降，但所添加的菌种不同，Aw 值下降的速率亦不同，以 Aw 值下降到 0.82 为判定标准，SHI-59 组需要成熟 10 d，VBL-97 组 13 d，VBM-60 组 13 d，BOM-13 组 22 d。Aw 决定微生物生长所需要水的下限值，大多数细菌当 Aw 在 0.91 以下

停止生长,而大多数霉菌在 A_w 为 0.8 以下停止生长,在一定程度上,发酵香肠的 A_w 越低其贮藏稳定性就越高。

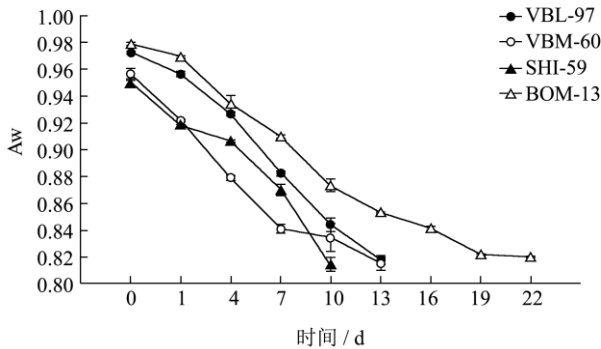


图 2 4 组发酵香肠成熟过程中 A_w 的变化

Fig.2 Changes in A_w value of fermented sausages in the four groups during ripening

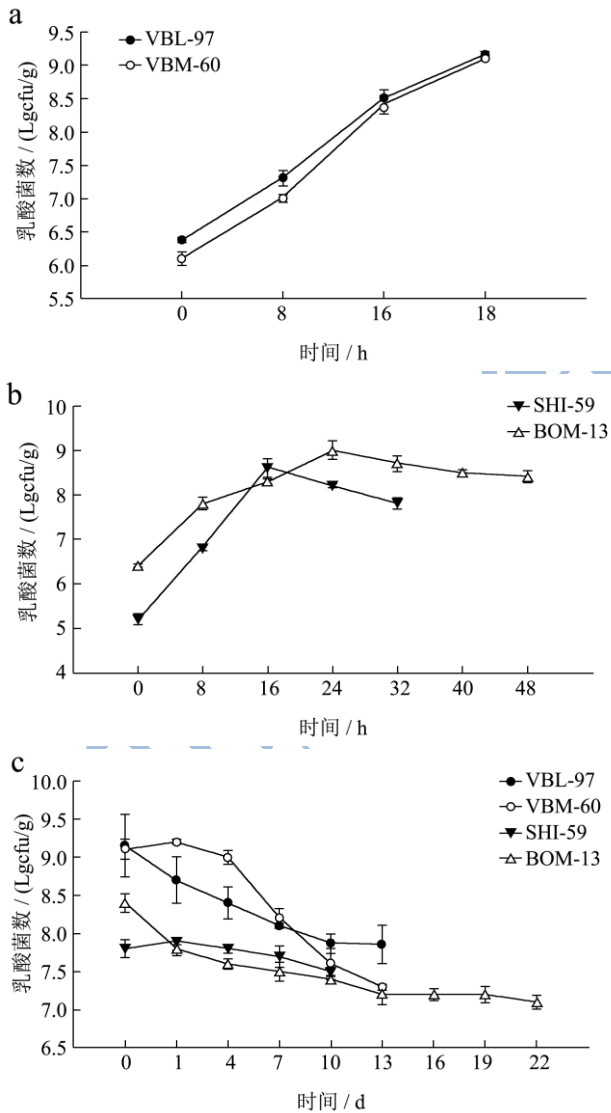


图 3 4 组发酵香肠在发酵和成熟过程中乳酸菌数的变化

Fig.3 Changes in LAB count of fermented sausages in the four groups during fermentation and ripening

注: a: 发酵过程, b: 发酵过程, c: 成熟过程。

2.3 4 组发酵香肠在发酵和成熟过程中乳酸菌数的变化

乳酸菌对于发酵香肠质构、颜色和风味的形成起着至关重要的作用,同时通过产生乳酸及抗菌性代谢产物抑制腐败菌的产生,保证产品的质量^[11]。图3显示4组发酵香肠在发酵和成熟过程中乳酸菌数的变化。由图3a、b可以看出,4组发酵香肠最初的乳酸菌对数值分别为VBL-97组6.38(lgcfu/g)、VBM-60组6.07(lgcfu/g)、SHI-59组5.20(lgcfu/g)、BOM-13组6.40(lgcfu/g)。在适宜发酵条件下,4组发酵香肠的乳酸菌开始快速生长,当发酵到18 h时,VBL-97组和VBM-60组的乳酸菌对数值分别达到9.15(lgcfu/g)和9.10(lgcfu/g),并继续呈对数上升趋势;而SHI-59组在发酵16h后乳酸菌对数值为8.61(lgcfu/g),然后进入稳定期;BOM-13组在发酵24h乳酸菌对数值为9.02(lgcfu/g),之后进入稳定期。乳酸菌的快速生长繁殖可有效抑制肉中腐败菌的繁殖,从而提高了产品的安全性。

由图 3c 可以看出,发酵香肠成熟过程中各组乳酸菌数均呈现下降趋势,其中 VBM-60 组下降最明显,其余 3 组下降速度相对平缓。这是因为进入成熟阶段,成熟室温度为 14~15 °C,乳酸菌数的繁殖速度自然会减慢;同时,随着乳酸菌发酵碳水化合物产生大量的乳酸和少量的醋酸,在抑制腐败微生物的同时,对乳酸菌自身的繁殖也会有所抑制;再者,成熟过程中,会伴随着发酵香肠的水分含量和 A_w 的降低,NaCl 浓度升高,乳酸菌的生长亦会受到一定程度的抑制。尽管如此,当发酵香肠达到成熟末期,乳酸菌数仍保持较高水平,VBL-97 组、VBM-60 组、SHI-59 组和 BOM-13 组乳酸菌对数值分别为 7.86(lgcfu/g)、7.32(lgcfu/g)、7.51(lgcfu/g)和 7.23(lgcfu/g),成为发酵香肠中的优势菌。这一结果与 Fonseca, S 等^[12]报道乳酸菌在发酵和成熟过程中保持优势菌地位的结果相一致。本试验发现,VBL-97 组发酵香肠乳酸菌数最高,VBM-60 组次之,这与其 pH 值降低的速率相一致,分析原因可能为前者发酵剂中含有清酒乳杆菌,乳杆菌的产酸能力高于后者的乳酸片球菌。

2.4 4 组发酵香肠发酵和成熟过程中葡萄球菌数的变化

发酵剂中的葡萄球菌主要包括木糖葡萄球菌和肉葡萄球菌,它们可以通过分泌硝酸盐还原酶,可以

将硝酸盐还原为亚硝酸盐，最终产生 NO，赋予产品红色；同时分泌的过氧化氢酶可以清除乳酸菌产生的 H₂O₂，维持产品色泽的稳定，并对防止脂肪降解后的进一步氧化起到一定的作用^[13]。

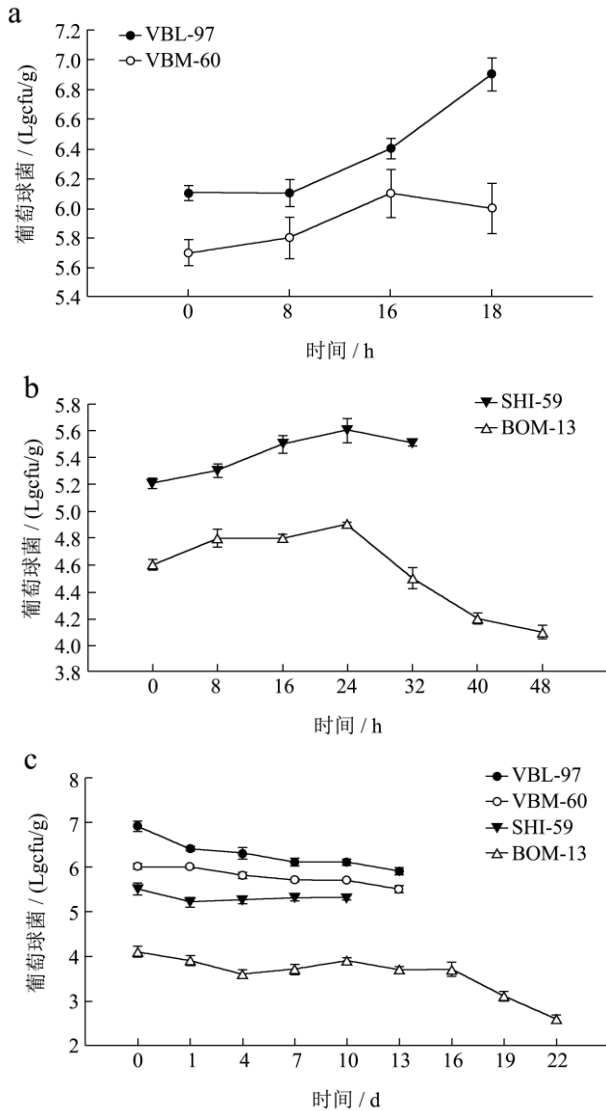


图4 4组发酵香肠发酵和成熟过程中葡萄球菌数的变化

Fig.4 Changes in *Staphylococci* count of fermented sausages in the four groups during fermentation and ripening

注: a: 发酵过程, b: 发酵过程, c: 成熟过程。

由图 4a、b 可以看出，发酵香肠最初的葡萄球菌数对数值分别为：VBL-97 组 6.12(lgcfu/g)、VBM-60 组 5.70(lgcfu/g)、SHI-59 组 5.27(lgcfu/g)、BOM-13 组 4.65(lgcfu/g)。在发酵过程中，除 BOM-13 组外，其他三组葡萄球菌数都呈上升趋势。发酵结束后，三组菌数对数值均大于 5.50(lgcfu/g)，而 BOM-13 组葡萄球菌数对数值为 4.12 (lgcfu/g)，与其他三组之间差异显著(P<0.05)。由图 4c 可以看出成熟过程中 BOM-13 组葡萄球菌数在后期下降明显，降低至<3.00(lgcfu/g)，而其他三组的菌数虽略有下降，但仍保持在

5.00(lgcfu/g)的水平。这是因为其他三组发酵剂是混合菌种，其中包含有葡萄球菌。而 BOM-13 发酵剂为单一的乳酸菌发酵剂(清酒乳杆菌)，所检测出的葡萄球菌来源于原辅料中自然存在的菌株，未能成为优势菌。

2.5 4组发酵香肠成熟过程中肠杆菌科菌的变化

香肠中的初始肠杆菌科菌主要来自原料肉(屠宰和分割过程)、辅料以及加工环节和环境卫生等方面的污染。由 5 可以看出，4 组发酵香肠中肠杆菌科菌的对数值在成熟初期均小于 5.5(lgcfu/g)，随着成熟过程的进行，酸性环境和低 pH 值、低 AW 值共同作用抑制了肠杆菌科菌的生长，使 4 组发酵香肠在成熟末期的肠杆菌科菌数小于 3.0(lgcfu/g)，保证了发酵香肠的微生物安全性，特别是 BOM-13 组的肠杆菌科菌数降为 1.67(lgcfu/g)，这与该组产品成熟期(22 d)时间较长有关，说明延长成熟期更有利于对肠杆菌科菌的控制。

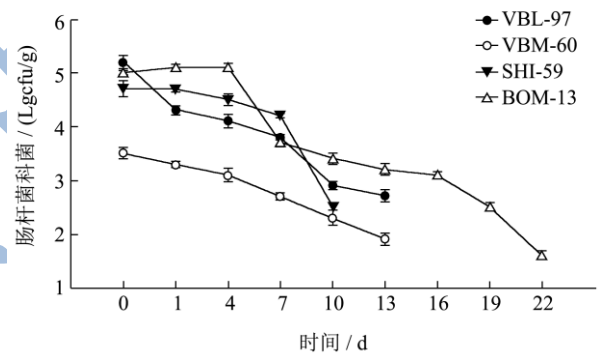


图5 4种发酵香肠成熟过程中肠杆菌科菌的变化

Fig.5 Changes in *Enterobacteriaceae* count of fermented sausages in the four groups during ripening

2.6 4组发酵香肠在成熟过程中 TBARS 值的变化

TBARS 值是不饱和脂肪酸氧化分解产物与硫代巴比妥酸反应的结果，是衡量脂肪氧化程度的指标。4 组发酵香肠成熟过程中 TBARS 值的变化见图 6 所示。由图 6 可知，成熟开始时 4 组发酵香肠 TBARS 值差异不显著(P>0.05)，但随着成熟过程的进行，4 组发酵香肠的 TBARS 值均呈上升趋势，相比较而言，SHI-59 组发酵香肠的 TBARS 值迅速增加，到成熟第 7 d 增至 0.74 mg/kg(P<0.05)，VBM-60 组和 BOM-13 组在成熟第 10 d 时，TBARS 值增加到 0.62 mg/kg 和 0.65 mg/kg(P<0.05)。当各组发酵香肠达到成熟后(A_w 降

为 0.82 作为判定标准), SHI-59 组、BOM-13 组的 TBARS 值与其他两组差异显著($P<0.05$), 这是由于 SHI-59 组的发酵温度 ($34\text{ }^{\circ}\text{C}$) 高于其他三组, 温度升高会导致脂肪氧化速度加快。BOM-13 组的成熟时间长, 也会间接导致脂肪的氧化。

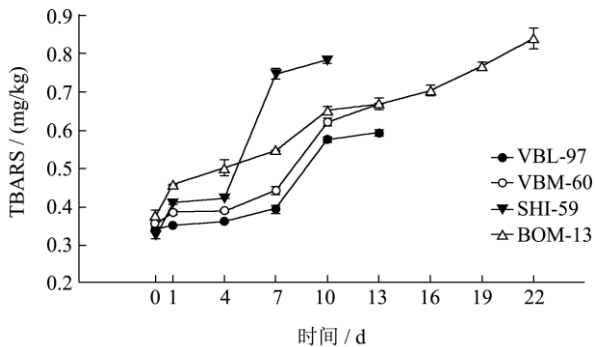


图 6 4 组发酵香肠在成熟过程中 TBARS 值的变化

Fig.6 Changes in TBARS value of fermented sausages in the four groups during ripening

2.7 4 组发酵香肠在成熟过程中非蛋白氮 (NPN) 的变化

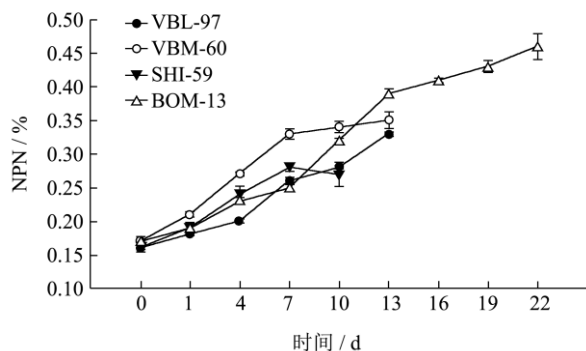


图 7 4 组发酵香肠成熟过程中 NPN 的变化

Fig.7 Changes in NPN value of fermented sausages in the four groups during ripening

非蛋白氮含量 NPN 是指除了蛋白质以外的所有多肽、短肽及游离氨基酸的总含量, 是表征蛋白质降解的一个指标。4 组发酵香肠 NPN 在成熟过程中的变化如图 7 所示。复合发酵剂生产的发酵香肠在成熟过程中, 各组 NPN 生成量都迅速增加, 从成熟开始 0.16%~0.17% 增加到成熟结束 0.27%~0.35%, 各组之间差异不显著 ($P>0.05$)。BOM-13 组则随着成熟时间的延长增加到 0.46%, 与其他三组差异显著 ($P<0.05$)。

3 讨论

pH 值是发酵肉制品可贮藏性的重要栅栏因子。根据 Leistner^[14]等的研究, 肉制品达到非制冷可贮藏

的条件是 $\text{pH}<5.2$ 和 $A_w\leq 0.95$ 。pH 值过高会使香肠内腐败微生物大量生长, 影响香肠的质量和食用安全性。本试验的结果显示, 4 组发酵香肠发酵结束后 pH 均已降低到 5.0, 所以能够很好地抑制腐败微生物的繁殖, 这与其肠杆菌科菌保持较低水平相关, 确保了食品的安全性。从 4 组发酵香肠 pH 值变化比较来看, VBL-97 型发酵剂在香肠发酵 18 h 后 pH 值降至最低值 4.75, 并在成熟过程中保持低的 pH 水平, 证明 VBL-97 型发酵剂是用于肉类发酵时产酸能力最强的一种。这与该发酵剂组成中含有产酸能力较强的清酒乳杆菌 (*L.sakei*) 有关。另一方面, 发酵温度对香肠发酵过程产酸速率影响较大, BOM-13 型发酵剂的发酵温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 其他三组发酵剂的发酵温度均高于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 所以 BOM-13 型发酵香肠 pH 值与均高于其它三组, 差异达极显著差异 ($p<0.01$)。

A_w 值是发酵香肠保质期长的栅栏因子 (pH, c.f., Eh, Press.) 中最重要的因子, 目前市场上出售的大多数发酵香肠 A_w 值在 0.85~0.90 之间。本试验以 A_w 达到 0.82 作为判定成熟结束的标准, 发现 4 组发酵香肠所需成熟时间不同, SHI-59 发酵剂需成熟 10 d, 均短于其他三组, 其原因可能是由于前期发酵温度 ($34\text{ }^{\circ}\text{C}$) 较高, 使植物乳杆菌 (*L.plantarum*) 和戊糖片球菌 (*P.pentosaceus*) 快速生长, 导致在进入成熟过程中仍保持较高菌数, 乳酸菌的代谢产物不断积累, 致使 pH 值较低, 从而促使水分的蒸发, 进而促进 A_w 值降低。而 BOM-13 型在发酵和成熟过程中乳酸菌数相对较低, A_w 值下降缓慢, 所以成熟期 (22 d) 显著长于其他三组。

发酵肉制品在成熟过程中, 蛋白酶降解蛋白质形成非蛋白氮 (NPN) 和游离氨基酸等风味前体物, 在形成发酵香肠特有风味和质构中起关键作用。本试验的 4 组发酵香肠在成熟过程中 NPN 的含量都显著增加, BOM-13 型变化尤为明显, 成熟结束后 NPN 含量为成熟前的 3.02 倍, 与其他三组差异显著, 这是因为其成熟时间较长的缘故。

脂肪的氧化酸败是发酵香肠生产和贮藏过程中最主要的质量变化, 是限制产品货架期的主要因素。本试验所选的 4 组发酵剂生产的发酵香肠在发酵和成熟过程中, 由于各组都有大量的乳酸菌存在, 抑制了杂菌的生长, 同时也阻止了脂肪分解菌的活性, 各组的 TBARS 值在成熟过程中虽然明显升高, 但成熟结束时 TBARS 值均未超过 1.0 mg/kg , 保证了产品的质量。VBL-97 型在发酵和生产过程中 TBARS 值低于其他三组, 这与该发酵剂组成中含有木糖葡萄球菌 (*S.xylosus*) 和肉葡萄球菌 (*S.carnosus*) 有关。木糖

葡萄球菌和肉糖葡萄球菌被广泛的用于发酵香肠,除了在呈味方面效果显著外,在发酵过程中产生的过氧化氢酶可以消除过氧化氢,降低过氧化值,减缓脂肪氧化的速率,所以本试验证明4组发酵剂中VBL-97型抗氧化能力最强。

本实验着重于研究不同发酵剂生产的发酵香肠微生物及理化性质的不同,对发酵香肠在成熟过程中蛋白质和脂肪的水解作用也进行了分析,在以后的研究中我们有必要采用适当的手段对此做更进一步深入的研究。本实验虽然初步证实发酵剂中的乳酸菌及葡萄球菌能加速发酵香肠中肠杆菌的消亡,但能否有效控制金黄色葡萄球菌和大肠杆菌O157:H7等致病菌的生长还需要作进一步的研究。

4 结论

4.1 4组发酵香肠在发酵和成熟过程中,乳酸菌均能保持优势菌,4组发酵香肠在成熟时的乳酸菌数达到7.21~8.13(Lgcfu/g),其次是葡萄球菌,达到5.23~6.05(Lgcfu/g)(BOM-13组除外),肠杆菌科菌降低到3.00(Lgcfu/g)以下,pH值均在发酵48h内降到5.0, A_w 在成熟过程中降至0.82,符合发酵香肠对安全性的要求。

4.2 各组发酵香肠TBARS值均呈上升趋势,达到成熟时,VBL-97型发酵香肠的TBARS值达到0.58mg/100g,显著低于其他三组,说明VBL-97型发酵剂抗氧化效果要好于其他发酵剂。

4.3 4组发酵香肠在成熟过程中非蛋白氮含量显著增加,说明各组发酵香肠中蛋白质均发生显著降解,其中BOM-13型发酵香肠NPN增量最多,源于BOM-13型发酵香肠的发酵和成熟时间较长的缘故。

参考文献

- [1] Juan Marcos A A, Purevdorj Nyam-Osor, Kayoko T, et al. The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages [J]. Food Chemistry, 2010, 119: 279-285
- [2] Annalisa C, M-Conception A, Silvana C, et al. Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures [J]. Meat Science, 2007, 76: 295-307
- [3] 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 products [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2010, 4: 185-190
- [4] 吴满刚,王小兰,陈洋洋,等.浓缩型冻干发酵剂在鸭肉发酵香肠中的应用[J].食品科学,2014,35:134-140
WU Man-gang, WANG Xiao-lan, CHEN Yang-yang, et al. Application of Concentrated Freeze-Dried Starter in Fermented Duck Sausage [J]. Food Science, 2014, 35: 134-140
- [5] Mielche M B, Aaby K. Quality of comminuted sausage formulated from mechanically deboned poultry meat [J]. Meat Science, 2002, 61: 73-84
- [6] Diaz O, Fernandez M, De Fernando G D G, et al. Proteolysis in dry fermented sausages: the effect of selected exogenous proteases [J]. Meat Science, 1997, 46(1): 115-128
- [7] 李平兰,王成涛.发酵食品安全生产与品质控制[M].北京:化学工业出版社,2005
LI Ping-lan, WANG Cheng-tao. Fermented Food Safety in Production and Quality Control [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005
- [8] Zhao L H, Jin Y, Ma C W, et al. Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices [J]. Meat Science, 2011, 88(1): 761-766
- [9] Baka A M, Papavergou E J, Pragalaki T. Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of greek fermented sausages [J]. LWT - Food Science and Technology, 2011, 44: 54-61
- [10] Demeyer D I, Verplaetse A, Gistelink M. Fermentation of meat:an integrated process [J]. Belgian Journal of Food Chemistry and Biotechnology, 1986, 41: 131-140
- [11] Fonseca S, Cachaldora A, Gómez M, et al. Monitoring the Bacterial Population Dynamics during the Ripening of Galician Chorizo, a Traditional Dry Fermented Spanish Sausage [J]. Food Microbiology, 2013,33(1):77-84
- [12] Fonseca S, Ouoba L I I, Franco I, Carballo J. Use of molecular methods to characterize the bacterial community and to monitor different native starter cultures throughout the ripening of Galician chorizo [J]. Food Microbiology,2013, 34(1): 215-226
- [13] Villani F, Pepe O, Mauriello G, et al. Antimicrobial activity of Staphylococcus xylosus from Italian sausages against Listeria monocytogenes [J]. Letters in Applied Microbiology, 1994, 18: 159-161

[14] Leistner L. Starter and protective cultures for foods in Europe

Conference, 1994: 417-423

[C]. Microbes for better living, Micon94 and 35 the AMI

现代食品科技