

花椒对哈尔滨风干肠菌系及其菌系对风味的影响

张根生, 程健博, 岳晓霞, 于敏, 丁健

(哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要:以哈尔滨风干肠制作中常用香辛料花椒粉作为研究对象,探究其添加量对风干肠加工过程中菌系的影响及其菌系对风味的影响,利用选择性培养基对风干肠中的菌群进行分离培养,采用同时蒸馏萃取法结合气相色谱-质谱联用技术对挥发性风味成分进行测定。结果表明,风干肠中的花椒可以调节乳酸菌、葡萄球菌、微球菌、酵母菌菌群的生长关系,十四酸乙酯、十六酸乙酯、亚油酸乙酯、癸酸乙酯等酯类挥发性成分的改变源于香辛料对菌群的作用。花椒的添加有效抑制了菌落总数的增加,明显促进了乳酸菌的生长,对葡萄球菌、微球菌、酵母菌具有先促进后抑制的作用。混合香辛料对风干肠发酵过程中优势菌的促进作用及有害菌的抑制作用均高于单一添加花椒的作用,对风干肠风味的影响也明显强于花椒组和空白组,相对于单一添加花椒,混合香辛料的使用更有利于风干肠优良风味的形成。花椒对哈尔滨风干肠菌系有明显的影响,菌系的变化进而改变了产品的风味。

关键词:哈尔滨风干肠;花椒;菌系;风味

Chinese Prickly Ash Affects the Microflora of Harbin Air-Dried Sausage and Therefore Its Flavor

ZHANG Gensheng, CHENG Jianbo, YUE Xiaoxia, YU Min, DING Jian

(College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: The effect of adding different amounts of Chinese prickly ash, a commonly used spice, on the microflora and flavor of Harbin air-dried sausage was explored. Towards this goal, the selective medium was used to isolate microbial populations from air-dried sausage. Simultaneous distillation extraction (SDE) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) were used to determine the volatile flavor components. The results showed that Chinese prickly ash could adjust the relationship among the growth of *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus*, and yeast. Chinese prickly ash resulted in changes in volatile esters such as ethyl hydride, ethyl palmitate, ethyl linoleate and ethyl decanoate by affecting the microflora of Harbin air-dried sausage. Addition of Chinese prickly ash effectively inhibited the increase in the total number of colonies, significantly promoted the growth of lactic acid bacteria, and first promoted and then suppressed the growth of *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus* and yeast during the fermentation. Co-addition of Chinese prickly ash and another spice(s) was more effect in promoting the growth of the dominant microorganisms and inhibiting the growth of harmful microorganisms than Chinese prickly ash alone during the fermentation process, and was significantly better for flavor formation in Harbin air-dried sausage than single Chinese prickly ash and blank control. Conclusively, Chinese prickly ash had a significant impact on the microflora of Harbin air-dried sausage and thus changed the flavor of the product.

Key words: Harbin air-dried sausage; Chinese prickly ash; microflora; flavor

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201708029

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 08-0184-07

引文格式:

张根生, 程健博, 岳晓霞, 等. 花椒对哈尔滨风干肠菌系及其菌系对风味的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(8): 184-190.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201708029. <http://www.spkx.net.cn>

ZHANG Gensheng, CHENG Jianbo, YUE Xiaoxia, et al. Chinese prickly ash affects the microflora of harbin air-dried sausage and therefore its flavor[J]. Food Science, 2017, 38(8): 184-190. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201708029. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2016-06-27

基金项目: 黑龙江省重大项目 (GA15B302)

作者简介: 张根生 (1964—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: zhanggsh@163.com

近年来,随着人们对食品品质更加关注,营养健康的发酵肉制品需求量逐年增加。发酵肉制品是一种利用微生物和酶促作用,使原料肉发生一系列复杂变化而形成的具有特殊风味、色泽以及较长贮藏期的产品^[1]。通过原料中有益微生物的发酵作用,将蛋白质分解成小肽或氨基酸,提高蛋白质的吸收率;而且在微生物及酶的共同作用下,可形成大量芳香类物质,对风味的贡献极大。虽然我国的发酵肉制品领域发展并不迅速,主要原因之一是由于其生产工艺不成熟,易出现品质不稳定的情况,但随着生产工艺水平的提高,未来发酵肉制品必将会在我国肉制品行业占有重要地位^[2]。

哈尔滨风干肠是中国北方发酵肉制品的典型代表,在风干肠制作中添加多种香辛料,是风干肠中重要组成部分,毛学英^[3]研究表明香辛料不仅可赋予产品香味,且能刺激发酵剂中酸的产生,缩短发酵时间;赵丽华^[4]研究发现香辛料的添加可使乳酸菌在发酵香肠成熟和贮藏过程中始终处于优势菌状态并保持较高水平;顾仁勇等^[5]得出香辛料的使用对枯草杆菌、黑曲霉及鲁氏酵母表现出协同增效作用,对大肠杆菌、青霉及酿酒酵母表现出相加的作用效果,对所有供试菌均无拮抗表现,有较好的抗菌作用,增强了有益菌的竞争优势,起到了防止产品腐败,延长保质期的作用;李巧如等^[6]研究表明香辛料提取物与喹诺酮类、青霉素类、红霉素联合应用对各类有害细菌的抗菌作用明显。香辛料自身含有多种风味成分,风干肠中挥发物的60%都来自于香辛料,香辛料的添加可降低带有异味的挥发酸生成和降低挥发的程度^[7],但主要是通过香辛料本身作用来达到对肉制品不良风味的掩蔽来有效去除肉制品的臭味,使风味和谐^[8]。

花椒指芸香科植物花椒和青椒的总称,是我国特有的一类香辛料^[9-10]。近些年来,我国研究者对花椒风味成分做了大量研究,并作为重要辅料被广泛应用于各类肉制品的加工中^[11-15]。而本实验在风干肠制作原料中,花椒占混合香辛料总量的20%,因此,研究花椒在风干肠制作过程中对菌系及挥发性风味物质的影响做了细致研究,并分析菌系的变化与风味形成途径的联系,旨在为下一步生产食用安全的风干肠及开发新产品提供依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

猪瘦肉、猪脂肪、肠衣 哈尔滨义利肉品专卖店;混合香辛料(肉桂、草果、山柰、豆蔻、良姜、丁香等)、花椒粉、食盐、白砂糖、白酒、味精、姜粉市售;牛肉膏 上海盛思生化科技责任有限公司;酵母膏、蛋白胨、琼脂 杭州微生物试剂有限公司;葡萄糖 天津市新精细化工开发中心;D-甘露醇(分析纯) 天津

市致远化学试剂有限公司;乙醚(分析纯) 天津市博迪化工有限公司;无水硫酸钠(分析纯) 天津市北辰方正试剂厂。

1.2 仪器与设备

5977A气相色谱-质谱联用仪 安捷伦科技(中国)有限公司;HPG-280B恒温培养箱、SW-CJ-18标准净化工作台 哈尔滨东联电子技术开发有限公司;ALC-2100.2型电子天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;SH-02A加压蒸汽灭菌锅 上海申盛生物仪器有限公司;HWS型恒温水浴锅 上海慧泰仪器制造有限公司;同时蒸馏萃取装置 郑州鑫尔瑞化验用品有限公司;YX-03B调温电热套 山东省聊城永兴仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程及配方

原料肉(猪瘦肉、猪脂肪)→切丁→添加调料→搅拌→灌肠→风干发酵→成品。

风干肠配方:猪瘦肉60 g、猪脂肪6 g、食盐1.1%、味素0.2%、姜粉0.6%、白砂糖0.6%、白酒1.0%,以主料(猪瘦肉、猪脂肪)总质量计。

香辛料的添加:空白组(不添加香辛料)、混合香辛料组(其中花椒占0.12%,其他香辛料占0.60%,以主料总质量计)、只添加花椒粉组(添加比例分别为0.13%(花椒1)、0.14%(花椒2)、0.15%(花椒3)、0.16%(花椒4)、0.17%(花椒5),以主料总质量计)共7组。

1.3.2 取样与样品处理

在风干肠加工过程中的0、1、2、4、6、8、10、12、14 d分别取样,在无菌条件下分别取5 g样品剪碎于45 mL无菌生理盐水中,振荡摇匀后,取1 mL加入到9 mL无菌生理盐水中,即成 10^{-2} 稀释度,再根据需要依次制成不同的稀释度,剩余的样品立即贮藏于 -20°C ,供风味测定使用^[16]。

1.3.3 菌系的检测

不同的菌群分别采用不同的选择性培养基进行分离和计数^[17-21],按照GB 4789.2—2010《食品卫生微生物检验 菌落总数测定》^[22]测定。

1.3.4 挥发性风味成分的测定

1.3.4.1 挥发性成分提取

采用同时蒸馏萃取法分离提取风干肠中的挥发性风味成分。取搅碎的风干肠100 g及三重蒸馏乙醚40 mL同时蒸馏萃取,再向样品瓶中加入400 mL蒸馏水进行提取^[23-25]。提取3 h后分离乙醚相,无水硫酸钠干燥后用旋转蒸发器浓缩至0.5 mL,供气相色谱-质谱分析^[26-28]。

1.3.4.2 气相色谱-质谱分析条件

色谱柱:J&W DB-5石英毛细柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);升温程序:35 $^{\circ}\text{C}$ 保持10 min,以3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升

至100℃,保持10 min,再以5℃/min的速率升至200℃保持10 min,最后以10℃/min的速率升至240℃,保持10 min;载气(He)流速1.2 mL/min;进样量1 μL;分流比10:1。

1.3.4.3 挥发性成分定性定量分析

定性分析利用标准谱图库NIST 98.L中的数据进行对照。定量分析利用Agilent-G170LBA化学工作站数据处理系统。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel统计软件处理,SPSS软件进行差异显著性分析,显著水平设为0.05。

2 结果与分析

2.1 风干肠菌系的变化趋势

2.1.1 PCA培养基上菌落总数变化趋势

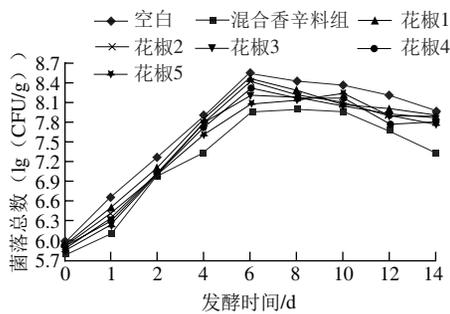


图1 PCA培养基上菌落总数变化趋势

Fig. 1 Change in total number of colonies during the fermentation of Harbin air-dried sausage

从图1可以看出,在风干成熟的前期(0~4 d),空白组的菌落总数最高,花椒组的菌落总数高于混合香辛料组,但比空白组的菌落总数低,说明花椒和混合香辛料的添加使风干肠此时期的菌落总数降低,但混合香辛料和花椒的抑菌作用都不显著($P>0.05$)。在风干发酵过程中7组风干肠中的菌落总数在第6天达到最大值。在风干成熟后的阶段(8~14 d),各组菌落总数呈现下降趋势,空白组菌落总数最多,平均达到7.58 (lg (CFU/g)),其次是花椒组,且随着花椒添加量的增大,菌落总数不断减少。

2.1.2 MRS培养基上乳酸菌的变化趋势

由图2可知,在整个加工时期,混合香辛料组和花椒组的乳酸菌数均明显高于空白组,且随着花椒添加量的增多,乳酸菌数越多。在第0天,混合香辛料组的乳酸菌数最高,菌落数为5.68 (lg (CFU/g));单独添加花椒粉实验组比空白组的乳酸菌数多,这对于抑制腐败菌生长,保证产品质量十分有利。随着发酵的进行,混合香辛料组及花椒组乳酸菌呈现显著增长趋势,第8天后各组

乳酸菌进入衰退期,混合香辛料组乳酸菌数减少最慢,其次是花椒组,空白组衰减最快。综上说明,风干肠中混合香辛料对乳酸菌生长促进作用高于花椒组。

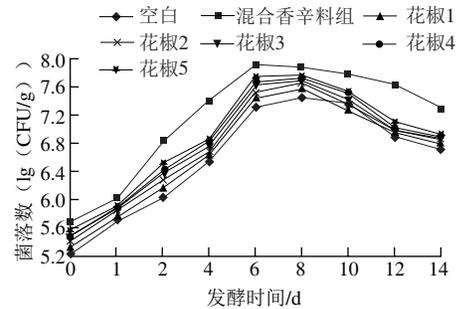


图2 MRS培养基上乳酸菌的变化趋势

Fig. 2 Change in the number of lactic acid bacteria during the fermentation of Harbin air-dried sausage

2.1.3 MSA培养基上葡萄球菌和微球菌的变化趋势

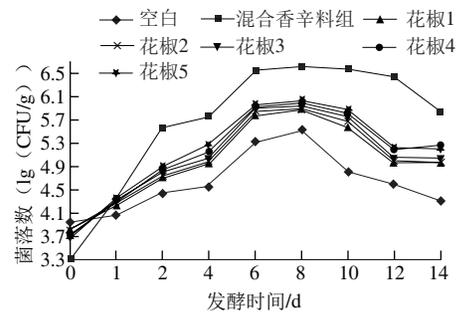


图3 MSA培养基上葡萄球菌和微球菌的变化趋势

Fig. 3 Changes in the number of staphylococci and micrococci during the fermentation of Harbin air-dried sausage

由图3可知,在发酵前期(0~2 d),混合香辛料组的葡萄球菌和微球菌数显著增加($P<0.05$),从3.3.2 (lg (CFU/g))达到了5.56 (lg (CFU/g))。空白组和花椒组的葡萄球菌和微球菌也在生长,只是相对于混合香辛料组生长缓慢,并且花椒组的葡萄球菌和微球菌数高于空白组,随着花椒粉添加量的增加,促进越明显,花椒组葡萄球菌和微球菌数最高达到了6.03 (lg (CFU/g))左右,这是由于此阶段乳酸菌增长迅速与葡萄球菌和微球菌形成协同作用。在第8天后,各组的葡萄球菌和微球菌数开始下降,最终空白组的葡萄球菌和微球菌数为4.34 (lg (CFU/g)),花椒组的葡萄球菌和微球菌数最终平均为5.05 (lg (CFU/g))左右,这是由于乳酸菌代谢产生大量乳酸使体系pH值下降对葡萄球菌和微球菌产生抑制作用。

2.1.4 PDA培养基上酵母菌的变化趋势

由图4可知,在发酵初期(0~2 d)的酵母菌数顺序为混合香辛料组>空白组>花椒组,根据查阅文献资料可知,香辛料的提取物对汉逊氏酵母菌、葡萄酒酵

母、啤酒酵母等食品中常见的酵母菌有不同程度的抑制效果,说明花椒对风干肠中的酵母产生了抑制作用,而混合香辛料组的酵母菌数依然高于空白组,推断可能是由于混合香辛料中含有多种香辛料,有些香辛料的添加抑制了酵母的生长,而有些香辛料又起到了对酵母的促进作用,与李博文等^[29]探究香辛料提取物对肉类食品中抑菌作用的结论一致。第8~14天,各组酵母菌数呈现快速下降趋势,混合香辛料组酵母菌数显著高于空白组 ($P<0.05$) 平均为5.15 (lg (CFU/g)),花椒组的酵母菌数平均为4.89 (lg (CFU/g)),而空白组的酵母菌数平均只有4.77 (lg (CFU/g))。

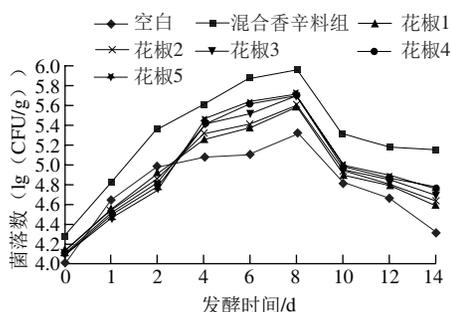


图4 PDA培养基上酵母菌的变化趋势
Fig. 4 Change in yeast count during the fermentation of Harbin air-dried sausage

2.2 挥发性风味成分的测定结果

2.2.1 空白组风干肠挥发性风味成分的组成及变化结果

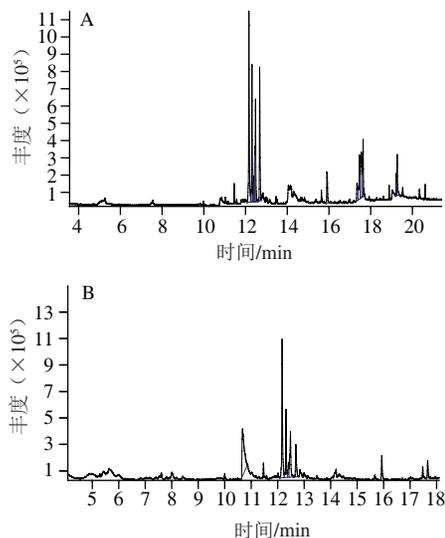


图5 6 d (A) 和14 d (B) 空白组的离子流图
Fig. 5 Ion current chromatograms of blank samples collected at 6 (A) and 14 days (B) of fermentation

由图5可知,风干肠在6 d (成熟) 时和14 d (干燥结束) 时共鉴定出47种挥发性风味成分,烯烃类、酯类、芳烃类物质的相对含量高,其中相对含量较高的物质有 α -姜黄烯、姜烯、1-甲基-4-(5-甲基-4-己烯基环己

烯)、 β -水芹烯、3-烯丙基-6-甲氧基苯酚、2-甲氧基-3-(2-丙烯基)苯酚等。干燥结束时的挥发性风味成分减少11种,分别为辛醛、2-辛烯醛、3-甲基丁醛、十八醛、十五烷、十六烷基环氧乙烷、1-乙烯基-1-甲基-环己烷、亚油酸乙酯、9,12-十八碳酸乙酯、(Z)-9-十八烯酸-1,2,3-丙三基酯、油酸乙酯。增加了2种芳香化合物为1-甲基-4-(1-甲基烯基)苯、1-乙基-2,4-二甲苯。

2.2.2 混合香辛料组风干肠挥发性风味成分的组成及变化结果

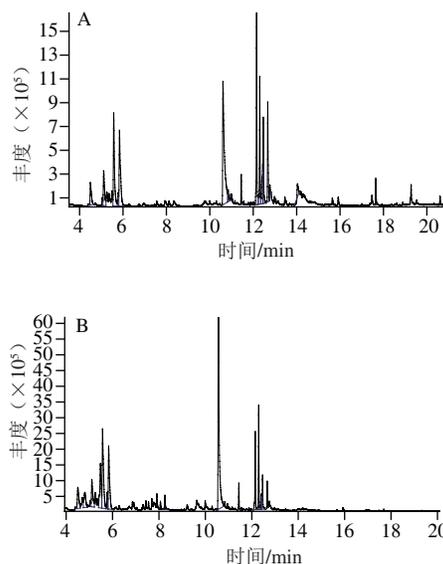
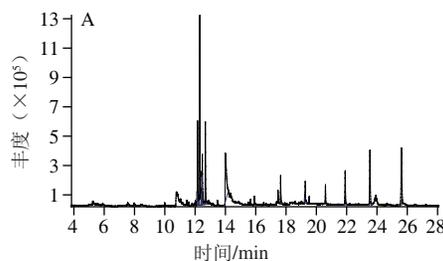


图6 6 d (A) 和14 d (B) 混合香辛料组的离子流图
Fig. 6 Ion current chromatograms of samples with spice mixture added collected at 6 (A) and 14 days (B) of fermentation

由图6可知,混合香辛料组风干肠在6 d (成熟) 时和14 d (干燥结束) 时共鉴定出67种挥发性风味成分,其中烯烃类、酯类为主要挥发性风味物质。相对含量较高的物质有D-柠檬烯、3-萜烯、丁香酚、 β -水芹烯、3-羟基-2-丁酮、苯乙醛、癸酸乙酯等。干燥结束时的挥发性风味成分减少10种,分别为十六醛、十八醛、17-十八醛、十六烷基环氧乙烷、十六碳-9-烯酸乙酯、十六碳-9-烯酸乙酯异构体、十六酸乙酯、油酸乙酯、油酸乙酯异构体、1-戊醇。增加了3种新物质分别为胡薄荷酮、1-庚醇、5-甲基-5壬醇。

2.2.3 花椒组风干肠挥发性风味成分的组成及变化结果



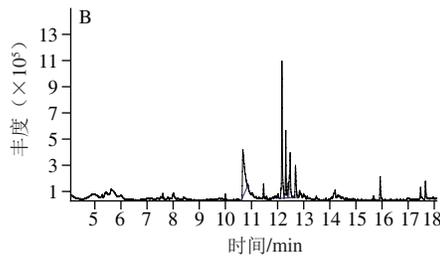


图7 6 d (A) 和14 d (B) 花椒组的离子流图

Fig. 7 Ion current chromatograms of samples with Chinese prickly ash added collected at 6 (A) and 14 days (B) of fermentation

由图7可知, 花椒组风干肠在6 d (成熟) 时和14 d (干燥结束) 时被鉴定出的挥发性风味成分共有56种, 其中烯烃类、酯类为主要挥发性风味物质, 其中相对含量较高的物质有十四酸乙酯、十六酸乙酯、亚油酸乙酯、癸酸乙酯、 β -水芹烯、二十一烷、2-甲氧基-3-(2-丙烯基) 苯酚。干燥结束时的挥发性风味成分减少12种, 分别为2-十三烯、月桂烯、庚醛、辛醛、2-辛烯醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛、十五烷、2,5-二辛酮、1-辛烯-3-醇、 α -松油醇、 β -松油醇、2-己基咪喃, 新增加1种物质为十八烷。

2.3 空白组、混合香辛料组、花椒组部分挥发性风味成分形成途径分析

2.3.1 来自于花椒中的挥发性风味成分分析

表1 花椒组风干肠挥发性风味成分变化

Table 1 Changes in volatile flavor components of air-dried sausage with added Chinese prickly ash during fermentation

挥发性化合物	相对含量/%		相似度/%	
	6 d	14 d	6 d	14 d
烯烃类	30.50	33.90		
月桂烯	0.15	2.29	98	99
3-萜烯	3.45	0.72	97	98
D-柠檬烯	1.58	0.24	97	98
β -蒎烯	0.95	1.20	97	99
2-十三烯	1.49		96	
石竹烯	1.45	3.39	97	99
[1R-(1R*,4Z,9S*)]-4,11,11-三甲基-8-亚甲基-二环[7.2.0]4-十一烯	0.33		96	
α -姜烯	5.25	6.54	99	98
姜烯	2.12	3.83	98	99
1,6,10-十二碳三烯,7,11-二甲基	1.22	1.88	96	95
1-甲基-4-(5-甲基-4-己烯基环己烯)	1.09	1.56	97	96
β -倍半水芹烯	5.65	4.96	98	99
β -水芹烯	4.65	4.07	98	99
异喇叭烯	1.12	3.22	98	98
醛类	13.62	12.06		
庚醛	0.28		96	
辛醛	1.28		98	
2-辛烯醛	2.28		97	
3-甲基丁醛	0.36	0.11	97	98
(E,E)-2,4-癸二烯醛	1.14		98	
(E,E)-2,4-癸二烯醛异构体	1.23	4.11	97	96
十四醛	1.64	0.89	97	98
十六醛	2.33	2.99	98	98

续表1

挥发性化合物	相对含量/%		相似度/%	
	6 d	14 d	6 d	14 d
十八醛	1.38	2.98	97	98
16-十七醛	1.70	0.98	97	99
烷烃类	10.69	15.73		
2-甲基[5.2.0]壬烷	0.46	2.22	97	96
十五烷	1.25		97	
十六烷基环氧乙烷	0.66	0.88	97	95
十六烷	2.78	2.89	98	96
二十烷	1.66		95	
二十一烷	3.88	5.96	97	98
十八烷,2-甲基		3.78		97
酯类	18.96	20.22		
十四酸乙酯	0.91	0.56	97	96
油酸乙酯	2.54	2.32	98	97
十六碳-9-烯酸乙酯	2.43	1.62	97	96
十六碳-9-烯酸乙酯异构体	2.22	0.77	95	94
十六酸乙酯	2.69	2.45	97	95
亚油酸乙酯	2.08	2.99	98	97
9,12-十八碳酸乙酯	0.99	1.62	95	93
十八酸乙酯	2.41	4.42	96	95
癸酸乙酯	2.69	3.47	98	99
酮类	4.30	1.67		
2,5-辛二酮	2.21		97	96
2-戊酮	1.32	0.56	98	97
薄荷烯酮	0.77	1.11	97	98
酸类	3.96	3.41		
(E)-11-十六碳烯酸	1.66	0.78	95	93
油酸	1.22	1.02	97	96
n-十六酸	1.08	1.61	95	94
醇类	6.02			
1-辛烯-3-醇	1.05		96	
α -松油醇	2.45		99	
β -松油醇	2.52		98	
芳烃类	10.81	13.01		
丁香酚	3.11	3.22	99	99
3-烯丙基-6-甲氧基苯酚	2.45	3.44	96	95
2-甲氧基-3-(2-丙烯基) 苯酚	3.22	3.11	95	94
2,3,4,4a,5,6,6a-六氢-3,6-二甲基-螺[1,4-亚甲萘-2,2-环氧乙烷]	0.56	1.16	95	92
4a-甲基-2-乙基-十氢化萘	0.92	1.58	96	94
1,2,3,4,4a,5,6,8a-辛酸-6-(乙酰基氧基)-3,4,4a,5,6,8,8a-六氢-4,7-二甲基萘	0.55	0.50	95	96
其他类	1.14			
2-己基咪喃	1.14		94	

如表1所示, 花椒组被检测出的烯烃类物质中包含着多种萜类物质, 与空白组相比, 无论是种类还是相对含量都有所增加。被检测出的萜类物质有10种: 月桂烯、 β -蒎烯、3-萜烯、D-柠檬烯、石竹烯、 α -姜烯、姜烯、 β -倍半水芹烯、 β -水芹烯、异喇叭烯。成熟时期的萜类相对含量占总含量的26.37%, 占烯烃相对含量的86.50%; 干燥结束时期的萜类相对含量占总含量的28.17%, 占烯烃相对含量的83.10%。综合实验结果可看出, 风干肠制作过程中, 无论是单独添加花椒还是混合香辛料的添加都使风干肠中的萜类物质种类和相对含量有所增加, 这与Muthukrishnan等^[30]研究得出的萜类物质主要来自于香

辛料的结论相符。花椒组比空白组增加的萜烯类风味成分有月桂烯(令人愉快的甜香脂气味)、3-萜烯(有辛辣味)、*D*-柠檬烯(有水果香气)、 β -蒎烯(有萜烯气味)、异喇叭烯,这些成分都与吴素蕊^[31]的研究结果相一致,使风干肠的风味更加和谐。

另外,与空白组相比,花椒组新增加的3种醇:芳樟醇、 α -松油醇、 β -松油醇都是呈味的重要萜类物质。然而,芳樟醇在风干肠发酵初期并未被检出,发酵至成熟时期才被检出,相对含量只有1.05%,这与熊泉波等^[32]对不同产地的花椒研究得出的四川成都所产的花椒中的挥发油主要成分为芳樟醇的结果有所差异,这可能是花椒添加到发酵原料肉中,随着发酵的进行,风味物质含量发生改变,也可能与花椒的产地有关; α -松油醇、 β -松油醇都是萜醇,有一种柑橘的香味,在制造精油及香料的制作中被广泛使用。这些萜类物质有不同程度的抗氧化和抑菌的作用,有利于保证产品的质量和食用安全。另外,酮类物质中有薄荷烯酮被检测出,由此可见,风干肠中添加花椒对保证风干肠的质量和安全的意义重大。

2.3.2 微生物酶降解碳水化合物形成的挥发性风味成分分析

酯类主要来源于微生物作用下醇类与酸类之间进行的酯化反应。各组被检测出的酯类挥发性风味物质都是乙酯类,如十四酸乙酯(油脂味)、十六酸乙酯(油脂味)、亚油酸乙酯(油脂味)、癸酸乙酯(淡甜香味)等,这些酯类物质大量产生来源于微生物发酵后的一系列反应所形成,而且大多酯都会赋予香肠独特风味。从酯类种类及相对含量比较来看,空白组的酯类种类数从8种减少为4种,相对含量从20.16%减少至9.66%;花椒组检出9种,相对含量从18.96%增加至20.22%;由于酯类物质嗅觉阈值较低,可突出风干肠的风味,因此酯类是发酵香肠典型风味形成必不可少的物质种类。结果表明,香辛料的添加有利于风干肠体系内有益微生物的生长,相对于单一添加花椒,混合香辛料更有利于体系内有益微生物的生长,促进醇类与酸类发生酯化反应,进而产生更多的酯类风味物质使风干肠的风味更加和谐,风干肠挥发性成分的改变源于香辛料对菌群的作用。

3 结论

本实验研究了哈尔滨风干肠制作中常用香辛料花椒粉添加量对风干肠加工过程中的菌系及风味的影响。风干肠中的香辛料可以调节各菌群的生长关系,其中花椒的添加有效抑制了菌落总数的增加,明显促进了乳酸菌的生长,对葡萄球菌和微球菌、酵母菌具有先促进后抑制的作用。香辛料的添加更有利于体系内有益微生物的生长,促进醇类与酸类发生酯化反应,产生更多的如

十四酸乙酯、十六酸乙酯、亚油酸乙酯、癸酸乙酯等酯类挥发性风味物质。混合香辛料对风干肠发酵过程中优势菌的促进作用及有害菌的抑制作用均高于单一添加花椒的作用,对风干肠风味的影响也明显强于花椒组和空白组,相对于单一添加花椒,混合香辛料的使用更有利于风干肠优良风味的形成,花椒对哈尔滨风干肠菌系有明显的影响,菌系的变化进而改变了产品的风味,使其风味更加和谐。

参考文献:

- [1] 李轻舟,王红育. 发酵肉制品研究现状及展望[J]. 食品科学, 2011, 32(3): 247-251.
- [2] 张根生. 肉制品加工技术[M]. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1998: 247.
- [3] 毛学英. 缩短干发酵香肠成熟时间的研究进展[J]. 肉类工业, 2001(8): 45-47. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2001.08.021.
- [4] 赵丽华. 羊肉发酵干香肠品质特性及挥发性风味变化及其机理形成研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009. DOI:10.7666/d.y1474302.
- [5] 顾仁勇,傅伟昌,银永忠. 丁香和肉桂精油联合抗菌作用初步研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 115-117. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.10.020.
- [6] 李巧如,刘宗智,任健康,等. 丁香提取物抗菌机理的探讨[J]. 西北药学杂志, 2001, 16(6): 261-262. DOI:10.3969/j.issn.1004-2407.2001.06.012.
- [7] 史奎春,林苏荣. 香辛料在肉制品中的应用探讨[J]. 中国调味品, 2010, 35(4): 39-42. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2010.04.005.
- [8] 汤卫东,朱海涛,张森,等. 发酵香肠复合树脂香辛料的研制[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 311-315.
- [9] HELLE W, GIANG T T H, MARGEY T, et al. A new benzophenanthridine alkaloid and other bioactive constituents from the stem bark of *Zanthoxylum heitzii*[J]. Fitoterapia, 2016, 186: 351-361. DOI:10.1016/j.jep.2016.03.054.
- [10] LI Keyou, ZHOU Rui, JIA Wangwang, et al. *Zanthoxylum bungeanum* essential oil induces apoptosis of HaCaT human keratinocytes[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2016, 109: 196-200. DOI:10.1016/j.fitote.2016.01.012.
- [11] JI Kailong, GAN Qingxiao, XU Youkai, et al. Protective effect of the essential oil of *Zanthoxylum myriacanthum* var. *pubescens* against dextran sulfate sodium-induced intestinal inflammation in mice[J]. Phytomedicine, 2016, 23(9): 883-890. DOI:10.1016/j.phymed.2016.05.006.
- [12] 莫彬彬,连宾,万固存,等. 超临界CO₂分步萃取花椒香气和麻味物质的初步研究[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 201-203. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.08.042.
- [13] 干信,吴士筠,高雯琪. 花椒挥发油抑菌作用研究[J]. 食品科学, 2009, 30(21): 128-130. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.21.030.
- [14] 韩胜男,李妍,张晓杭,等. 花椒挥发油的提取工艺优化及抗肿瘤活性分析[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 13-16. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201418003.
- [15] 边凤霞,郑旭熙,殷钟意,等. 压榨花椒籽仁油的制备及其氧化稳定性[J]. 食品科学, 2013, 34(16): 46-51. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201316010.
- [16] 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.

- [17] 李伟丽, 赵超, 车建途, 等. 腐败醋中微生物的分离鉴定及乳酸链球菌素对其抑制作用[J]. 食品科学, 2015, 36(1): 174-178. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201501033.
- [18] 王友湘, 陈庆森, 阎亚丽. 用于乳酸菌分离鉴定的几种培养基的筛选及应用[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 374-378.
- [19] 蒋云升, 汪志君, 于海, 等. 如式香肠用发酵剂多菌种混培养技术的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 410-413. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2008.08.093.
- [20] 马妙莲, 赵静, 陈晓琳, 等. 具有广谱抑菌活性乳酸菌的筛选及抑菌物质分析[J]. 食品科学, 2012, 33(1): 162-165.
- [21] 卫生部. 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [22] 卫生部. 食品卫生微生物学检验 肉与肉制品检验: GB 4789.17—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [23] 陈美春. 四川腊肉加工贮藏中理化、微生物特性及产香葡萄球菌筛选的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2008: 35-39.
- [24] 张培培. 不同氧化油脂对中式香肠中蛋白质氧化的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2014: 35-38.
- [25] ZHAO Lijuan, HU J, HUANG Yuxiong, et al. ^1H NMR and GC-MS based metabolomics reveal nano-Cu altered cucumber (*Cucumis sativus*) fruit nutritional supply[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2016, 99: 44-48. DOI:10.1016/j.plaphy.2016.02.010.
- [26] MIKAËL C, RAPHAËLLE B, KHADIJA O, et al. Comparison of GC-MS and GC-C-IRMS analysis for *in vivo* estimates of metabolic fluxes[J]. Analytical Biochemistry, 2016, 500: 63-65. DOI:10.1016/j.ab.2016.02.005.
- [27] CARLA C U, JORIS B, ANTHONY M, et al. Data from mass spectrometry, NMR spectra, GC-MS of fatty acid esters produced by *Lasiodiplodia theobromae*[J]. Data in Brief, 2016, 8: 31-39. DOI:10.1016/j.dib.2016.05.003.
- [28] 潘丽军, 何宇洁, 蔡克周, 等. 顶空固相微萃取-气质联用法测定哈尔滨红肠的挥发性风味物质[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 232-236.
- [29] 李博文, 孔保华, 夏秀芳. 香辛料提取物在肉类食品中抑菌护色作用的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 409-413.
- [30] MUTHUKRISHNAN S, SUBHA P, SENTHILKUMAR S, et al. Phytochemical profile of *Erythrina variegata* by using HPLC and GC-MS analyses[J]. Journal of Acupuncture and Meridian Studies, 2016, 9(3): 142-166. DOI:10.1016/j.jams.2016.06.001.
- [31] 吴素蕊. 花椒香气成分的研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2005: 24-28.
- [32] 熊泉波, 施大文. 花椒及其类同品挥发油的分析[J]. 上海医科大学学报, 1992, 19(4): 301-306.