

张雨婷, 张煜, 马俐珍, 等. 香辛料精油对鲶鱼肉风干肠品质及安全性的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(3): 108–115. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022040278

ZHANG Yuting, ZHANG Yu, MA Lizhen, et al. Effects of Spice Essential Oils on Quality and Safety of Catfish Surimi Dry Sausages[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(3): 108–115. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022040278

· 研究与探讨 ·

香辛料精油对鲶鱼肉风干肠 品质及安全性的影响

张雨婷¹, 张煜¹, 马俐珍^{1,2}, 梁丽雅^{2,3,*}

(1.天津农学院食品科学与生物工程学院, 天津 300392;

2.天津市水产品加工及质量安全校企协同实验室, 天津 300392;

3.天津农学院农学与资源环境学院, 天津 300392)

摘要: 为了提高鲶鱼肉风干肠的品质与安全性, 选取丁香、八角、肉桂、紫苏、牛至五种香辛料精油分别添加到腌制好的鱼肉馅中, 经灌肠、风干后制成鲶鱼肉风干肠。对风干肠的感官品质、水分含量、水分活度 (A_w)、pH、色差、硫代巴比妥酸 (thiobarbituric acid reactive substance, TBARs) 值、生物胺含量、亚硝酸盐残留量、N-亚硝胺含量进行测定, 分析不同香辛料精油对鲶鱼肉风干肠品质及安全性的影响。结果表明: 添加丁香和牛至精油可使鲶鱼肉风干肠具有较适宜的水分含量 (29.4%; 29.1%) 和 A_w (0.79; 0.79); 丁香、紫苏、牛至组 a^* 值显著高于其他组 ($P < 0.05$); 6 组鲶鱼肉风干肠的 pH (4.98~5.16) 均低于 5.4, 都属于高酸发酵肉制品。八角精油组鲶鱼肉风干肠 TBARs 值比对照组降低了 66.3%; 紫苏精油对鲶鱼肉风干肠亚硝酸盐清除率达到 62.2%。肉桂精油和八角精油可以降低风干肠中生物胺的积累, 紫苏精油和牛至精油对风干肠中 N-亚硝胺的抑制率达 87.56% 和 81.48%, 很大程度上提升了风干肠的安全性。感官评价结果表明, 添加丁香精油和紫苏精油的鲶鱼肉风干肠总体可接受性较好, 牛至精油组因气味较浓, 总体可接受性较差。综合分析, 不同的香辛料精油在提高鲶鱼肉风干肠品质和安全性方面具有不同的优势, 丁香、八角和紫苏精油的综合效果较好, 可以考虑复配使用。

关键词: 香辛料精油, 鲶鱼肉, 风干肠, 品质, 生物胺, N-亚硝胺

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)03-0108-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022040278



本文网刊:

Effects of Spice Essential Oils on Quality and Safety of Catfish Surimi Dry Sausages

ZHANG Yuting¹, ZHANG Yu¹, MA Lizhen^{1,2}, LIANG Liya^{2,3,*}

(1.College of Food Science and Bioengineering, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300392, China;

2.Tianjin Aquatic Products Processing and Quality Safety School-Enterprise

Cooperation Laboratory, Tianjin 300392, China;

3.College of Agronomy & Resources and Environment, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300392, China)

Abstract: In order to improve the quality and safety of catfish surimi dry sausages, the essential oils of clove, star anise, cinnamon, perilla and oregano were added into the pickled catfish surimi, and then made into dry sausages after being filled and air-dried. The sensory quality, moisture content, A_w , pH value, color difference, thiobarbituric acid reactive substance (TBARs) value, biogenic amine content, residual nitrite and N-nitrosamine content of dry sausages were determined. The effects of different essential oils of spices on the quality and safety of catfish surimi dry sausage were analysed. The results showed that clove and oregano essential oil could make catfish surimi dry sausages have a suitable moisture content

收稿日期: 2022-04-25

基金项目: 天津市淡水养殖产业技术体系创新团队 (水产品加工岗位) 项目 (ITFRS2021000)。

作者简介: 张雨婷 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 水产品加工及安全控制, E-mail: 1638393633@qq.com。

* 通信作者: 梁丽雅 (1971-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 农 (水) 产品贮藏与加工, E-mail: liangliya@126.com。

(29.4%; 29.1%) and A_w (0.79; 0.79); a^* value in clove, perilla and oregano groups was significantly higher than that in other groups ($P<0.05$). The pH values (4.98~5.16) of catfish surimi dry sausages were all lower than 5.4, which all belonged to high-acid fermented meat products. Compared with the control group, the TBARs value of catfish surimi dry sausages in the star anise essential oil group was reduced by 66.3%. The nitrite scavenging rate of perilla essential oil on catfish surimi dry sausages reached 62.2%. Cinnamon and star anise essential oils reduced the accumulation of biogenic amine in dry sausages, and the inhibition rates of perilla essential oil and oregano essential oil on N-nitrosamine in dry sausages were 87.56% and 81.48%, which greatly improved the safety of dry sausages. The sensory evaluation results showed that the overall acceptability of catfish surimi dry sausages with clove essential oil and perilla essential oil was better, while the overall acceptability of oregano essential oil group was worse because of its strong odor. Comprehensive analysis shows that different essential oils of spices have different advantages in improving the quality and safety of catfish surimi dry sausages, so they can be used in combination.

Key words: essential oil of spices; catfish surimi; air dried sausage; quality; biogenic amine; N-nitrosamines

风干肠是指将畜肉绞碎、腌制后灌入肠衣中,经发酵、干制、成熟等一系列加工工艺制成的发酵肉制品。制作风干肠的原料通常为猪肉^[1],也有以牛肉或羊肉为原料加工风干肠的相关报道^[2-4],马凯华^[5]选用革胡子鲶鱼肉加工风干肠,对原料肉配比、商业复配乳酸菌种类及发酵风干条件进行了筛选。革胡子鲶鱼中含有丰富的蛋白质和脂肪,在制作风干肠时可以不添加猪肉或其他肉类原料^[6-7]一样额外添加脂肪。又因其富含不饱和脂肪酸,更易发生脂质氧化现象,需要添加一些物质加以调控。香辛料精油是指将一类具有典型芳香风味的天然植物性原料经过提取制成的,主要提取方式有蒸馏法、萃取法、超临界 CO_2 萃取等^[8]。香辛料精油可以去除肉制品的不良风味,又因其具有较高的抑菌性和抗氧化活性^[9],可用于风干肠的加工和鱼肉保鲜中。

传统的风干肠制作工艺通常是自然发酵,这就容易导致其制作过程中微生物生长容易失去控制,优势菌群不稳定,有可能杂菌生长甚至产生毒素而影响风干肠的品质,产生安全隐患^[10]。Xiao 等^[11]研究表明,丁香和肉桂精油可以延缓低盐香肠因高压加工引起的氧化,并能显著抑制腐败菌的生长。Sun 等^[12]对比了不同的香辛料精油对哈尔滨风干肠中生物胺的抑制作用,发现肉桂精油的作用效果最好。张健斌^[13]发现添加八角精油和丁香精油对腊肠中二甲基亚硝胺的含量抑制效果显著。朱明涛等^[14]研究表明,香辛料提取物还可以抑制微生物的生长、延缓冷却牛肉的汁液损失。李磊等^[15]研究发现,涂抹了迷迭香精油的牛里脊保鲜效果优于复合防腐剂处理组。侯春宇^[16]将植物精油单体百里香酚(4.875%)和丁香酚(7.81%)复配使用,结果表明该复配组在维持大黄鱼鱼片冷藏鲜度与滋味方面作用显著。目前香辛料精油抑菌、抗氧化作用多集中在发酵香肠和冷却肉保鲜方面,关于香辛料精油在鱼肉风干肠中的应用研究还鲜见报道。

虽然有研究证明香辛料精油可以改善以猪肉等为原料的发酵香肠的品质和安全性^[17-18],但是对以水产品为原料的鲶鱼肉风干肠的作用效果还不明确。本实验选取丁香、八角、肉桂、紫苏、牛至五种香辛

料精油,按照一定的比例添加到鲶鱼肉馅中制成风干肠,对产品的理化特性、感官特性及安全性进行测定,分析不同香辛料精油对鲶鱼肉风干肠品质及安全性的影响,以期找到既能改善鲶鱼肉风干肠的品质及安全性,又具有良好感官可接受性的香辛料精油种类。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

革胡子鲶鱼(质量 1.5~1.6 kg) 天津市红旗农贸综合水产批发市场;白糖、酱油、盐、味精、白酒 世纪华联超市;紫苏精油、牛至精油 吉安市青原区利康天然香料油有限公司;丁香精油、八角精油、肉桂精油 顶兴(天津)食品科技发展有限公司;抗坏血酸钠 苏州佰亿鑫生物科技有限公司;胶原蛋白肠衣(孔径 30 mm) 梧州神冠蛋白肠衣有限公司;生物胺标准品 美国 Sigma 公司;N-亚硝胺标准品 美国 Supelco 公司;氯化钾、三氯乙酸、硫代巴比妥酸、亚硝酸钠、亚铁氰化钾盐酸、二氯甲烷(以上为分析纯)、乙腈、三氯甲烷(二者为色谱纯) 天津市风船化学试剂科技有限公司;高氯酸、丙酮、丹磺酰氯(均为分析纯) 国药集团化学试剂有限公司;配制试剂均使用超纯水。

T25 高速分散机 德国 IKA 公司;LC-CCA 冷却液循环泵、SHZ-D 循环水式真空泵 上海力辰仪器科技有限公司;CLIMACELL 恒温恒湿箱 艾力特国际贸易有限公司;BVB30F 真空搅拌机、BJRJ-82 绞肉机 浙江嘉兴艾博实业有限公司;ST310 pH 电极 美国奥豪斯公司;HD-4 智能水分活度测量仪 迪乐电子仪器科技有限公司;CM-5 分光测色计 日本柯尼卡美能达公司;ST-40R 冷冻离心机 德国 Thermo-fisher 公司;DZKW-S-6 电热恒温水浴锅 亿捷科技公司;7890A 气相色谱仪、1260 高效液相色谱仪 美国 Agilent 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 鲶鱼肉风干肠制作方法 风干肠的制作参考陈媛媛等^[19]的方法进行修改,首先将活的革胡子鲶鱼冰浴 20 min 使其致晕,然后宰杀去除内脏,剥皮,

采肉,清洗,整个操作过程维持在较低温度(<20℃)下进行,将得到的鲢鱼肉用8 mm筛板的绞肉机绞碎,在真空搅拌机中,依次加入鱼肉质量1.8%的食盐、0.055%的抗坏血酸钠和0.01%的亚硝酸钠(事先用少量水溶解)进行搅拌,取出后用保鲜膜紧贴鱼肉馅表面防止氧化,腌制24 h(4℃)。腌制过的鱼糜重新放回真空搅拌机中,按比例依次加入4%白砂糖、1.5%曲酒、0.2%味精、0.3%酱油、10%水和香辛料精油(添加量0.3%)进行调味,真空搅拌8 min,灌入胶原蛋白肠衣中,每13 cm为一节用棉绳扎好。将灌好的风干肠挂入恒温恒湿培养箱中进行12 d的发酵风干,初始发酵温度为24℃,相对湿度(第1 d 30%、第2 d 70%、第3 d 75%、第4~12 d 80%),风扇速度(第1~3 d 100%、第4 d 90%、第5 d 80%、第6~12 d 70%,速度按照恒温恒湿箱使用说明设定)。

1.2.2 实验分组 按照1.2.1的鲢鱼肉风干肠制作方法,在调味过程中,实验设计6组,分别添加丁香精油(clove essential oil, CO组)、八角精油(star anise essential oil, SO组)、肉桂精油(cinnamon essential oil, CIO组)、紫苏精油(perilla oil, PO组)、牛至精油(oregano essential oil, OO组),精油添加量根据相关研究^[20-22]和生产商的推荐剂量确定为0.03%(占肉重),同时设置不添加香辛料精油的空白对照组(control group, CK组)。对第12 d风干成熟的终产品进行各项理化指标的测定。

1.2.3 指标测定方法

1.2.3.1 水分含量、水分活度的测定 样品中的水分含量按照GB 5009.3-2016中的直接干燥法进行测定。

将绞碎后的样品平铺在玻璃测量皿底部,保持样品厚度一致,使用水分活度测量仪对样品的水分活度进行测定。

1.2.3.2 色差值的测定 首先打开色差仪使其平衡10 min左右,再用白板进行校正。搅碎的样品均匀地铺在适应皿中,保持厚度一致、没有空隙,测定样品的色泽。

1.2.3.3 pH的测定 按照GB 5009.237-2016中针对肉制品的检测方法测定样品的pH。

1.2.3.4 TBARs值的测定 参照Witte等^[23]的方法,称取5 g绞碎肉样于离心管中,加入15 mL 7.5%三氯乙酸溶液,13000 r/min匀浆30 s后进行过滤。取2.5 mL滤液于10 mL离心管中,加入2.5 mL 0.02 mol/L的2-巯代巴比妥酸溶液,摇匀。将离心管固定在架子上,沸水浴40 min,结束后马上放入冰水中冷却至室温,随后加入3 mL三氯甲烷,2℃、2000×g离心10 min,取上清液在532 nm波长处测吸光度(A_{532})。

$$\text{TBARs} = \frac{A_{532} \times V \times M}{\varepsilon \times L \times m} \times 1000$$

式中:V为样品体积20 mL;M为丙二醛摩尔质

量72.063 g/mol; ε 为摩尔吸光系数 $1.56 \times 10^5 \text{ L}/(\text{mol} \cdot \text{cm})$;L为光学路径长度1 cm;m为样品重量,g。

1.2.3.5 亚硝酸盐残留量的测定 参照GB 5009.33-2016中的方法对样品中的亚硝酸盐残留量进行测定。

1.2.3.6 生物胺含量的测定 根据Eerola等^[24]的方法进行改动,称取5 g样品于离心管中,加入20 mL 0.4 mol/L高氯酸匀浆30 s,以4000 r/min、4℃的条件离心10 min,重复离心2次,合并上清液,并用高氯酸定容至50 mL。

标准溶液和样品衍生化:分别取不同浓度的生物胺标准混合液和样品溶液1 mL,依次加入0.2 mL 2 mol/L氢氧化钠溶液和0.3 mL饱和碳酸氢钠溶液进行缓冲,再加入2 mL 10 mg/mL丹磺酰氯,40℃水浴避光反应30 min,反应结束后立即加入100 μL 氨水终止反应。用乙腈将反应后的溶液定容至5 mL,3000×g、4℃条件下离心5 min,上清液过滤后用高效液相色谱仪进行检测。

采用Agilent ZORBAX Extend-C₁₈液相色谱柱(4.6 mm×150 nm)联合紫外检测器进行检测,进样量20 μL ,流速1 mL/min,柱温30℃,紫外检测波长254 nm,流动相A为水,流动相B为乙腈。梯度洗脱程序为流动相A初始体积80%,在3 min时降至65%并保持7 min,在16 min时降至10%然后在25 min时降为0%,在27 min时升至80%并保持至35 min。

1.2.3.7 N-亚硝胺含量的测定 样品中N-亚硝胺含量参照GB 5009.26-2016中的方法进行测定。

1.2.3.8 感官评价 参考陈媛媛等^[19]的方法并进行修改,将风干至第12 d的6组鲢鱼肉风干肠剥去肠衣,切成2 mm左右的均匀薄片,采用随机编号放入样品盘中,由本实验室经过感官评价培训的10人小组对鲢鱼肉风干肠进行评定,评分标准如表1所示,每个指标满分为10分,总分为60分。

1.3 数据处理

每个实验重复测定三次,实验结果以平均值±标准差表示,采用Microsoft Excel 2019软件整理数据,采用Origin 2019软件作图,采用SPSS 21.0软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠水分含量和 A_W 的影响

从图1可看出,CO组和OO组的水分含量和 A_W 显著高于CK组和PO组($P<0.05$);SO组和CIO组的水分含量和 A_W 显著低于CK组和PO组($P<0.05$)。添加丁香精油、牛至精油的鲢鱼肉风干肠水分含量(29.4%;29.1%)更接近马汉军等^[25]报道的中式发酵香肠最适宜的水分含量(28.11%),使风干肠具有更适宜的口感。由图1B可知,6组风干肠的 A_W 值(0.72~0.79)均低于病原微生物安全生长界限(0.85)^[26],

表 1 鲢鱼肉风干肠感官评分标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of catfish surimi dry sausages

指标	评分标准(分)		
	1~3	4~7	8~10
颜色	颜色黑暗, 无光泽	颜色为枣红色, 但无光泽	有风干制品特有的红色、枣红色, 有光泽
气味	风味较差, 不能接受	精油风味掩盖了发酵肉制品特有的味道	有发酵肉制品特有风味, 精油风味适宜
滋味	滋味很差, 不适合食用	滋味较淡	有浓郁的香味
酸味	酸味太重, 影响食用	酸味偏重, 但能接受	酸味适中, 适口性好
口感	肉质松散、湿软	肉质偏硬, 无弹性	肉质紧实有嚼劲
总体可接受性	不能接受	接受度一般	可接受性高, 非常喜欢

不需冷藏即可达到延长货架期的作用。较低的 A_w 会使产品硬度增大, 导致咀嚼性较差。添加丁香和牛至精油可使鲢鱼肉风干肠具有较适宜的水分含量和 A_w 。

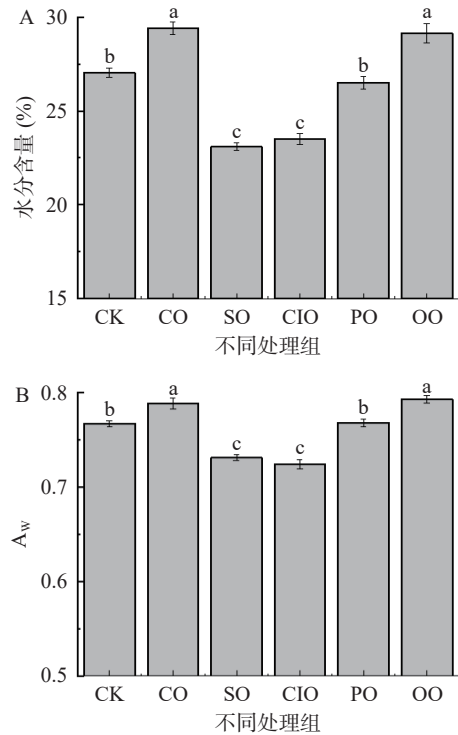


图 1 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠水分含量(A)和 A_w (B)的影响

Fig.1 Effects of spice essential oils on water content (A) and A_w (B) of catfish surimi dry sausages

注: 不同小写字母表示组间差异显著, $P < 0.05$, 图 2~图 5 同。

2.2 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠色差的影响

由图 2 可知, SO 组、CIO 组、PO 组的 L^* 值 (37.11~38.35) 显著高于 CK 组 (36.68) ($P < 0.05$), 可能是由于水分流失, 使光线的反射能力变强^[27]。CO 组、PO 组、OO 组的 a^* 值 (12.78~13.17) 显著高于 CK 组 (12.53) ($P < 0.05$), 风干肠的颜色红润, 更易受到消费者青睐。牛至组呈现出较低的 L^* 值和较高的 a^* 值。

2.3 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠 pH 的影响

图 3 显示了香辛料精油对鲢鱼肉风干肠 pH 的影响。6 组鲢鱼肉风干肠的 pH 范围为 4.98~5.16, 由小到大依次为 CK~CO~OO~PO~CIO~SO, 都属于

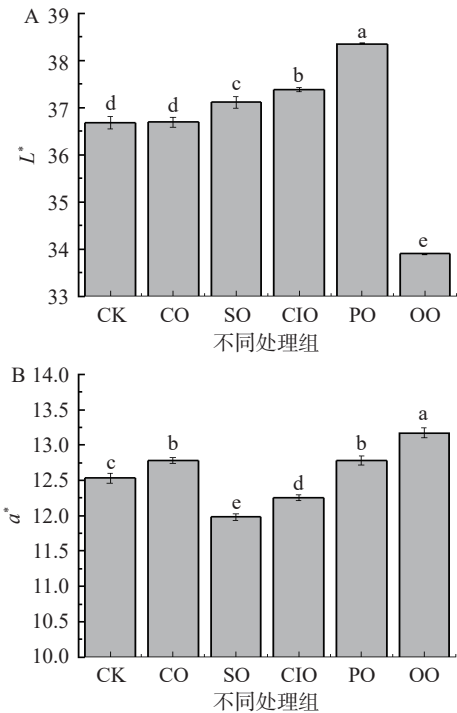


图 2 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠 L^* (A) 和 a^* (B) 的影响

Fig.2 Effects of spice essential oils on L^* (A) and a^* (B) of catfish surimi dry sausages

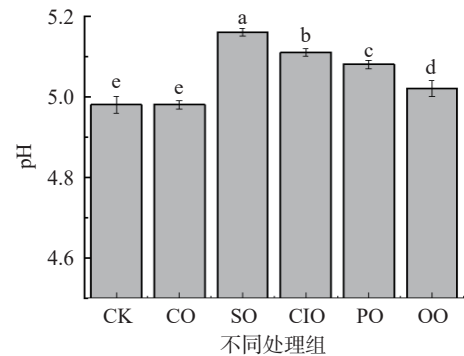


图 3 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠 pH 的影响

Fig.3 Effects of spice essential oils on pH value of catfish surimi dry sausages

高酸发酵肉制品 ($pH < 5.4$)。除 CO 组外, 其他精油组的 pH 显著高于 CK ($P < 0.05$), 说明添加香辛料精油降低了风干肠的产酸能力, 与李晓宏^[20]的研究中对照组的 pH 低于添加了植物提取物的处理组这一结果相似。

2.4 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠 TBARs 值的影响

TBARs 值可以衡量脂肪氧化的程度,从而反映出风干肠品质的变化,如果数值过高则可能出现哈喇味^[28]。有研究发现^[29],TBARs 值 >0.5 mg/kg 时,肉制品加热会产生异味;TBARs 值 >1 mg/kg 时则称为变质肉。从图 4 可以看出,6 组鲢鱼风干肠之间的 TBARs 值差异显著($P<0.05$),其中 CO 组、SO 组、OO 组中 TBARs 值较低,分别比 CK 组低 65.2%、66.3%、61.7%。曹娟等^[30] 研究发现,向意大利发酵香肠中添加绿茶提取物可以将 TBARs 值降低 20% 左右,本研究结果与文献报道相似,说明多数植物提取物均能降低产品中的 TBARs 值。

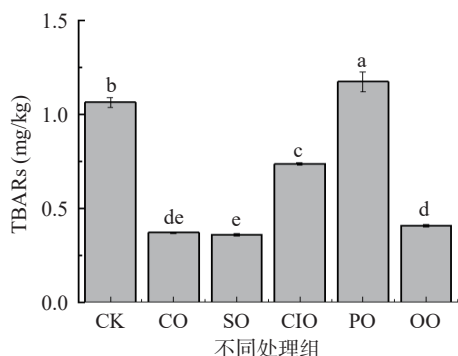


图 4 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠 TBARs 值的影响

Fig.4 Effects of spice essential oils on TBARs value of catfish surimi dry sausages

2.5 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠亚硝酸盐残留量的影响

亚硝酸盐是生产发酵香肠过程中必要的腌制剂,它对发酵香肠的感官和理化方面有重要的作用,且在抑菌方面充当难以替代的角色^[31-32]。但是亚硝酸盐在一定条件下会转化为具有致癌作用的 N-亚硝胺。从图 5 可以看出,CO 组、SO 组、PO 组的亚硝酸盐残留量显著低于 CK 组($P<0.05$),亚硝酸盐清除率分别为 26.6%、20.3%、62.2%,说明这三种香辛料精油对鲢鱼肉风干肠中的亚硝酸盐有较好的清除效果。亚硝酸盐在酸性条件下容易分解,因此 6 组风干肠中的亚硝酸盐残留量均小于 3 mg/kg,比同类型产品^[33-34] 中亚硝酸盐的残留量低,且远低于我国食品污染物限量标准规定的 30 mg/kg。

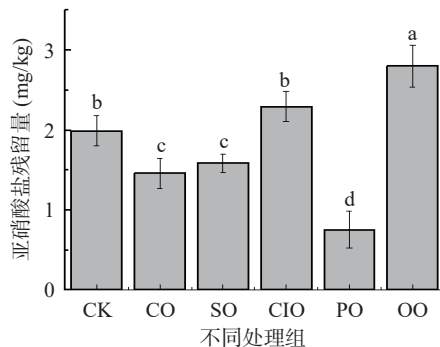


图 5 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠亚硝酸盐残留量的影响

Fig.5 Effects of spice essential oils on nitrite residues of catfish surimi dry sausages

2.6 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠生物胺含量的影响

生物胺是由醛、酮的胺化反应或氨基酸的脱羧作用生成的,多数食品中都含有生物胺,尤其是蛋白质丰富的发酵肉制品中生物胺的含量更多^[35]。由表 2 可知,各组鲢鱼肉风干肠中均未检出色胺和苯乙胺。5 组处理组的腐胺含量均显著低于 CK 组($P<0.05$),其中 CIO 组的含量最低(14.87 mg/kg),SO 组次之(17.69 mg/kg),对腐胺的抑制率分别为 54.05% 和 45.33%。尸胺是含量最多的生物胺,不同的香辛料精油对它有不同的抑制效果,效果最好的是 CIO 组(88.57 mg/kg),抑制率为 20.44%,其次是 SO 组(90.95 mg/kg)和 OO 组(90.64 mg/kg),抑制率分别为 18.31% 和 18.58%。

我国目前对生物胺在食品中的最大允许浓度,无论是总量还是某一种生物胺含量,都没有具体的数值。美国的食品药品监督管理局要求水产品中组胺的含量应 ≤ 50 mg/kg^[36]。各组鲢鱼肉风干肠组胺的含量显著低于 CK 组($P<0.05$),并且远低于限量的 50 mg/kg,抑制率最高为 36.74%(CIO 组)。欧洲食品安全局对于酪胺含量标准为建议人群每日最多摄取 600 mg,而包括 CK 组在内的 6 组鲢鱼肉风干肠中酪胺含量都远低于这个值。SO 组和 CIO 组精胺含量与 CK 组相比差异不显著($P>0.05$),说明这两种香辛料精油对精胺作用效果不明显。

鲢鱼肉风干肠中生物胺总量最高为 179.27 mg/kg,5 组处理组的生物胺总量由高至低依次为 CO 组 $\approx$ OO 组 $>$ PO 组 $>$ SO 组 $>$ CIO 组,组内最低的为 CIO 组(126.05 mg/kg),抑制率为 29.69%。从整体上看,香

表 2 香辛料精油对鲢鱼肉风干肠生物胺含量的影响(mg/kg)

Table 2 Effects of spice essential oils on biogenic amine content of catfish surimi dry sausages (mg/kg)

组别	色胺	苯乙胺	腐胺	尸胺	组胺	酪胺	亚精胺	精胺	总量
CK	—	—	32.36 $\pm$ 0.05 ^a	111.33 $\pm$ 0.28 ^a	15.05 $\pm$ 0.04 ^a	17.29 $\pm$ 0.02 ^a	1.86 $\pm$ 0.04 ^a	1.37 $\pm$ 0.01 ^a	179.27 $\pm$ 0.31 ^a
CO	—	—	19.19 $\pm$ 0.07 ^d	92.51 $\pm$ 0.32 ^b	13.69 $\pm$ 0.02 ^b	10.48 $\pm$ 0.06 ^c	1.75 $\pm$ 0.05 ^b	1.21 $\pm$ 0.01 ^b	138.82 $\pm$ 0.28 ^b
SO	—	—	17.69 $\pm$ 0.03 ^e	90.95 $\pm$ 0.05 ^d	10.62 $\pm$ 0.21 ^c	9.44 $\pm$ 0.02 ^c	1.77 $\pm$ 0.05 ^b	1.38 $\pm$ 0.05 ^a	131.85 $\pm$ 0.24 ^d
CIO	—	—	14.87 $\pm$ 0.03 ^f	88.57 $\pm$ 0.22 ^c	9.52 $\pm$ 0.06 ^f	10.02 $\pm$ 0.06 ^d	1.71 $\pm$ 0.03 ^{bc}	1.35 $\pm$ 0.05 ^a	126.05 $\pm$ 0.24 ^e
PO	—	—	20.40 $\pm$ 0.03 ^b	91.67 $\pm$ 0.22 ^c	11.41 $\pm$ 0.13 ^d	10.40 $\pm$ 0.02 ^c	1.61 $\pm$ 0.00 ^d	0.92 $\pm$ 0.01 ^c	136.41 $\pm$ 0.15 ^c
OO	—	—	19.96 $\pm$ 0.04 ^c	90.64 $\pm$ 0.04 ^d	13.07 $\pm$ 0.00 ^c	12.09 $\pm$ 0.08 ^b	1.67 $\pm$ 0.01 ^{cd}	1.20 $\pm$ 0.01 ^b	138.65 $\pm$ 0.11 ^b

注:“—”表示未检出;同列不同小写字母表示组间差异显著($P<0.05$),表3同。

表 3 香辛料精油对鲶鱼肉风干肠 N-亚硝胺含量的影响 (μg/kg)

Table 3 Effects of spice essential oils on N-nitrosamine content of catfish surimi dry sausages (μg/kg)

组别	NDMA	NMOR	NPYR	NDEA	NMEA	NIIP	NDPA	NDBA	NDphA	总量
CK	5.55±0.10 ^a	0.26±0.01 ^c	/	15.27±0.09 ^a	3.25±0.05 ^a	0.29±0.01 ^{bc}	3.03±0.20 ^b	4.51±0.04 ^a	33.83±0.05 ^a	65.99±0.01 ^a
CO	1.80±0.03 ^b	/	3.84±0.02 ^a	1.07±0.04 ^d	0.02±0.00 ^f	0.26±0.00 ^c	0.46±0.02 ^c	/	12.54±0.09 ^d	19.90±0.12 ^d
SO	/	1.66±0.02 ^a	0.39±0.00 ^b	2.19±0.03 ^c	0.10±0.00 ^e	0.20±0.01 ^c	41.57±0.16 ^a	/	12.94±0.03 ^c	59.04±0.21 ^b
CIO	/	0.23±0.00 ^d	0.21±0.01 ^c	/	0.27±0.01 ^d	0.17±0.00 ^c	/	/	20.41±0.19 ^b	21.29±0.19 ^c
PO	/	0.67±0.01 ^b	/	/	0.36±0.03 ^c	0.39±0.01 ^b	/	/	6.78±0.01 ^e	8.21±0.02 ^f
OO	0.36±0.01 ^c	/	/	3.41±0.04 ^b	1.57±0.00 ^b	0.94±0.16 ^a	0.09±0.04 ^d	/	5.84±0.01 ^f	12.22±0.09 ^e

注: “/”表示未检出。

辛料精油对鲶鱼肉风干肠中生物胺的积累有一定的抑制作用,但是不同香辛料精油对 8 种生物胺的作用效果不同,这与 Jia 等^[37]的研究结果相似。

2.7 香辛料精油对鲶鱼肉风干肠 N-亚硝胺含量的影响

N-亚硝胺是一类在人类和动物当中都具有潜在致癌性、致畸性、诱变性的化合物^[38]。研究认为,发酵肉制品中存在的生物胺、蛋白质、氨基酸都是形成 N-亚硝胺的前体物质,一部分可以直接与亚硝化试剂反应生成 N-亚硝胺,另一部分则先转化为次级胺类物质,再与亚硝化试剂反应^[39]。由表 3 可知,5 组样品的 N-亚硝胺总量显著低于 CK 组($P<0.05$),说明香辛料精油可以有效阻断 N-亚硝胺的形成,其中效果最好的是 PO 组和 OO 组,抑制率分别为 87.56% 和 81.48%。香辛料精油组中有三组样品没有检测出 NDMA,CO 组和 OO 组中检出的含量显著低于 CK 组($P<0.05$),并且没有超过 GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品污染物中污染物限量》规定的 3 μg/kg。美国农业部规定肉制品中 NPYR 含量应 $<10\text{ }\mu\text{g/kg}$ ^[40],在检出 NPYR 的几组样品中,其含量均低于这个标准,表明本实验的鲶鱼肉风干肠是安全的。

2.8 鲶鱼肉风干肠感官评价结果

风干肠作为典型的发酵肉制品,具有特殊的酸味和风味。感官评定是一种独特的评价方法,通过视觉、味觉、嗅觉、触觉等来鉴定产品的外形、滋味、气味、硬度等,可以为产品提供直接可靠的信息,更好地指导生产^[41]。如图 6A 所示,6 组风干肠在颜色、气味、滋味、酸味、口感和总体可接受性方面的差异各不相同,气味上的差异较大,只有 OO 组的气味评分低于 CK 组。滋味评分最高的为 SO 组;酸味评分最高的是 CO 组,结合 pH 的结果进行分析发现,消费者更青睐于口感偏酸的风干肠。各组在颜色和口感上的评分差异并不大,说明香辛料精油对鲶鱼肉风干肠色泽和质地的影响不能靠人来分辨。由图 6B 可以看出,最受消费者喜爱的是添加了紫苏和丁香精油的风干肠。

3 结论

在鲶鱼肉风干肠加工中添加适量的香辛料精油,可有效提高产品品质及安全性。结果表明,添加丁香(CO)和牛至(OO)精油的鲶鱼肉风干肠其水分

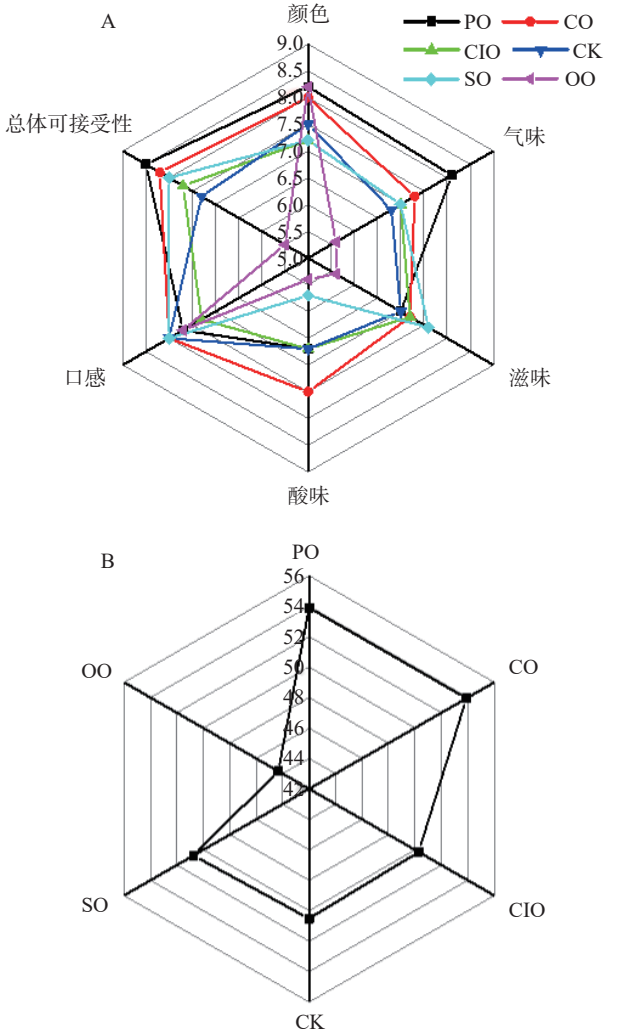


图 6 6 组鲶鱼肉风干肠感官评价(A)和感官总分(B)

Fig.6 Sensory evaluation (A) and total sensory scores (B) of 6 groups of catfish surimi dry sausages

含量(29.4%; 29.1%)和 A_w (0.79; 0.79)更适合食用与保存;丁香(CO)、紫苏(PO)、牛至(OO)组 a^* 值显著高于其他组($P<0.05$);6 组风干肠 pH(4.98~5.16)均低于 5.4,属高酸发酵肉制品,更易获得消费者青睐。八角精油(SO)使风干肠的 TBARs 值比对照组降低了 66.3%;添加紫苏精油(PO)的风干肠亚硝酸盐残留量仅为对照组的 37.8%。肉桂精油(CIO)和八角精油(SO)可以有效减少生物胺的积累,同时紫苏精油(PO)和牛至精油(OO)对 N-亚硝胺的清除率达到 87.56% 和 81.48%,显著提高了风干肠的安全

性($P<0.05$)。6组产品中,添加丁香(CO)和紫苏精油(PO)的风干肠总体可接受程度更高,而牛至精油(OO)因气味较浓导致可接受性较差。综合分析,不同的香辛料精油在改善风干肠品质 and 安全性方面有不同的优势,其中丁香(CO)、八角(SO)、紫苏精油(PO)在各项指标中的综合效果突出,可以考虑将其复配使用,利用协同作用进一步提升鲶鱼肉风干肠的品质和安全性。

参考文献

- [1] 龙强. 宁乡花猪肉传统风干香肠品质特性及发酵剂对其影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017. [LONG Q. Study on quality characteristics of traditional air-dried sausage of Ningxiang pork meat and related influence by inoculating of starter cultures [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017.]
- [2] KARWOWSKA M, KONONIUK A D, BORRAJO P, et al. Comparative studies on the fatty acid profile and volatile compounds of fallow deer and beef fermented sausages without nitrite produced with the addition of acid whey[J]. Applied Sciences, 2021, 11(3): 1-15.
- [3] ZHAO L H, SUN X Y, WU J, et al. Effects of *Allium mon-golicum* Regel and its extracts on the quality of fermented mutton sausages[J]. Food Science & Nutrition, 2021, 10(1): 169-178.
- [4] 王德宝, 孙学颖, 王柏辉, 等. 复合发酵剂对羊肉香肠发酵成熟过程中理化品质及安全性能的影响[J]. 中国食品学报, 2020, 20(6): 137-145. [WANG D B, SUN X Y, WANG B H, et al. Effects of compound starters on physical-chemical quality and safety performance of fermented mutton sausages[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(6): 137-145.]
- [5] 马凯华. 发酵鲶鱼肉风干肠加工工艺及品质研究[D]. 天津: 天津农学院, 2021. [MA K H. Study on processing technology and quality of air-dried fermented catfish meat sausage[D]. Tianjin: Tianjin Agricultural University, 2021.]
- [6] PENNISI L, VERROCCHI E, PALUDI D, et al. Effects of vegetable powders as nitrite alternative in Italian dry fermented sausage[J]. Italian Journal of Food Safety, 2020, 9(8422): 132-136.
- [7] 陈援援, 牛文秀, 马凯华, 等. 接种乳酸菌发酵剂对风干肠加工过程中理化性质及安全品质的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(8): 148-156. [CHEN Y Y, NIU W X, MA K H, et al. Effect of inoculating lactic acid bacteria starter on physicochemical properties and safety quality of air-dried sausage during air drying[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(8): 148-156.]
- [8] 彭林, 李明泽, 任文瑾, 等. 香辛料生理功能的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(2): 157-162. [PENG L, LI M Z, REN W J, et al. The advance of physiology functions of spices[J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(2): 157-162.]
- [9] SOJIC B, TOMOVIC V, JOKANOVIC M, et al. Essential oils as natural additives in dry-fermented sausages[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 854(1): 1-5.
- [10] 张文龙. 自然发酵北方风干香肠主要微生物分离及纯菌接种发酵工艺研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012. [ZHANG W L. Isolation of primary microorganism from northern natural fermented dry sausage and the studies of zymotechnique[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2012.]
- [11] XIAO Q, XU M, XU B C, et al. Combined effect of high-pressure processing with spice extracts on quality of low-salt sausage during refrigerated storage[J]. Foods, 2021, 10(2610): 1-14.
- [12] SUN Q X, ZHAO X X, CHEN H S, et al. Impact of spice extracts on the formation of biogenic amines and the physicochemical, microbiological and sensory quality of dry sausage[J]. Food Control, 2018, 92: 190-200.
- [13] 张健斌. 腊肠中亚硝胺的形成及香辛料对其阻断作用[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008. [ZHANG J B. The formation and inhibition of nitrossamine in Chinese sausage by spice extraction [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2008.]
- [14] 朱明涛, 余俊. 三种香辛料提取物对冷却牛肉的保鲜效果研究[J]. 中国调味品, 2019, 44(5): 94-96. [ZHU M T, YU J. Study on the preservation effects of three spice' extracts on chilled beef[J]. Chinese Condiments, 2019, 44(5): 94-96.]
- [15] 李磊, 崔丽伟, 张冉, 等. 3种香辛料精油在牛排涂膜保鲜中的应用研究[J]. 食品科技, 2019, 44(2): 138-142, 151. [LI L, CUI L W, ZHANG R, et al. Application of three kinds of spice essential oils in the preservation of steak film[J]. Food Technology, 2019, 44(2): 138-142, 151.]
- [16] 侯春宇. 复配植物精油单体对养殖大黄鱼鱼片贮藏期间的品质影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019. [HOU C Y. Effect of plant essential oil mixture on quality of *Pseudosciaena crocea* fillet during storage[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.]
- [17] 费英敏, 张根生, 张红蕾, 等. 香辛料对哈尔滨风干肠菌系及理化性质的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(12): 1-5. [FEI Y M, ZHANG G S, ZHANG H L, et al. Effects of spice on microflora and physicochemical properties of harbin air-dried sausage[J]. Meat Research, 2017, 31(12): 1-5.]
- [18] 郑欧阳, 孙钦秀, 刘书成, 等. 香辛料提取物复配对风干肠品质和生物胺的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(8): 90-95. [ZHENG O Y, SUN Q X, LIU S C, et al. The effect of spice extracts on the quality and biogenic amines of dry sausage[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(8): 90-95.]
- [19] 陈援援, 刘文秀, 马凯华, 等. 接种乳酸菌发酵剂对风干肠成熟过程中微生物群落动态变化及感官品质的影响[J]. 肉类研究, 2022, 36(2): 1-8. [CHEN Y Y, LIU W X, MA K H, et al. Effects of inoculating lactic acid bacteria starter cultures on the microbial flora dynamic change and sensory quality of air-dried sausage during the repening process[J]. Meat Research, 2022, 36(2): 1-8.]
- [20] 李晓宏. 发酵香肠中生物胺的形成、抑制以及微生物多样性分析[D]. 太原: 山西农业大学, 2018. [LI X H. The formation and inhibition of biogenic amines in fermented sausages and analysis of microbial diversity[D]. Taiyuan: Shanxi Agricultural University, 2018.]
- [21] 孙钦秀, 杜洪振, 刘昊天, 等. 复合香辛料提取物结合真空包装抑制风干肠贮藏过程中生物胺积累及品质劣变[J]. 中国食品学报, 2020, 20(9): 180-189. [SUN Q X, DU H Z, LIU H T, et al. Inhibitory of compound spice extract combined with vacuum packaging on biogenic amines accumulation and quality deterioration in dry sausage during storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(9): 180-189.]
- [22] 张凯华, 臧明伍, 张哲奇, 等. 香辛料精油对预制猪肉饼复热过熟味的影响[J]. 农业机械学报, 2020, 51(S2): 449-456.

- [ZHANG K H, ZANG M W, ZHANG Z Q, et al. Effect of spicy essential oils on reheating warmed-over flavor of precooked pork patties[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2020, 51(S2): 449-456.]
- [23] WITTE V C, KRAUSE G F, BAILEY M E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage[J]. *Journal of Food Science*, 1970, 35(5): 582-585.
- [24] EEROLA S, HINKKANEN R, LINDFORS E, et al. Liquid chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages[J]. *Journal-AOAC International*, 1993, 76(3): 575-577.
- [25] 马汉军, 周宏, 余小颖, 等. 中式发酵香肠 pH 与 A_w 的关系及其对产品风味的影响[J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(1): 87-91. [MA H J, ZHOU G H, YU X L, et al. The relationship between pH and A_w and its effects on the flavor of Chinese-style fermented sausage[J]. *Food Research and Development*, 2009, 30(1): 87-91.]
- [26] 赵君哲. 食品的水分活度与微生物菌群[J]. *肉类工业*, 2014, 399(7): 51-54. [ZHAO J Z. Water activity and microbial groups in foods[J]. *Meat Industry*, 2014, 399(7): 51-54.]
- [27] 孟舒雨. 香辛料精油对调理狮子头抗氧化作用及贮藏特性的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2019. [MENG S Y. Study of spice essential oils on the antioxidant effects and storage characteristics of prepared large meatball[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2019.]
- [28] 刘英丽, 于青林, 万真, 等. 发酵剂抗氧化活性对发酵肉制品品质的影响研究进展[J]. *食品科学*, 2021, 42(1): 302-312. [LIU Y L, YU Q L, WAN Z, et al. Research progress on the effect of antioxidant activity of starter cultures on the quality of fermented meat products: A review[J]. *Food Science*, 2021, 42(1): 302-312.]
- [29] 陈媛媛, 马凯华, 李璐, 等. 外源抑制物对风干肠风干过程中理化性质及安全品质的影响[J]. *肉类研究*, 2020, 34(6): 14-20. [CHEN Y Y, MA K H, LI L, et al. Effects of exogenous inhibitors on physicochemical properties and safety of air-dried sausage during processing[J]. *Meat Research*, 2020, 34(6): 14-20.]
- [30] 曹娟, 高红亮, 常忠义, 等. 绿茶提取物对意大利发酵香肠品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(11): 5882-5884. [CAO J, GAO H L, CHANG Z Y, et al. Effects of green tea polyphenol on quality of pepperoni[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2010, 38(11): 5882-5884.]
- [31] HONIKEL K O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products[J]. *Meat Science*, 2008, 78(1): 68-76.
- [32] 胡开群, 汪超, 李冬生, 等. 发酵香肠中亚硝酸盐的控制及替代品研究进展[J]. *食品工业*, 2017, 38(4): 241-245. [HU K Q, WANG C, LI D S, et al. Review on control and substitute for nitrite in fermented sausage[J]. *The Food Industry*, 2017, 38(4): 241-245.]
- [33] 李佳栋, 周凤超, 杨庆余, 等. 香辛料提取物阻断风干肠中亚硝胺合成的比较研究[J]. *食品工业*, 2017, 38(1): 181-184. [LI J D, ZHOU F C, YANG Q Y, et al. Comparative studies of disconnecting nitrosamine synthesis by spices extracts in the air dried sausage[J]. *The Food Industry*, 2017, 38(1): 181-184.]
- [34] 彭家宣. 红辣椒复配槐米替代硝盐对风干肠发酵和品质特性的影响研究[D]. 成都: 成都大学, 2021. [PENG J X. Combination of red chili pepper and *Flos sophorae* as a nitrite alternative affects on fermentation and quality characteristics of dry-fermented sausage[D]. Chengdu: Chengdu University, 2021.]
- [35] 何健, 李艳霞. 发酵肉制品中生物胺研究进展[J]. *肉类工业*, 2009, 334(2): 47-50. [HE J, LI Y X. Study advancement of fermented food and biogenic amine[J]. *Meat Industry*, 2009, 334(2): 47-50.]
- [36] 杜智慧. 不同发酵剂对发酵香肠品质影响的研究[D]. 太原: 山西农业大学, 2014. [DU Z H. Effect of culture starters on the quality of fermented sausages[D]. Taiyuan: Shanxi Agricultural University, 2014.]
- [37] JIA W, ZHANG R, SHI L, et al. Effects of spices on the formation of biogenic amines during the fermentation of dry fermented mutton sausage[J]. *Food Chemistry*, 2020, 321: 1-10.
- [38] CREWS C. Processing contaminants: N-nitrosamines[J]. *Encyclopedia of Food Safety*, 2014, 2: 409-415.
- [39] 李暮春. 风干肠中亚硝胺的动态变化及控制研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014. [LI M C. The formation and control of nitrosamines in Harbin dry sausages[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2014.]
- [40] GLORIA M B A, BARBOUR J F, SCANLAN R A. Volatile nitrosamines in fried bacon[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45(5): 1816-1818.
- [41] 白婷, 王卫, 李俊霞, 等. 发酵肉制品的品质评定指标及其进展[J]. *食品科技*, 2014, 39(9): 169-173. [BAI T, WANG W, LI J X, et al. Quality assessment indicators and progress in fermented meat products[J]. *Food Science and Technology*, 2014, 39(9): 169-173.]