

3种天然抗氧化剂对腊肉理化性质的影响

刘光宪¹, 王丽^{1*}, 李雪¹, 程文龙¹, 何雪平², 张晓², 张鸿³, 曾建华³

(1. 江西省农业科学院农产品加工研究所, 南昌 330200; 2. 瑞昌市溢香农产品有限公司, 九江 332000;
3. 南昌富泰力诺检测应用系统有限公司, 南昌 330200)

摘要: **目的** 比较儿茶素、迷迭香酸、茶多酚3种天然抗氧化剂的不同添加量(0.075、0.15、0.3 g/kg)对腊肉过氧化值、菌落总数、pH、水分含量、质构、色泽等理化性质的影响。**方法** 腊肉的pH、水分含量、过氧化值、菌落总数均按照国家标准测定, 腊肉的质构和色泽参照文献方法进行测定。**结果** 0.15 g/kg迷迭香酸、0.3 g/kg迷迭香酸和0.15 g/kg儿茶素处理组的抗氧化性能最佳, 0.075 g/kg茶多酚处理组的抑菌效果最佳; 0.075 g/kg儿茶素处理组的水分含量最高; 0.075 g/kg儿茶素处理组的 L^* 值和 a^* 值最大。**结论** 3种天然抗氧化剂的添加能减缓腊肉脂肪的氧化, 具有明显的抑菌作用, 且对腊肉的水分含量、色泽和质构有着积极的影响, 在一定程度上改善了产品品质。

关键词: 腊肉; 儿茶素; 迷迭香酸; 茶多酚

Effects of 3 kinds of natural antioxidants on physicochemical properties of Chinese cured meat

LIU Guang-Xian¹, WANG Li^{1*}, LI Xue¹, CHENG Wen-Long¹, HE Xue-Ping², ZHANG Xiao²,
ZHANG Hong³, ZENG Jian-Hua³

(1. Institute of Agricultural Processing Jiangxi Academy of Agricultural Science, Nanchang 330200, China; 2. Ruichang Yixiang Agricultural Products Limited, Jiujiang 332000, China; 3. Nanchang Futailinol Detection and Application System Products Limited, Nanchang 330200, China)

ABSTRACT: Objective To compare the effects of catechin, rosmarinic acid and tea polyphenols with different amounts (0.075, 0.15 and 0.3 g/kg) on the physical and chemical properties such as peroxide value, total number of colonies, pH, moisture content, texture, color of Chinese cured meat. **Methods** The pH, moisture content, peroxide value, and total number of colonies of Chinese cured meat were determined in accordance with the national standard. The texture and color of Chinese cured meat were determined with reference to the literature method. **Results** The antioxidant activity of 0.15 g/kg rosmarinic acid, 0.3 g/kg rosmarinic acid and 0.15 g/kg catechin groups were the best, 0.075 g/kg tea polyphenol treatment group had the best bacteriostatic effect. The moisture content of 0.075 g/kg catechin treatment group was the highest, the L^* and a^* values of 0.075 g/kg catechin treatment group were the maximum. **Conclusion** The addition of 3 kinds of natural antioxidants can slow down the oxidation of fat in

基金项目: 江西省农科院创新基金博士启动项目(2019CBS001)、江西省重点研发计划项目(20202BBFL63038)、江西现代农业科研协同创新专项项目(JXXTCXQN201905、JXXTCX202003)、江西省杰出青年人才资助计划项目(20192BCBL2306)

Fund: Supported by the Doctoral Program of Jiangxi Academy of Agricultural Sciences (2019CBS001), Key Research and Development Projects of Jiangxi Province (20202BBFL63038), Jiangxi Modern Agricultural Scientific Research Collaborative Innovation Special Project (JXXTCXQN201905, JXXTCX202003), and the Outstanding Young Talents Funding Program of Jiangxi Province (20192BCBL2306)

***通信作者:** 王丽, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为肉品加工。E-mail: 294641397@qq.com

***Corresponding author:** WANG Li, Master, Assistant Professor, Institute of Agricultural Processing Jiangxi Academy of Agricultural Science, Nanchang 330200, China. E-mail: 294641397@qq.com

Chinese cured meat, have obvious antibacterial effect, and have a positive effect on the moisture content, color and texture of Chinese cured meat, which improves the product quality to a certain extent.

KEY WORDS: Chinese cured meat; catechin; rosmarinic acid; tea polyphenols

0 引言

腊肉因在腊月加工制作而得名,是我国传统肉制品的杰出代表之一,凭借浓厚的文化底蕴和独特的腊香味而成为一种饮食文化符号^[1]。腊肉具有易加工、色泽浓郁、风味独特、开胃驱寒等特点,备受消费者青睐。但腊肉制品易出现氧化酸败、霉变、货架期短等问题,从而严重制约腊肉制品的销售半径及市场影响力^[2]。天然抗氧化剂相对于人工合成的抗氧化剂具有抗氧化性能高、安全、防腐保鲜等特征,被广泛应用于肉制品加工领域^[3]。酚类物质主要通过其所携带的 H^+ 与自由基结合,使之还原成相对稳定的自由基或惰性化合物,从而起到抗氧化作用^[4-5]。茶多酚是一类活性较高的多酚类化合物,LI 等^[6]研究发现其抗氧化性能优于维生素 E 和抗坏血酸,且其抗氧化能力是抗坏血酸的 100 倍。研究表明迷迭香酸提取物能有效提高调理鸡排和鸡胸肉饼在贮藏过程中 a^* 值的稳定性,且能缓解脂肪氧化速率^[7-8]。迷迭香酸^[9-11]和茶多酚^[10-12]对冷藏鱼肉、冷鲜猪肉和冷却兔肉具有抑菌、减缓氧化变质及稳定肉色的作用。研究发现不同的香辛料精油^[13]、牛至精油^[14]对熟制鸡胸肉和火腿均表现出良好的抑菌作用,能有效延长产品保质期,这是因为植物精油中酚类化合物的羟基对抗菌活性有着重要作用。综上所述,天然抗氧化剂在肉制品的运用多数集中于冷鲜肉、半成品肉制品和成品肉制品等,但比较不同天然抗氧化剂添加量对腊肉品质影响的研究报道较少。

本研究以腊肉为研究对象,比较儿茶素、迷迭香酸、茶多酚 3 种天然抗氧化剂的不同添加量(0.075、0.15、0.3 g/kg)对腊肉 pH、水分含量、过氧化值(peroxide value, POV)、色泽、质构、菌落总数、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的影响,为天然抗氧化剂在腊肉生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

猪五花肉、食盐、白酒购自南昌市华润万家超市。

儿茶素(食品级,纯度 95%,湖南金农生物股份有限公司);迷迭香酸(食品级,纯度 95%)、茶多酚(食品级,纯度 98%)(浙江一诺生物科技有限公司);石油醚、三氯甲烷、冰乙酸、碘化钾、硫代硫酸钠、可溶性淀粉、三氯乙酸(分析纯,上海麦克林生化科技有限公司);亚铁氰化钾、对氨

基苯磺酸、盐酸萘乙二胺、硼酸钠、乙酸锌、亚硝酸钠标准溶液(分析纯,纯度 99.99%,郑州派尼化学试剂厂);琼脂、蛋白胨、葡萄糖、乳糖、酵母膏(分析纯,北京陆桥技术股份有限公司)。

雷磁 PHS-3C pH 计(上海精密科学仪器有限公司);TA.new plus 质构仪(美国 ISENSO 公司);WSC-S 色差计(上海仪电物理光学仪器有限公司);PR124ZH/E 电子天平(奥豪斯仪器常州有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 腊肉制作流程

取新鲜的猪五花肉切条修整成大小均一,质量约 250 g。随机分 4 组,每组肉重 1500 g,以修整好的五花肉为基质,分别称取质量浓度为 0.075、0.15、0.3 g/kg 的儿茶素、迷迭香酸和茶多酚,与 8%炒干水的食盐混合,待用。在肉块表面喷洒白酒,将食盐及不同浓度的天然抗氧化剂均匀涂抹于肉块表面,以未添加天然抗氧化剂的腊肉作对照。分别放入腌制罐中,隔天上下翻动 1 次,冬至后腌制 7 d。将腌制好的肉置于自然条件下(温度 10 °C,湿度 56%)晾晒 20 d,成品腊肉真空包装,室温下贮存 180 d。

1.2.2 pH 的测定

pH 的测定参照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》执行,每个样品平行测定 3 次。

1.2.3 水分的测定

水分的测定参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法测定,每个样品平行测定 6 次。

1.2.4 过氧化值的测定

POV 的测定参照 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中的滴定法测定。评价标准参考 GB 2730—2015《食品安全国家标准 腌腊肉制品》(腊肉制品的过氧化值 ≤ 0.5 g/100 g),每个样品平行测定 3 次。

1.2.5 色泽的测定

参考罗青雯等^[15]的方法,将不同的腊肉样品切成小圆片,用色差仪进行测定,并记录各腊肉样品的 L^* 值(亮度)、 a^* 值(红度)、 b^* 值(黄度),每个样品平行测定 6 次。

1.2.6 质构的测定

质构测定参考柴子惠等^[16]的方法,每个样品平行测定 6 次。

1.2.7 菌落总数、金黄色葡萄球菌和大肠菌群的测定

菌落总数的测定参照 GB 4789.2—2016《食品安全国

家标准《食品微生物学检验 菌落总数测定》执行。大肠菌群的测定参照 GB 4789.3—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》中的平板计数法。金黄色葡萄球菌的测定参照 GB 4789.10—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验》中的平板计数法。评价标准参照 T/GZSX 028—2018《贵州食品工业协会团体标准 腌腊肉熟制品》，每个样品平行测定 6 次。

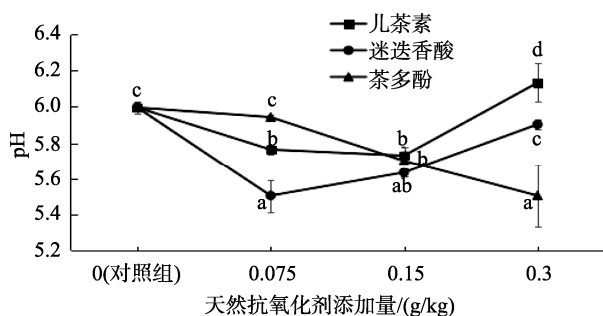
1.3 数据分析与处理

用 Excel 2010 软件进行图表分析, SPSS 18.0 软件对试验数据进行显著性分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 天然抗氧化剂添加量对 pH 的影响

pH 是评价肉制品品质的重要指标之一, pH 较低会抑制肉制品中酶类的活性, 并对肉制品的色泽、风味、口感等产生显著影响^[17]。由图 1 可知, 腊肉的 pH 随着儿茶素和迷迭香酸的添加量增加呈先下降后上升趋势, 而茶多酚处理组呈下降趋势。对照组 pH (6.00) 与 0.075 g/kg 茶多酚、0.3 g/kg 迷迭香酸处理组差异不显著($P>0.05$), 但与其他处理组均存在显著性差异($P<0.05$)。有研究表明天然抗氧化剂对意大利发酵香肠^[18]、熟羊肉块^[19]的 pH 影响不显著。这可能与天然抗氧化剂的种类、添加量、添加方式及用于肉制品的种类等因素有关。



注: 图中字母不同, 表示差异显著($P<0.05$), 下同。

图 1 不同添加量的天然抗氧化剂对腊肉 pH 的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of natural antioxidants with different dosage on pH of Chinese cured meat ($n=3$)

2.2 抗氧化剂添加量对水分含量的影响

水分是参与部分生化反应及微生物代谢活动的介质, 水分含量对腊肉制品的色泽、肉质嫩度、微生物数量等有着重要的影响^[20]。由图 2 可知, 对照组的水分含量(8.95%)除与 0.15、0.3 g/kg 儿茶素之间无显著性差异外($P>0.05$), 与其他处理组均存在显著性差异($P<0.05$)。其中, 0.075 g/kg 儿茶素、0.15 g/kg 茶多酚处理组的水分含量最高, 分别为 28.80%、17.94%。这可能与添加一定浓度的儿茶素与茶多

酚能减少腊肉制品中蛋白质之间的交联有关, 另外, 天然抗氧化剂的酚羟基与腊肉中的水分相结合形成氢键, 从而提高持水性^[21-22]。

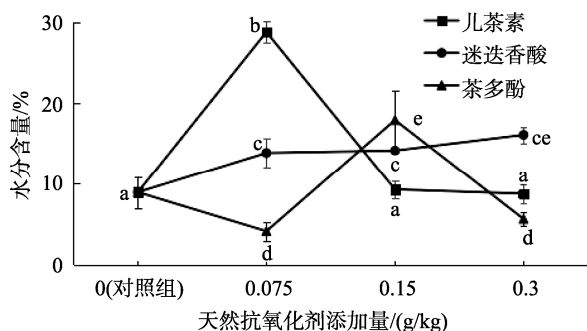


图 2 不同添加量的天然抗氧化剂对腊肉水分含量的影响($n=6$)

Fig.2 Effects of natural antioxidants with different dosage on moisture content of Chinese cured meat ($n=6$)

2.3 天然抗氧化剂添加量对 POV 值的影响

POV 是反应肉制品中脂肪初级氧化程度的重要参数, POV 值越高则表明氧化程度越大^[12]。天然抗氧化剂主要是通过消耗脂肪中活性氧自由基、螯合金属离子催化剂、降低氧气浓度等途径, 来抑制或减缓肉制品中脂肪的氧化^[23]。

由图 3 可知, 对照组的 POV 值为 0.627 g/100 g, 超过 GB 2730—2015 标准(≤ 0.5 g/100 g)。各处理组的 POV 值显著低于对照组($P<0.05$), 且低于 GB 2730—2015 标准值。因此, 儿茶素、迷迭香酸和茶多酚能够有效缓解肉制品中脂肪氧化进程, 该研究结果与 VITAL 等^[24]、AKCAN 等^[25]的研究结果一致。结果显示, 迷迭香酸的抗氧化效果优于儿茶素和茶多酚, 这可能与迷迭香酸具有较强稳定性及溶解性有关, 迷迭香酸属于脂溶性天然抗氧化剂, 比水溶性的儿茶素和茶多酚能有效地减缓腊肉脂肪的氧化进行^[26]; 其中 0.15 g/kg 迷迭香酸、0.3 g/kg 迷迭香酸和 0.15 g/kg 儿茶素处理组的抗氧化性能最佳。

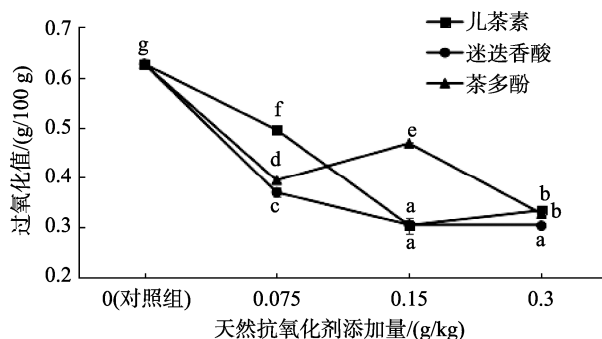


图 3 不同添加量的天然抗氧化剂对腊肉 POV 的影响($n=3$)

Fig.3 Effects of natural antioxidants with different dosage on POV of Chinese cured meat ($n=3$)

2.4 天然抗氧化剂添加量对色泽的影响

研究表明肉制品的色泽受原料肉品种^[27-28]、添加辅料类型^[29]、加工过程^[16]及不同的加工处理方式^[30]等因素影响。*L**值是评价肉制品感官品质的重要指标之一,其数值越高则代表该肉制品的颜色越亮。*a**值表示肉制品的红色,其值越高,则肉制品的红色越大。

由表 1 可知,各处理组的 *L**值显著高于对照组。0.3 g/kg 迷迭香酸、0.15 g/kg 茶多酚、0.3 g/kg 茶多酚处理组的 *a**值与对照组无显著性差异($P>0.05$),其余处理组的 *a**值均显著高于对照组。对照组的 *b**值与 0.3 g/kg 儿茶素、0.075 g/kg 迷迭香酸、0.3 g/kg 迷迭香酸处理组无显著性差异($P>0.05$),与其他处理组均存在显著性差异($P<0.05$)。结果表明,添加不同浓度儿茶素、迷迭香酸和茶多酚对腊肉的色泽产生了不同的影响,与 BOWSER 等^[31]、刘芝君等^[32]研究结果一致。肉制品的色泽不仅与肌红蛋白、血红蛋白的化学状态有关,还与肉制品中脂肪氧化程度有很大的关联。如图 3 结果显示,儿茶素、迷迭香酸和茶多酚能有效抑制腊肉中脂肪氧化,从而经天然抗氧化剂处理的腊肉样品能保持较好的红色与亮度。其中,0.075 g/kg 儿茶素处理组的 *L**值和 *a**值最大,这可能与该样品中水分含量最高有关,因为水分含量对色泽的影响较大。

2.5 天然抗氧化剂添加量对质构的影响

质构是反映腊肉品质的重要指标之一,其与腊肉样品的组织状态、结构等具有相关性^[33]。为此,以硬度、弹性、内聚性及咀嚼性为物性指标,分析不同添加量的天然

抗氧化剂对腊肉质构的影响。

由表 2 可知,对照组的硬度和咀嚼性显著高于各处理组;对照组的弹性与各处理组差异不显著($P>0.05$);对照组的内聚性与 0.15 g/kg 儿茶素、0.15 g/kg 迷迭香酸、0.3 g/kg 迷迭香酸、0.3 g/kg 茶多酚处理组差异不显著($P>0.05$),与其他处理组差异显著($P<0.05$),且对照组的内聚性值最大。由此说明天然抗氧化剂对腊肉的质构有一定的影响,这与苏晓琴等^[10]、蒋栋磊等^[22]研究结果一致。经天然抗氧化剂处理后,腊肉的硬度、咀嚼性显著下降,这可能是由于一方面天然抗氧化的酚羟基与腊肉中的水分相结合形成氢键,提高腊肉持水性;另一方面,天然抗氧化剂能有效减缓腊肉的脂肪氧化,保持腊肉肌纤维膜的完整性,减少水分流失^[34],从而改善腊肉的硬度及咀嚼性。

2.6 天然抗氧化剂添加量对菌落总数的影响

由图 4 可知,所有试验组菌落总数均没有超过 T/GZSX 028—2018 标准[≤ 51 g(CFU/g)]。各处理组的菌落总数显著低于对照组($P<0.05$),表明儿茶素、迷迭香酸、茶多酚 3 种天然抗氧化剂对腊肉有着明显的抑菌作用,这与它们含有酚类二萜活性部位有关,可以通过干扰细菌细胞膜完整性或渗透性,起到抑菌效果^[35]。其中,0.075 g/kg 茶多酚处理组的抑菌效果最佳;0.075 g/kg 儿茶素处理组的抑菌效果最低,这可能与该处理组的水分含量最高有关,高水分含量有利于微生物的生长。所有样品均未检测出大肠杆菌和金黄色葡萄球菌。

表 1 不同添加量的天然抗氧化剂对腊肉色泽的影响($n=6$)
Table 1 Effects of natural antioxidants with different dosage on colour parameters of Chinese cured meat ($n=6$)

处理方式	指标		
	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
对照组	47.23±2.18 ^a	4.53±0.34 ^a	10.33±0.38 ^a
0.075 g/kg 儿茶素	62.06±1.05 ^b	18.20±2.22 ^b	15.75±2.04 ^b
0.15 g/kg 儿茶素	52.40±1.07 ^c	11.51±0.97 ^c	15.42±0.56 ^{bc}
0.3 g/kg 儿茶素	59.50±0.97 ^{bd}	8.95±0.34 ^d	12.13±0.60 ^{ade}
0.075 g/kg 迷迭香酸	53.37±1.24 ^c	10.46±1.98 ^{cd}	10.67±0.93 ^{ad}
0.15 g/kg 迷迭香酸	58.88±1.14 ^d	8.67±0.38 ^d	12.90±0.15 ^{de}
0.3 g/kg 迷迭香酸	61.61±0.81 ^{bd}	4.99±0.34 ^a	11.37±0.29 ^{ade}
0.075 g/kg 茶多酚	54.58±2.08 ^c	9.93±0.77 ^{cd}	13.25±1.87 ^{cc}
0.15 g/kg 茶多酚	59.38±2.30 ^{bd}	5.09±1.03 ^a	13.55±1.78 ^{cc}
0.3 g/kg 茶多酚	59.10±1.11 ^d	5.64±1.16 ^a	12.94±1.51 ^{de}

注:表中同列不同字母,表示差异显著($P<0.05$),下同。

表 2 不同添加量的天然抗氧化剂对腊肉质构的影响(n=6)
Table 2 Effects of natural antioxidants with different dosage on texture of Chinese cured meat (n=6)

处理方式	指标			
	硬度/g	弹性/mm	内聚性	咀嚼性/mJ
对照组	9597.976±247.060 ^a	0.437±0.024 ^{ab}	0.584±0.046 ^a	1932.652±24.839 ^a
0.075 g/kg 儿茶素	7615.829±185.881 ^b	0.373±0.017 ^b	0.399±0.074 ^b	1238.365±47.966 ^{bc}
0.15 g/kg 儿茶素	8009.143±133.413 ^{cd}	0.404±0.026 ^{ab}	0.556±0.111 ^{ac}	1443.330±59.967 ^d
0.3 g/kg 儿茶素	8478.638±171.565 ^c	0.452±0.017 ^a	0.407±0.061 ^b	1749.562±30.766 ^c
0.075 g/kg 迷迭香酸	7955.759±33.796 ^c	0.370±0.037 ^b	0.449±0.059 ^{bc}	1506.462±68.520 ^{df}
0.15 g/kg 迷迭香酸	7927.218±99.861 ^c	0.370±0.057 ^b	0.565±0.015 ^{ac}	1305.370±64.343 ^b
0.3 g/kg 迷迭香酸	8201.062±59.023 ^d	0.382±0.006 ^a	0.464±0.087 ^{abc}	1585.245±76.809 ^{fg}
0.075 g/kg 茶多酚	9094.913±84.993 ^f	0.387±0.013 ^a	0.372±0.024 ^b	1290.255±18.861 ^b
0.15 g/kg 茶多酚	7819.147±28.514 ^{bc}	0.383±0.063 ^a	0.430±0.070 ^b	1618.707±43.322 ^g
0.3 g/kg 茶多酚	8463.180±110.903 ^c	0.449±0.052 ^a	0.469±0.045 ^{abc}	1197.232±17.191 ^c

本试验中腊肉的菌落总数略低于相关报道^[1,3,16], 这可能与腊肉加工工艺的不同导致产品的含盐量、水分含量等略有差异。本试验中腊肉制作为传统工艺, 食盐的添加量(8%)较高, 经自然晾晒而成, 水分含量低^[36]。另外, 样品均是真空包装后贮藏, 比普通包装更能有效抑制微生物的生长。

2.7 天然抗氧化剂添加量与腊肉中各指标的相关性分析

为进一步了解天然抗氧化剂与腊肉的 pH、水分含量等指标之间的关系, 本研究通过 Pearson 相关性分析方法, 分别分析儿茶素、迷迭香酸及茶多酚的添加量与腊肉各指标相关性, 结果见表 3~5。

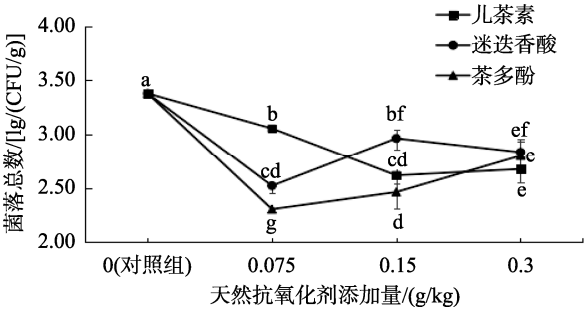


图 4 不同添加量的天然抗氧化剂对腊肉菌落总数的影响(n=6)
Fig.4 Effects of natural antioxidants with different dosage on total bacterial count of Chinese cured meat (n=6)

表 3 儿茶素添加量与腊肉中各指标的相关性分析
Table 3 Correlation analysis of catechin supplemental amount and various indexes in Chinese cured meat

指标	儿茶素添加量	pH	水分含量	POV	L*	a*	硬度	菌落总数
儿茶素添加量	1	0.404	-0.297	-0.832**	0.504	0.048	-0.318	-0.823**
pH		1	-0.489	0.095	-0.029	-0.607*	0.565	0.128
水分含量			1	0.239	0.661*	0.835**	-0.606*	0.217
POV				1	-0.377	-0.251	0.566	0.980**
L*					1	0.756**	-0.746**	-0.378
a*						1	-0.909**	-0.263
硬度							1	0.565
菌落总数								1

注: *表示显著相关(P<0.05); **表示极显著相关(P<0.01), 下同。

由表 3 可知, 儿茶素添加量与 POV 值、菌落总数极显著负相关($P<0.01$)。 a^* 值与 pH 显著负相关($P<0.05$), 与水分含量、 L^* 值极显著相关($P<0.01$)。 L^* 值与水分含量显著相关($P<0.05$), 硬度与水分含量显著负相关($P<0.05$), 与 L^* 值和 a^* 值极显著负相关($P<0.01$)。POV 值与菌落总数极显著相关($P<0.01$)。

由表 4 可知, 迷迭香酸添加量与水分含量、 L^* 值极显著相关($P<0.01$), 与 POV 值极显著负相关($P<0.01$)。pH 与 a^* 值极显著负相关($P<0.01$), 与硬度、菌落总数极显著相关($P<0.01$)。水分含量与 POV 值、硬度极显著负相关($P<0.01$), 与 L^* 值极显著相关($P<0.01$), 与菌落总数显著负相关($P<0.05$)。POV 与 L^* 值极显著负相关($P<0.01$), 与硬度、菌落总数极显著相关($P<0.01$)。 L^* 值与硬度极显著负相关

($P<0.01$), a^* 值与硬度、菌落总数显著负相关($P<0.05$), 硬度与菌落总数极显著相关($P<0.01$)。

由表 5 可知, 茶多酚添加量与 pH、POV 极显著负相关($P<0.01$), 与 L^* 值极显著相关($P<0.01$), 与硬度显著负相关($P<0.05$)。pH 与 POV 值、硬度显著相关($P<0.05$), 与 L^* 值极显著负相关($P<0.01$)。水分含量与硬度显著负相关($P<0.05$)。POV 值与 L^* 值极显著负相关($P<0.01$), 与菌落总数显著相关($P<0.05$)。 L^* 值与硬度极显著负相关($P<0.01$), 与菌落总数显著相关($P<0.05$)。 a^* 值与菌落总数显著负相关($P<0.05$)。

综上所述, 儿茶素、迷迭香酸与茶多酚的不同添加量对腊肉的理化指标和菌落总数有一定影响, 且各指标间也存在一定的相关性。

表 4 迷迭香酸添加量与腊肉中各指标的相关性分析
Table 4 Correlation analysis of rosmarinic acid supplemental amount and various indexes in Chinese cured meat

指标	迷迭香酸添加量	pH	水分含量	POV	L^*	a^*	硬度	菌落总数
迷迭香酸添加量	1	0.058	0.803**	-0.782**	0.920**	-0.154	-0.565	-0.371
pH		1	-0.313	0.545	-0.220	-0.953**	0.756**	0.769**
水分含量			1	-0.887**	0.861**	0.233	-0.790**	-0.655*
POV				1	-0.906**	0.445	0.940**	0.724**
L^*					1	0.137	-0.750**	0.479
a^*						1	-0.663*	-0.674*
硬度							1	0.825**
菌落总数								1

表 5 茶多酚添加量与腊肉中各指标的相关性分析
Table 5 Correlation analysis of tea polyphenol supplemental amount and various indexes in Chinese cured meat

指标	茶多酚添加量	pH	水分含量	POV	L^*	a^*	硬度	菌落总数
茶多酚添加量	1	-0.919**	0.048	-0.817**	0.792**	-0.107	-0.653*	-0.292
pH		1	-0.103	0.652*	-0.719**	0.208	0.692*	0.252
水分含量			1	0.333	0.296	-0.457	-0.595*	-0.029
POV				1	-0.767**	-0.451	0.492	0.663*
L^*					1	0.109	-0.864**	0.635*
a^*						1	0.166	-0.639*
硬度							1	0.558
菌落总数								1

3 结论与讨论

本研究比较了几茶素、迷迭香酸、茶多酚 3 种天然抗氧化剂的不同添加量对腊肉理化指标的影响。结果表明, 所有样品室温真空包装储藏 180 d 后, 儿茶素、迷迭香酸、茶多酚的添加能有效减缓脂肪氧化, 具有明显的抑菌作用, 且对腊肉的水分含量、色泽和质构有着积极的影响, 进而改善产品品质。其中, 0.15 g/kg 迷迭香酸、0.3 g/kg 迷迭香酸和 0.15 g/kg 儿茶素处理组的抗氧化性能最佳; 0.075 g/kg 茶多酚处理组的抑菌效果最佳; 0.075 g/kg 儿茶素处理组的水分含量最高; 0.075 g/kg 儿茶素处理组的 L^* 值和 a^* 值最大。儿茶素、迷迭香酸、茶多酚 3 种天然抗氧化剂的不同添加量与腊肉中各指标存在一定的相关性, 且三者之间的相关性分析结果略有差异。为此, 天然抗氧化剂对腊肉理化指标有着积极的影响, 具有良好的应用前景。后期可着重研究复配天然抗氧化剂对腊肉理化性质、口感及风味的影响, 为腊肉工业化生产提供完备的理论依据。

参考文献

- [1] 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 ZH, LI HJ, LI SB, *et al.* Microbial, physical and chemical changes of low-salt Chinese bacon during storage [J]. Food Sci, 2019, 40(11): 201–206.
- [2] 张百刚, 梁海荣, 黄橙辉, 等. 陇西腊肉复合保鲜剂配方优化[J]. 肉类研究, 2021, 35(1): 26–33.
ZHANG BG, LIANG HR, HUANG CH, *et al.* Optimizing the formulation of preservative combinations for Longxi bacon, a traditional Chinese meat product in Longxi, Gansu [J]. Meat Res, 2021, 35(1): 26–33.
- [3] 类红梅, 罗欣, 毛衍伟, 等. 天然抗氧化剂的功能及其在肉与肉制品中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(21): 267–277.
LEI HM, LUO X, MAO YW, *et al.* A review of the function and application of natural antioxidants in meat and meat products [J]. Food Sci, 2020, 41(21): 267–277.
- [4] 高静. 天然抗氧化剂及其协同作用[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(6): 1859–1864.
GAO J. Natural antioxidants and synergistic effects [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(6): 1859–1864.
- [5] 常馨月, 陈程莉, 龚娣, 等. 天然抗氧化剂抑制油脂氧化的研究进展[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 46–50.
CHANG XY, CHEN CL, GONG D, *et al.* Progress in natural antioxidants inhibiting oxidation of oils and fats [J]. China Oils Fats, 2020, 45(4): 46–50.
- [6] LI Y, JIANG XG, HAO JQ, *et al.* Tea polyphenols: The application in oral microorganism infectious diseases control [J]. Arch Oral Biol, 2019, 102: 74–82.
- [7] 鲁青, 黄继超, 朱宗帅, 等. 响应面法优化天然抗氧化剂抑制鸡排褪色和脂质氧化工艺[J]. 食品科学, 2019, 40(6): 296–303.
LU Q, HUANG JC, ZHU ZS, *et al.* Optimization of natural antioxidant combinations against discoloration and lipid oxidation in prepared chicken steak by response surface methodology [J]. Food Sci, 2019, 40(6): 296–303.
- [8] 高岳, 潘语, 宋京城, 等. 迷迭香提取物对等离子体处理鸡胸肉饼脂质氧化及品质影响研究[J]. 食品科技, 2021, 46(3): 99–104.
GAO Y, PAN Y, SONG JC, *et al.* Effect of rosemary extract on lipid oxidation and quality of cold plasma-processed ground chicken patties [J]. Food Sci Technol, 2021, 46(3): 99–104.
- [9] GAO M, FENG L, JIANG T, *et al.* The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (*Trachinotus ovatus*) fillet during chilled storage [J]. Food Control, 2014, 37(1): 1–8.
- [10] 苏晓琴, 李兆亭, 申基雪, 等. 异抗坏血酸钠、茶多酚、迷迭香酸和鼠尾草酸对冷鲜肉肉色稳定性的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(9): 112–118.
SU XQ, LI ZT, SHEN JX, *et al.* Effects of sodium erythorbate, tea polyphenols, rosmarinic acid and carnosic acid on the stability of chilled meat flesh-color [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(9): 112–118.
- [11] 聂乾忠, 夏延斌, 曾晓楠. 三种天然抗氧化剂对冷鲜兔肉保鲜效果研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(5): 155–158.
NIE QZ, XIA YB, ZENG XN. Study on anti-oxidative effects of 3 natural antioxidants on chilled rabbit meat [J]. Food Mach, 2012, 28(5): 155–158.
- [12] 王丹丹, 李婷婷, 刘烨, 等. 茶多酚对冷藏带鱼品质及抗氧化效果的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(2): 210–215.
WANG DD, LI TT, LIU Y, *et al.* Effect of pea polyphenols on the quality of *Trichiurus haumela* during cold storage [J]. Food Sci, 2015, 36(2): 210–215.
- [13] 李苗云, 张佳烨, 朱瑶迪, 等. 精油对熟制鸡胸肉中产气荚膜梭菌抑制效果预测模型研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(9): 315–320.
LI MY, ZHANG JY, ZHU YD, *et al.* Prediction model for inhibitory effect of essential oils on *Clostridium perfringens* in cooked chicken breast [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2019, 35(9): 315–320.
- [14] MENEZES NMC, MARTINS WF, LONGHI DA, *et al.* Modeling the effect of oregano essential oil on shelf-life extension of vacuum-packed cooked sliced ham [J]. Meat Sci, 2018, 139: 113–119.
- [15] 罗青雯, 刘成国, 周辉, 等. 真空腌制与传统腌制加工过程中腊肉的品质变化[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 56–62.
LUO QW, LIU CG, ZHOU H, *et al.* Effect of vacuum curing and dry curing on quality change of dry-smoked meat during processing [J]. Food Mach, 2015, 31(2): 56–62.
- [16] 柴子惠, 李洪军, 李少博, 等. 低盐腊肉加工期间品质和菌相变化[J]. 肉类研究, 2018, 32(11): 1–8.
CHAI ZH, LI HJ, LI SB, *et al.* Quality and microbial changes during processing of Chinese low-salt cured meat [J]. Meat Res, 2018, 32(11): 1–8.
- [17] QU D, XU Z, FENG Y, *et al.* Development of class model based on blood biochemical parameters as a diagnostic tool of PSE meat [J]. Meat Sci, 2017, 128: 24–29.
- [18] 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 HL, CHANG ZY, *et al.* Effects of green tea polyphenol on quality of pepperoni [J]. J Anhui Agric Sci, 2010, 38(11): 5882–5884.
- [19] ARUN D, VINCENT R, PRAMOD N, *et al.* Antioxidant efficacy of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp extract in sheep meat nuggets [J]. Antioxidants, 2016, 5(2): 16–25.

- [20] 王新惠, 张雅琳, 张云峰, 等. 储藏温度对四川腊肉品质的影响[J]. 中国调味品, 2018, 43(6): 24–26, 64.
WANG XH, ZHANG YL, ZHANG YF, *et al.* Effect of storage temperature on quality of Sichuan cured meat [J]. China Cond, 2018, 43(6): 24–26, 64.
- [21] 李玉邯, 杨柳, 张一, 等. 鼠尾草提取物对腊肉品质和抗氧化性能的影响[J]. 中国食品添加剂, 2017, (2): 140–143.
LI YH, YANG L, ZHANG Y, *et al.* The effect of *Salvia officinalis* extract on the quality and antioxidative stability of Chinese bacon [J]. China Food Addit, 2017, (2): 140–143.
- [22] 蒋栋磊, 顾于滨, 裴慧洁, 等. 桂皮提取物对中式香肠脂质、蛋白氧化和品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(12): 81–87.
JIANG DL, GU YB, PEI HJ, *et al.* Effects of cinnamon extract on lipid and protein oxidation and quality in Chinese-style sausage [J]. Food Ferment Ind, 2017, 43(12): 81–87.
- [23] 王丽, 李雪, 李亮, 等. 天然提取物在传统肉制品加工中的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(8): 2558–2563.
WANG L, LI X, LI L, *et al.* Research progress on the application of natural extracts in the processing of traditional meat products [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(8): 2558–2563.
- [24] VITAL ACP, GUERRERO A, MONTESCHIO JDO, *et al.* Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability [J]. PLoS One, 2016, 11(8): e0160535.
- [25] AKCAN T, ESTÉVEZ M, SERDAROĞLU M. Antioxidant protection of cooked meatballs during frozen storage by whey protein edible films with phytochemicals from *Laurus nobilis* L. and *Salvia officinalis* [J]. LWT-Food Sci Technol, 2017, 77: 323–331.
- [26] 廖婵, 靳国锋, 章建浩, 等. 迷迭香、茶多酚、VE 对干腌火腿贮藏过程中抗脂质氧化及护色效果的研究[J]. 食品工业科技, 2008, (8): 82–86.
LIAO C, JIN GF, ZHANG JH, *et al.* Effect of rosemary extract, tea polyphenols, vitamin E on lipid oxidation and color stability during storage of dry-cured hams [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, (8): 82–86.
- [27] JONES-HAMLOW KA, TAVÁREZ MA, SCHROEDER AL, *et al.* Lipid oxidation, sensory characteristics, and color of fresh pork sausage from immunologically castrated pigs stored frozen for up to 12 weeks [J]. J Food Sci Nutr, 2016, 4(3): 355–363.
- [28] 刘文营, 高欣悦, 李享, 等. 几种地方猪猪肉及其腊肉制品的感官特性和理化品质分析[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 52–59.
LIU WY, GAO XY, LI X, *et al.* Sensory characteristics and physicochemical quality of fresh and preserved pork from several Chinese local pig breeds [J]. Food Sci, 2019, 40(19): 52–59.
- [29] NI N, WANG Z, WANG L, *et al.* Reduction of sodium chloride levels in emulsified lamb sausages: The effect of lamb plasma protein on the gel properties, sensory characteristics, and microstructure [J]. Food Sci Biotechnol, 2014, 23(4): 1137–1143.
- [30] 刘文营, 李享, 成晓瑜. 添加西兰花种子水提取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 WY, LI X, CHENG XY. Addition of *Brassica oleracea* L. seed water extract improving colour, flavour and anti-oxidation of cantonese cured meat [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2018, 34(21): 288–294.
- [31] BOWSER TJ, MWAVITA M, AL-SAKINI A, *et al.* Quality and shelf life of fermented lamb meat sausage with rosemary extract [J]. Open Food Sci J, 2014, 8(1): 22–31.
- [32] 刘芝君, 黄业传, 卿兰, 等. 茶多酚微胶囊对腊肉理化性质及挥发性风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(11): 51–59.
LIU ZJ, HUANG YC, QING L, *et al.* Effect of tea polyphenol microcapsules on physicochemical properties and volatile flavor substances of bacon [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(11): 51–59.
- [33] 李馨蕊, 刘力钰, 杨扬, 等. 传统腊肉的理化、微生物与风味特性[J]. 肉类研究, 2020, 34(1): 22–26.
LI XR, LIU LY, YANG Y, *et al.* Physicochemical, microbial and flavor profiles of traditional Chinese cured meat [J]. Meat Res, 2020, 34(1): 22–26.
- [34] SAJID M, SOOTTAWAT B, AMJAD KB. Effect of tannic acid and kiam wood extract on lipid oxidation and textural properties of fish emulsion sausages during refrigerated storage [J]. Food Chem, 2011, 130(2): 408–416.
- [35] 李婷婷, 励建荣, 胡文忠, 等. 迷迭香对冷藏鲑鱼蔬菜鱼丸的保鲜效果[J]. 中国食品学报, 2012, 12(11): 90–96.
LI TT, LI JR, HU WZ, *et al.* Effect of rosemary extract on the quality of the vegetable fish-ball during chilled storage [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2012, 12(11): 90–96.
- [36] 于芸, 陈有亮, 王联潮, 等. 低盐腌制对腌肉制品品质的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(9): 134–136.
YU H, CHEN YL, WANG LC, *et al.* Effect of low salt curing on quality of salted meat products [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(9): 134–136.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



刘光宪, 博士, 副研究员, 主要研究方向为肉品加工。
E-mail: liugx178@163.com



王 丽, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为肉品加工。
E-mail: 294641397@qq.com