

乳酸菌对羊肉风干香肠的影响

赵冰¹, 李素^{1,2}, 成晓瑜¹, 乔晓玲¹, 李家鹏¹, 曲超¹, 艾婷¹, 王守伟^{1,*}

(1.中国肉类食品综合研究中心, 北京食品科学研究院, 北京 100068;

2.天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 通过检测乳酸菌对产品感官、微生物、pH值、水分活度、水分含量、生物胺含量、蛋白质降解指数、游离氨基酸含量指标的影响, 研究乳酸菌发酵剂对羊肉风干香肠品质的影响。结果表明, 添加乳酸菌发酵剂对产品的感官性质具有显著的影响, 可以改善产品的色泽和风味, 对产品的微生物数量、pH值、生物胺含量、蛋白质降解指数和氨基酸含量都有显著的影响, 而对产品的水分含量和水分活度影响不大, 通过乳酸菌的发酵作用, 乳酸菌发酵剂实验组最终产品pH值为5.18, 蛋白质降解指数为17.97%, 氨基酸总量达到3 933.67 mg/100 g, 都要高于空白组产品。因此, 通过添加乳酸菌, 可以显著改善产品的感官品质和营养品质, 同时降低安全隐患。

关键词: 乳酸菌; 羊肉; 蛋白质; 氨基酸

Effect of Lactic Acid Bacteria on Dried Mutton Sausages

ZHAO Bing¹, LI Su^{1,2}, CHENG Xiaoyu¹, QIAO Xiaoling¹, LI Jiapeng¹, QU Chao¹, AI Ting¹, WANG Shouwei^{1,*}

(1. China Meat Research Center, Beijing Academy of Food Sciences, Beijing 100068, China;

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

Abstract: The effect of lactic acid bacterial fermentation on the quality of dried mutton sausages was studied by sensory evaluation, microbiological analysis, pH, water activity, the contents of moisture, biogenic amine and free amino acids, and protein degradation index. The results showed that the lactic acid bacterial fermentation did not cause significant changes in the sensory quality of dried mutton sausages but improve the color and flavor, and had a significant impact on microbial counts, pH, biogenic amine content, protein degradation index and amino acid content while exerting little effect on moisture content or water activity. The final fermented product had pH, protein degradation index and total amino acid content (which were 5.18, 17.97% and 3 933.67 mg/100 g, respectively) higher than those of its unfermented counterpart. Therefore, lactic acid bacterial fermentation can significantly improve the sensory and nutritional quality of products, and at the same time reduce potential food safety risks.

Key words: lactic acid bacteria; mutton; protein; amino acids

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2015) 05-0109-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201505021

风干肠是以肉为原料, 经过切丁, 配以辅料搅拌、灌肠、发酵、成熟干制而成的一类肉制品, 是我国传统肉制品中非常重要的品种之一^[1], 其风味浓郁, 味道鲜美, 同时具有较长的货架期, 得到消费者的认可和喜爱。

目前, 风干肠的加工仍然以自然发酵^[2]为主, 该方法发酵时间较长, 对环境条件要求较高, 不利于品质控制, 造成产品品质不稳定, 影响了企业的经济效益^[3]; 部分企业采用高温烘烤使产品强制失水, 该方法虽然缩短了生产周期, 但是造成了产品品质的下降^[4]。因此, 如何在保持产品品质的前提下缩短生产周期就成为研究的热点。

乳酸菌最早是从发酵肉制品中分离出来的^[5], 也是自然发酵过程中活性最高的微生物, 原料肉经过乳酸菌的发酵后, 产品的pH值下降到4.8~5.2, 增加了产品的安全性^[6-7], 同时解决了传统自然发酵工艺时间长, 产品品质不稳定的问题。近年来, 国内有关研究人员开始关注乳酸菌在风干肠发酵过程中的作用, 赵俊仁等^[8]发现乳酸菌发酵剂可快速启动风干肠的发酵过程, 促进风干肠的成熟, 井乐刚等^[9]发现乳酸菌发酵剂可以改善风干肠产品的品质, 张兰威等^[10]发现乳酸菌可促进风干肠的发酵和成熟, 产品的品质指标优于自然风干产品。由此可见, 将

收稿日期: 2014-11-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303082)

作者简介: 赵冰(1986—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为肉类食品加工与安全。E-mail: zhaobtg@163.com

*通信作者: 王守伟(1961—), 男, 教授级高级工程师, 硕士, 研究方向为肉品加工技术。E-mail: cmrcsw@126.com

乳酸菌应用到羊肉风干香肠中改善产品品质, 缩短生产周期是切实可行的。但是乳酸菌在风干肠中的应用仍处于研究阶段, 还没有相关企业应用该技术进行生产, 主要是由于乳酸菌对中式香肠加工品质的影响机理及安全性等问题还没有完全解决, 同时发酵剂的加入需要增加成本, 因此, 需要在研究中进一步完善乳酸菌发酵剂在加工过程中的食用安全性, 并进一步降低成本。本实验以羊肉风干香肠对象, 研究乳酸菌对羊肉风干香肠品质的影响, 以期为该技术的产业化提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

绵羊肉购于清真市场。

植物乳酸杆菌发酵剂由中国肉类食品综合研究中心实验室提供。

1.2 仪器与设备

L-8900全自动氨基酸分析仪 日本日立公司; 水分活度仪 罗卓尼克公司; 高效液相色谱仪 美国Waters公司。

1.3 方法

以羊通脊肉为原料, 将其修整去除筋膜和脂肪, 绞肉机绞碎备用。羊脂肪切丁(2 mm×2 mm)备用, 然后通过搅拌机将羊肉、辅料、添加剂、植物乳酸杆菌发酵剂(添加量为 10^3 、 10^4 、 10^5 、 10^6 CFU/g肉)搅匀, 羊脂肪和羊通脊肉按照1:9的质量比例添加, 将搅拌均匀的样品灌肠, 在相对湿度90%, 温度23 ℃条件下发酵2 d、然后在相对湿度70%, 温度10 ℃的条件风干, 最后包装和贮藏。测定发酵和风干过程中羊肉风干香肠加工过程中0、1、3、6、10 d时品质指标的变化, 以为加发酵剂的空白组实验。

1.3.1 羊肉风干香肠感官评价

根据GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》^[11]中的要求, 对不同乳酸菌添加量得到的产品进行感官评价, 制定评分标准, 见表1, 比较产品的色泽和滋味, 确定乳酸菌的最佳添加比例。感官评价人员是本单位研发团队人员, 共计20人。

表1 羊肉风干香肠感官评价评分标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of dried mutton sausages

项目	评价标准	感官评分
色泽	红色, 均匀, 有光泽	40~50
	红色, 比较均匀, 颜色发灰	20~40
	褐色至暗黑色, 不均匀, 无光泽	0~20
滋味	具有清新的香味, 滋味浓郁, 无异常酸味	40~50
	香味较淡、味道稍微发酸	20~40
	无明显香味或有明显酸味	0~20

1.3.2 微生物的测定

参照国家标准GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数》测定进行检测; 参照国家标准GB 4789.35—2010《食品微生物学检验 乳酸菌检验》进行乳酸菌的检测。

1.3.3 pH值的测定

采用GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品pH测定》进行产品pH值的检测。

1.3.4 水分活度的测定

采用水分活度仪检测不同腊肉的水分活度, 做6组平行实验, 取平均值。

1.3.5 水分含量的测定

参照GB/T 9695.15—2008《肉与肉制品 水分含量测定》检测进行产品中水分含量的测定。

1.3.6 生物胺的测定

1.3.6.1 生物胺的提取

准确称取绞碎的样品3 g左右, 加入5%的三氯乙酸20 mL, 匀浆机彻底匀浆后转移到50 mL离心管中, 4 ℃、4 500 r/min离心10 min, 收集上清液, 沉淀部分按上述方法重复提取一次, 合并上清液于50 mL容量瓶中定容, 过滤备用^[12]。

1.3.6.2 生物胺衍生化

分别取生物胺标准溶液和待衍生样品0.5 mL, 加入1.5 mL饱和碳酸氢钠溶液和1.5 mL (5 mg/mL丙酮溶液) 衍生剂, 振荡均匀后置于60 ℃烘箱中暗反应30 min, 每10 min振荡一次, 然后取出加入100 μL谷氨酸钠(50 mg/mL饱和碳酸氢钠溶液), 振荡, 60 ℃条件下保温15 min; 每个试管中加入1 mL超纯水, 40 ℃水浴下用氮气除去丙酮; 然后加入3 mL乙醚, 旋转振荡1 min, 静置, 待分层后取上层乙醚层, 重复萃取2次, 合并乙醚萃取液, 40 ℃水浴下氮气吹干, 加1 mL乙腈溶解残留物, 振荡混匀, 过0.45 μm微孔滤膜进行高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定^[13-14]。

1.3.6.3 液相色谱条件

采用Waters高效液相色谱仪检测, 色谱柱: SunFire C₁₈ (4.6 mm×250 mm, 5 μm), 柱温30 ℃, 流速1 mL/min, 进样量10 μL, 荧光检测器激发波长(E_x) 340 nm, 发射波长(E_m) 515 nm, 采用梯度洗脱, 流动相A为水, 流动相B为乙腈, 洗脱梯度程序见表2。

表2 梯度洗脱条件
Table 2 Gradient elution conditions

洗脱时间/min	流动相A体积分数/%	流动相B体积分数/%
0.0	35.0	65.0
5.0	30.0	70.0
20.0	0.0	100.0
24.0	0.0	100.0
25.0	35.0	65.0
30.0	35.0	65.0

1.3.7 蛋白质降解指数的测定

按照GB/T 9695.11—2008《肉与肉制品 氮含量测定》检测粗蛋白的含量,表示为总氮含量。

将样品剔除脂肪和筋膜,绞碎后称取4 g左右(精确到0.001 g),加入50 mmol/L pH 6.0的柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液20 mL,在冰浴中22 000 r/min匀浆3次,每次10 s,间隔10 s,在4℃、12 000 r/min离心15 min,快速滤纸过滤,然后加入10%的三氯乙酸溶液20 mL,在4℃放置过夜,然后5 000 r/min离心5 min,去上清液用缓冲液定容至25 mL,然后按照GB/T 9695.11—2008检测非蛋白氮的含量^[15-17]。

$$\text{蛋白质水解指数}/\% = \frac{\text{非蛋白氮含量}/\%}{\text{总氮含量}/\%} \times 100$$

1.3.8 游离氨基酸的测定

样品剔除可见脂肪和肌膜,绞碎后称6 g(精确到0.001 g),加入30 mL预冷的5%磺基水杨酸,高速匀浆3次(5 000 r/min,每次20 s,间隔10 s),4℃静置16 h,4℃、15 300 r/min离心10 min,中速滤纸过滤,滤液用30%的KOH调pH值至6.0,定容至100 mL,离心取上清液,0.45 μm微孔滤膜过滤后,采用日立L-8900全自动氨基酸分析仪进行检测^[18-20]。

1.4 数据分析

所有的测试项目均进行3次重复,数据差异性分析用SPSS软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同乳酸菌添加量羊肉风干香肠感官评价

表3 不同乳酸菌添加量羊肉风干香肠的感官品质
Table 3 Sensory quality of dried mutton sausages fermented with different inoculum sizes of lactic acid bacteria

项目	感官评分			
	10 ³ CFU/g	10 ⁴ CFU/g	10 ⁵ CFU/g	10 ⁶ CFU/g
色泽	35.36±0.58 ^a	43.25±0.68 ^b	42.47±0.51 ^b	43.33±1.03 ^b
滋味	33.29±0.47 ^a	46.59±0.37 ^b	36.79±0.13 ^a	24.32±1.14 ^c

注:同行小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

由表3可知,乳酸菌的添加量对羊肉风干香肠产品的感官品质具有重要影响,通过感官评价发现,乳酸菌添加量为10⁴ CFU/g时,产品的色泽红润、均匀,有光泽,同时香味浓郁,无明显异味,产品的感官品质最佳;当添加量为10³ CFU/g,产品的色泽发灰,颜色较暗,香味较淡,影响了产品的感官品质;当添加量超过10⁴ CFU/g时,产品的色泽鲜亮,但是产品的香味较淡,味道发酸,影响了产品的感官品质。因此,乳酸菌的添加量为

10⁴ CFU/g是产品的最适添加量,之后相关实验以乳酸菌添加量为10⁴ CFU/g开展。

2.2 羊肉风干香肠加工过程中微生物分析

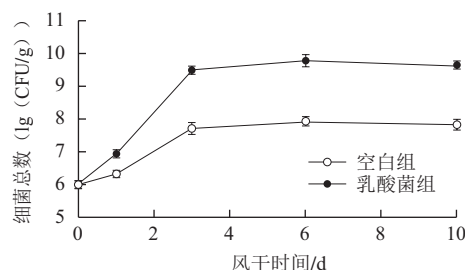


图1 羊肉风干香肠加工过程中细菌总数的变化

Fig.1 Change in total bacterial number during air drying of mutton sausages

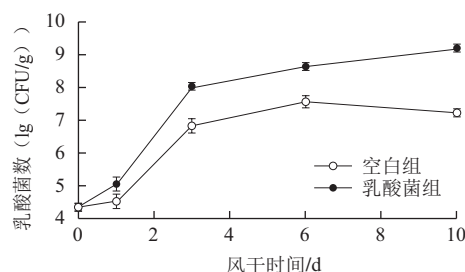


图2 羊肉风干香肠加工过程中乳酸菌的变化

Fig.2 Change in lactic acid bacterial number during air drying of mutton sausages

由图1、2可知,羊肉风干香肠加工过程中细菌总数和乳酸菌的数量都随着风干时间的延长而增加,细菌总数在前3 d都迅速上升,随后趋于平稳,但是乳酸菌组的细菌总数明显要高于空白组,乳酸菌组的乳酸菌含量一直处于增加状态前3 d快速增加,之后缓慢增加,而空白组在第6天开始缓慢的下降。乳酸菌含量的快速增加可能与前期具有较适宜的发酵条件有关、温度和湿度都适合乳酸菌的生长和繁殖,而后期随着乳酸菌数量的增加,乳酸菌实验组形成乳酸菌的优势菌群,抑制了其他微生物的生长。

2.3 羊肉风干香肠加工过程中pH值的变化

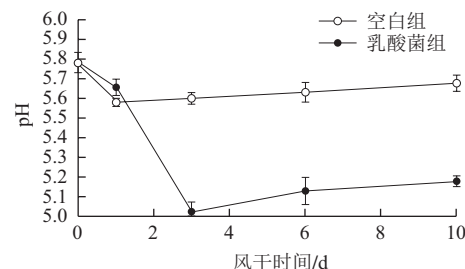


图3 羊肉风干香肠加工过程中pH值的变化

Fig.3 pH change of dried mutton sausages during air drying

由图3可知,羊肉风干香肠风干过程中pH值先快速下降,然后趋于平缓。乳酸菌组产品从第3天开始逐渐趋于平缓,pH值约为5.10左右;空白组产品的最低pH值约为5.60左右,然后趋于平缓,最终产品的pH值达到5.18。两组中pH值的差别可能主要是由于乳酸菌数量造成的,乳酸菌组乳酸菌数量比空白组高1 (lg (CFU/g)),因此产生的酸性物质较多,造成pH值的下降,而后期逐渐趋于平衡的状态。

2.4 羊肉风干香肠加工过程中水分活度和水分含量的变化

表 4 羊肉风干香肠加工过程中水分活度和水分含量的变化 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)
Table 4 Changes in water activity and water content in dried mutton sausages during air drying ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

风干时间/d	空白组		乳酸菌组	
	水分含量/%	水分活度	水分含量/%	水分活度
0	73.27 $\pm$ 2.25	0.955 $\pm$ 0.011	73.27 $\pm$ 2.25	0.955 $\pm$ 0.020
1	67.75 $\pm$ 1.25	0.953 $\pm$ 0.020	63.52 $\pm$ 1.35	0.953 $\pm$ 0.010
3	45.88 $\pm$ 1.48	0.913 $\pm$ 0.015	43.08 $\pm$ 2.17	0.905 $\pm$ 0.020
6	37.53 $\pm$ 2.14	0.875 $\pm$ 0.014	35.54 $\pm$ 1.22	0.864 $\pm$ 0.020
10	27.29 $\pm$ 1.36	0.824 $\pm$ 0.021	29.15 $\pm$ 1.57	0.828 $\pm$ 0.010

由表4可知,乳酸菌组和空白组两组产品的水分含量和水分活度都随着风干时间的延长而降低,与空白组相比,乳酸菌组水分含量和水分活度下降速率较快,而最终的水分含量和水分活度高于空白组。这可能是由于乳酸菌组前期发酵速率较快,容易造成水分的损失,而随着发酵过程的延长,乳酸菌产生代谢产物与肉中的蛋白质形成凝胶体系,在一定程度上保护了水分的损失。

2.5 羊肉风干香肠加工过程中生物胺的变化

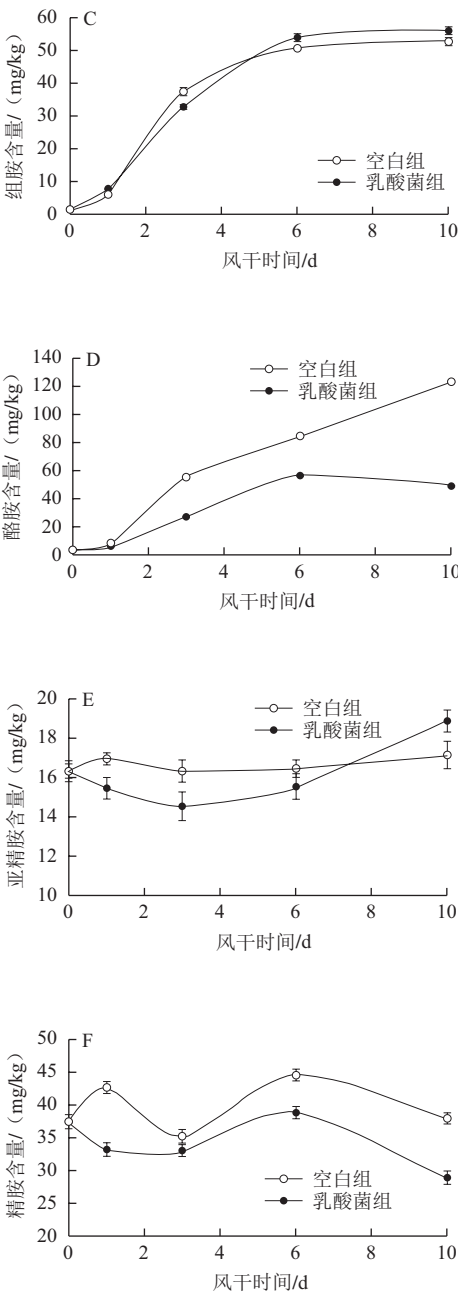
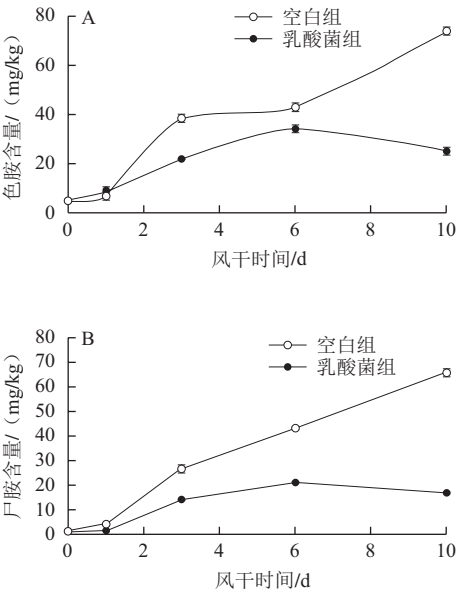


图 4 羊肉风干香肠加工过程生物胺含量的变化
Fig.4 Change in biogenic amine content in dried mutton sausages during air drying

由图4可知,添加乳酸菌对羊肉风干香肠中生物胺的生成具有一定影响,可以有效地控制生物胺的生成,降低生物胺的含量,其中色胺、尸胺、酪胺和精胺的含量明显低于空白组。这可能是由于产品中生物胺的产生是由微生物分泌具有脱羧基作用的酶作用于氨基酸形成的,乳酸菌组产品中形成的乳酸菌优势菌群有效的抑制了其他微生物的生长,从而有效地抑制了生物胺的产生。因此添加乳酸菌可以有效地抑制生物胺的产生。

2.6 羊肉风干香肠加工过程中蛋白质降解指数的变化

表5 羊肉风干香肠加工过程中蛋白质降解指数的变化 ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)
Table 5 Protein degradation index change of dried mutton sausages during air drying ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

风干时间/d	空白组			乳酸菌组		
	总氮含量/%	非蛋白氮含量/%	蛋白质降解指数/%	总氮含量/%	非蛋白氮含量/%	蛋白质降解指数/%
0	6.14±0.16	0.377±0.064	6.14±0.12	6.14±0.16	0.377±0.064	6.14±0.12
1	7.85±0.12	0.634±0.012	8.08±0.27	7.14±0.11	0.814±0.012	11.40±0.34
3	8.14±0.14	0.825±0.009	10.14±0.28	8.32±0.13	1.328±0.011	15.96±0.35
6	9.11±0.11	0.941±0.011	10.33±0.22	9.87±0.09	0.994±0.012	16.46±0.12
10	10.76±0.53	1.324±0.020	12.30±0.38	10.32±0.47	0.619±0.103	17.97±0.46

由表5可知,随着风干时间的延长,总氮含量逐渐升高,这是由于水分含量减少,从而造成单位质量中总氮含量升高,而产品单位干质量中含有的总氮基本没有变化;非蛋白氮含量随着风干时间的延长而增加,但是第3天之后变化逐渐缓慢,这可能是由于非蛋白氮由蛋白质水解形成,而风干最初阶段温度、湿度适合乳酸菌等微生物的生长,促进了微生物分泌蛋白酶和氨肽酶,促进了蛋白质水解的发生,而风干后期,由于水分含量和水分活度的降低,微生物的生长和活性受到抑制,蛋白质的降解逐渐变缓。

蛋白质水解程度可用蛋白质水解指数表示,蛋白质水解程度太弱,造成产品香味、滋味等较弱,降低了产品的品质,而蛋白质水解过度,产品会产生质构软化、味道发苦、发酸的现象,严重影响产品品质。由表5可知,随着风干时间的延长,产品的蛋白质水解指数逐渐升高,且乳酸菌组明显高于空白组,这与乳酸菌分泌相关的酶有关,促进了蛋白质的水解,赋予产品良好的品质。

2.7 羊肉风干香肠加工过程中游离氨基酸含量的变化

表6 羊肉风干香肠加工过程中游离氨基酸含量的变化
Table 6 Changes in free amino acid contents in dried mutton sausages during air drying

游离氨基酸	空白组					乳酸菌组				
	0 d	1 d	3 d	6 d	10 d	0 d	1 d	3 d	6 d	10 d
天冬氨酸	7.13	32.58	29.91	28.36	26.03	7.13	46.71	41.92	67.52	86.31
苏氨酸	35.89	77.12	143.41	146.63	148.35	35.89	80.48	162.98	152.78	162.77
丝氨酸	21.05	17.65	97.19	152.36	192.23	21.05	27.16	73.59	123.54	144.79
谷氨酸	37.77	183.73	255.22	275.54	298.86	37.77	186.13	283.93	288.32	301.20
甘氨酸	145.56	112.67	214.17	235.87	265.34	145.56	119.78	171.59	241.32	260.01
丙氨酸	50.85	53.2	157.07	204.74	245.42	50.85	164.64	179.52	227.84	257.20
半胱氨酸	—	—	—	—	—	—	—	19.75	22.35	28.97
缬氨酸	31.83	33.27	150.75	174.21	202.16	31.83	39.85	143.52	247.36	319.15
甲硫氨酸	5.43	12.23	116.77	185.37	206.27	5.43	18.30	120.75	214.85	278.01
异亮氨酸	20.18	24.08	121.46	174.22	212.45	20.18	28.90	81.89	154.22	183.18
亮氨酸	36.98	51.15	284.81	375.32	459.12	36.98	63.24	276.21	387.24	589.45
酪氨酸	66.32	74.4	162.84	174.89	190.54	66.32	73.83	86.68	154.33	171.72
赖氨酸	22.46	13.54	118.29	253.38	495.1	22.46	16.23	90.52	213.25	466.27
组氨酸	36.56	9.85	64.32	98.37	120.01	36.56	12.37	74.14	102.33	142.99
精氨酸	78.43	87.43	297.45	378.98	515.31	78.43	78.97	338.04	419.22	541.65
合计	596.44	782.9	2 213.66	2 858.24	3 577.19	596.44	956.59	2 145.03	3 016.47	3 933.67

注:—,未检出。

由表6可知,随着风干时间的延长,各种游离氨基酸的含量都有不同程度的提高,氨基酸总量也在随着风干时间的延长而增加,而从整体来看,乳酸菌组中各种氨基酸的含量和氨基酸总量要高于空白组,因此,添加乳酸菌发酵剂对于促进蛋白质的降解和风味的形成具有良好的效果。游离氨基酸作为形成产品风味的重要前体物质和呈味物质,其含量的高低对产品的风味具有重要影响。谷氨酸呈现鲜味,其含量在加工过程显著增加,赋予产品良好的风味;丙氨酸、甲硫氨酸和精氨酸阈值很低,很少的含量就能具有明显的风味,这几种氨基酸含量的增加使产品的风味得到显著提升。

3 结论

本实验通过添加乳酸菌发酵剂加工羊肉风干香肠,研究其对产品感官和理化性质的影响,发现乳酸菌发酵剂对产品的品质具有重要的影响,主要表现为:添加乳酸菌对产品的感官性质具有显著的影响,影响产品的色泽和风味;添加乳酸菌发酵剂对产品的微生物数量、pH值、生物胺含量、蛋白质降解指数和游离氨基酸含量都有明显的影响,而对产品的水分含量和水分活度影响不大,因此,添加乳酸菌发酵剂可以显著影响产品的品质。

Eric等^[21]发现清酒乳酸菌会迅速增殖成为优势菌,并在40 h内使pH值降低至5以下,Andreja等^[22]发现清酒乳杆菌和木糖葡萄球菌可以显著改善干发酵香肠的营养指标,这有助于产品营养性和风味的提高。通过添加发酵剂改进风干香肠的生产工艺是切实可行的,通过工艺的优化和改进,可以缩短产品的生产周期,提高产品品质^[23],增加企业利润,符合现代化肉制品加工的发展趋势。

参考文献:

- [1] 赵俊仁,纪玉刚,孔保华,等.自然发酵风干肠生产过程中微生物变化及理化性质的分析[J].食品科技,2010,35(1):137-140.
- [2] 宋永,乔娜,温婷婷,等.顶空固相微萃取-气质联用分析哈尔滨风干肠中的挥发性风味化合物[J].食品科学,2013,34(2):224-226.
- [3] 韩建春.微生物在风干肠中作用机理的研究及应用[D].哈尔滨:东北农业大学,2000.
- [4] 张凤宽,于雷,马丽丽,等.风干肠加工新工艺与质量关键点控制[J].肉类研究,2001,15(3):23-24.
- [5] 赵辉.混合乳酸菌发酵生产中式香肠的研究[J].中国调味品,2008,33(4):51-52.
- [6] SUSANNA E, MAIJA L S, SUSANNA E, et al. Dry sausage fermented by *Lactobacillus rhamnosus* strains[J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 64(10): 205-210.
- [7] MARIA S D, BASSO A L, SANTORO E, et al. Monitoring of *Staphylococcus xylosum* DSM 20266 added as starter during fermentation and ripening of soppressata, a typical Italian sausage[J]. Journal of Applied Microbiology, 2002, 92(1): 158-164.

- [8] 赵俊仁, 孔保华. 复合发酵剂生产风干肠对产物质构及游离氨基酸的影响[J]. 食品工业科技, 2007, 28(10): 132-135.
- [9] 井乐刚, 孟岳成. 用发酵剂改良的风干香肠微生物特性的研究[J]. 东北农业大学学报, 2003, 34(1): 77-80.
- [10] 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, 25(7): 26-28.
- [11] 全国肉禽蛋制品标准化技术委员会. GB/T 22210—2008 肉与肉制品感官评定规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] BAKA A M, PAPAVERGOU E J, PRAGALAKI T, et al. Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of Greek fermented sausages[J]. Food Science and Technology, 2011, 44(1): 54-61.
- [13] MOHAMED A R, HASSAN S, SAIDY S, et al. Effects of γ -irradiation upon biogenic amine formation in Egyptian ripened sausages during storage[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(4): 661-665.
- [14] TREVIFIO E, BEIL D, STEINHART H. Formation of biogenic amines during the maturity process of raw meat products, for example of cervelat sausage[J]. Food Chemistry, 1997, 60(4): 521-526.
- [15] GARCIA-REY R M, GARCIA-GARRIDO J A, QUILES-ZAFRA R, et al. Relationship between pH before salting and dry-cured ham quality[J]. Meat Science, 2004, 67(4): 625-632.
- [16] MARTIN L, ANTEQUERA T, VENTANAS J, et al. Free amino acid and other non-volatile compounds formed during processing of Iberian ham[J]. Meat Science, 2001, 59(4): 363-368.
- [17] 王晶. 干腌羊火腿工艺过程蛋白质水解规律及其相关性研究[M]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2008.
- [18] 赵改名, 周光宏, 柳艳霞, 等. 肌肉非蛋白氮和游离氨基酸在金华火腿加工过程中的变化[J]. 食品科学, 2006, 27(2): 33-37.
- [19] 章建浩, 周光宏, 朱健辉, 等. 金华火腿传统工艺过程中游离氨基酸和风味物质的变化及其相关性[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(4): 96-100.
- [20] CORDOBA J J, ANTEQUERA T, CARCIA C, et al. Evolution of free amino acids and amines during ripening of Iberian cured ham[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1994, 2(10): 2296-2301.
- [21] ERIC H, CHRISTIAN H. Improvement of raw sausage fermentation by stress-conditioning of the starter organism *Lactobacillus sakei*[J]. Current Microbiology, 2008, 57(5): 490-496.
- [22] ANDREJA D Z, MIRJANA H. Influence of starter cultures on the free fatty acids during ripening in Tea sausages[J]. European Food Research and Technology, 2007, 224(4): 511-517.
- [23] LEROY F, VUYST L D. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry[J]. Trends in Food Science and Technology, 2004, 15(2): 67-78.