

香料对腊肉品质的影响

冉佩灵, 黄业传, 彭春雷, 许本波, 张克媛

Effect of Spices on the Quality of Chinese Bacon

RAN Peiling, HUANG Yechuan, PENG Chunlei, XU Benbo, and ZHANG Keyuan

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022100003>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同冷却终压对低盐腊肉真空冷却效果的影响及模拟研究

Influence of Different Final Cooling Pressure on Vacuum Cooling Performances of Low-salt Bacon and Simulation Study

食品工业科技. 2020, 41(11): 240-244 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020.11.037>

低钠复合腌制剂对干腌咸肉品质的影响

Effects of low sodium composite marinade on the quality of dry cured Bacon

食品工业科技. 2018, 39(7): 197-201,236 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.07.036>

腌制处理对养殖大黄鱼品质的影响

Effect of Pickling on the Quality of Breeding Large Yellow Croaker

食品工业科技. 2018, 39(22): 35-40 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.22.008>

风味蛋白酶对贵州腊肉蛋白质水解度、抗氧化能力和感官品质的影响

Effects of Flavourzymes on Protein Hydrolysis, Antioxidant Capacity and Sensory Quality of Guizhou Bacon

食品工业科技. 2019, 40(7): 88-93 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2019.07.016>

茶多酚微胶囊对腊肉理化性质及挥发性风味物质的影响

Effect of Tea Polyphenol Microcapsules on Physicochemical Properties and Volatile Flavor Substances of Bacon

食品工业科技. 2020, 41(11): 51-59 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020.11.008>

美拉德反应法制备腊肉香精的工艺优化

Optimization of Maillard Reaction Method for Preparation of Bacon Flavor

食品工业科技. 2018, 39(23): 227-233 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.23.040>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

冉佩灵, 黄业传, 彭春雷, 等. 香料对腊肉品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(13): 94-101. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100003

RAN Peiling, HUANG Yechuan, PENG Chunlei, et al. Effect of Spices on the Quality of Chinese Bacon[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(13): 94-101. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100003

· 研究与探讨 ·

香料对腊肉品质的影响

冉佩灵^{1,2}, 黄业传^{1,*}, 彭春雷¹, 许本波³, 张克媛¹

(1. 荆楚理工学院生物工程学院, 湖北荆门 448000;

2. 西南科技大学生命科学与工程学院, 四川绵阳 621000;

3. 长江大学生命科学学院, 湖北荆州 434023)

摘要: 为提高腊肉品质, 在腌制过程中分别添加 0.6%、1.2% 和 2.4% 的香料提取物 (包括花椒、八角、香叶、茴香、肉桂和丁香)。熏制时, 将提取后的香辛料残渣按相应的比例加入到熏烟材料中。成品真空包装后, 分别在冷藏 1 d 和 120 d 后测定样品的理化指标、脂肪和蛋白质氧化、亚硝酸盐残留量、色泽、质构、微生物含量和感官品质等。结果表明, 添加 0.6% 的香料对腊肉品质影响不大。当香料添加量增加到 1.2% 和 2.4% 时, 能显著抑制脂肪氧化和微生物生长, 更好地保持腊肉在冷藏过程中的质地和弹性。然而, 2.4% 的香料添加量对腊肉颜色、感官质量和蛋白质氧化有轻微的负面影响。因此, 在腊肉加工过程中, 加入适当香辛料能改善腊肉品质, 而加入 1.2% 的香料对提高腊肉品质的效果最好。

关键词: 烟熏腊肉, 香料, 腌制, 熏制, 低盐腊肉

中图分类号: TS251.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)13-0094-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022100003



本文网刊:

Effect of Spices on the Quality of Chinese Bacon

RAN Peiling^{1,2}, HUANG Yechuan^{1,*}, PENG Chunlei¹, XU Benbo³, ZHANG Keyuan¹

(1. College of Biological Engineering, Jingchu University of Technology, Jingmen 448000, China;

2. College of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China;

3. College of Life Science, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

Abstract: In order to improve the quality of Chinese traditional smoked bacon, the 0.6%, 1.2% and 2.4% of spice extracts (including zanthoxylum bungeanum, star anise, bay leave, fennel, cinnamon and clove) were added in the processing of pickling. When being smoked, the corresponding proportion of spice residues after extract was added into the fumigation material. Following vacuum packing, the physicochemical, lipid and protein oxidation, nitrite residue, instrumental color, texture, microbial content, and sensory quality of the samples were respectively determined after 1 and 120 days of refrigeration. The results showed that the addition of 0.6% spice had little effect on bacon quality. The amount of addition amount increased to 1.2% and 2.4%, it could significantly inhibit lipid oxidation and microbial growth, and better maintained the soft texture and good elasticity of bacon during refrigeration. However, the addition of 2.4% had a little negative effect on instrumental color, sensory quality, and protein oxidation of products. Therefore, in the process of bacon processing, adding appropriate spices can improve the quality of bacon, and adding 1.2% spices has the best effect on improving the quality of bacon.

Key words: smoke-cured bacon; spice; pickling; smoking; low salt bacon

腊肉是一种历史悠久的中国传统干腌肉制品^[1], 它是中国传统饮食文化的重要组成部分, 主要在四

川、广东和湖南等地生产^[2]。其中烟熏腊肉主要产自四川、湖北、重庆、湖南和贵州等地, 深受消费者的

收稿日期: 2022-10-08

基金项目: 荆门市重点科技计划项目 (2022YFZD058); 荆门市引导性科技计划项目 (2022YDKY166)。

作者简介: 冉佩灵 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工, E-mail: 995908379@qq.com。

* 通信作者: 黄业传 (1975-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 现代食品加工技术, E-mail: huangyc@jcut.edu.cn。

喜爱^[3]。中国传统烟熏腊肉主要以高盐、低水分的状态保存。部分腊肉的含盐量高达 8% 以上,而水分含量甚至低于 20%。高盐含量可引起高血压,增加心血管疾病的发病率,也与某些肿瘤的发生密切相关^[4]。还会增加骨质疏松、胃癌等的患病风险^[5]。低含水量可能会对腊肉的感官品质产生负面影响。因此,应开发盐含量相对较低、水分含量较高的腊肉产品。

腊肉中盐含量的减少和水分含量的增加,不可避免地会导致腊肉保质期的缩短和品质的变化。目前,工业上大多使用的是合成抗氧化剂或防腐剂,但合成的抗氧化剂或防腐剂对人体健康有一定的副作用。随着消费者食品安全意识的提高,越来越多的天然防腐剂和抗氧化剂应用于肉制品中,特别是一些植物提取物,如香菇的副产品^[6]、柑橘^[7]、西兰花种子^[8]、花椒^[9]、葛根^[10]、姜黄^[11]、枣粉^[12]和桑叶^[13]等。

香料广泛应用于中国的烹饪和食品加工,尤其是肉制品加工。在中国,每家每户都储存和使用香料。香料除增加风味外,还在抑菌、抗氧化、增色、调味、保健等方面发挥重要作用^[14]。许多研究者对肉制品中香料的抗菌性和抗氧化活性进行了研究。Jayathilakan 等^[15]研究表明,肉桂和丁香可以控制肉品的过热味道。李霞等^[16]比较了九种香料的防腐保鲜效果,其中八角、丁香的效果显著。Kong 等^[17]发现肉桂和丁香提取物具有较强的抑菌活性。Zhang 等^[18]比较了我国常用的 14 种香料的抑菌活性,表明丁香、迷迭香、桂皮和甘草具有较强的活性。然而,香料在肉制品中的应用主要是针对熟肉制品,而在生肉制品中的应用非常有限。部分生产者们在腊肉腌制过程中,在肉表面添加了一定量的花椒或花椒粉,但花椒中有效物质只有很少部分能被腊肉吸收。因此,本研究将六种香料添加进腊肉的腌制和烟熏中,考察香料对腊肉品质的影响。

本研究的目的是将传统烟熏腊肉的盐添加量从 3.5%~4% 降低到 3% 左右,并将腊肉的含水量提高到 50% 左右,最后制成一种高水含量、低盐含量的高品质腊肉。在腌制过程中,将一定浓度(生肉重量的 0.6%、1.2% 和 2.4%)的香料提取物注入原料肉中,香料提取物由中国传统的六种香料(花椒、八角、月桂叶、茴香、肉桂和丁香)组成。在烟熏时,将提取后相应比例的香料残渣添加到烟熏材料中。为探讨香料对腊肉品质的影响,分别在 4 °C 冷藏 1 d 和 120 d 后,测定产品的理化参数、脂肪氧化、蛋白质氧化、亚硝酸盐残留、颜色、质地、微生物和感官品质。可为添加香辛料的低盐高水分腊肉及其他类似腌腊制品的开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜猪里脊肉 购于绵阳青义镇超市;花椒、八角、月桂叶、茴香、肉桂、丁香 购于青义镇中药店;柏木锯末 购于绵阳青义镇农贸市场;亚硝酸钠、福

林酚、饱和碳酸钠、没食子酸、硝酸、亚铁氰化钾、二水乙酸锌、硝酸银、二硝基苯胍、硫酸铁、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺、三氯乙酸、乙醇、乙酸乙酯、盐酸胍、硫酸链霉素 均为分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

NH300 色差计 深圳市三恩时科技有限公司;TA-XT plus 质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司;PHS-2F 型 pH 计 上海仪电科学仪器股份有限公司;UV1000 单光束紫外可见分光光度计 上海天美科学仪器有限公司;HH-8 数显恒温水浴锅 常州市金坛华特实验仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 香料提取物及残渣的制备 花椒、八角、月桂叶、茴香、肉桂、丁香(每种 30 g)六种干香料,洗净,混匀并装入纱布袋中,然后放入装有 1000 mL 去离子水的烧杯中,煮沸 2 h,期间不断补充去离子水,使总体积保持在 1 L 左右。提取后,用去离子水补充过滤后的上清液至总体积为 1000 mL。香料残渣在 60 °C 下干燥 2 h,然后粉碎,过 40 目筛。

1.2.2 香料总酚含量的测定 根据 Filipa 等^[19]描述的 Folin-Ciocalteu 方法测定总酚含量(TPC)。将提取物溶液(5 mg/mL; 1 mL)与 Folin-Ciocalteu 试剂(5 mL,水 1:10 稀释)和碳酸钠(75 g/L, 4 mL)混合。涡流混合 15 s,并在 40 °C 下静置 30 min。然后在 765 nm 处测量吸光度。总酚含量根据没食子酸的标准曲线计算,结果表示为每毫升香料提取物中没食子酸当量(GAE)的毫克数。

1.2.3 腊肉的加工和制作 将 12 kg 猪背最长肌,切成长约 20 cm、宽约 5 cm 的条状,然后随机分为四等份,每组约 3000 g。四组分别在腌制时添加 0%、0.6%、1.2% 和 2.4% 的香料提取物。采用注射腌制,注射体积为 15%(v/m)。即四组分别加入 0、100、200 和 400 mL 香料提取物,然后补充去离子水至总体积为 450 mL。在准备好的注射液中分别加入 3% 食盐和 0.01% 亚硝酸钠(g/100 g 原料肉)后,用盐水注射枪注射。腌制时间为 24 h,腌制期间进行 1 次翻转。腌制后,在 45 °C 预热 1 h 后,将肉条在 55 °C 烘烤 12 h,然后用柏木锯末(分别向四组的柏木锯末中添加 0、18、36 和 72 g 干燥和粉碎的香料残渣)烟熏 15 h,烟熏温度为 45~50 °C。最后,在 5~15 °C 室温下通风悬挂 2 d 后得到腊肉。

所有腊肉均真空包装,在 0~4 °C 冷藏 120 d。在冷藏的初期和最终阶段,对样品的理化参数、脂肪氧化和蛋白质氧化、亚硝酸盐残留、颜色、质地、微生物和感官质量进行分析测定。

1.2.4 腊肉理化指标测定 水分含量采用 GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定中的直接干燥法^[20]测定,结果表示为 g/100 g 肉。盐含量使用 GB 5009.44-2016 食品安全国家标准 食品中氯化物的测定中的银量法^[21]测定,并根据氯化钠含量

(%)计算结果。使用 Huang 等^[3]的方法,通过 pH 计测定 pH。

1.2.5 腊肉脂肪氧化测定 根据 GB 5009.181-2016 食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定的分光光度法^[22],通过测定硫代巴比妥酸反应物质(TBARS)值来测定脂肪氧化,结果以每千克样品中丙二醛(MDA)的毫克当量表示。

1.2.6 腊肉蛋白质氧化测定 按照 Armenteros 等^[23]描述的方法,通过二硝基苯肼(DNPH)衍生来测定蛋白质氧化。将样品(1 g)切碎,然后与 0.6 mol/L NaCl(pH6.5)的 20 mmol/L 磷酸钠缓冲液(pH6.86)以 1:10 的比例 30 万 r/min 均质 30 s。加入 1 mL 冷冻 10% TCA,然后在 620 g 下离心 5 min。一个样品用 1 mL 2 mol/L HCl 处理,另一个用 0.2% DNPH 在 2 mol/L HCl 中的等体积处理。两个样品在室温下反应 1 h。然后,用 1 mL 10% TCA 沉淀样品,并用 1 mL 乙醇:乙酸乙酯洗涤两次。然后将样品溶解在 1.5 mL 含有 6 mol/L 盐酸胍(pH6.5)的 20 mmol/L 磷酸钠缓冲液中,搅拌并在 620 g 下离心 2 min。使用 BSA 作为标准,测定在 280 nm 处的吸光值。以总巯基含量进行评估,巯基含量用每毫克蛋白质中巯基的物质的量(nmol)来表示。

1.2.7 腊肉亚硝酸盐残留量测定 采用 GB 5009.33-2016 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定的分光光度法^[24]测定亚硝酸盐残留,结果单位以 mg/kg 表示。

1.2.8 腊肉色差测定 采用 NH300 色差计,光源为 D65。记录亮度(L^*)、红色(a^*)和黄色(b^*)值。

1.2.9 腊肉质构测定 使用 TA-XT plus 质构仪进行质构特性分析(TPA)。将腊肉切割成高度为 10 mm、直径为 15 mm 的圆柱体,质构仪参数设置为测前速度为 2 mm/s,测中速度 1 mm/s,测后速度为 1 mm/s 然后进行两个周期的压缩实验,间隔时间为 5 s。使用 P/36R 探头和 5 g 的触发力将样品压缩至其原始高度的 50%^[25]。测定五个质构参数,即硬度、内聚性、弹性、黏性和咀嚼性。

1.2.10 腊肉微生物测定 在超净台中取 25 g 腊肉,切碎,加入含有 225 mL 生理盐水的无菌均质杯中均质 1 min,然后取 1 mL 均质液用 9 mL 无菌生理盐水梯度稀释。将连续梯度的稀释液接种到相应的培养基上,并对所有样品进行微生物分析,分析内容如表 1 所示。微生物计数表示为菌落形成单位/g (log CFU/g)。

1.2.11 腊肉感官评定 在冷藏开始和结束时进行感官评定。腊肉样品切成 3 mm 厚的薄片,用聚乙烯袋真空包装后在水中煮沸 15 min,然后在 50 °C 水浴中保存,直到感官评定。将切片的腊肉放在带盖的盘子里,评定参照国标 GB/T 22210-2008《肉与肉制品感官评定规范》^[26]进行。要求评审成员从五个不同方面对腊肉样品的感官属性进行评分,包括颜色、质

表 1 实验中使用的微生物培养计数方法

微生物种类	平板计数培养基	培养条件	参考标准
细菌总数	PCA	37 °C/48 h	GB 4789.2-2016
大肠杆菌	VRBDA	37 °C/24 h, 双层	GB 4789.3-2016
霉菌和酵母菌	PDA	28 °C/5 d	GB 4789.15-2016
葡萄球菌	Baird-Parker	37 °C/48 h	GB 4789.10-2016
乳酸菌	MRS	37 °C/72 h, 无氧	GB 4789.35-2016
假单胞菌	CFC	26 °C/48 h	SN/T 4044-2014

地、香气、味道和整体可接受性。使用 9 点评分检验法来评估这些属性:1、极度厌恶;2、非常厌恶;3、一般厌恶;4、有一点厌恶;5、既不喜欢也不厌恶;6、有一点喜欢;7、一般喜欢;8、非常喜欢;9、极度喜欢。感官评审重复进行两次。将所有小组成员的分数平均得出最终分数。

1.3 数据处理

使用 SPSS 20.0 统计软件(IBM 公司)对不同香料浓度的样品的理化性质、脂肪氧化、蛋白质氧化、亚硝酸盐含量、颜色、质地、微生物和感官评分进行显著性分析,差异显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。数据结果以平均值±标准差(SD)表示,数据为 3 个重复。

采用偏最小二乘回归(APLSR)法分析香料对腊肉质量的总体影响。X 轴被定义为主要变量(香料浓度和冷藏时间),Y 轴被定义为理化性质、脂肪氧化和蛋白质氧化、亚硝酸盐含量、颜色、质地、微生物和感官评分。APLSR 关系图使用 Unscrambler 软件, V9.7(CAMO ASA Trondheim, Norway)绘制。分析前,所有数据均进行中心化和标准化处理。

2 结果与分析

2.1 香料提取物中总酚含量

香料提取液中的多酚含量为 6.49 mg/mL,相当于 30.05 mg/g 干香料,该值与石雪萍等^[27]的报道一致,他们研究了 20 种香料的多酚含量和抗氧化活性,表明香料具有很强的抗氧化活性,尤其是花椒、月桂叶、肉桂和丁香。本研究使用的六种香料的平均多酚含量为 29.75 mg/g。因此,本研究选择的六种香料总酚含量高,抗氧化能力强。

2.2 腊肉理化指标

水分含量是影响腊肉品质的重要因素。大多数中国传统烟熏腊肉以含水量低来延长保质期,有些甚至低于 20%,但是这种腊肉的味道不太好。如表 2 所示。本研究中腊肉的水分含量高达 50% 左右,使其质地更柔软。不同样品的水分含量无显著差异 ($P > 0.05$),冷藏 120 d 后,由于脱水,含水量略有下降。这一结果与 Wang 等^[28]在研究干脆腊肉时获得的数据相似。

在冷藏第 1 d,随着香料浓度的增加,pH 先降低后升高。在冷藏过程中,所有组的 pH 均下降,这可能是由于冷藏过程中产生了乳酸^[18]。120 d 后,添加 0.6% 香料样品的 pH 接近对照组样品,而添加 1.2%

表 2 不同香料浓度对腊肉理化指标、脂肪和蛋白质氧化、亚硝酸盐含量的影响

Table 2 Effect of different spice concentration on the physicochemical parameters, lipid and protein oxidation, and nitrite in bacon

组别	指标					
	水分含量(%)	pH	NaCl(%)	亚硝酸盐(mg/kg)	TBARS(mg MDA/kg)	羰基值(nmol/mg)
1 d						
对照	49.48±2.13 ^a	5.57±0.03 ^b	4.29±0.21 ^a	18.76±1.44 ^b	0.61±0.06 ^a	10.96±1.78 ^a
0.6%	51.36±2.02 ^a	5.47±0.02 ^a	4.33±0.19 ^a	11.33±0.98 ^a	0.65±0.12 ^a	10.53±1.05 ^a
1.2%	50.47±2.76 ^a	5.66±0.02 ^c	4.21±0.30 ^a	12.34±1.12 ^a	0.56±0.16 ^a	10.86±1.49 ^a
2.4%	49.66±1.76 ^a	5.67±0.03 ^c	4.17±0.19 ^a	17.86±1.33 ^b	0.62±0.14 ^a	9.72±1.26 ^a
120 d						
对照	46.87±1.78 ^a	5.36±0.04 ^a	4.38±0.22 ^a	4.57±0.55 ^c	1.06±0.19 ^b	16.12±1.14 ^{ab}
0.6%	47.65±1.12 ^a	5.32±0.04 ^a	4.41±0.18 ^a	3.17±0.29 ^b	0.90±0.24 ^{ab}	15.02±1.67 ^a
1.2%	48.14±2.04 ^a	5.49±0.08 ^b	4.33±0.20 ^a	4.32±0.31 ^c	0.67±0.10 ^a	16.34±1.46 ^{ab}
2.4%	47.32±1.69 ^a	5.57±0.07 ^b	4.29±0.14 ^a	1.93±0.20 ^a	0.73±0.10 ^a	20.03±3.30 ^b

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$); 表3~表6同。

或 2.4% 香料组的 pH 显著高于对照组($P < 0.05$)。这些差异可能是由于不同浓度的香料对腊肉中蛋白质分解和乳酸生成的综合影响。然而, 与对照组相比, 添加香料的样品在冷藏期间的 pH 下降较少, 表明香料抑制了部分乳酸的产生。Van 等^[6] 报道, 香菇副产品提取物可以显著降低香肠的 pH, 这可能与香菇中存在的多糖有关, 其可以促进乳酸菌的生长。

添加香料对腊肉含盐量无显著影响($P > 0.05$)。最终产品的含盐量在 4.5% 以内, 明显低于 Huang 等^[3] 和 Jin 等^[29] 报道的结果, 他们的研究表明四川烟熏腊肉和干腌培根中的盐含量分别高于 6% 和 5.7%。

2.3 腊肉亚硝酸盐残留

如表 2 所示, 第 1 d 添加香料组的亚硝酸盐残留量为 11.33、12.34、17.86 mg/kg, 均低于对照组的 18.76 mg/kg, 120 d 后添加香料组的亚硝酸盐残留量也低于对照组。表明添加的香料可以减少腊肉中的亚硝酸盐残留, 这与 Wang 等^[28] 在将茶多酚和葡萄籽提取物添加到干腌火腿中时得到的结果一致。在冷藏过程中, 亚硝酸盐含量均显著降低, 这可能是由于亚硝酸盐的分解或亚硝酸盐被酚羟基还原所致^[22]。

2.4 腊肉脂肪氧化

如表 2 所示, 冷藏开始时, 香料对样品的 TBARS 值没有显著影响($P > 0.05$), 而在 120 d 后, 添加 1.2% 和 2.4% 的两组香料的 TBARS 值为 0.67 和 0.73 mg MDA/kg, 显著低于对照组的 1.06 mg MDA/kg($P < 0.05$)。表明添加 1.2% 和 2.4% 的香料具有的抗氧化作用可以提高腊肉的脂肪氧化稳定性, 而许多研究人员已经报道了肉制品中香料的抗氧化作用^[15-16, 23]。

2.5 腊肉蛋白质氧化

在冷藏开始时, 各组之间的羰基值没有显著差异($P > 0.05$) (如表 2 所示)。在冷藏期间, 所有样品的羰基值都升高了。120 d 后, 添加 2.4% 香料的样品中羰基值高于其他组, 但与对照组没有显著差异($P > 0.05$), 表明添加香料不能抑制腊肉中蛋白质的氧化。相反, 当香料浓度增加到 2.4% 时, 可能会促进蛋白质氧化, 这可能是由于香料中的一些成分与蛋白质相

互作用, 当这些成分的浓度超过一定值时, 会促进蛋白质氧化^[30]。Armenteros 等^[23] 发现大蒜、肉桂、丁香和迷迭香精油的混合物可以抑制火腿中的蛋白质氧化, 这与本研究结果不一致, 这可能是因为他们的添加的总酚含量约为本研究的 10 倍, 或与香料的不同添加方式有关, 本研究中使用了水提取物, 而他们的研究中使用了精油。

2.6 腊肉色泽变化

香料对腊肉色泽的影响如表 3 所示。在冷藏开始时, 添加香料后, 腊肉的 L^* 值显著降低($P < 0.05$), 这可能是由于香料提取物颜色较深所致。冷藏 120 d 后, 所有样品的 L^* 值均降低, 添加香料的样品与对照组间的差异减小。添加香料也会降低腊肉的 a^* 值, 尤其是当香料浓度达到 1.2% 时, 差异显著($P < 0.05$)。120 d 后, 除含 2.4% 香料的样品外, 所有组的 a^* 值均降低, 但组间无显著差异($P > 0.05$)。各组样品间的 b^* 值没有显著差异($P > 0.05$), 120 d 后, b^* 值有一定程度的增加。因此, 虽然添加香料在初始阶段降低了腊肉的 L^* 和 a^* 值, 这对产品外观有一定的负面影响, 但与对照样品相比, 它可以抑制 120 d 冷藏期间产品 L^* 和 a^* 值的下降, 这可能与香料的抗氧化作用有关。

表 3 不同香料浓度对腊肉色泽的影响

Table 3 Effect of different spice concentration on the color parameters in bacon

组别	指标		
	L^*	a^*	b^*
1 d			
对照	40.2±4.6 ^b	19.3±3.2 ^c	6.5±1.2 ^a
0.6%	30.5±3.1 ^a	18.0±2.0 ^{bc}	5.7±1.4 ^a
1.2%	32.5±4.4 ^a	16.0±1.7 ^{ab}	6.0±1.6 ^a
2.4%	30.3±3.6 ^a	13.8±2.3 ^a	4.7±1.3 ^a
120 d			
对照	31.3±3.2 ^c	16.5±1.6 ^a	9.3±1.9 ^a
0.6%	27.2±2.4 ^{ab}	15.2±1.7 ^a	7.4±2.0 ^a
1.2%	30.3±3.3 ^{bc}	14.8±1.6 ^a	8.3±1.8 ^a
2.4%	25.5±3.1 ^a	16.7±3.0 ^a	8.3±1.9 ^a

Armenteros 等^[23] 报道称, 在火腿中添加大蒜、肉

桂、丁香和迷迭香精油后, L^* 降低, a^* 增加。Van 等^[6]发现, 添加香菇副产品提取物对香肠中的 L^* 和 a^* 值没有显著影响, 但可以增加 b^* 值。Almeida 等^[31]发现当添加量超过 0.5% 时, 嘉宝果果皮提取物显著降低了博洛尼亚型香肠中的 a^* 值, 在冷藏 35 d 期间, 对照组中 a^* 值显著降低, 而嘉宝果果皮提取物样品中未发现显著变化。Jung 等^[10]观察到, 添加葛根提取物后, 香肠中的 a^* 和 L^* 值降低, b^* 值升高。上述部分结果与本研究不一致, 这可能是由于产品配方、加工工艺、添加的外源物的抗氧化性能或颜色的差异引起的。

2.7 腊肉质构特性

表 4 显示了香料对腊肉质构的影响。冷藏开始时, 各组间质构指标无显著差异($P>0.05$)。冷藏 120 d, 除对照组的弹性外, 四组样品中的其他质构指标都有所增加, 这可能是由于水分含量降低所致。四组之间的弹性和内聚性没有显著差异($P>0.05$)。添加 1.2% 或 2.4% 的香料样品的硬度、黏性和咀嚼性显著低于对照组($P<0.05$), 这可能是由于对照样品中的水分含量和 pH 较低。低 pH 使肌原纤维蛋白更容易聚集, 导致凝胶的形成和硬度的增加^[32]。

表 4 不同香料浓度对腊肉质地的影响
Table 4 Effect of different spice concentration on the texture in bacon

组别	指标				
	硬度(kg)	弹性	内聚性	黏性(kg)	咀嚼性(kg)
1 d					
对照	5.23±0.73 ^a	0.86±0.06 ^a	0.64±0.05 ^a	3.34±0.68 ^a	2.88±0.70 ^a
0.6%	5.19±0.65 ^a	0.84±0.04 ^a	0.65±0.06 ^a	3.40±0.62 ^a	2.87±0.54 ^a
1.2%	5.43±0.48 ^a	0.83±0.05 ^a	0.62±0.06 ^a	3.37±0.42 ^a	2.80±0.43 ^a
2.4%	5.64±0.32 ^a	0.84±0.05 ^a	0.66±0.04 ^a	3.71±0.19 ^a	3.10±0.18 ^a
120 d					
对照	7.88±0.55 ^b	0.84±0.06 ^a	0.71±0.06 ^a	5.65±0.81 ^b	4.73±0.73 ^b
0.6%	7.45±0.44 ^b	0.88±0.05 ^a	0.68±0.04 ^a	5.10±0.41 ^b	4.46±0.41 ^b
1.2%	6.24±0.50 ^a	0.85±0.05 ^a	0.64±0.08 ^a	3.97±0.50 ^a	3.36±0.50 ^a
2.4%	6.33±0.53 ^a	0.89±0.05 ^a	0.67±0.06 ^a	4.26±0.50 ^a	3.78±0.44 ^a

Estévez 等^[33]研究表明添加迷迭香精油后, 法兰克福香肠的硬度、黏性和咀嚼性降低, 他们认为这与多酚对蛋白质氧化的抑制有关, 因为蛋白质的交联作用在氧化后会增加, 导致法兰克福香肠的硬度增加。然而, 在本文的研究中, 添加和不添加香料的样品之间蛋白质氧化没有显著差异。Van 等^[6]发现, 添加香菇副产品提取物后, 香肠的硬度在冷藏期间显著增加, 对内聚性、弹性、黏性和咀嚼性影响不大, 这与本研究的结论不一致。然而, 他们产品的硬度只有本研究的十分之一左右, 因此这两种产品之间没有可比性。

2.8 腊肉微生物分析

香料对腊肉中微生物的影响如表 5 所示, 腊肉中的微生物主要是乳酸菌。这与胡美忠等^[34]的研究一致, 他们发现腌腊肉的优势微生物是乳酸菌和葡萄球菌。邓展瑞等^[35]的研究也发现, 乳酸菌是低温储

存的真空包装肉制品中的主要微生物。除乳酸菌外, 腊肉中微生物其次是葡萄球菌、假单胞菌、霉菌和酵母菌以及大肠菌群。

表 5 不同香料浓度对腊肉中微生物的影响(log CFU/g)
Table 5 Effect of different spice concentration on the microbes in bacon (log CFU/g)

组别	指标					
	细菌总数	乳酸菌	霉菌和酵母菌	大肠杆菌	假单胞菌	葡萄球菌
1 d						
对照	5.08±0.27 ^c	4.73±0.23 ^c	2.36±0.23 ^{ab}	<1	2.38±0.21 ^b	3.95±0.38 ^b
0.6%	4.67±0.24 ^{bc}	4.37±0.32 ^{bc}	2.60±0.23 ^b	<1	2.18±0.18 ^b	3.78±0.26 ^b
1.2%	4.27±0.26 ^{ab}	3.98±0.30 ^{ab}	1.82±0.53 ^a	<1	1.45±0.16 ^a	3.16±0.24 ^a
2.4%	4.12±0.22 ^a	3.81±0.27 ^a	1.77±0.31 ^a	<1	1.53±0.14 ^a	3.09±0.38 ^a
120 d						
对照	6.93±0.35 ^b	6.81±0.29 ^b	3.55±0.24 ^a	2.28±0.27 ^a	3.75±0.43 ^b	5.57±0.31 ^b
0.6%	6.38±0.25 ^{ab}	6.19±0.20 ^{ab}	3.78±0.33 ^a	2.21±0.24 ^a	3.49±0.17 ^{bc}	5.22±0.30 ^{ab}
1.2%	5.76±0.36 ^a	5.63±0.33 ^a	3.32±0.30 ^a	1.78±0.45 ^a	2.78±0.36 ^a	4.92±0.33 ^a
2.4%	5.83±0.45 ^a	5.75±0.47 ^a	3.47±0.41 ^a	1.67±0.28 ^a	2.94±0.18 ^{ab}	4.86±0.32 ^a

低大肠菌群表明本研究中腊肉的初始卫生条件良好。在腌制和熏制过程中加入一定量的香料后, 所有微生物都受到了一定程度的抑制, 尤其是当香料浓度为 1.2% 或 2.4% 时, 细菌总数、乳酸菌、假单胞菌和葡萄球菌在冷藏初期显著低于对照组($P<0.05$), 霉菌和酵母菌也有所减少, 但差异不显著($P>0.05$)。冷藏 120 d 后, 每种微生物的数量明显增加。香料含量为 1.2% 和 2.4% 的样品中微生物均低于对照样品, 但酵母菌和大肠菌群的差异不显著($P>0.05$)。因此, 香料在冷藏过程中对微生物的抑制主要针对乳酸菌、假单胞菌和葡萄球菌。Shan 等^[36]研究了 46 种香料和草药的抗菌性能, 发现对革兰氏阳性菌的抗菌效果更好。结果与本文的结果一致, 但本研究中使用的香料对革兰氏阴性假单胞菌也有良好的抑制作用。Wang 等^[28]报道, 葡萄籽提取物中的多酚或茶多酚对于腌腊肉中的乳酸菌没有显著抑制作用, 而对大肠菌群、假单胞菌、酵母菌等其他微生物的抑制作用显著。而在本研究中, 香料对乳酸菌的抑制作用明显, 这可能与加工方式不同有关, 本研究通过注射和烟熏将香料添加到腊肉中, 而在他们的研究中, 将多酚溶液应用到样品表面。对于不同浓度的香料, 0.6% 香料的抑制作用有限, 而当香料含量为 1.2% 或 2.4% 时, 抑制作用明显且效果相同。

2.9 腊肉感官评价

从感官评价结果(如表 6 所示)可以看出, 添加 2.4% 香料样品的色泽显著低于对照组($P<0.05$), 这可能是由于香料提取物的颜色较深, 因此结合到前面的色泽测定可以判定添加 2.4% 香料确实对产品的颜色有较大的负面影响。冷藏初期各组间其他四种感官特性无显著差异($P>0.05$)。Lorenzo 等^[37]发现在香肠中添加葡萄籽或栗子提取物对产品的颜色有轻微的负面影响。刘文营等^[8]的研究表明, 腊肉的色泽受添加物影响较大。经过 120 d 的冷藏, 对照组的

综合可接受性降低了 1.3 分, 其四项指标均明显下降, 而添加香料的样品在冷藏过程中得分仅略有下降, 表明添加香料可以很好地保持腊肉在 120 d 冷藏过程中的感官品质, 这可能与香料的香气和味道与腊肉能很好地融合有关, 另外香料可以掩盖脂肪氧化引起的异味^[38]。Ba 等^[39] 报道, 在 40 d 的冷藏期间添加香菇副产品提取物可以显著改善香肠的感官质量, 这可能与香菇中的风味和增强口感有关, 结合本文的研究结果, 表明一些外源性添加物不仅可以提高肉制品的安全性, 而且可以改善肉制品的感官质量。

表 6 不同香料浓度对腊肉感官品质的影响

Table 6 Effect of different spice concentration on the sensory quality in bacon

组别	指标				
	色泽	质地	气味	味道	整体评分
1 d					
对照	6.80±0.79 ^b	6.60±0.70 ^a	6.70±0.82 ^a	6.50±0.71 ^a	6.60±0.70 ^a
0.6%	6.60±0.84 ^b	6.20±0.63 ^a	6.40±0.70 ^a	6.30±0.68 ^a	6.40±0.84 ^a
1.2%	6.30±0.82 ^{ab}	6.30±0.68 ^a	6.30±0.68 ^a	6.20±0.42 ^a	6.30±0.92 ^a
2.4%	5.70±0.68 ^a	6.50±0.53 ^a	6.60±0.70 ^a	6.20±0.63 ^a	6.10±0.88 ^a
120 d					
对照	5.80±0.63 ^b	6.00±0.82 ^a	5.70±0.67 ^a	5.20±0.63 ^a	5.30±0.67 ^a
0.6%	6.10±0.74 ^b	6.50±0.53 ^a	6.20±0.63 ^{ab}	5.90±0.74 ^b	6.00±0.47 ^b
1.2%	5.70±0.48 ^{ab}	6.30±0.82 ^a	6.80±0.63 ^b	6.40±0.52 ^b	6.10±0.57 ^b
2.4%	5.20±0.63 ^a	6.40±0.70 ^a	6.70±0.67 ^b	6.10±0.57 ^b	5.90±0.57 ^b

2.10 APLSR 分析

APLSR 分析的效果如图 1 所示。X 轴代表冷藏时间(1 d、120 d)和香料浓度(对照、0.6%、1.2%、2.4%), Y 轴代表理化性质(NaCl、Moisture acceptability、pH)、脂肪氧化(TBARS)和蛋白质氧化(Carbonyl)、亚硝酸盐(Nitrite)、颜色(Color)、质构(Texture、Springiness、Cohesion、Hardness、Gumminess)、微生物(Staphylococcus、APC、Pseudomonas)和感官指标(Taste、Aroma)。PC1 和 PC2 分别代表了 Y 变量的 61% 和 22%, 总量达 80% 以上。Y 指标大多数位于 $r^2=0.5$ (内圆)和 $r^2=1.0$ (外圆)之间, 说明能较好地解释不同香料浓度对腊肉品质的影响。

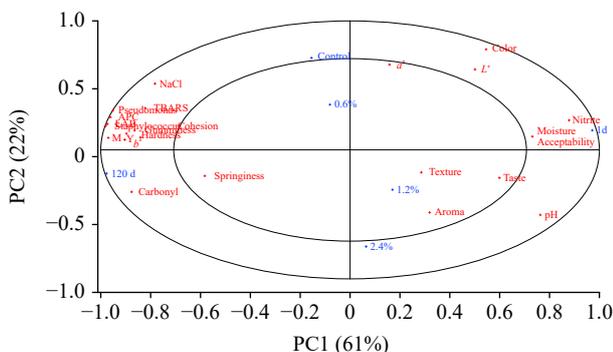


图 1 第 1、2 主成分(PCs)的 APLSR 分析加载图

Fig.1 The APLSR correlation loading plot for the first two principal components (PCs)

第 1 d 和第 120 d 样品间的差异主要反映在 PC1

中, 效果图右侧的 Y 变量随着冷藏时间的增加而减少, 如亚硝酸盐残留、水分含量、感官评分、pH、 L^* 和 a^* 值。而效果图左侧的 Y 变量随着冷藏的增加而增加。不同香料浓度的样品通过 PC2 进行区分, 对照样接近于含有 0.6% 香料的样品, 位于效果图的上部, 而含有 1.2% 和 2.4% 香料的样品聚集在一起, 分布在效果图的下部。从图 1 可以看出, 香料含量为 1.2% 和 2.4% 的样品在 PC2 中的一些感官指标非常接近, 如香气、味道和质构, 表明添加 1.2% 及以上的香料可以改善腊肉的感官品质。然而, 这两种处理方式在 PC2 上都远离色泽指标, 表明香料浓度过高确实对腊肉的颜色有一定的负面影响。此外, 无论是在第一主成分还是第二主成分中, 香料含量为 1.2% 或 2.4% 的样品与微生物和脂肪氧化指标呈负相关, 进一步表明这两组中的微生物生长和脂肪氧化受到抑制。

3 结论

在中国传统烟熏腊肉的腌制和烟熏过程中加入一定量的中国传统香料(等比例的花椒、八角、香叶、茴香、肉桂和丁香), 在 120 d 的冷藏过程中当香料总浓度为 1.2% 或 2.4% 时, 香料组的 pH 显著高于对照组、亚硝酸盐含量明显降低、微生物均低于对照样品。表明香料可以起到显著的抗氧化和抗菌作用, 从而使腊肉具有更好的质地和感官质量。考虑到添加 1.2% 和 2.4% 的香料具有相似的抗氧化和抗菌作用, 而后者对腊肉的颜色、感官和蛋白质氧化有一定的负面影响, 因此添加香料的最佳浓度为 1.2%。本研究为添加了香辛料的低盐高水分腊肉及其他类似腌腊制品的开发奠定了理论基础。

参考文献

[1] 毛永强, 负建民, 赵风云, 等. 二次接种时间对腊肉挥发性风味的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(2): 285-293. [MAO Y Q, YUN J M, ZHAO F Y, et al. Effect of second inoculation time on the volatile flavor of fermented dry-cured meat[J]. Food Science, 2022, 43(2): 285-293.]

[2] GUO X, HUANG F, ZHANG H. Classification of traditional Chinese pork bacon based on physicochemical properties and chemometric techniques[J]. Meat Science, 2016, 117: 182-186.

[3] HUANG Y, LI H, HUANG T. Lipolysis and lipid oxidation during processing of Chinese traditional smoke-cured bacon[J]. Food Chemistry, 2014, 149: 31-39.

[4] 聂黔丽, 王修俊, 周雯, 等. 低钠复合盐腌制对苗岭腊肉品质的影响[J]. 包装工程, 2021, 42(19): 114-121. [NIE Q L, WANG X J, ZHOU W, et al. Effect of low-sodium compound salt curing on the quality of Miaoling bacon[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(19): 114-121.]

[5] 柴子惠, 李洪军, 李少博, 等. 低盐腊肉贮藏期间菌相和理化性质的变化[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 201-206. [CHAI Z H, LI H J, LI S B, et al. Microbial, physical and chemical changes of low-salt Chinese bacon during storage[J]. Food Science, 2019, 40(11): 201-206.]

[6] VAN B, HOA S, HYUN-WOO C, et al. Antioxidant and anti-foodborne bacteria activities of shiitake by-product extract in fermented sausages[J]. Food Control, 2016: 70201-209.

- [7] 李贞明, 余苗, 崔艺燕, 等. 柑橘提取物对黄羽肉鸡器官指数、屠宰性能、肉品质和肌肉抗氧化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(8): 3794-3800. [LI Z M, YU M, CUI Y Y, et al. Effects of citrus extract on organ indices, slaughter performance, meat quality and muscle antioxidant indices of Yellow-Feather Broilers[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(8): 3794-3800.]
- [8] 刘文营, 李享, 成晓瑜. 添加西兰花种子水提物改善腊肉色泽和风味提高抗氧化性[J]. 农业工程学报, 2018, 34(21): 288-294. [LIU W Y, LI X, CHENG X Y. Addition of *Brassica oleracea* L. seed water extract improving colour, flavour and anti-oxidation of cantonese cured meat[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(21): 288-294.]
- [9] 侯芹, 李书文, 王艳, 等. 花椒提取物对调理猪肉饼冷藏期间品质的影响研究[J]. 食品工业科技, 2018, 39(10): 285-291, 297. [HOU Q, LI S W, WANG Y, et al. Effects of zanthoxylum bungeanum extract oil the quality of prepared pork patties during chilled storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(10): 285-291, 297.]
- [10] JUNG E Y, YUN I R, GO G W. Effects of radix puerariae extracts on physicochemical and sensory quality of precooked pork sausage during cold storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46(2): 556-562.
- [11] 周毅, 陈程, 彭越, 等. 姜黄对猪肉抗氧化的作用研究[J]. 肉类工业, 2021(7): 26-28. [ZHOU Y, CHEN C, PENG Y, et al. Research on antioxidant effect of turmeric on pork[J]. Meat Industry, 2021(7): 26-28.]
- [12] 冯平, 孙旺斌, 张骞, 等. 枣粉对陕北白绒山羊肉抗氧化性能的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(11): 310-317. [FENG P, SUN W B, ZHANG Q, et al. Effects of jujube powder on the antioxidant capability of north Shaanxi white cashmere goat meat[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(11): 310-317.]
- [13] 陈冰, 杨继华, 曹俊明, 等. 桑叶黄酮对吉富罗非鱼肌肉抗氧化指标及营养组成的影响[J]. 淡水渔业, 2018, 48(3): 90-95. [CHEN B, YANG J H, CAO J M, et al. Effects of dietary mulberry leaf flavonoids on muscle antioxidant indices and nutritional compositions of GIFT, *Oreochromis niloticus*[J]. Freshwater Fisheries, 2018, 48(3): 90-95.]
- [14] 杨轶滢, 崔伟伟, 王卫, 等. 香辛料提取物及其在肉制品抑菌防腐中的应用进展[J]. 现代食品科技, 2022, 38(3): 314-327. [YANG Y X, CUI Z W, WANG W, et al. Spice extracts and their application of antimicrobial and preservation activities in meat products[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(3): 314-327.]
- [15] JAYATHILAKAN K, SHARMA G K, RADHAKRISHNA K. Antioxidant potential of synthetic and natural antioxidants and its effect on warmed-over-flavour in different species of meat[J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 908-916.
- [16] 李霞, 刘尚军, 郭萌萌. 天然辛香料对桐柏豆腐防腐保鲜效果的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2020, 41(1): 78-83. [LI X, LIU S J, GUO M M. Study on fresh-keeping effects of natural spices on Tongbai Doujin[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2020, 41(1): 78-83.]
- [17] KONG B, WANG J, XIONG Y L. Antimicrobial activity of several herb and spice extracts in culture medium and in vacuum-packaged pork[J]. J Food Prot, 2007, 70(3): 641-647.
- [18] ZHANG H, KONG B, XIONG Y L. Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C[J]. Meat Science, 2009, 81(4): 686-692.
- [19] FILIPA S R, ANABELA M, LILLIAN B. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: A comparative study between *in vivo* and *in vitro* samples[J]. Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research, 2012, 50(5): 1201-1207.
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 5009.3-2016 Determination of moisture in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.44-2016 食品安全国家标准 食品中氯化物的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 5009.44-2016 Determination of chloride in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [22] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.181-2016 食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [National Health and Family Planning Commission of PRC. GB 5009.181-2016 Determination of malondialdehyde in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [23] ARMENTEROS M, MORCUENDE D, VENTANAS J. The application of natural antioxidants via brine injection protects Iberian cooked hams against lipid and protein oxidation[J]. Meat Science, 2016, 116: 253-259.
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.33-2016 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [National Health and Family Planning Commission of PRC. G5009.33-2016 Determination of nitrite and nitrate in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [25] 张云齐, 云周苗, 朱美淋, 等. 毛竹叶浸提浓缩液结合竹笋烟熏对腊肉风味品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(12): 123-130. [ZHANG Y Q, YUN Z M, ZHU M L, et al. Effect of moso bamboo leaf extracts combined with bamboo stalk smoking on the flavor of bacon[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(12): 123-130.]
- [26] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 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, 2016. [National Health and Family Planning Commission of PRC. GB/T 22210-2008 Specification for sensory evaluation of meat and meat products[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [27] 石雪萍, 吴亮亮, 高鹏, 等. 20种食用辛香料抗氧化性及其与黄酮和多酚的相关性研究[J]. 食品科学, 2011, 32(5): 83-86. [SHI X P, WU L L, GAO P, et al. Ethanol extracts from twenty edible spices: Antioxidant activity and its correlations with total flavonoids and total phenols contents[J]. Food Science, 2011, 32(5): 83-86.]
- [28] WANG Y, LIF, ZHUANG H. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon[J]. Food Science and Technology, 2015, 60(1): 199-206.
- [29] JIN G, ZHANG J, XIANG Y. Lipolysis and lipid oxidation in bacon during curing and drying-ripening[J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 465-471.
- [30] 曹云刚. 植物多酚对肉蛋白氧化稳定性和功能特性的影响机理及应用[D]. 无锡: 江南大学, 2016. [CAO Y G. Effect of plant-derived polyphenols on oxidative stability and functional prop-

- erties of meat proteins: Mechanism and application[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.]
- [31] ALMEIDA P L D, LIMA S N D, COSTA L L. Effect of jaboticaba peel extract on lipid oxidation, microbial stability and sensory properties of Bologna-type sausages during refrigerated storage[J]. *Meat Science*, 2015, 110: 9–14.
- [32] 费英, 韩敏义, 杨凌寒, 等. pH 对肌原纤维蛋白二级结构及其热诱导凝胶特性的影响[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(1): 164–170. [FEI Y, HAN M Y, YANG L H, et al. Studies on the secondary structure and heat-induced gelation of pork myofibrillar proteins as affected by pH[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(1): 164–170.]
- [33] ESTÉVEZ M, VENTANAS S, CAVA R. Protein oxidation in frankfurters with increasing levels of added rosemary essential oil: Effect on color and texture deterioration[J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(7): 427–432.
- [34] 胡美忠, 郁建生, 郁建平. 腌腊肉中优良乳酸菌的筛选鉴定及初步应用[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(8): 152–158. [HU M Z, YU J S, YU J P. Screening and identification of lactic acid bacteria from Chinese bacon and preliminary application[J]. *Food Research and Development*, 2018, 39(8): 152–158.]
- [35] 邓展瑞, 负建民, 郭娟, 等. 陇西腊肉加工过程中优势乳酸菌的分离及其发酵性能研究[J]. *生物技术进展*, 2019, 9(2): 200–209. [DENG Z R, YUN J M, GUO J, et al. Study on isolation and fermentation performance of dominant lactic acid bacteria during the processing of Longxi bacon[J]. *Current Biotechnology*, 2019, 9(2): 200–209.]
- [36] SHAN B, CAI Y, BROOKS J. The *in vitro* antibacterial activity of medicinal herb and dietary spice extracts (abstract)[C]// 2006.
- [37] LORENZO J M, RM GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M SÁNCHEZ. Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage "chorizo"[J]. *Food Research International*, 2013, 54(1): 611–620.
- [38] 袁军, 郝武斌, 杨肖, 等. 天然香辛料对热反应牛肉调味基料风味的影响[J]. *中国食品添加剂*, 2019, 30(9): 140–144. [YUAN J, HAO W B, YANG X, et al. The effects of spices on the flavor of beef seasoning prepared by thermal reaction[J]. *China Food Additives*, 2019, 30(9): 140–144.]
- [39] BA H V, SEO H W, CHO S H. Effects of extraction methods of shiitake by-products on their antioxidant and antimicrobial activities in fermented sausages during storage[J]. *Food Control*, 2017, 79: 109–118.