

艾草黄酮抗氧化及对鸡胸肉保鲜效果的研究

Study on antioxidant effect of flavonoids from *Artemisia argyi* and its application in preservation of fresh grade breast

杨宇华 黄艳 郑伟鹏

YANG Yu-hua HUANG Yan ZHENG Wei-peng

(武夷学院茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

(College of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300, China)

摘要:以超声波辅助提取和经大孔吸附树脂纯化的艾草黄酮纯化物为原料,研究了艾草黄酮纯化物的总还原力、超氧阴离子自由基($O_2^{\cdot-}$)清除能力、羟基自由基($\cdot OH$)清除能力、DPPH 自由基(DPPH $\cdot$)清除能力,并将其应用于鸡胸肉冷藏保鲜中,考察其对鸡胸肉 pH 值、硫代巴比妥酸值、挥发性盐基氮含量、红度值、硫化氢等理化指标及感官品质的影响。结果表明,艾草黄酮纯化物有较强的总还原力且呈良好的线性关系,对 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 、DPPH $\cdot$ 均有清除能力,且清除能力与艾草黄酮纯化物浓度呈一定的量效关系。鸡胸肉理化指标表明,艾草黄酮纯化物保鲜效果优于空白对照组。综合效益分析,艾草黄酮纯化物的最佳质量浓度为 0.4 mg/mL,在此浓度条件下,可有效延长鸡胸肉的保鲜贮藏期。

关键词:艾草;黄酮;抗氧化;鸡胸肉;保鲜

Abstract: In this paper, the total reducing power, $O_2^{\cdot-}$, $\cdot OH$ and DPPH $\cdot$ scavenging capacity of the flavonoids from *Artemisia argyi* were studied by ultrasonic assisted extraction and macroporous resin purification. The changes of pH values, TBARS, TVB-N, redness value, hydrogen sulfide and other physical and chemical indexes of fresh grade breast and its effects on sensory quality were investigated. The results showed that the purified flavonoids from *Artemisia argyi* had a strong total reduction power and a good linear relationship, with the good scavenging ability for $O_2^{\cdot-}$, $\cdot OH$, and DPPH $\cdot$, and the scavenging ability has a certain dose-effect relationship with the purified flavonoids from *Artemisia argyi*. The fresh-keeping effect of the purified flavonoids from *Artemisia argyi* was better than that of the control group. Comprehensive benefit was analyzed, and the best concentration of flavonoids from *Artemisia argyi* was

0.4 mg/mL, which could effectively prolong the storage period of fresh grade breast.

Keywords: *Artemisia argyi*; flavonoids; antioxidant; fresh grade breast; preservation

艾草又名蕪艾、灸草,为菊科蒿属多年野生草本植物^[1]。艾草有较丰富的药用价值,如抑菌、抗过敏、止血、镇痛^[2-3]。艾草的药理作用与其独特的天然生物活性成分黄酮息息相关,可有效提高机体免疫力,降低冠心病、高血压、急慢性肝炎和心肌缺血损伤等疾病的发病率^[4-5]。

动物机体在正常代谢过程常会伴随产生对机体造成伤害的自由基,如:双氧水、超氧阴离子自由基($O_2^{\cdot-}$)、羟基自由基($\cdot OH$)等自由基,从而引起动物机体的 DNA 链断裂、蛋白质病变、酶失活等,清除动物体内过多的自由基,是维持机体健康条件的前提。植物中的黄酮类化合物因苯环结构上的羟基易失去氢电子,可作为良好的电子供体,因此能够有效清除机体内产生的自由基,使机体免受自由基导致的氧化损伤,从而具有良好的抗氧化活性^[6]。植物黄酮类化合物作为一种天然抗氧化剂,因其安全、低毒、高效的特点成为近年来的研究热点^[7]。艾草黄酮类化合物的抗氧化活性运用于肉制品加工研究尚鲜见报道。试验拟以抗坏血酸为阳性对照,从总还原力、 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 和 DPPH 自由基(DPPH $\cdot$)清除效果等方面对艾草黄酮纯化物开展体外抗氧化活性研究,并将其作为天然抗氧化剂应用于鸡胸肉中,以期艾草黄酮化合物作为天然抗氧化剂在肉制品的保鲜应用及食品加工中提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

艾草、鸡胸肉:市售;

无水乙醇、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、焦性没食子酸、

基金项目:福建省教育厅科研项目(编号:JAT190792)

作者简介:杨宇华(1986—),女,武夷学院实验师,硕士。

E-mail:283731552@qq.com

收稿日期:2020-08-01

1,10-菲罗啉、乙二胺四乙酸、氧化铁、乙酸铅、抗坏血酸、硫酸亚铁、铁氰化钾、三氯乙酸、氯化铁、双氧水、磷酸二氢钾、甲基红、亚甲基蓝、硼酸、氢氧化钠、三氯甲烷:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

盐酸:优级纯,西陇化工股份有限公司;

三(羟甲基)氨基甲烷、2-硫代巴比妥酸:生物试剂级,国药集团化学试剂有限公司;

2,2-联苯基-1-苦基肼基:生物试剂级,美国 Sigma-Aldrich 公司。

1.2 仪器与设备

高速万能粉碎机:PW80 型,天津市泰斯特仪器有限公司;

鼓风干燥箱:DHG-9123 型,上海科恒实业发展有限公司;

循环水式真空泵:SHZ-DⅢ型,巩义市予华仪器有限公司;

数控超声波清洗机:KQ-500DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

高速冷冻离心机:Neofuge 15R 型,上海力申科学仪器有限公司;

旋转蒸发器:RE 2000A 型,上海亚荣生化仪器厂;

真空冷冻干燥机:FD-1D-50 型,北京博医康实验仪器有限公司;

恒流泵:HL-2 型,上海沪西分析仪器厂有限公司;

可见分光光度计:V-1100D 型,上海美普达有限公司;

紫外可见分光光度计:UV-3200PC 型,上海美普达有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-S4 型,常州中捷实验仪器有限公司;

集热式磁力加热搅拌器:DF-101S 型,常州迈科诺科技有限公司;

酸度计:PB-10 型,上海多博科学仪器有限公司;

全温培养摇床:QYC-200 型,上海新苗医疗器械制造有限公司;

自动测色色差计:WSC-S 型,上海仪电物理光学仪器有限公司;

高压均质器:Scientz-150 型,宁波新芝有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 原料处理

(1) 艾草:80℃烘干,粉碎,过 60 目筛,得艾草粉末,再 60℃烘干至恒重后保存备用。

(2) 艾草黄酮提取:参照杨宇华等^[8]优化的超声波辅助提取工艺条件提取艾草总黄酮,得艾草粗提物,收集备用。

(3) 艾草黄酮纯化:根据前期预试验,采用大孔吸附

树脂,按上样液浓度 2.5 mg/mL,上样液 pH 值 4,吸附温度 20℃,上样速度 1.5 mL/min,选用 80%乙醇进行洗脱,洗脱流速 1.5 mL/min,洗脱用量 100 mL 的条件进行纯化处理。取滤液浓缩后,置于超低温冰箱 24 h 后,真空冷冻干燥约 24 h,得到纯化艾草黄酮干品,留存备用。

(4) 保鲜液制备:将艾草黄酮纯化物和抗坏血酸分别配制成水溶液,其质量浓度为 0.1~0.5 mg/mL,备用。

(5) 肉样处理:鸡胸肉冷却排酸 24 h,使其中心温度降至 0~4℃,于超净工作台将其分成约 200 g 的肉块,去除筋膜和多余脂肪,平均分成 6 组,每组 3 块,待用。将处理好的 6 组肉块分别用 0.0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5 mg/mL 的黄酮纯化溶液浸泡,10 min 后取出,沥干后用保鲜袋包装,置于(4±1)℃冰箱中,定期(第 0,2,4,6,8 天)对冷却鸡胸肉的各项指标进行测定。

1.3.2 艾草黄酮体外抗氧化试验

(1) 总还原能力的测定:采用普鲁士兰法^[9]。取 1.00 mL 样液,依次加入 pH 6.6 的磷酸缓冲盐溶液(PBS)、1% K₃[Fe(CN)₆]溶液各 2.5 mL,摇匀后将其置于 50℃水浴 20 min 后加入 2.5 mL 10%的三氯醋酸溶液,摇匀。取混合液 2.5 mL,加蒸馏水 2.5 mL,与 0.5 mL 0.1% FeCl₃溶液混合。静置 10 min 后于 700 nm 处测定吸光度。吸光值与还原能力呈正相关。

(2) 超氧阴离子自由基(O₂⁻·)清除率的测定:采用邻苯三酚自氧化法^[10]。取样液 0.50 mL,加入 6 mL pH 8.2 的 Tris-HCl 缓冲液,于 37℃水浴 10 min 后加 37℃预热好的邻苯三酚盐酸溶液(7 mmol/L)1 mL,反应 4 min。以 0.5 mL 浓盐酸终止反应,于 325 nm 处测定吸光度值(A),以 Tris-HCl 缓冲液作为空白吸光度(A₀)。按式(1)计算 O₂⁻·清除率。

$$C = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

C——O₂⁻·清除率,%;

A₀——空白组的吸光度值;

A——样品组的吸光度值。

(3) 羟基自由基(·OH)清除率的测定:参照李凡等^[11]的方法,根据实际情况稍作修改。将 1.5 mL 邻菲罗啉应用液(5 mmol/L)加入至 4 mL pH 7.4 磷酸钠缓冲液中混匀后再加 1 mL 7.5 mmol/L FeSO₄溶液再混匀。混匀液加 1.00 mL 试样,立即混匀后加 1.5 mL 双蒸水,以补充体积。最后加 1.0 mL 1%过氧化氢溶液,混匀,以双蒸水代替过氧化氢溶液作为空白对照。37℃水浴 90 min。于 536 nm 处测定吸光度。按式(2)计算·OH清除率。

$$C = \frac{A_{\text{样品}} - A_{\text{损伤}}}{A_{\text{未损}} - A_{\text{空白}}} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

C —— $\cdot\text{OH}$ 清除率, %;

$A_{\text{样品}}$ ——加抗氧化剂及过氧化氢的溶液的吸光值;

$A_{\text{损伤}}$ ——加过氧化氢而不加抗氧化剂的溶液的吸光值;

$A_{\text{未损}}$ ——两者都不加的溶液的吸光值。

(4) DPPH 自由基(DPPH $\cdot$)清除率的测定:参照贾靖霖等^[12]的方法,根据实际情况稍作修改。移取 4 mL pH 6.86 标准混合磷酸盐缓冲液注入 10 mL 试管中,加入 2×10^{-4} mol/L DPPH 溶液(95%乙醇配制) 4 mL,摇匀。加样液 1.00 mL,以蒸馏水定容至 10.00 mL 刻度,混匀,室温下静置 10 min 于 520 nm 处测定吸光度(95%乙醇作参比)。按式(3)计算 DPPH $\cdot$ 清除率。

$$C = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_c}\right) \times 100\%, \quad (3)$$

式中:

C ——DPPH $\cdot$ 清除率, %;

A_i ——加样液后 DPPH 溶液的吸光值;

A_j ——不加 DPPH,只加样液和水的溶液的吸光值;

A_c ——不加样液,只加 DPPH 及水的溶液的吸光值。

1.3.3 艾草黄酮应用于鸡胸肉保鲜试验

(1) pH 值的测定:称取 5 g 样品,加入 50 mL 蒸馏水,利用 Scientz-150 高压均质器室温下均质 25 s, pH 计测定^[13]。

(2) 感官评价:对鸡肉的色泽、弹性、气味采用 4 级评分法评分^[14]。感官评价表见表 1。

(3) 硫代巴比妥酸值(TBARS 值)的测定:参照杨新磊等^[15]的方法,根据实际情况稍作修改。取 10 g 鸡胸肉研细,加入 7.5% TCA (含 0.1% 乙二胺四乙酸) 50 mL,连续震摇 30 min 后双层滤纸过滤。取 5 mL 上清液,加 0.02 mol/L TBARS 溶液 5 mL, 90 °C 下水浴 40 min,冷却 1 h 后离心 5 min,上清液中加入 5 mL 氯仿摇匀,静置分层取上清液分别在 532 nm 和 600 nm 处比色,记录消光值。与 TBARS 反应的物质的量以每千克肉中丙二醛(MDA)的毫克数来表示。按式(4)计算 TBARS 值。

$$TBARS = \frac{A_{532\text{ nm}} - A_{600\text{ nm}}}{155} \times \frac{1}{10} \times 72.6 \times 100, \quad (4)$$

式中:

TBARS——硫代巴比妥酸值, mg/100 g;

$A_{532\text{ nm}}$ ——532 nm 处的吸光度值;

$A_{600\text{ nm}}$ ——600 nm 处的吸光度值。

(4) 挥发性盐基氮(TVB-N 值)的测定:按 GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》执行。

(5) 色差的测定:利用 WSC-S 测色色差计测定肉样的 a (红度)值,仪器使用前分别用黑色陷阱和白板进行仪

表 1 鸡胸肉冷藏期间的感官评价

Table 1 Evaluation of the sensory quality of fresh grade breast during refrigeration

项目	级别	指标
色泽	0 级	均匀光泽的鲜红色
	1 级	均匀稍有光泽的鲜红色
	2 级	暗淡红色
	3 级	浅褐色
弹性	0 级	指压后凹陷立即恢复
	1 级	指压凹陷恢复较慢
	2 级	指压后小部分凹陷难以恢复
	3 级	指压后大部分凹陷不能恢复,并有痕迹
气味	0 级	正常的鲜肉味
	1 级	略有鲜肉味
	2 级	略有氨气等异味
	3 级	有氧化酸败等腐败气味

器校准,按照操作选择合适的试皿,将肉样铺满试皿底部,置于样台上测量,每个样品随机测定 3 次,结果取平均值。从第 0 天开始计算,每隔 1 天测量一次并记录数据。

(6) 硫化氢(H_2S)检验:采用醋酸铅滤纸法检测^[16]。肉粒置于锥形瓶中,放入量为锥形瓶的 1/3。将乙酸铅碱性溶液处理过滤纸条悬挂于瓶中,塞紧瓶塞。室温下静置 15 min,观察滤纸条的颜色变化。硫化氢检验判断标准见表 2。

1.4 数据统计及分析

运用 Excel 2016 统计分析所有数据及计算标准偏差,应用 Origin 8.5 软件进行数据处理及制图。

2 结果与分析

2.1 艾草黄酮体外抗氧化试验

2.1.1 总还原力 由图 1 可知,在选定的浓度范围内,随着质量浓度的增大,黄酮纯化物、抗坏血酸的吸光度皆变大,总体呈较好的线性关系,表明该物质具有一定的还原力,且吸光度值越大,总还原能力越强,其抗氧化性也越高。在同一质量浓度下,虽黄酮纯化物总体较弱于抗坏血酸,但在一定浓度下,黄酮纯化物可替代抗坏血酸。

2.1.2 对 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 的清除作用 由图 2 可知,随质量浓度的

表 2 硫化氢检验的判断标准

Table 2 Criteria for determination of hydrogen sulfide

类别	硫化铅含量	滤纸条颜色变化	表示方法
新鲜肉	无	无变化	—
次鲜肉	少量	边缘变为淡褐色	+
变质肉	大量	黑褐色或棕色	++

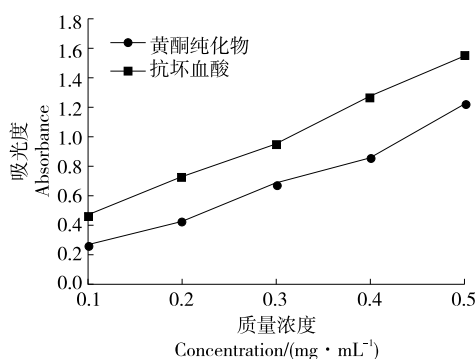
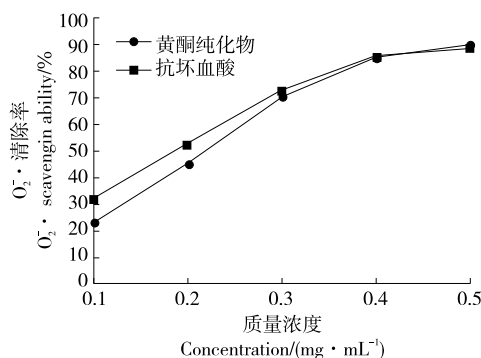


图1 黄酮纯化物、抗坏血酸的总还原力

Figure 1 Total reducing power of flavonoid purification and V_C图2 黄酮纯化物、抗坏血酸对 O₂⁻· 的清除作用Figure 2 Scavenging effects of flavonoid purification and V_C on O₂⁻· free radical

增大,艾草黄酮纯化物和抗坏血酸对 O₂⁻· 的清除效果越好。当样液浓度 < 0.3 mg/mL 时,两者质量浓度与清除率均有良好的量效关系,清除率随浓度增加而增大;样液浓度为 0.3~0.4 mg/mL 时,其增幅率较缓,黄酮纯化物与抗坏血酸清除率趋于一致;当质量浓度 > 0.4 mg/mL 时,黄酮纯化物对 O₂⁻· 的清除率大于抗坏血酸。

2.1.3 对 ·OH 的清除作用 由图 3 可知,艾草黄酮纯化物、抗坏血酸对 ·OH 的清除率与质量浓度呈正相关。当质量浓度 < 0.2 mg/mL 时,抗坏血酸清除率增幅强于黄酮纯化物;当质量浓度 > 0.2 mg/mL 时,抗坏血酸清除率增幅减缓,黄酮纯化物清除率增幅反而增大;当质量浓度为 0.4 mg/mL 时,黄酮纯化物对 ·OH 的清除率达到 77%,而抗坏血酸的清除率为 74.5%,表明当质量浓度 > 0.4 mg/mL 时,黄酮纯化物对 ·OH 的清除率大于抗坏血酸。

2.1.4 对 DPPH· 的清除作用 由图 4 可知,在试验浓度范围内,不同质量浓度的艾草黄酮纯化物与抗坏血酸对 DPPH· 的清除率均呈上升趋势。当质量浓度 < 0.2 mg/mL 时,抗坏血酸对 DPPH· 的清除率增幅较强,而黄酮纯化物对 DPPH· 的清除率增幅则较缓;当

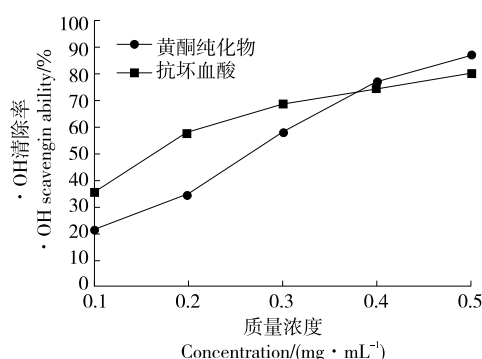


图3 黄酮纯化物、抗坏血酸对 ·OH 的清除作用

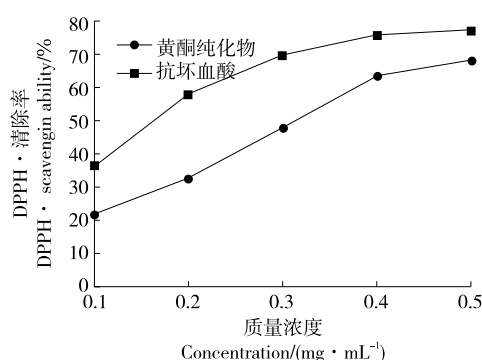
Figure 3 Scavenging effects of flavonoid purification and V_C on ·OH free radical

图4 黄酮纯化物、抗坏血酸对 DPPH· 的清除作用

Figure 4 Scavenging effects of flavonoid purification and V_C on DPPH· free radical

质量浓度为 0.2~0.4 mg/mL 时,黄酮纯化物清除率增幅高于抗坏血酸;当质量浓度 > 0.4 mg/mL 时,抗坏血酸对 DPPH· 的清除率趋于平缓接近无增长,艾草黄酮对 DPPH· 的清除率增幅虽有所下降但仍表现出较强的 DPPH· 清除能力。

2.2 艾草黄酮应用于鸡胸肉保鲜试验

2.2.1 不同质量浓度艾草黄酮对肉样 pH 值的影响 由图 5 可知,整个贮藏期间,各组分 pH 值总体均呈上升趋势,是由于肉中的蛋白质在微生物的作用下被分解成氨、三甲胺等碱性物质,促使 pH 值逐渐增大^[17-18]。贮藏时间为 0 d 时,空白组与对照组 pH 值无显著差异;贮藏 2 d 后,随贮藏时间的延长,除空白对照组外,经艾草黄酮溶液处理后的样品 pH 值增幅趋势较缓,且质量浓度与 pH 值呈负相关,在一定程度上表明艾草黄酮提取液对冷却肉的贮藏具有一定的抑菌作用和保鲜效果;贮藏 4 d 后,浓度 0.5 mg/mL 的艾草黄酮纯化物处理液的 pH 值最低,表明在所考察的范围内,艾草黄酮质量浓度越高,保鲜效果越好。

2.2.2 不同质量浓度艾草黄酮对肉样感官品质的影响

由表 3 可知,贮藏过程中,对照组与处理组,其感官

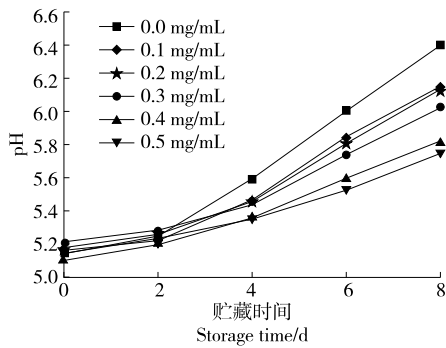


图 5 鸡胸肉贮藏期间 pH 值变化

Figure 5 Changes of the pH values in chilled meat during refrigeration

表 3 艾草黄酮浓度对贮藏期间鸡胸肉感官品质的影响
Table 3 Changes of the sensory quality in fresh grade breast during refrigeration

浓度/(mg · mL ⁻¹)	贮藏时间/d	色泽	弹性	气味
0.0	0	0	0	0
	2	0	0	1
	4	1	1	1
	6	2	1	2
	8	3	2	3
0.1	0	0	0	0
	2	0	0	0
	4	1	1	1
	6	1	1	2
	8	2	2	2
0.2	0	0	0	0
	2	0	0	0
	4	1	1	1
	6	1	1	2
	8	2	2	2
0.3	0	0	0	0
	2	0	0	0
	4	0	1	1
	6	1	1	1
	8	1	2	2
0.4	0	0	0	0
	2	0	0	0
	4	0	1	1
	6	1	1	1
	8	1	2	2
0.5	0	0	0	0
	2	0	0	0
	4	0	1	1
	6	1	1	1
	8	1	2	1

品质总体均随时间的延长而降低。其中,空白对照组在整个贮藏期间感官品质变化最为明显,其在第 2 天时,气味开始变化,其余组分感官品质均无变化,随着贮藏时间的增加,各处理组感官品质变化趋势有所减缓。贮藏第 8 天时,空白对照组感官品质低于各处理组分,表明在贮藏期间艾草黄酮纯化物在一定程度上抑制了冷却肉感官品质的降低,达到一定的保鲜效果。

2.2.3 不同质量浓度艾草黄酮对肉样 TBARS 值的影响

由图 6 可知,相同贮藏时间内,添加组鸡胸肉 TBARS 值均低于空白组,且随着黄酮添加量增大,对应的鸡胸肉 TBARS 值越小,表明艾草黄酮纯化物具有一定的抗氧化作用,且随质量浓度越大,抗氧化效果越佳。在 0~8 d 时,空白组、添加 0.1、0.2、0.3 mg/mL 的艾草黄酮纯化物,对应鸡胸肉 TBARS 值呈不断上升趋势,继续延长贮藏时间,TBARS 值下降并趋于平缓,可能是由于鸡胸肉中的丙二醛作为氧化的中间产物被氧化为有机酸,导致丙二醛无法继续与 TBARS 反应^[19-20]。

2.2.4 不同质量浓度艾草黄酮对肉样 TVB-N 值的影响

由图 7 可知,处理组与空白对照组随贮藏时间的延长,TVB-N 值逐渐增加,可能是肉品被侵染或肉本身含有的微生物引起蛋白质脱羧、脱氨等作用产生碱性物质^[21]。第 4 天,空白组、0.1 mg/mL 处理组和 0.2 mg/mL 处理组的 TVB-N 值均已超过 GB/T 9959.2—2008 限定值(15.00 mg/100 g),表明鸡胸肉开始出现腐败变质现象,而 0.3、0.4、0.5 mg/mL 处理组均未超过国标限定值。第 8 天时,空白组 TVB-N 值达到 39.08 mg/100 g,各黄酮纯化物处理组显著低于空白组,表明黄酮纯化物在鸡胸肉冷藏期间可抑制微生物与酶的作用,减缓其腐败变质速度。整个贮藏过程中,肉中 TVB-N 值的总体变化趋势为先缓慢增大后急剧增大,这主要是由于前期肌肉收缩产生的肌浆蛋白酶促进蛋白质水解,以及后期的微生物降解^[22-23];随着黄酮纯化物质量浓度的增大,挥发性盐基氮含量增大的趋势有所下降,且 0.4 mg/mL 处理组与 0.5 mg/mL 处理组无明显差异。从综合效益分析,选择

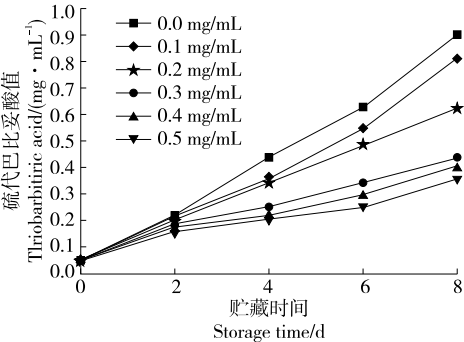


图 6 鸡胸肉贮藏期间 TBARS 值变化

Figure 6 Changes of the TBARS in fresh grade breast during refrigeration

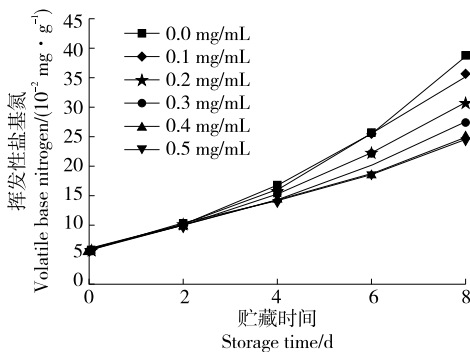


图 7 鸡胸肉贮藏期间 TVB-N 值变化

Figure 7 Changes of the TVB-N in fresh grade breast during refrigeration

浓度为 0.4 mg/mL 的艾草黄酮纯化物为最佳质量浓度。

2.2.5 不同质量浓度艾草黄酮对肉样红度值的影响 a 值越大肉色越红,表明肉类被氧化的程度较小^[24]。由图 8 可知,各试验组的红度值在贮藏期间均逐渐减小。贮藏 2 d 后,各处理组的红度值均高于空白对照组,其变化趋势也较空白对照组缓慢。整个贮藏期间,0.5 mg/mL 处理组艾草黄酮纯化物溶液的鸡胸肉红度值,其 a 值由原来的 17.28 变为 10.65,下降了 6.63;而空白对照组的 a 值由原来的 15.13 变为 4.63,下降了 10.50,其变化趋势显著高于黄酮纯化物处理过的鸡胸肉,表明艾草黄酮纯化物有明显延缓其色泽变化的效果。

2.2.6 不同质量浓度艾草黄酮对肉样硫化氢检验的影响

由表 4 可知,整个贮藏期间,经艾草黄酮纯化物处理的样品能有效控制肉在冷藏过程中硫化氢的产生,表明艾草黄酮纯化物在一定程度上可有效抑制冷却肉的腐败。

3 结论

体外抗氧化试验表明,艾草黄酮纯化物具有良好的体外抗氧化能力。艾草黄酮纯化物有一定的还原力,且还原力随着质量浓度的增大而增强,超氧阴离子自由基、

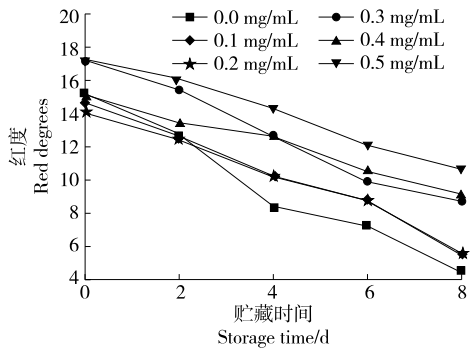


图 8 鸡胸肉贮藏期间红度值变化

Figure 8 Changes of the a values in fresh grade breast during refrigeration

表 4 鸡胸肉贮藏期间硫化氢变化

Table 4 Changes of the hydrogen sulfide in fresh grade breast during refrigeration

浓度/ (mg · mL ⁻¹)	贮藏时间/d				
	0	2	4	6	8
0.0	—	—	+	+	++
0.1	—	—	+	+	++
0.2	—	—	—	+	++
0.3	—	—	—	+	+
0.4	—	—	—	—	+
0.5	—	—	—	—	+

羟基自由基、DPPH 自由基均具有清除能力,但都弱于抗坏血酸。

鸡胸肉各理化指标的检测结果表明,艾草黄酮纯化物对鸡胸肉保鲜效果较强于空白对照组,可有效抑制鸡胸肉中微生物的繁殖和脂质的氧化。艾草黄酮纯化物多浓度梯度的保鲜对照试验发现,当质量浓度为 0.4 mg/mL 和 0.5 mg/mL 时,艾草黄酮保鲜液对鸡胸肉的保鲜效果无明显差异。从生产效益成本分析,浓度过高导致成本增加,不适用于生产应用,因此,艾草黄酮纯化物的最佳质量浓度为 0.4 mg/mL。艾草黄酮纯化物可有效抑制鸡胸肉中微生物生长速度,延缓腐败等特征的产生,可作为天然抗氧化剂应用于食品加工及肉制品的保鲜。

参考文献

- [1] LIU Dian-gang, CHEN Yu-jie, WAN Xiang-luan, et al. Artemisia argyi folium and its geo-authentic crude drug qi ai[J]. Journal of Traditional Chinese Medical Sciences, 2017, 4 (1): 25-42.
- [2] 况伟,刘志伟,张晨,等. 艾草抗氧化活性物质的提取分离[J]. 中国食品添加剂, 2015, 32(6): 109-113.
- [3] 陈建福,钟艳琴,曾小芳,等. 响应面优化超声辅助提取胡萝卜叶总黄酮的工艺研究[J]. 中国食品添加剂, 2017(10): 66-72.
- [4] MENG L I. The extraction process of flavonoids from seedlings of plantain[J]. Journal of Xian University, 2018, 108: 1-6.
- [5] 李萌萌,焦天慧,吕长鑫,等. 红树莓籽中黄酮提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(2): 101-109.
- [6] 康永锋,薛永刚,韩巧英. 响应面优化超声辅助提取豌豆总黄酮工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(2): 56-61.
- [7] ZHANG Hao, HAO Liu-hua, LIU Gui-qiao, et al. Optimization of extraction process and in vitro antioxidant activities of flavonoid from zizyphus jujuba[J]. Northern Horticulture, 2018, 107(2): 1-6.
- [8] 杨宇华,郑宝东,黄艳,等. 响应面法优化超声波辅助提取艾草总黄酮工艺[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(3): 59-64.

(下转第 142 页)

SOD、GSH、CAT 水平极显著降低($P < 0.01$),经蒲公英提取物高剂量组治疗后可极显著恢复其水平($P < 0.01$),而模型组大鼠肝脏中的 MDA 水平均显著高于正常组($P < 0.01$),经蒲公英提取物治疗后可极显著降低其水平($P < 0.01$)。长期高血糖和高血脂可使机体自由基增加,导致机体始终处于氧化应激状态,从而使胰岛 B 细胞凋亡,血糖上升。经蒲公英提取物灌胃后,T2DM 大鼠的相关指标均有所改善,说明蒲公英提取物能改善 T2DM 大鼠的氧化应激和脂代谢情况。

3 结论

试验表明,蒲公英提取物具有显著的降血糖作用,可能与其改善胰岛素抵抗、提高氧化应激水平以及改善脂质代谢有关。试验中仅对蒲公英粗提物以及 2 型糖尿病大鼠的基础指标进行了研究,后续将制备蒲公英单体,并对其降血糖作用机制进行进一步研究。

参考文献

- [1] MELORIN M, CHARLES C J, LAUREN O R, et al. Gangrenous cholecystitis: A silent but potential fatal disease in patients with diabetic neuropathy: A case report[J]. World Journal of Clinical Cases, 2018, 6(15): 1 007-1 011.
- [2] SAHA M R, DEY P, SARKAR I, et al. Acacia nilotica leaf improves insulin resistance and hyperglycemia associated acute hepatic injury and nephrotoxicity by improving systemic antioxidant status in diabetic mice[J]. J Ethnopharmacol, 2018, 210: 275-286.
- [3] 马燕云,唐红,杨华. 2 型糖尿病心脏自主神经病变的中医药研究进展[J]. 世界临床药物, 2020, 41(6): 416-421.
- [4] 高岩,于艳梅,高志辉. 2 型糖尿病患者合并慢性肾脏疾病其肾脏功能与胰岛素抵抗的相关性研究[J]. 医学理论与实践, 2020, 33(12): 1 908-1 910, 1 913.
- [5] 王晨,龙晓珊,邹宇晓,等. 膳食多酚的糖稳态调节作用[J]. 食品与机械, 2019, 35(11): 11-16, 51.
- [6] 刘东波,周佳丽,李坚,等. 营养干预在糖尿病治疗中的研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(6): 1-11.
- [7] 贺珍,秦昉,陈洁,等. 食品多酚对 2 型糖尿病及其代谢综合征的干预研究进展[J]. 食品与机械, 2019, 35(2): 202-206.
- [8] 侯荣荣,杜峰涛,邹星月,等. 蒲公英的活性物质及其应用研究进展[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(22): 27-28, 53.
- [9] 张智,刘洋,尹文哲,等. 蒲公英总黄酮复合酶法提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(2): 143-148.
- [10] 李雪石,张彦文. 蒲公英水提取物对链脲佐菌素致糖尿病大鼠的降血糖作用及其机制[J]. 中草药, 2013, 44(7): 863-868.
- [11] ZHAO Ping, MING Qian, XIONG Ming-rui, et al. Dandelion chloroform extract promotes glucose uptake via the AMPK/GLUT4 Pathway in L6 cells[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2018, 11(7): 863-868.
- [12] 聂文佳,徐帅师,张咏梅. 蒲公英有效成分及其药理作用研究进展[J/OL]. 辽宁中医药大学学报. (2020-05-14) [2020-06-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1543.R.20200514.1133.010.html>.
- [13] 王妮妮,张红苗,王琳,等. 蒲公英甾醇对氧化损伤心肌细胞保护作用研究[J]. 重庆医学, 2018, 47(12): 1 572-1 574.
- [14] 解文卿,王艳丽,刁建华. 天麦消渴片对胰岛素抵抗型 2 型糖尿病的治疗效果[J]. 河南医学高等专科学校学报, 2019, 31(6): 761-764.
- [15] 李秋云,王彩宁,史丽萍,等. 2 型糖尿病及前期患者胰岛素抵抗与脂代谢紊乱的关系[J]. 中国全科医学, 2011, 14(24): 2 716-2 719.
- [16] 王晓英,刘长姣,段连海,等. 蒲公英总黄酮提取物在冷却猪肉涂膜保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 214-218.
- [17] LIU Zhao-di, LIU Xiang-yi, ZHANG Shui-tao, et al. Ultrasound-assisted extraction and antioxidant activity of total flavonoids from prinsepia utilis royle[J]. Food Research and Development, 2018, 176(2): 315-326.
- [18] 王佳奕,王婧,丁武. 山梨酸纳米微粒在冷却猪肉保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2018, 39(9): 202-206.
- [19] 唐雪燕,赵雅兰. 大蒜提取物对冷却肉保鲜及抗氧化性的研究[J]. 肉类工业, 2017(7): 24-27.
- [20] 赵越. 红烧肉在加工和储藏过程中的品质变化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017: 15.
- [21] 刘孝沾,孔永昌,李丹. 肉和肉制品中脂肪氧化的研究进展[J]. 肉类工业, 2017(3): 47-49.
- [22] 王媛媛,夏秋瑜,李瑞,等. 不同冷冻贮藏温度对椰肉保鲜效果和加工特性的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(5): 5-8.
- [23] 孟静. 鸭肉制品生产过程中微生物污染分析及复合防腐剂保鲜研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016: 28.
- [24] 肖轲,李高阳,尚雪波,等. 辣椒籽提取物对冷却肉的抗氧化性及保鲜效果[J]. 中国食品学报, 2020, 20(6): 202-208.

(上接第 127 页)

- [9] 敬思群,张晓鸣. 提取工艺对高寒香菊花粗多糖体外抗氧化性的影响分析[J]. 食品工业, 2014, 35(3): 165-168.
- [10] 郭磊,加依达尔·努尔哈买提,岳家梦,等. 美味牛肝菌总黄酮大孔树脂纯化工艺及抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂, 2020, 31(1): 85-91.
- [11] 李凡,薛春梅,赵晔,等. 四种香蘑属真菌子实体抗氧化活性比较分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(4): 15-17.
- [12] 贾靖霖,陆健康,汪莉莉,等. 核桃多肽体外抗氧化活性研究[J]. 中国酿造, 2014, 33(5): 109-112.
- [13] 余欣珂,明建,支玲,等. 真空冷冻干燥对菊花多酚含量及其抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(6): 138-144.
- [14] 郑燕菲,张强,蓝亮美,等. 单性木兰枝多酚提取工艺及抗氧化性研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(5): 175-181.
- [15] 杨新磊,丁武. 壳聚糖对冷却猪肉品质特性的影响研究[J]. 肉类工业, 2012(7): 23-26.
- [16] 王晓英,刘长姣,段连海,等. 蒲公英总黄酮提取物在冷却猪肉涂膜保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 214-218.

- [17] LIU Zhao-di, LIU Xiang-yi, ZHANG Shui-tao, et al. Ultrasound-assisted extraction and antioxidant activity of total flavonoids from prinsepia utilis royle[J]. Food Research and Development, 2018, 176(2): 315-326.
- [18] 王佳奕,王婧,丁武. 山梨酸纳米微粒在冷却猪肉保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2018, 39(9): 202-206.
- [19] 唐雪燕,赵雅兰. 大蒜提取物对冷却肉保鲜及抗氧化性的研究[J]. 肉类工业, 2017(7): 24-27.
- [20] 赵越. 红烧肉在加工和储藏过程中的品质变化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017: 15.
- [21] 刘孝沾,孔永昌,李丹. 肉和肉制品中脂肪氧化的研究进展[J]. 肉类工业, 2017(3): 47-49.
- [22] 王媛媛,夏秋瑜,李瑞,等. 不同冷冻贮藏温度对椰肉保鲜效果和加工特性的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(5): 5-8.
- [23] 孟静. 鸭肉制品生产过程中微生物污染分析及复合防腐剂保鲜研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2016: 28.
- [24] 肖轲,李高阳,尚雪波,等. 辣椒籽提取物对冷却肉的抗氧化性及保鲜效果[J]. 中国食品学报, 2020, 20(6): 202-208.