

羊肉半干发酵香肠在发酵和成熟过程中游离脂肪酸变化研究

王柏辉,靳志敏,刘夏炜,罗玉龙,马晓冰,靳 烨*

(内蒙古农业大学食品科学与工程学院,内蒙古呼和浩特 010018)

摘 要:本实验通过以从内蒙古传统肉肠中分离得到的植物乳杆菌(*X_{3-2B}*)为发酵剂来制作发酵香肠,对羊肉半干发酵香肠在发酵与成熟过程中水分活度,水分含量,pH及游离脂肪酸的组成和含量变化进行研究。结果显示,在发酵过程,植物乳杆菌标准菌组和植物乳杆菌(*X_{3-2B}*)组的pH下降明显,在干燥、成熟过程中,pH有上升趋势,达到5.2左右。植物乳杆菌(*X_{3-2B}*)组的Aw值和水分含量都低于植物乳杆菌标准菌。在发酵过程中,植物乳杆菌标准菌组的单不饱和脂肪酸高于其他组;在干燥和成熟过程中,植物乳杆菌标准菌组的单不饱和脂肪酸低于植物乳杆菌(*X_{3-2B}*)组。多不饱和脂肪酸在发酵和成熟过程中,植物乳杆菌标准菌组高于其他组。研究表明,在羊肉半干发酵香肠发酵和成熟过程中,发酵剂对脂肪酸的成分和含量有一定的影响。

关键词:发酵香肠,植物乳杆菌,游离脂肪酸

Changes of free fatty acid component and contents of mutton semi-dry sausage during fermentation and ripening

WANG Bo-hui, JIN Zhi-min, LIU Xia-wei, LUO Yu-long, MA Xiao-bing, JIN Ye*

(College of Food Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract: The water activity, water content, pH and free fatty acid of mutton semi-dry fermented sausage that screened *Lactobacillus plantarum* (*X_{3-2B}*) from native meat sausages of Inner Mongolia during fermentation and ripening were studied. Results showed that pH value of *Lactobacillus plantarum* (*X_{3-2B}*) and *Lactobacillus plantarum* (standard) group during fermentation decreased significantly and had a rising trend and reached 5.2 or so during drying and ripening. Water activity and moisture content of *Lactobacillus plantarum* (*X_{3-2B}*) group was below *Lactobacillus plantarum* (standard) group. Monounsaturated fatty acids of *Lactobacillus plantarum* (standard) group during fermentation was higher than other groups, lower than *Lactobacillus plantarum* (*X_{3-2B}*) during drying and ripening. Polyunsaturated fatty acids of *Lactobacillus plantarum* (standard) group during fermentation and ripening was higher than other groups. Research showed that the starter had a certain influence on the composition and content of fatty acids of mutton semi-dry fermented sausage during fermentation and ripening.

Key words: fermented sausage; *Lactobacillus plantarum*; free fatty acid

中图分类号:TS251.5⁺3

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2015)07-0064-05

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.07.004

发酵香肠又称生香肠,是指在自然或人工控制条件下,利用微生物发酵技术,生产出具有稳定的微生物特性和典型发酵风味的肉制品,是传统发酵肉制品的代表之一,以其美观的色泽、独特的风味、优良的品质、较长的货架期和营养保健等优点受到越来越多人的青睐。在法国,美国,意大利,日本等国家已成为公认的、传统的高端发酵肉制品^[1-3]。

发酵香肠在成熟过程中会发生一系列的生化变化,从而将新鲜的原料肉转变成风味独特且货架期

长的产品,这些生化变化主要包括脂肪的降解和氧化、蛋白质的降解以及芳香成分的形成^[4]。脂肪发生分解和氧化,包括甘油酯脂肪酸的释放以及不饱和脂肪酸的氧化,尤其是不饱和脂肪酸氧化生成羰基化合物,这些物质的产生赋予发酵肠特有的风味物质^[5-7]。本研究结合内蒙古地方特色,用苏尼特羊肉制作发酵香肠,添加从内蒙古传统肉肠中分离出的植物乳杆菌(*X_{3-2B}*)和植物乳杆菌标准菌株加工发酵香肠,在其发酵成熟过程测定其游离脂肪酸的变化。

收稿日期:2014-06-16

作者简介:王柏辉(1990-),男,硕士,研究方向:食品科学。

*通讯作者:靳烨(1964-),男,博士,教授,研究方向:食品科学。

基金项目:国家十二五科技支撑项目子课题(2012BAD13B02);内蒙古农业大学科技创新团队(NDTD2013-3)。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 主要原辅材料和试剂 苏尼特羊后腿肉,羊尾肥膘 巴彦淖尔市采购;蔗糖,葡萄糖,食盐,氢氧化钠, Na_2SO_4 天津市风船化学试剂科技有限责任公司; NaNO_3 , NaNO_2 天津化学药剂三厂;氯仿, BF_3 ,正己烷 国药集团化学试剂有限公司;甲醇 天津光复精细化工研究所;黑胡椒粉,孜然粉,天然牛肠衣 内蒙古维多利超市购买。

1.1.2 供试菌株 植物乳杆菌(X_{3-2B}) 内蒙古农业大学微生物实验室从内蒙古传统香肠中分离得到;植物乳杆菌标准菌株 广东省微生物研究所微生物菌种保藏中心,标号:a2m1.191。

1.2 主要仪器设备

胴体肌肉 pH 直测仪 武汉恒绿食品技术有限公司;HD-3A 型智能水分活度计测量仪 无锡市华科仪器仪表有限公司;SPX-150 型恒温恒湿培养箱 上海博迅实业有限公司医疗设备厂;气相色谱仪 日本岛津;ZHJHC1214CCLEAN BENCH 南京依贝仪器设备有限公司;旋转蒸发器 RE-52AA 上海亚荣生化仪器厂;FSH-2 可调高速匀浆机 常州国华电器有限公司;通风橱 上海浦灿实验室设备有限公司;HJ-6 多头磁力加热搅拌器 上海越众仪器设备有限公司;电子天平 sartorius;绞肉机 浙江永康市红太阳机电有限公司;电热鼓风干燥箱 上海一恒科技有限公司。

1.3 发酵香肠的制作

1.3.1 配方 苏尼特羊后腿肉 80%,羊尾肥膘 20%,蔗糖 0.5%,葡萄糖 0.5%,食盐 2.5%, NaNO_3 $70 \times 10^{-6} \text{mg/kg}$, NaNO_2 $70 \times 10^{-6} \text{mg/kg}$,黑胡椒粉 0.5%,孜然粉 0.5%,发酵剂 10^8CFU/g 。

1.3.2 工艺流程 原料肉→瘦肉绞碎,肥肉切丁→搅拌制馅→腌制→加发酵剂→抽真空→真空充填→发酵→干燥→成熟→真空包装→成品

1.3.3 工艺条件

表 1 发酵香肠生产工艺条件^[1]

Table 1 Production process conditions of fermented sausage^[1]

加工阶段	温度(℃)	时间(h)	相对湿度(%)
发酵	24~25	72	95~98
第1阶段(发酵)	14~15	48	85~90
第2阶段(干燥)	14~15	48	80~85
成熟	13~14	72	75~80
贮藏	室温		真空

1.4 实验方法

本实验共分 3 组:第 1 组为未添加菌种的对照组,第 2 组为添加植物乳杆菌标准菌,第 3 组为添加植物乳杆菌(X_{3-2B})。并分别在灌肠后(0d)、发酵结束(3d)、干燥结束(7d)、成熟结束(10d)等工艺点取 2 根香肠,测定其水分活度,水分含量,pH,游离脂肪酸等指标。

1.4.1 水分活度的测定 采用水分活度仪测定。

1.4.2 水分含量的测定 采用直接干燥法测定,参

照 GB/T5009.3-2010 的方法。

1.4.3 pH 的测定 采用胴体肌肉 pH 直测仪测定。

1.4.4 脂肪酸的测定方法 脂肪的提取:将香肠绞碎,取 5g 于三角瓶中,加入 70mL 氯仿/甲醇溶液,振荡抽提 10h 后用 G3 漏斗过滤,往滤液中加适量 NaCl 溶液,静置分层后,下层的氯仿层即为脂肪提取液,用无水硫酸钠干燥后,在 40℃ 水浴中旋转蒸发器浓缩,得到脂肪。脂肪的皂化:加入 0.5mol/L 的 NaOH/甲醇溶液 3mL,加热回流 5min,进行脂肪皂化。甲酯化:再加入适量的 BF_3 /甲醇溶液,回流 2min,进行脂肪的甲酯化。然后加入 2mL 正己烷,回流 1min 后,加入适量的饱和氯化钠溶液,静置 10min,再用移液枪取出 1mL 上层的正己烷层于试管中,加入适量的无水硫酸钠脱水后,将样品保藏在 -20℃,进行气相色谱分析。色谱条件:进样口温度:250℃;检测器温度:120℃;载气:氮气;载气流速:3mL/min;分流比:20:1;氢气流速:45mL/min;空气流速:450mL/min;尾吹气:45mL/min;柱升温程序:120℃,保持 5min,然后以 10℃/min 升到 250℃,保持 28min。

1.5 数据处理

用 SPASS 软件进行分析数据。

2 结果与讨论

2.1 水分含量和水分活度的变化

由图 1 可知,水分含量在羊肉半干发酵香肠发酵过程中(0~3d)具有一定的下降趋势,三个组间的变化不显著($p > 0.05$)。在 3~7d 香肠的水分含量快速下降,第 7d 时,实验组水分含量显著小于对照组($p < 0.01$)且 $\text{LP}(X_{3-2B})$ 组水分含量最低,因为这个阶段属于干燥阶段,因而水分的流失较快,随后在成熟期(7~10d),羊肉半干发酵香肠的水分缓慢下降,各实验组间无显著差异($p > 0.05$)。由图 2 看出,羊肉半干发酵香肠随着加工过程水分活度逐渐降低($p < 0.01$)。在发酵阶段(0~3d)水分活度显著降低($p < 0.01$),并且各组的水分活度下降到 0.9 以下,大部分腐败菌在水分活度值(A_w 值)为 0.9 以下时就不能生长^[10],当发酵结束以后, $\text{LP}(X_{3-2B})$ 组的水分活度下降到 0.75 以下,从而在贮藏过程中有效的抑制了发酵香肠中腐败菌和致病菌的生长,完全可以保证微生物的稳定性和安全性^[8-9]。在整个过程中, $\text{LP}(X_{3-2B})$ 组的水分活度明显低于 LP 组和对照组,因为发酵剂对水分的内外迁移有一定的影响,使其出现波动^[10-11]。

2.2 pH 的变化

羊肉半干发酵香肠 pH 的变化如图 3 所示。灌肠当天(0d),各组发酵香肠 pH 在 5.6 以上。发酵结束时,各组 pH 均显著下降($p < 0.05$),对照组下降较缓慢,植物乳杆菌标准菌组和植物乳杆菌(X_{3-2B}) 组的 pH 均降至 4.70 左右。在此阶段,植物乳杆菌产生乳酸和其他有机酸加快了发酵速度,使发酵香肠酸度升高,pH 迅速降低^[12]。干燥结束(7d)时,pH 有所上升,对照组上升不显著($p > 0.05$),植物乳杆菌标准菌组和植物乳杆菌(X_{3-2B}) 组显著上升($p < 0.05$)。成熟结束(10d)时,对照组 pH 显著上升,植物乳杆菌标准

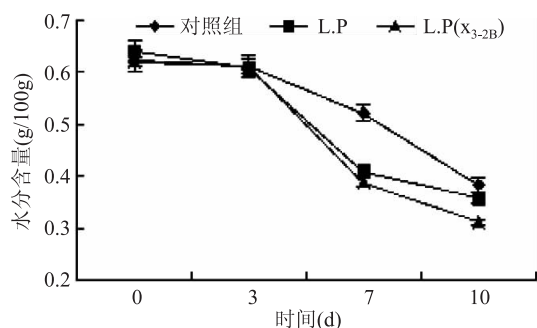


图1 羊肉半干香肠在发酵和成熟过程中水分含量的变化

Fig.1 Changes of moisture content in semi-dry mutton sausage during fermentation and maturation processing

注:P.L表示植物乳杆菌标准菌;

P.L(X_{3-2B})表示植物乳杆菌(X_{3-2B}),下同。

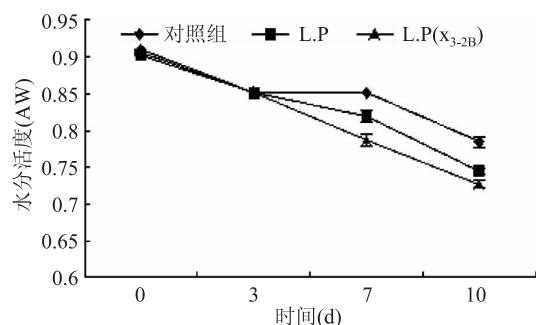


图2 羊肉半干香肠在发酵和成熟过程中水分活度的变化

Fig.2 Changes of water activity in semi-dry mutton sausage during fermentation and maturation processing

菌组和植物乳杆菌(X_{3-2B})组变化不显著。且除对照组外,植物乳杆菌组和混合组pH均在5.2以下。

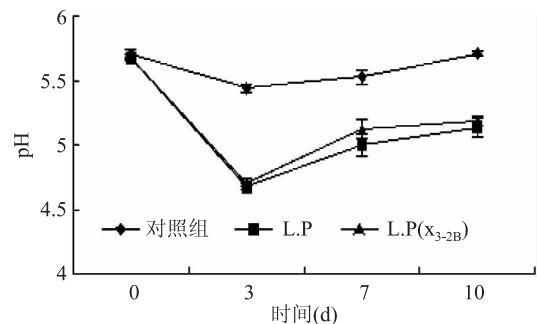


图3 羊肉半干香肠在发酵和成熟过程中pH的变化

Fig.3 Changes of pH in semi-dry mutton sausage during fermentation and maturation processing

2.3 游离脂肪酸的组成与变化

脂肪酸是干发酵香肠中的风味物质或风味物质的重要前体,半干香肠在成熟过程中一定程度脂肪的水解和一定量脂肪酸的释放对半干香肠独特良好风味的形成具有非常重要的作用。羊肉半干香肠在发酵成熟过程中游离脂肪酸的变化,如表2所示。

从表2可以看出,羊肉半干发酵香肠中游离脂肪酸的种类主要是油酸(C18:1)、棕榈酸(C16:0)、硬脂酸(C18:0)和顺式亚油酸(C18:2),这与沈清武和刘安军的研究基本一致^[13-14]。棕榈酸的含量在整个发酵成熟过程中整体的变化呈现增加趋势,尤其是

植物乳杆菌(X_{3-2B})组变化明显($p < 0.05$)。也可以看出植物乳杆菌标准菌株组和植物乳杆菌(X_{3-2B})中棕榈酸的含量在3,7,10d差异显著($p < 0.05$)。硬脂酸的含量在发酵过程(0~3d)中呈现增加趋势,变化明显($p < 0.05$),但在干燥和成熟期间(3~10d)呈下降趋势,变化不明显($p > 0.05$)。在3d时,硬脂酸的含量在植物乳杆菌标准组和植物乳杆菌(X_{3-2B})组差异较大,但在7d和10d时两组间无差异,与对照组相比差异显著,这可能是发酵剂能够促进发酵香肠中饱和脂肪酸的氧化过程^[15-16]。油酸(C18:1)的含量在发酵过程(0~3d)中明显增加,之后其含量的变化不显著($p > 0.05$)。油酸(C18:1)的含量在植物乳杆菌标准菌株组和植物乳杆菌(X_{3-2B})组之间的差异显著($p < 0.05$)。顺式亚油酸的含量在羊肉半干发酵香肠的发酵和成熟过程中变化不显著($p > 0.05$)。在7d和10d时,其含量在植物乳杆菌标准组和植物乳杆菌组之间的差异显著($p < 0.05$),但在第3d差异不显著($p > 0.05$)。

图4~图6显示羊肉半干发酵香肠在发酵和成熟过程中饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)的含量的变化情况。如图4所示,饱和脂肪酸的含量在发酵和成熟过程中,植物乳杆菌(X_{3-2B})组一直呈现增加趋势,且在第7d,10d高于植物乳杆菌标准菌株组和对照组。如图5所示,在植物乳杆菌标准菌株组第3d时单不饱和脂肪酸的含量达到最高,但随着加工过程又逐渐降低;在植物乳杆菌(X_{3-2B})组,单不饱和脂肪酸的含量在0d,3d,7d依次呈现增加趋势,在第10d稍微下降,其含量明显高于植物乳杆菌标准菌株组。如图6所示,在对照组和植物乳杆菌组中,多不饱和脂肪酸的含量在发酵和成熟过程中变化不大,但在植物乳杆菌标准菌株组中多不饱和脂肪酸的含量在0d,3d,7d,10d变化比较大,其含量在第3d,第7d,第10d明显高于植物乳杆菌(X_{3-2B})组和对照组。

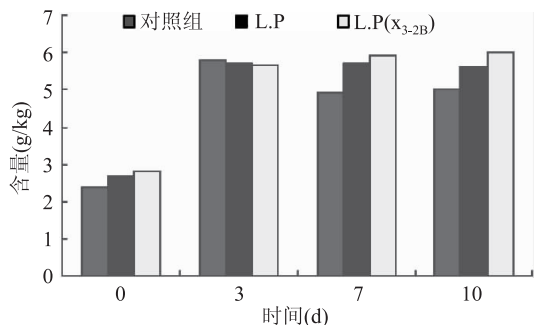


图4 羊肉半干发酵香肠在发酵和成熟过程中饱和脂肪酸的变化

Fig.4 Changes of SFA in semi-dry mutton sausage during fermentation and maturation processing

发酵剂生产干发酵香肠时,脂肪在成熟过程中都会发生不同程度的降解,生成大量的游离脂肪酸。因为游离脂肪酸与结合脂肪酸相比较容易发生氧化^[17-18],因此很多人对干发酵香肠成熟中脂肪的氧化现象进行了研究。国外专家学者研究表明用戊糖片球菌和木糖葡萄糖菌制作发酵香肠时其过氧化值较

表2 游离脂肪酸成分与含量的变化(g/kg)
Table 2 The change of free fatty acid composition and content(g/kg)

脂肪酸种类		加工时间(d)			
		0d	3d	7d	10d
C16:0	对照组	1.35 ± 0.063 ^{Aa}	3.51 ± 0.001 ^{Bb}	3.99 ± 0.129 ^{Ac}	4.15 ± 0.149 ^{Ad}
	LP	1.57 ± 0.054 ^{Aa}	2.61 ± 0.004 ^{Ab}	3.72 ± 0.217 ^{Ac}	3.96 ± 0.115 ^{Ad}
	LP(X _{3-2B})	1.65 ± 0.052 ^{Aa}	3.49 ± 0.051 ^{Bb}	4.71 ± 0.157 ^{Bc}	4.99 ± 0.141 ^{Bd}
C18:0	对照组	1.03 ± 0.034 ^{Aa}	2.29 ± 0.206 ^{Bb}	0.93 ± 0.014 ^{Ba}	0.86 ± 0.012 ^{Ba}
	LP	1.10 ± 0.087 ^{Aa}	3.11 ± 0.012 ^{Ab}	1.97 ± 0.014 ^{Ac}	1.66 ± 0.017 ^{Aa}
	LP(X _{3-2B})	1.17 ± 0.022 ^{Aa}	2.16 ± 0.015 ^{Bb}	1.22 ± 0.011 ^{ABa}	1.02 ± 0.019 ^{Aa}
C16:1	对照组	0.12 ± 0.018 ^{Aa}	0.32 ± 0.071 ^{Ab}	0.25 ± 0.136 ^{Aab}	0.28 ± 0.125 ^{Aab}
	LP	0.13 ± 0.013 ^{Aa}	0.38 ± 0.050 ^{Ab}	0.27 ± 0.051 ^{Ac}	0.22 ± 0.014 ^{Ad}
	LP(X _{3-2B})	0.12 ± 0.023 ^{Aa}	0.35 ± 0.06 ^{Aa}	0.39 ± 0.037 ^{Ba}	0.32 ± 0.045 ^{Ba}
C18:1	对照组	2.17 ± 0.075 ^{Aa}	5.67 ± 0.195 ^{Bb}	6.66 ± 0.374 ^{Ac}	6.52 ± 0.559 ^{Ac}
	LP	2.62 ± 0.071 ^{Aa}	7.68 ± 0.374 ^{Ab}	5.22 ± 0.001 ^{Ac}	4.85 ± 0.001 ^{Ad}
	LP(X _{3-2B})	2.22 ± 0.004 ^{Aa}	5.48 ± 0.146 ^{Bb}	7.39 ± 0.012 ^{Abc}	6.60 ± 0.021 ^{Bb}
C18:2n6c	对照组	1.09 ± 0.081 ^{Aa}	1.04 ± 0.17 ^{Aa}	1.17 ± 0.03 ^{Ba}	1.35 ± 0.01 ^{Ba}
	LP	1.23 ± 0.069 ^{Aa}	1.37 ± 0.130 ^{Aa}	2.13 ± 0.151 ^{Ab}	2.35 ± 0.258 ^{Ac}
	LP(X _{3-2B})	1.13 ± 0.038 ^{Aa}	1.01 ± 0.341 ^{Aa}	1.21 ± 0.121 ^{Ba}	1.36 ± 0.012 ^{Ba}
C18:2n6t	对照组	0.01 ± 0.001 ^{Aa}	0.07 ± 0.001 ^{Bb}	0.06 ± 0.002 ^{Bb}	0.06 ± 0.001 ^{Bb}
	LP	0.02 ± 0.001 ^{Aa}	0.06 ± 0.002 ^{Ab}	0.1 ± 0.003 ^{Ac}	0.13 ± 0.001 ^{Ad}
	LP(X _{3-2B})	0.01 ± 0.001 ^{Aa}	0.07 ± 0.008 ^{Bb}	0.06 ± 0.01 ^{Bb}	0.07 ± 0.006 ^{Bb}
C18:3n6	对照组	0.02 ± 0.001 ^{Aa}	0.004 ± 0.007 ^{Bab}	0.048 ± 0.005 ^{Bb}	0.03 ± 0.001 ^{Ba}
	LP	0.02 ± 0.002 ^{Aa}	0.025 ± 0.001 ^{Aa}	0.099 ± 0.004 ^{Ab}	0.06 ± 0.001 ^{Ac}
	LP(X _{3-2B})	0.02 ± 0.006 ^{Aa}	0.035 ± 0.001 ^{Ba}	0.072 ± 0.013 ^{Bb}	0.05 ± 0.004 ^{Bc}
C20:3n3	对照组	0.39 ± 0.018 ^{Aa}	0.42 ± 0.016 ^{Ca}	0.59 ± 0.011 ^{Bb}	0.54 ± 0.016 ^{Bb}
	LP	0.38 ± 0.010 ^{Aa}	0.61 ± 0.028 ^{Ab}	0.99 ± 0.041 ^{Ac}	0.87 ± 0.015 ^{Ad}
	LP(X _{3-2B})	0.35 ± 0.002 ^{Aa}	0.48 ± 0.018 ^{Bab}	0.53 ± 0.010 ^{Bb}	0.45 ± 0.012 ^{Bb}
C22:6n3	对照组	0.05 ± 0.005 ^{Aa}	0.06 ± 0.001 ^{Ca}	0.05 ± 0.001 ^{Ca}	0.04 ± 0.001 ^{Ba}
	LP	0.06 ± 0.004 ^{Ba}	0.07 ± 0.003 ^{Aa}	0.09 ± 0.003 ^{Ab}	0.09 ± 0.001 ^{Ab}
	LP(X _{3-2B})	0.05 ± 0.005 ^{Aa}	0.05 ± 0.001 ^{Ba}	0.04 ± 0.004 ^{Bb}	0.03 ± 0.001 ^{Bb}
SFA	对照组	2.38 ± 0.097 ^{Aa}	5.8 ± 0.017 ^{Ab}	4.92 ± 0.134 ^{Ac}	5.01 ± 0.222 ^{Ac}
	LP	2.67 ± 0.141 ^{Ba}	5.72 ± 0.014 ^{Ab}	5.69 ± 0.224 ^{Bb}	5.62 ± 0.127 ^{Bb}
	LP(X _{3-2B})	2.82 ± 0.074 ^{Ca}	5.65 ± 0.065 ^{Ab}	5.93 ± 0.17 ^{Cc}	6.01 ± 0.15 ^{Cc}
MUFA	对照组	2.29 ± 0.093 ^{Aa}	5.99 ± 0.26 ^{Ab}	6.91 ± 0.5 ^{Ac}	6.80 ± 0.370 ^{Ac}
	LP	2.75 ± 0.084 ^{Ba}	8.06 ± 0.42 ^{Bb}	5.49 ± 0.051 ^{Bc}	5.12 ± 0.046 ^{Bd}
	LP(X _{3-2B})	2.34 ± 0.027 ^{Aa}	5.83 ± 0.21 ^{Ab}	7.78 ± 0.049 ^{Cc}	6.92 ± 0.065 ^{Ad}
PUFA	对照组	1.56 ± 0.106 ^{Aa}	1.22 ± 0.198 ^{Ab}	1.92 ± 0.049 ^{Ac}	2.02 ± 0.029 ^{Ac}
	LP	1.71 ± 0.086 ^{Ba}	2.14 ± 0.164 ^{Bb}	3.41 ± 0.2 ^{Bc}	3.50 ± 0.278 ^{Bc}
	LP(X _{3-2B})	1.56 ± 0.052 ^{Aa}	1.64 ± 0.368 ^{Ca}	1.91 ± 0.247 ^{Ab}	1.96 ± 0.033 ^{Ab}

注:1.表中数据为均值±标准差;2.表中同列上标数据不同大写字母表示差异显著($p < 0.05$);3.表中同行上标数据不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$);4.SFA:C16:0 C18:0;MUFA:C16:1 C18:1;PUFA:C18:2n6c C18:2n6t C18:3n6 C20:3n3 C22:6n3。

低,并认为这可能是发酵香肠中无氧环境形成的结果。也有研究认为,一方面香肠中可能存在的脂肪氧化酶阳性菌株;另一方面,乳杆菌能产生过氧化氢而促进脂肪酸的过氧化^[19]。L.H.Stahnke 等人用木糖葡萄球菌生产干发酵香肠,在研究其成熟过程中的脂肪降解时发现,游离脂肪酸组成中不饱和脂肪酸占的比例较大,说明不饱和脂肪酸比饱和脂肪酸更释放。在各种不饱和脂肪酸中,亚麻酸(18:3)、亚油酸(18:2)和棕榈油酸(16:1)又比油酸更容易释放^[20]。也有研究发现发酵香肠成熟中各种脂肪酸的

释放速度顺序为:亚油酸 > 油酸 > 硬脂酸 > 棕榈酸^[21]。目前国内一些专家学者也对发酵香肠中游离脂肪酸进行了研究,张未风研究表明发酵香肠在加工和贮藏过程中游离脂肪酸总体呈现增加趋势,主要的游离脂肪酸为油酸,硬脂酸和棕榈酸^[22];也有研究表明关于游离脂肪酸在加工和贮藏过程中变化的原因主要是微生物酶和肉组织酶对其的影响^[23]。

3 结论

在羊肉半干发酵香肠在发酵和成熟过程中,对照组,植物乳杆菌标准菌组和植物乳杆菌(X_{3-2B})组

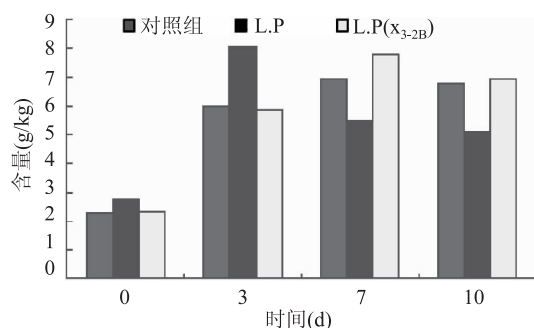


图5 羊肉半干发酵香肠在发酵和成熟过程中单不饱和脂肪酸的变化

Fig.5 Changes of MUFA in semi-dry mutton sausage during fermentation and maturation processing

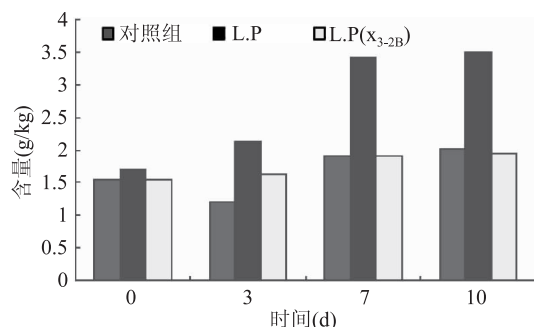


图6 羊肉半干发酵香肠在发酵和成熟过程中多不饱和脂肪酸的变化

Fig.6 Changes of PUFA in semi-dry mutton sausage during fermentation and maturation processing

pH 都呈现先降低后上升的趋势,各组变化显著。植物乳杆菌组(X_{3-2B})组的水分活度和水分含量都低于植物乳杆菌标准菌组。

在羊肉半干发酵香肠在发酵和成熟过程中,主要存在的脂肪酸包括棕榈酸,油酸,硬脂酸和亚油酸。在发酵过程中,植物乳杆菌标准菌组的单不饱和脂肪酸高于其他组;在干燥和成熟过程中,植物乳杆菌标准菌组的单不饱和脂肪酸低于植物乳杆菌(X_{3-2B})组。多不饱和脂肪酸在发酵和成熟过程中,植物乳杆菌标准菌组高于其他实验组。

参考文献

- [1] 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].食品发酵工业,2012,38(12):87-90.
- [2] 赵丽华,振宇,王曼,等.复合发酵剂和天然香辛料对羊肉发酵香肠品质特性的影响[J].食品与发酵工业,2009,35(14):170-173.
- [3] Lihua Zhao, Ye Jin, Changwei Ma, 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: 761-766.
- [4] 葛长容, 马美湖. 肉与肉制品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 24-26.
- [5] 蔡华珍, 马长伟, 谢江碧, 等. 干发酵香肠在成熟过程中的脂肪变化及其与芳香成分的关系[J]. 食品发酵与工业, 1999, 12(6): 63-67.

- [6] Meynier, Novelli E, Chizzolini R, et al. Volatile compounds of commercial Milano salami[J]. Meat Science, 1999, 51: 175-183.
- [7] Beedgue J L, Monteil P, Montel M C, et al. Effects of starter culture on the formation of flavour compounds in dry sausage[J]. Meat Science, 1993, 35: 275-287.
- [8] 赵丽华, 靳志敏, 马长伟, 等. 羊肉发酵干香肠在加工和贮藏过程中理化性质变化研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2010, 31(4): 159-163.
- [9] Talon R, Leroy S, Lebert I, et al. Safety improvement and preservation of typical Sensory qualities of traditional dry fermented sausages using autochthonous starter cultures[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 126: 227-234.
- [10] 王俊, 周光宏, 徐幸莲, 等. 发酵香肠成熟过程中理化性质变化研究[J]. 食品科学, 2004(10): 63-66.
- [11] Paulo Cezar Bastianello Campagnol, Bibiana Alves dos Santos, Roger Wagner, et al. Amorphous cellulose gel as a fat substitute in fermented sausages[J]. Meat Science, 2012, 90: 36-42.
- [12] 张元生, 许益民编译. 微生物在肉类加工中的应用[M]. 北京: 中国商业出版社, 1991.
- [13] 刘安军, 贾琰, 王稳航, 等. 猪肉半干香肠发酵成熟过程中脂肪酸变化研究[J]. 食品科技, 2009, 34(6): 113-116.
- [14] 沈清武, 李平兰. 微生物酶与肉组织酶对干发酵香肠中游离脂肪酸的影响[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(12): 1-4.
- [15] W P Hammes. Starter in the processing of meat products[J]. Meat Science, 1994, 36: 155-168.
- [16] Hammes W P, Hertel C. New developments in meat starter cultures[J]. Meat Science, 1998, 49(1): 125-138.
- [17] Izaskun Zalacain, M Jose Zapelena, M Paz De Peña, et al. Use of lipase from *Rhizomucor miehei* in dry fermented sausages elaboration: Microbial, chemical and sensory analysis[J]. Meat Science, 1997, 45(1): 99-105.
- [18] I Zalacain, MJ Zapelena, I Astiasarn, et al. Dry fermented sausages elaborated with lipase from *Candida cylindracea*. Comparison with traditional formulations[J]. Meat Science, 1995, 40(1): 55-61.
- [19] Johansson G, Berdague J-L, Larsson M, et al. A direct relation between HDL2b alteration and change in femoral atherosclerosis during treatment with probucol and cholestyramine: a Probuco Quantitative Regression Swedish Trial (PQRST) report[J]. Meat Science, 1994, 38: 203-218.
- [20] L H Stahnke. Dried sausages fermented with *Staphylococcus xylosus* at different temperatures and with different ingredient levels- Part II. Volatile components[J]. Meat Science, 1995, 41: 193-209.
- [21] Annalisa Casaburia, Rossella Di Monaco, Silvana Cavellaa, et al. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits[J]. Food Microbiology, 2008, 25: 335-347.
- [22] 张未风. 羊肉发酵香肠蛋白质和脂肪水解产物与挥发性风味物质成分[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012, 12: 17-18.
- [23] 杨华, 张琳, 马丽珍, 等. 外源酶缩短羊肉发酵香肠成熟期的效果研究[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 81-86.