

沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠品质的影响

曹莹莹, 龚 丽, 范文广

(兰州理工大学生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 为解决中式香肠亚硝酸盐残留和氧化问题, 研究沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠贮藏过程中(0、2、4、6、8 d) 硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substance, TBARs)值、总挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量、保水性、色泽、微观结构和亚硝酸盐残留量的影响。结果表明: 沙葱多糖和沙葱黄酮能显著降低中式香肠贮藏期间TBARs值、TVB-N含量和亚硝酸盐残留量, 提高中式香肠的保水性, 有助于保持中式香肠的色泽, 改善中式香肠的微观结构。

关键词: 沙葱; 多糖; 黄酮; 中式香肠; 氧化; 品质

Effects of *Allium mongolicum* Polysaccharides and Flavonoids on Quality of Chinese Sausage

CAO Yingying, GONG Li, FAN Wenguang

(College of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: In order to solve the problem of nitrite residue and oxidation in Chinese sausage, the effects of polysaccharides and flavonoids from *Allium mongolicum* on the thiobarbituric acid reactive substance (TBARs) value, volatile basic nitrogen (TVB-N) content, water-holding capacity (WHC), color, microstructure, and nitrite residue of Chinese sausage were investigated after storage for different periods (0, 2, 4, 6 and 8 days). The results showed that both the polysaccharide and flavonoids significantly reduced the TBARs value, TVB-N content and nitrite residue, improved WHC, helped maintain the color of Chinese sausage, and improve the microstructure of Chinese sausage.

Keywords: *Allium mongolicum*; polysaccharides; flavonoids; Chinese sausage; oxidation; quality

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210329-085

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2021)05-0011-06

引文格式:

曹莹莹, 龚丽, 范文广. 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠品质的影响[J]. 肉类研究, 2021, 35(5): 11-16. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210329-085. <http://www.rlyj.net.cn>

CAO Yingying, GONG Li, FAN Wenguang. Effects of *Allium mongolicum* polysaccharides and flavonoids on quality of Chinese sausage[J]. Meat Research, 2021, 35(5): 11-16. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210329-085. <http://www.rlyj.net.cn>

中式香肠是将原料肉(一般为猪肉)斩拌、加入辅料腌制后灌入动物肠衣, 经烘烤或自然晾晒而成的一种常见肉制品^[1]。目前, 国内外在提高香肠的抗氧化性和降低亚硝酸盐含量方面作了较多研究^[2], 如将乳酸菌发酵技术应用到红肠产品中以提高其安全品质, 特别是抑制肉制品中N-亚硝胺的形成^[3]。Georgantelis等^[4]发现, 壳聚糖与迷迭香提取物的组合在猪肉香肠中起抑制腐败微生物和抗氧化作用, 并且获得了最佳的添加比例。另一方面, Sebranek等^[5]发现, 迷迭香提取物比丁基羟基茴香醚/丁基羟基甲苯能更有效地防止冷冻猪肉香肠硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substance,

TBARs)值升高, 并且提高了猪肉香肠的保水性。但乳酸菌多应用于饮品, 迷迭香产于欧洲地区, 成本相对较高, 因此在国内开发一种既能抑制香肠的氧化又能降低亚硝酸盐含量的新的植物提取物极有必要。

沙葱(*Allium mongolicum*)属百合科^[6], 是一种多年生草本植物, 耐寒耐干旱, 原产自中亚, 在国外多生长在东西伯利亚, 在国内多生长在内蒙古和甘肃等比较干旱的地方^[7]。沙葱富含多种维生素、蛋白质、膳食纤维、矿物质、微量元素、黄酮类化合物、多糖等多种营养物质和活性物质^[8], 其中粗蛋白25.86%、粗纤维19.04%、粗脂肪4.12%、矿物质3.2%、钙1.41%、磷0.29%^[9]。

收稿日期: 2021-03-29

基金项目: 甘肃省自然科学基金项目(20JR10RA158)

第一作者简介: 曹莹莹(1981—)(ORCID: 0000-0002-0532-0084), 女, 副教授, 博士, 研究方向为畜产品加工与质量控制。

E-mail: cy_0533@126.com

沙葱的醇提物主要为黄酮类化合物,水提物主要成分是多糖。沙葱多糖和沙葱黄酮具有抑菌、抗氧化、免疫调节和抗炎作用,其中的抗氧化活性可有效清除体内的氧自由基,阻止细胞的退化、衰老^[10]。近年来,对沙葱研究较多的是通过在饲料中加入沙葱的活性成分,改变动物(尤其是羊、小鼠)的生理代谢、生长情况和相关机能等。例如,宋丽霞^[11]、包美艳^[12]等在小尾寒羊公羊的饲料中添加沙葱多糖,从血液激素和基因转录方面探究沙葱多糖对肉羊脂质代谢、挥发性风味物质组成及抗氧化能力的影响。王翠芳等^[13]应用脂多糖诱导小鼠腹腔巨噬细胞建立炎症模型,采用CCK-8检测法研究发现,沙葱总黄酮水洗组分具有良好的体外抗炎活性,并且推测该作用机理与核因子 κ B信号通路相关。Klemm等^[14]总结葱属类多糖纤维素的结构和化学组成及其在生物医药和食品工业领域的应用。Park等^[15]研究草本植物提取物的抗氧化活性及在猪肉香肠中的应用。以上研究充分说明沙葱黄酮和沙葱多糖具有良好的生物活性。

中式香肠加工或贮藏过程中,肉中的营养物质脂肪、蛋白质等会受到微生物、空气等因素的影响,易于氧化变质,加入的亚硝酸盐会产生亚硝胺等一些不利于人体健康的物质^[15],降低中式香肠的品质,而且有关沙葱黄酮和沙葱多糖对中式香肠品质的研究鲜有报道。因此,本研究选取沙葱多糖、沙葱黄酮2种天然活性组分加入到中式香肠中,通过测定香肠的TBARs值、总挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量、保水性、色泽、微观结构和亚硝酸盐残留量,考察其对中式香肠品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

沙葱(产地:甘肃)、猪肉、猪肠衣 当地菜市场。

聚酰胺、石油醚、亚硝酸钠、对氨基苯磺酸、亚铁氰化钾、2-硫代巴比妥酸(2-thiobarbituric acid reative, TBA)、N-1-奈乙二胺盐酸盐、三氯乙酸、体积分数95%乙醇、无水乙醇(均为分析纯) 天津市富宇精细化工有限公司。

1.2 仪器与设备

AD300L-H实验室分散均质机 上海昂尼仪器仪表有限公司; K9840自动凯氏定氮仪 山东海能科学仪器有限公司; DT-1002A电子天平 常熟市佳衡天平仪器有限公司; KQ-600DE数控超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司; HH-S4电热恒温水浴锅 北京科伟永兴仪器有限公司; SHZ-82恒温振荡器 常州国华电器有

限公司; SHB-III循环水式多用真空泵 郑州长城科工贸有限公司; 752N紫外-可见分光光度计 上海仪电分析仪器有限公司; TGL16冷冻离心机 长沙英泰仪器有限公司; DHP-9082电热恒温培养箱 上海一恒科技有限公司; JSM-5600LV扫描电子显微镜 日本电子光学公司。

1.3 方法

1.3.1 沙葱多糖的制备

采用热水浸提法提取沙葱多糖^[16]。将新鲜沙葱洗净,于烘箱中65℃烘干,然后按1:8(m/V)加入体积分数95%乙醇于70℃脱脂,将脱脂后的沙葱继续用烘箱65℃烘干,再将烘干后的沙葱按料液比1:20(m/V)加入蒸馏水于80℃浸提8h,使用抽滤机抽滤弃去残渣,将处理所得提取液经水浴蒸发使其浓缩到原体积的1/3后,加25 mL 8 g/100 mL三氯乙酸过夜,5 000 r/min离心5 min除去蛋白沉淀,上清液加等体积无水乙醇于4℃过夜,4 000 r/min离心30 min,收集沉淀为沙葱粗多糖。加入1.0%活性炭于上述沙葱粗多糖中,脱色40 min,80℃水浴,4 000 r/min离心5 min除去活性炭,将脱色后多糖滤液经旋转蒸发仪浓缩至原体积的1/3,加入等体积无水乙醇过夜,4 000 r/min离心30 min,得浸膏状沉淀。参考扈瑞平^[17]的SephadexG-100柱层析步骤纯化多糖。

1.3.2 沙葱黄酮的制备

将新鲜的沙葱清洗干净,在烘箱中于65℃烘干,取出后粉碎、过80目筛,按1:10(m/V)的比例加入石油醚,静置24 h进行脱脂脱色,活性炭吸附脱色,再过滤,石油醚挥发后得沙葱脱脂脱色粉末,贮存备用。取37.0 g脱脂脱色沙葱粉末,按照料液比1:30(m/V)加入体积分数75%乙醇溶液,选取超声波功率为360 W,于40℃超声提取15 min,可得沙葱总黄酮。将所得产物2 000 r/min离心10 min,收集上清液后置于旋转蒸发仪减压浓缩至浸膏状。沙葱黄酮的纯化方法同沙葱多糖。

1.3.3 中式香肠制作及贮藏条件

参考GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品中添加剂使用标准》^[18],将猪肉按肥、瘦肉质量比1:3混匀后在绞肉机中搅碎,添加辅料并搅拌约30 min,使辅料(2.5%盐、2%糖和0.03%亚硝酸钠)与猪肉充分混匀,平均分成4份,分别为沙葱多糖组、沙葱黄酮组、VC组、对照组,按猪肉质量分别添加5%沙葱多糖(浸膏状)、5%沙葱黄酮(浸膏状)和5%VC(粉末),空白对照组不添加。制作工艺为:原料肉选择与修整→切丁→拌馅、腌制(加添加物)→灌制→漂洗→晾晒→成品。每组单根肠长度约18 cm、直径约4 cm、灌注100 g原料肉,在室温下(20℃)自然晾干,贮藏待用。分别于贮藏0、2、4、6、8 d测定中式香肠的各项指标。

1.3.4 指标测定

1.3.4.1 TBARs值测定

称取0.288 3 g TBA于烧杯中,加入100 mL蒸馏水,55 °C水浴使其溶解得到TBA溶液;取10 g中式香肠样品加入7.5 g/100 mL三氯乙酸定容至50 mL,放入摇床振荡30 min,取出后用抽滤机抽滤得到上层清液;取5 mL上清液于试管中,加入5 mL TBA溶液,于90 °C水浴40 min,冷却至室温后4 000 r/min离心5 min,收集上清液,分别在532 nm和600 nm波长处测定吸光度^[19]。每组设3个平行。TBARs值按式(1)计算。

$$\text{TBARs值}/(\text{mg}/100\text{g}) = \frac{A_{532\text{nm}} - A_{600\text{nm}}}{155} \times 0.1 \times 72.6 \times 100 \quad (1)$$

式中: $A_{532\text{nm}}$ 为反应溶液在532 nm波长处的吸光度; $A_{600\text{nm}}$ 为反应溶液在600 nm波长处的吸光度。

1.3.4.2 TVB-N含量测定

参考GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[20]。每组设3个平行。

1.3.4.3 保水性测定

称取3.5 g除去肠衣的中式香肠,记为 m_1 (g),将样品用滤纸包住,置于10 mL底部放有一块棉花的离心管中,25 °C条件下3 500 r/min离心10 min,去上清液,称质量,记为 m_2 (g)^[21]。每组设3个平行。保水性按式(2)计算。

$$\text{保水性}/\% = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

1.3.4.4 色差测定

将中式香肠样品切为厚度不小于1.5 mm的薄片,切面在空气中暴露约20 min,用色差仪测定肉样切面颜色和光泽,光源D65,测量直径8 mm,测定前先进行校准^[22]。测定结果用亮度值(L^*)、红度值(a^*)和黄度值(b^*)表示。每组设3个平行。

1.3.4.5 微观结构观察

采用断面处理的方法,将除去肠衣的香肠用双面刀片切成5 mm厚的小块,用体积分数2.5%戊二醛固定4 h,用氯仿脱去肉块脂肪,冷冻干燥,然后在15 mA电流下喷金90 s,喷金厚度10 nm。通过扫描电子显微镜进行观察,加速电压20 kV。

1.3.4.6 亚硝酸盐残留量测定

参考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》^[23]测定并绘制亚硝酸盐含量标准曲线($y=0.038 6x-0.014 7$ ($R^2=0.991 3$)),计算样品中亚硝酸盐残留量。每组设3个平行。

1.4 数据处理

使用SPSS 24.0软件对数据间差异进行方差分析与多重比较, $P<0.05$ 为差异显著;采用Excel软件绘图。

2 结果与分析

2.1 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠TBARs值的影响

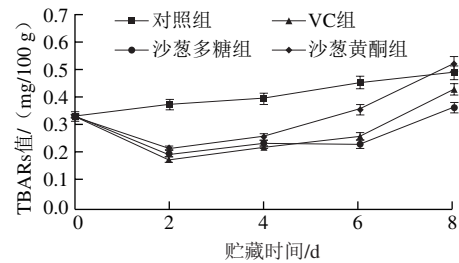


图1 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠TBARs值的影响

Fig. 1 Effect of polysaccharides and flavonoids from *Allium mongolicum* on TBARs value of Chinese sausage

TBARs值是脂质氧化程度高低的表现^[24]。由图1可知,4组中式香肠TBARs值在贮藏期间均呈现逐渐上升的趋势。对照组TBARs值在贮藏前3 d平缓上升,贮藏4 d后有明显的上升,明显高于其他3组,产生的丙二醛较多,导致香肠中脂肪氧化情况严重,腐败速度加快^[25]。VC具有良好的抗氧化性,故VC组的TBARs值较低。与对照组相比,沙葱多糖组和沙葱黄酮组的TBARs值明显降低,说明沙葱多糖和沙葱黄酮能抑制脂肪氧化,具有一定的抗氧化作用。

2.2 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠TVB-N含量的影响

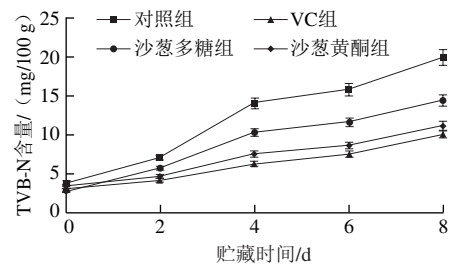


图2 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠TVB-N含量的影响

Fig. 2 Effect of polysaccharides and flavonoids from *Allium mongolicum* on TVB-N content of Chinese sausage

挥发性盐基氮是微生物分泌的产物蛋白酶和内源蛋白酶共同作用下使肉样中的蛋白质发生降解产生的^[26]。挥发性盐基氮产生在肉制品腐败的过程中,这一指标用于肉类或肉类制品的新鲜程度评价^[27]。由图2可知,随着贮藏时间的延长,4组样品的TVB-N含量均增加,说明随着时间的延长,肉制品中的微生物新陈代谢,会产生大量的细菌酶,分解蛋白质而产生大量的挥发性胺类物质,故中式香肠的新鲜程度降低,对照组TVB-N含量最高,VC组最低。与对照组相比,沙葱黄酮组和沙葱多糖组的TVB-N含量明显降低,说明二者具有一定的抑制蛋白质氧化的作用。

2.3 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠保水性的影响

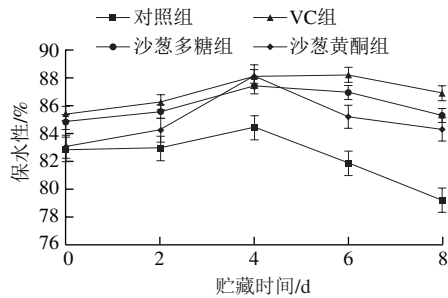


图3 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠保水性的影响
Fig. 3 Effect of polysaccharide and flavonoids from *Allium mongolicum* on water holding capacity of Chinese sausage

保水性越好，贮藏期间中式香肠的品质越好，反之则品质越差^[28]。由图3可知，4组中式香肠保水性均呈先增加后降低趋势。整体来看，VC组保水性最好，其次是沙葱多糖和沙葱黄酮组，对照组的保水性最差。沙葱多糖和沙葱黄酮组中式香肠贮藏4 d时的保水性最高，且与VC组保水效果相近，之后保水性随贮藏时间的延长而降低，这是由于过低的pH值会导致蛋白质变性、交联，另外香肠中肌原纤维间距减小，肌节变短，肌纤维空隙面积增大也会造成水分的流失^[29]。总之，沙葱多糖和沙葱黄酮的加入能有效提高香肠的保水性。

2.4 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠色差的影响

表1 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠冷藏期间色泽的影响
Table 1 Effect of polysaccharides and flavonoids from *Allium mongolicum* on the color of Chinese sausages during cold storage

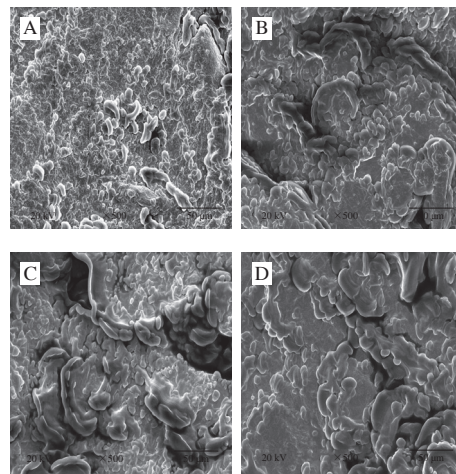
指标	贮藏时间/d	对照组	VC组	沙葱多糖组	沙葱黄酮组
L^*	0	59.37±0.94 ^{Ca}	63.38±0.55 ^{Ba}	67.04±0.48 ^{Aa}	48.86±1.02 ^{Db}
	2	52.52±5.53 ^{Cc}	50.54±2.19 ^{Bc}	58.64±3.37 ^{Ab}	53.52±2.78 ^{Ca}
	4	54.82±1.82 ^{Bb}	56.27±1.23 ^{Ab}	57.49±2.82 ^{Ab}	49.54±1.87 ^{Cb}
	6	54.56±1.48 ^{Ab}	51.32±1.69 ^{Bc}	52.73±0.46 ^{Ac}	49.56±1.38 ^{Cb}
	8	54.05±3.12 ^{Bb}	51.69±2.26 ^{Cc}	57.00±2.95 ^{Ab}	47.20±0.04 ^{Dc}
a^*	0	6.79±0.63 ^{Ca}	10.76±0.57 ^{Aa}	8.18±0.93 ^{Ba}	4.91±0.52 ^{Da}
	2	4.59±0.95 ^{Bd}	7.79±0.44 ^{Ac}	3.92±0.98 ^{Cd}	2.03±0.69 ^{Dd}
	4	4.90±0.50 ^{Bc}	7.63±0.20 ^{Ac}	7.59±0.20 ^{Ab}	3.59±0.42 ^{Cb}
	6	5.11±1.04 ^{Bc}	7.42±0.69 ^{Ac}	7.12±0.49 ^{Ab}	2.78±0.82 ^{Cc}
	8	5.61±0.65 ^{Bb}	9.18±0.28 ^{Ab}	5.53±0.81 ^{Bc}	3.80±0.52 ^{Cb}
b^*	0	19.07±1.00 ^{Ca}	20.46±0.98 ^{Ba}	22.45±0.63 ^{Aa}	16.68±0.66 ^{Dd}
	2	16.22±0.82 ^{Bc}	16.77±0.06 ^{Bc}	21.20±0.68 ^{Ab}	20.79±0.19 ^{Ab}
	4	17.76±1.06 ^{Cb}	17.71±0.29 ^{Cb}	18.52±1.56 ^{Bc}	22.20±0.88 ^{Aa}
	6	18.63±0.65 ^{Ca}	18.51±1.01 ^{Cb}	19.00±0.09 ^{Bc}	20.74±0.79 ^{Ab}
	8	19.12±1.63 ^{Ba}	19.88±0.91 ^{Ba}	21.76±1.50 ^{Aa}	18.73±1.39 ^{Cc}

注：同行大写字母不同，表示组间差异显著 ($P<0.05$)；同列小写字母不同，表示同一指标、不同贮藏时间差异显著 ($P<0.05$)。

肉色变化取决于肌红蛋白自动氧化和高铁肌红蛋白还原的相对速率。在加工过程中需加入抗氧化剂来维持肉制品鲜艳的颜色^[30]。 L^* 越低， a^* 越高， b^* 越低，中式香肠肉色越好^[31]。由表1可知，所有组样品贮藏过程中

L^* 均降低。沙葱黄酮组 L^* 总体低于沙葱多糖组、VC组和对照组 ($P<0.05$)，说明沙葱黄酮的加入能够使香肠维持较低的 L^* ，使香肠肉色更好。VC组的 a^* 持续高于其他3组，即VC组对维持香肠较高的 a^* 效果最佳。结合纵向分析可看出，沙葱黄酮和沙葱多糖的效果相近，且优于对照组，香肠中的微生物会使肉产生 H_2O_2 、 H_2S ，使肉的pH值升高，间接影响肉的色泽^[32]。肌红蛋白的含量也影响中式香肠的 a^* 。对香肠肉色 b^* 的影响，沙葱黄酮组效果最好 ($P<0.05$)，沙葱多糖和VC组效果相近，对照组效果最差。VC为断链抗氧化剂，能阻断脂肪氧化链式反应，抑制动物体内氧化反应的发生^[33]；此外，香肠中的添加剂、微生物、实验环境的温度等都有可能直接或间接影响肉色^[34]。综合来看，沙葱黄酮、沙葱多糖对中式香肠贮藏期间的肉色有一定的保护效果。

2.5 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠微观结构的影响



A. 对照组；B. VC组；C. 沙葱多糖组；D. 沙葱黄酮组。

图4 贮藏8 d各组中式香肠的微观结构

Fig. 4 Effect of polysaccharides and flavonoids from *Allium mongolicum* on microstructure of Chinese sausage stored for 8 days

贮藏8 d时观察各组中式香肠的微观结构。由图4可知，与对照组相比，各处理组中式香肠微观结构明显不同。对照组香肠微观结构细腻、平滑，三维网络结构最差，组织结构保水性最低，这可能与对照组氧化程度最严重有关。VC组的三维网络结构均匀、致密、清晰，组织结构保水性最好，这也与VC具有最强的抗氧化性有关。添加沙葱多糖组凝胶孔洞较大，沙葱多糖结合蛋白质分子形成较大的凝胶结构，保水性较高。添加沙葱黄酮组凝胶孔隙较小，组织结构保水性较沙葱多糖组差，但高于对照组。

2.6 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠亚硝酸盐残留量的影响

亚硝酸盐有发色和抑菌作用，作为食品添加剂应用在肉品加工中，但它也是致癌物质N-亚硝胺的前体物，

世界卫生组织规定每日允许的亚硝酸钾或亚硝酸钠摄入量应不超过0.2 mg/kg^[35], 故应降低中式香肠贮藏期间亚硝酸盐残留量^[36]。

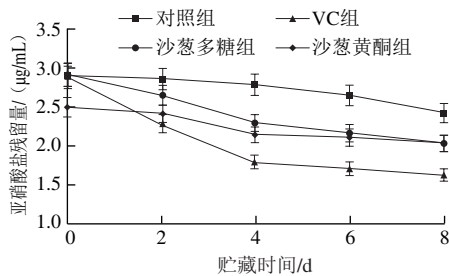


图5 沙葱多糖和沙葱黄酮对中式香肠亚硝酸盐残留量的影响

Fig. 5 Effect of polysaccharides and flavonoids from *Allium mongolicum* on nitrite residue of Chinese sausage

由图5可知, 所有组的亚硝酸盐残留量均呈下降趋势, VC组下降最快, 其次为沙葱黄酮组、沙葱多糖组。沙葱多糖、沙葱黄酮组香肠亚硝酸盐含量明显低于对照组, 说明沙葱多糖、沙葱黄酮对亚硝酸盐有较强的清除作用。VC是一种弱酸性物质, 同时也具有一定的还原性, 而亚硝酸盐是一种两性物质, 但主要表现为氧化性, 二者发生氧化还原反应, 使香肠亚硝酸盐残留量降低^[37]。沙葱黄酮降低亚硝酸盐残留量可能是因为黄酮具有多个酚羟基, 通过与NO₂⁻作用、抑制与NO₂⁻形成有关的细菌活动及与NO₂⁻直接作用3种途径降低肉制品中亚硝酸盐残留量^[38]。

3 结论

沙葱多糖和沙葱黄酮可有效减少中式香肠贮藏期间亚硝酸盐残留量, 显著抑制贮藏期间中式香肠的脂质氧化和蛋白质氧化, 显著提高中式香肠贮藏期间的保水性, 同时也使贮藏期间中式香肠具有较好的色泽和微观结构。在中式香肠中添加5%沙葱多糖或5%沙葱黄酮, 有助于延长中式香肠的货架期和降低亚硝酸盐残留量, 故沙葱多糖和沙葱黄酮可作为新型天然抗氧化剂应用到肉制品加工中。

参考文献:

[1] 肖朝耿, 谭芦兰, 朱培培, 等. 糖基化酰基血红蛋白与甜菜粉对中式香肠品质的影响[J]. 中国食品学报, 2019, 19(4): 161-168. DOI:10.16429/j.1009-7848.2019.04.019.

[2] 王流国, 王雪蒙. 减少食品中亚硝酸盐危害的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(4): 1593-1598. DOI:10.19812/j.cnki.jfsqj11-5956/ts.2016.04.046.

[3] 李秀明, 杨华, 王洋, 等. 乳酸菌复配对红肠发酵中N-亚硝胺生成的抑制作用[J]. 食品科学, 2020, 41(6): 131-138. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190308-105.

[4] GEORGANTELIS D, AMBROSIADIS I, KATIKOU P, et al. Effect of rosemary extract, chitosan and alpha-tocopherol on

microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C[J]. Meat Science, 2007, 76(1): 172-181. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.10.026.

[5] SEBRANEK J G, SEWALT V J H, ROBBINS K L, et al. Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage[J]. Meat Science, 2005, 69(2): 289-296. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.07.010.

[6] 蒋涛, 敖长金. 沙葱的研究进展[J]. 现代农业科技, 2008(9): 10-11; 14. DOI:10.3969/j.issn.1007-5739.2008.09.004.

[7] 刘世增, 马全林, 严子柱, 等. 甘肃沙葱的地理分布与群落结构特征[J]. 中国沙漠, 2005(6): 172-177. DOI:10.3321/j.issn:1000-694X.2005.06.025.

[8] 李娇洋, 朱婧玉, 杨帆, 等. 沙葱与韭菜采后生理特性和品质变化的比较[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(4): 135-141. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.017955.

[9] 敖长金. 沙葱化学成分及其生物学功能研究进展[J]. 饲料工业, 2010, 31(18): 1-5. DOI:10.3969/j.issn.1001-991X.2010.18.001.

[10] 张秀媛. 沙葱及其提取物对肉羊脂质代谢和挥发性风味物质组成的影响及其相关机理[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019: 1-3.

[11] 宋丽霞, 敖长金, 蔺婷娟, 等. 沙葱多糖对肉羊抗氧化能力的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(1): 56-58. DOI:10.3969/j.issn.0258-7033.2012.01.014.

[12] 包美艳, 敖长金, 赵飞艳, 等. 沙葱多糖对绵羊外周血淋巴细胞调节作用研究[J]. 饲料工业, 2013, 34(12): 9-12. DOI:10.3969/j.issn.1001-991X.2013.12.003.

[13] 王翠芳, 王特日格乐, 杜红喜, 等. 沙葱总黄酮水洗组分的体外抗炎活性[J]. 食品科学, 2019, 40(23): 163-169. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181004-012.

[14] KLEMM D, HEUBLEIN B, HANS-PETER F, et al. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material[J]. Angewandte Chemie-International Edition, 2005, 44(22): 3358-3393. DOI:10.1002/anie.200460587.

[15] PARK J H, KANG S N, SHIN D, et al. Antioxidant activities of *Achyranthes japonica nakai* extract and its application to the pork sausages[J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2013, 26(2): 287-294. DOI:10.5713/ajas.2012.12438.

[16] 李亚蕾, 罗琛, 范艳丽, 等. 沙葱提取物对羊肉香肠抗氧化效果的研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(9): 6-10. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2016.09.002.

[17] 扈瑞平. 沙葱多糖的分离、纯化和结构鉴定及其生物学活性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010. DOI:10.7666/d.198005.

[18] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[19] 商学兵. 银杏叶提取物对发酵猪肉香肠储存稳定性的影响[J]. 中国食品添加剂, 2016(1): 104-108. DOI:10.3969/j.issn.1006-2513.2016.01.011.

[20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定: GB 5009.228—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[21] 李文东, 韩玲, 余群力, 等. 冷却方式对牦牛肉贮藏过程中品质变化的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(20): 199-207. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.023957.

[22] ZHAI Xichuan, ZHU Caiping, ZHANG Yang, et al. Chemical characteristics, antioxidant capacities and hepatoprotection of polysaccharides from pomegranate peel[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 202: 461-469. DOI:10.1016/j.carbpol.2018.09.013.

[23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定: GB 5009.33—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

- [24] 徐洪宇, 詹壮壮, 高永悦, 等. 甘薯叶提取物中酚类物质测定及在冷却肉保鲜中的应用[J]. 现代食品科技, 2018, 34(6): 149-156; 114. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.6.020.
- [25] KIM H W, CHOI Y S, CHOI J H, et al. Antioxidant effects of soy sauce on color stability and lipid oxidation of raw beef patties during cold storage[J]. Meat Science, 2013, 95(3): 641-646. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.06.006.
- [26] LUO Y Y. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*)[J]. Food Control, 2011, 22(3/4): 608-615. DOI:10.1016/j.foodcont.2010.10.012.
- [27] 刘骁, 谢晶, 林永艳. 复合生物保鲜剂对猪肉保鲜的研究[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 199-203. DOI:10.3969/j.issn.1003-5788.2011.06.054.
- [28] 余小领, 白云, 李学斌, 等. 宰后不同时间冻结对猪肉保水性和组织结构的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(3): 18-22. DOI:10.3321/j.issn:0253-990X.2007.03.006.
- [29] 姜秀丽, 刁小琴, 孔保华, 等. 烘干时间对牛肉干水分分布与品质变化的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(4): 30-34. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.04.007.
- [30] AERB B, BPES M, BM P, et al. Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat[J]. Meat Science, 2021, 171(10): 108284. DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108284.
- [31] 辛晓琦, 张家起, 赵丽华, 等. 羊肉发酵香肠中亚硝酸盐和亚硝胺含量变化的研究[J]. 食品科技, 2019, 44(4): 117-122. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2019.04.022.
- [32] 姜蕾, 范尚宇, 张万刚, 等. 迷迭香提取物对萨拉米品质的影响[J]. 肉类工业, 2017(6): 22-29. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2017.06.006.
- [33] 吴业静, 谷大海, 徐志强, 等. 绿茶中多酚物质的抗氧化活性及其在肉制品中的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(12): 4588-4593. DOI:10.3969/j.issn.2095-0381.2017.12.015.
- [34] 杨敏, 杨勇, 李彬彬, 等. 燕麦麸脂肪模拟物应用于发酵香肠的工艺优化及其对发酵香肠品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(5): 129-137. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201705021.
- [35] MONICA F, FIDE T. Chemistry, safety, and regulatory considerations in the use of nitrite and nitrate from natural origin in meat products: invited review[J]. Meat Science, 2021, 171: 108272. DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108272.
- [36] 何新叶, 周璇, 薛满, 等. 肉制品中亚硝酸盐状况分析及快检技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(11): 3249-3254. DOI:10.3969/j.issn.2095-0381.2019.11.005.
- [37] 唐发书, 贾仁勇, 彭顺清, 等. 葡萄糖和维生素C(VitC)对香肠中亚硝酸盐残留量的影响[J]. 四川畜牧兽医学院学报, 2000, 14(3): 36-38.
- [38] 汪学荣, 周玲, 阚建全. 几种添加物对香肠制品亚硝酸盐残留量的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 85-88.