

罗汉果甜苷对炖煮五花肉品质及贮藏稳定性的影响

张 瑛, 张宇晴, 杨铭铎, 何志贵, 崔莹莹, 王敬涵, 李 欣

Effect of Mogroside on the Quality and Storage Stability of Stewed Pork Belly

ZHANG Ying, ZHANG Yuqing, YANG Mingduo, HE Zhigui, CUI Yingying, WANG Jinghan, and LI Xin

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022070172>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

猪五花肉炖煮肉汤香气物质的分析鉴定

Characterization of the aroma compounds in stewed meat broth of pork belly

食品工业科技. 2017(22): 273-279 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2017.22.053>

岷江百合与兰州百合鳞茎中多酚组分及其生物活性

Polyphenolic compositions and their bioactivity in the bulb of *Lilium regale* and *L. davidii* var. *unicolor*

食品工业科技. 2018, 39(10): 22-27,34 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.10.005>

蒜片加工废水抑菌活性及稳定性初步研究

Preliminary Study on Antibacterial Activity and Stability of Garlic Processing Waste Water

食品工业科技. 2018, 39(13): 51-55,61 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.13.010>

真空耦合超声波提取龙牙木皂苷及其抗氧化和抑菌活性研究

Optimization of Ultrasonic Coupled Vacuum Assisted Extraction and Antioxidant and Antibacterial Activity of Saponin from *Aralia elata*

食品工业科技. 2019, 40(22): 24-33,39 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2019.22.005>

紫叶小檗果小檗碱的提取及抑菌活性研究

Extraction and Antibacterial Activity of Berberine from the Fruit of *Berberis thunbergii* var. *atropurpurea*

食品工业科技. 2020, 41(22): 199-203,226 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2019120242>

海南4种茶水提物的抗氧化及抑菌活性比较

Antioxidant and Antibacterial Activity of Aqueous Extracts from Four Kinds of Tea in Hainan

食品工业科技. 2018, 39(23): 56-63 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.23.010>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

张瑛, 张宇晴, 杨铭铎, 等. 罗汉果甜苷对炖煮五花肉品质及贮藏稳定性的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(10): 336–342. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070172

ZHANG Ying, ZHANG Yuqing, YANG Mingduo, et al. Effect of Mogroside on the Quality and Storage Stability of Stewed Pork Belly[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(10): 336–342. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070172

· 贮运保鲜 ·

罗汉果甜苷对炖煮五花肉品质及贮藏稳定性的影响

张 瑛^{1,2,3}, 张宇晴^{1,3}, 杨铭铎^{1,2,3}, 何志贵^{1,*}, 崔莹莹^{1,3}, 王敬涵¹, 李 欣²

(1. 桂林旅游学院休闲与健康学院, 广西桂林 541006;

2. 哈尔滨商业大学旅游烹饪学院, 黑龙江哈尔滨 150076;

3. 哈尔滨商业大学, 中式快餐研究发展中心博士后科研基地, 黑龙江哈尔滨 150076)

摘 要: 探究不同添加量的罗汉果甜苷 (0%、0.1%、0.3%、0.5%) 对炖煮五花肉的品质及贮藏稳定性的影响。通过测定炖煮五花肉的感官、质构、色泽, 以及贮藏期间的 pH、TBARS 值、菌落总数的变化。结果表明: 当添加 0.3% 罗汉果甜苷时, 炖煮五花肉口感最佳, 色泽光亮, 具有罗汉果香甜味, 抑制脂肪氧化效果显著 ($P < 0.05$); 与空白组相比, 炖煮五花肉贮藏 12 d 时, 添加 0.5% 罗汉果甜苷的样品 TBARS 值下降 47.10%, 菌落总数下降 19.57%, pH 较稳定, 脂肪层的 L^* 值和 a^* 值下降程度小, b^* 值变化不显著。经相关性分析, 添加罗汉果甜苷炖煮五花肉的 TBARS 值与贮藏过程中的指标变化存在显著相关性 ($P < 0.05$), 说明适量的罗汉果甜苷可以有效提高炖肉品质, 改善肉质弹性、内聚性等, 能够抑制脂肪氧化及微生物生长, 适当延缓贮藏期, 起到护色、抗氧化、抗菌等作用。由此可见, 罗汉果甜苷作为天然非糖甜味剂能够改善肉制品品质, 在天然抗氧化剂方向也具有一定应用前景。

关键词: 罗汉果甜苷, 猪五花肉, 天然甜味剂, 抗氧化活性, 抑菌活性

中图分类号: TS251.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)10-0336-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070172

本文网刊:



Effect of Mogroside on the Quality and Storage Stability of Stewed Pork Belly

ZHANG Ying^{1,2,3}, ZHANG Yuqing^{1,3}, YANG Mingduo^{1,2,3}, HE Zhigui^{1,*}, CUI Yingying^{1,3},
WANG Jinghan¹, LI Xin²

(1. College of Leisure and Health, Guilin Tourism University, Guilin 541006, China;

2. College of Tourism and Cuisine, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China;

3. Post-doctoral Research Base, Center for Chinese Fast Food and Development, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: In order to explore the effects of different amounts of mogroside (0%, 0.1%, 0.3%, 0.5%) on the quality and the storage stability of stewed pork belly. By measuring the sensory, texture, color of the stewed pork belly, as well as the pH value, TBARS value, total number of bacterial colonies and other indicators during storage, the analysis showed: When 0.3% mogroside was added, the stewed pork belly had the best taste, bright color, aroma and sweetness of *Siraitia grosvenorii*, and obvious effect of inhibiting fat oxidation ($P < 0.05$). Compared with the blank group, when the stewed pork belly was stored for 12 days, the TBARS value of the samples added with 0.5% mogroside decreased by 47.10%, the total number of colonies decreased by 19.57%, the pH was relatively stable, and the L^* value and a^* value of the fat layer decreased slightly, and the b^* value did not change significantly. Correlation analysis showed that there was a significant

收稿日期: 2022-07-18

基金项目: 广西壮族自治区本级财政科技计划项目广西重点研发计划 (2018AB49021)。

作者简介: 张瑛 (1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 烹饪科学, E-mail: zhangying7854@163.com。

* 通信作者: 何志贵 (1980-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 植物与功能食品, E-mail: 906260300@qq.com。

($P < 0.05$) correlation between the TBARS value of pork belly stewed with mogroside and the index changes during storage, indicating that an appropriate amount of mogrosides could effectively improve the quality of stewed meat, improve meat elasticity, cohesion, etc. It could also inhibit fat oxidation and microbial growth, appropriately delay the storage period, and play the role of color protection, anti-oxidation, and antibacterial. It could be seen that mogroside as a natural non-sugar sweetener could improve the quality of meat products, and also had certain application prospects in the direction of natural antioxidants.

Key words: mogroside; pork belly; natural sweetener; antioxidant capacity; antibacterial activity

猪五花肉熟制工艺多样,如煮、煎、炸、烤、炒等,具有浓郁风味及独特口感,深受消费者喜爱。然而肉制品在热处理过程中出现脂肪氧化、蛋白质降解等反应,影响肉类品质,在高温条件下更容易产生过氧化物和自由基等有害物质,对人体健康产生潜在危害^[1]。如红烧肉的制作中需添加糖、酱油等调味品,在热处理中容易产生丙烯酰胺、反式脂肪酸、呋喃等危害物^[2],且高糖高热对糖尿病患者、肥胖人群也不友好。此外,肉制品在包装、贮藏等过程中也极易发生氧化酸败与微生物污染等情况,导致肉制品变质,影响其色泽、风味,从而失去食用品质和营养价值,货架期大大缩短^[3]。研究表明天然抗氧化剂多来源于果蔬、香辛料、中草药、茶叶等植物提取物,含有黄酮、多酚、皂苷、生物碱、萜烯类化合物等生物活性成分,具有杀菌、抗炎、抗氧化等生理功效^[4],可以对肉制品在热加工处理中产生的危害物产生抑制作用^[5],在贮藏期间也能够起到抗氧化、抑菌效果,为食品提供附加营养价值,有利于贮藏保鲜^[6]。

罗汉果(*Siraitia grosvenorii*)是一种具有多种保健功能的药食同源植物,其主要成分罗汉果甜苷(Mogroside)具有强抗氧化性、抗糖基化活性等,可有效清除氧化自由基,缓解运动性疲劳,同时具有抗菌、抗癌、降血糖等功效^[7]。作为天然非糖甜味剂,罗汉果甜苷的甜度是蔗糖的 300 倍,由于其热量低,具有强稳定性,被认为是缓解糖尿病及肥胖症的有效代糖,多应用于饮料、乳品及功能性食品领域^[8]。Ban 等^[9]研究发现罗汉果甜苷可显著提高益生菌酸奶的生物活性,具有较高抗氧化性、抗菌活性,并具有较好感官品质。目前有关罗汉果甜苷的研究多集中于罗汉果甜苷提取工艺及活性检测,其抗氧化、降血糖等作用多用于小鼠实验,用以证明其有较强自由基清除能力,在烹饪菜肴及热加工食品中应用较少,鲜有报道。

本实验以猪五花肉为原料,研究罗汉果甜苷对炖煮五花肉品质变化及贮藏稳定性的影响,通过五花肉在炖煮和贮藏过程中理化指标的变化确定罗汉果甜苷的抗氧化性在肉制品研究中的应用性及可行性,旨在为罗汉果甜苷开发前景及功能应用提供理论依据,为肉制品热加工工艺及产品质量控制等提供参考,同时为低热代糖食品的开发提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

猪五花肉 桂林力源生鲜超市;罗汉果甜苷

食品级,华诚生物资源股份有限公司;三氯乙酸、硫代巴比妥酸、氯化钠、磷酸三乙酯(TEP) 分析纯,西陇科学股份有限公司;乙二醇四乙酸二钠 分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

TMS-PILOT 质构仪 美国 FTC 公司;CM-5 分光式色差仪 日本柯尼卡美能达公司;UV-1800 紫外分光光度计 上海翱艺仪器有限公司;pH 计 安莱立思仪器科技(上海)有限公司;SN-LSC 台式离心机 上海尚普仪器设备有限公司;HWS-26 恒温水浴锅 上海齐欣科学仪器有限公司;FJ200-S 均质机 力辰仪器科技有限公司;DRP-9162 型恒温培养箱 上海森信实验仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 原料及烹饪处理 原料预处理:将洗净沥干的猪五花肉切成 $3\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的肉块;焯水:在煮锅中放入 1000 mL 水,2200 W 烧开后放入 500 g 五花肉,2 min 后捞起备用;炖煮:以料水比 1:1.5 将焯水后的五花肉放入煮锅,分别加入 0%、0.1%、0.3%、0.5% 罗汉果甜苷(以预实验为基础),2200 W 煮开后开始计时,设置 300 W 炖煮 1 h 炖煮完成后进行感官评定及品质测定,剩余肉块捞出,放入塑封袋中抽真空包装,于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱冷藏备用^[10]。

1.2.2 指标测定 分别测定添加不同量罗汉果甜苷时炖煮五花肉的感官、质构、色泽、TBARS 值等品质的变化,以及炖煮五花肉贮藏期间(1、3、6、9、12 d)色泽、pH、TBARS 值、细菌总数的稳定性。

1.2.2.1 感官评价标准 选定 10 名经过感官评定培训的食品专业学生组成评定小组,要求每人在口中咀嚼后咽下样品,且每次品尝后用清水漱口,再进行下一样品测定。设置感官评定总分 100 分,分别从色泽、香气、滋味、质地四个方面进行评定,具体评定标准如表 1。

1.2.2.2 质构测定 将五花肉的脂肪层和瘦肉层分别切成大小为 $2\text{ cm} \times 1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的肉块,样品在室温下进行测定,选择 TPA 模式,采用圆柱形探头 P/36R,测速 60 mm/min ,触发力 0.3 N,形变量 40%。每组样品重复测试 5 次,结果取平均值。

1.2.2.3 色泽测定 采用 CM-5 分光式色差仪测定样品肉色,使用前进行自检、零点校准和白板校准。测定时选取同一样品条件下炖煮五花肉,分别取五花肉的脂肪层和瘦肉层,完全覆盖测色皿,做 3 次平行实验,记录下 L^* 、 a^* 、 b^* 值。

表1 感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation criteria

指标	具体描述	分值
色泽(25分)	色泽光亮、润泽	20~25
	色泽光亮, 光泽一般	14~19
	色泽暗淡, 无光泽	1~13
香气(25分)	肉香浓郁, 香味持久, 含罗汉果香甜	20~25
	肉香良好, 罗汉果味较淡或较浓	14~19
	无明显香气特征, 或有异味	1~13
滋味(25分)	滋味较好, 口感独特	20~25
	滋味、口感适中	14~19
	滋味较差, 口感欠佳	1~13
质地(25分)	质地良好, 肉质弹性较好	20~25
	质地适中, 肉质一般	14~19
	质地软烂, 肉质无弹性	1~13

1.2.2.4 TBARS 值测定 参考赵越^[11]的方法, 作适当修改。取搅碎后肉样 5 g, 加入三氯乙酸 EDTA 混合液 20 mL, 均质 30 s, 以 3000 r/min 离心 5 min, 取上清液用滤纸过滤。取 5 mL 滤液与 5 mL 0.02 mol/L 的 TBA 溶液混合均匀, 置于 95℃ 水浴锅中加热 30 min, 取出后迅速冷却 30 min, 于 532 nm 处测定吸光值。使用 TEP 制备标准曲线, 对照计算 TBA 值, 结果以 mg MDA/kg(以肉样计)表示(MDA 为丙二醛)。

1.2.2.5 pH 测定 取 1 g 碎肉样, 加入 10 mL 蒸馏水, 均质 30 s 后过滤, 用 pH 计测定滤液, 待读数稳定后记录。每组样品做 3 次平行, 取平均值。

1.2.2.6 菌落总数测定 按照 GB/T 4789.2-2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》测定。

1.3 数据处理

实验数据采用 SPSS Statistics 21.0 软件进行方差、显著性分析, 并利用 Origin 2018 软件进行绘图, 各组数据均以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 感官评定结果

由表 2 可知, 随着罗汉果甜苷添加量的增加, 炖

煮五花肉的感官评分先逐渐上升, 当罗汉果甜苷添加量为 0.3% 时, 炖煮五花肉的感官评分最高, 此时样品肉色光亮、润泽, 肉香浓郁, 并且含有罗汉果香甜, 滋味醇厚, 质地较好。添加罗汉果甜苷的五花肉均比未添加罗汉果甜苷的样品香气、滋味更好, 质地也有所改善, 口感上更易接受。而当罗汉果甜苷添加量高于 0.3% 后, 罗汉果甜苷对猪肉的香气影响较大($P<0.05$), 炖煮后口感过于甜腻, 掩盖猪肉本身的肉香, 影响其总体接受性。闫家玮等^[12]研究利用罗汉果甜苷开发制作天然利咽喉保健糖果, 通过工艺优化确定最终添加 30% 罗汉果甜苷浸提液制作的糖果颜色均匀有光泽, 且具有保健功能。由此可见, 添加罗汉果甜苷能够使肉色更光亮润泽, 并且减少肉腥味和肥腻感, 起到改善肉质的作用, 当其添加量为 0.3% 时, 感官评分最佳。

表2 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉感官评价的影响

Table 2 Effects of mogroside amounts on sensory evaluation of stewed pork belly

指标	罗汉果苷添加量			
	0%	0.1%	0.3%	0.5%
色泽	19.13±0.32 ^c	21.57±0.60 ^b	22.67±0.21 ^b	24.25±0.28 ^a
香气	13.36±0.31 ^d	20.27±0.30 ^b	22.19±0.88 ^a	17.17±0.29 ^e
滋味	19.85±0.79 ^b	22.26±0.37 ^a	23.41±0.36 ^a	22.04±0.90 ^a
质地	18.37±0.24 ^c	19.80±0.52 ^b	21.69±0.81 ^a	22.03±0.06 ^a
总分	70.71	83.90	89.96	85.49

注: 同行不同小写字母表示各组间差异显著($P<0.05$); 表3~表5同。

2.2 罗汉果甜苷对炖煮五花肉质构的影响

植物提取物中含多酚、黄酮、皂苷等抗氧化性物质, 在一定程度上能够改善肌原纤维蛋白的热稳定性及凝胶强度、保水性等, 影响肉制品质地和口感^[13]。由表 3~表 4 可知, 不同添加量的罗汉果甜苷对炖煮五花肉脂肪层和瘦肉层的硬度没有显著影响, 但随着罗汉果甜苷添加量增大, 瘦肉层的内聚性降低, 粘附性上升, 脂肪层的弹性增加($P<0.05$), 说明罗汉果甜苷能够改善肉制品的质地。在炖煮过程中, 肉蛋白受

表3 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉瘦肉层质构的影响

Table 3 Effects of different amounts of mogrosides on the texture of lean layer of stewed pork belly

罗汉果甜苷添加量(%)	硬度(N)	弹性(mm)	咀嚼性(mJ)	内聚性	粘附性(N·mm)
0	28.82±0.32 ^a	3.69±0.45 ^a	45.64±1.49 ^{ab}	0.42±0.03 ^a	0.10±0.01 ^b
0.1	27.43±0.87 ^a	3.43±0.17 ^a	46.76±0.62 ^a	0.40±0.02 ^{ab}	0.11±0.01 ^b
0.3	25.70±1.98 ^a	3.09±0.08 ^a	45.19±1.20 ^{ab}	0.35±0.03 ^b	0.12±0.03 ^b
0.5	28.14±1.38 ^a	3.38±0.49 ^a	43.75±1.03 ^b	0.36±0.01 ^b	0.15±0.02 ^a

表4 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉脂肪层质构的影响

Table 4 Effects of different amounts of mogrosides on the texture of fat layer of stewed pork belly

罗汉果甜苷添加量(%)	硬度(N)	弹性(mm)	咀嚼性(mJ)	内聚性	粘附性(N·mm)
0	9.36±0.03 ^a	3.37±0.56 ^b	11.86±1.18 ^a	0.69±0.01 ^a	0.06±0.01 ^a
0.1	9.86±0.76 ^a	4.09±0.40 ^{ab}	12.16±0.41 ^a	0.66±0.02 ^{ab}	0.09±0.01 ^a
0.3	8.61±0.57 ^a	4.12±0.03 ^{ab}	13.96±2.44 ^a	0.65±0.05 ^{ab}	0.10±0.03 ^a
0.5	8.01±1.72 ^a	4.36±0.32 ^a	13.44±1.18 ^a	0.62±0.01 ^b	0.08±0.02 ^a

热变性, 蛋白结构发生变化, 肌原纤维结构受到破坏, 组织中固态脂肪受热不断析出^[14], 因此造成脂肪层和瘦肉层质构的变化不统一。此外, 受炖煮时间、炖煮温度、原料来源等原因, 炖煮猪肉的质地会受到影响。当罗汉果甜苷添加量为 0.5% 时, 瘦肉层咀嚼性最低, 脂肪层弹性值却最大。

2.3 罗汉果甜苷对炖煮五花肉色泽的影响

肉色是评价肉类品质的重要指标, 它取决于肉中含有的肌红蛋白、血红蛋白等。烹饪加工和热处理会导致肉制品发生脂肪氧化等反应, 产生醛、酮等代谢产物, 影响肌红蛋白的氧化, 继而对肉色产生影响^[15]。研究表明, 添加天然氧化剂可抑制脂质氧化, 提高肌红蛋白稳定性, 从而达到护色效果^[16]。罗汉果甜苷对炖煮五花肉色泽的影响见表 5。由表 5 可知, 随着罗汉果甜苷添加量增大, 炖煮五花肉瘦肉层的 L^* 值、 b^* 值变化显著, 脂肪层 a^* 值有先降低后上升的变化趋势($P<0.05$), 当添加 0.5% 罗汉果甜苷, 瘦肉层的 L^* 值达到最大值 57.12, b^* 值为 12.22, 说明罗汉果甜苷能够改善肉色, 当添加含量增多时, 对肉色的影响较明显。

表 5 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉色泽的影响
Table 5 Effects of different amounts of mogrosides on the color of stewed pork belly

部位	指标	罗汉果甜苷添加量(%)			
		0	0.1	0.3	0.5
瘦肉层	L^*	53.91±0.19 ^b	54.70±0.29 ^{ab}	56.95±0.37 ^a	57.12±0.24 ^a
	a^*	1.55±0.31 ^a	1.33±0.27 ^a	2.23±0.52 ^a	2.18±0.69 ^a
	b^*	10.01±0.46 ^b	11.39±0.19 ^a	11.55±0.14 ^a	12.22±0.90 ^a
	L^*	60.60±0.49 ^a	61.16±0.44 ^a	60.29±0.05 ^a	60.44±0.64 ^a
脂肪层	a^*	2.42±0.28 ^a	1.38±0.78 ^b	1.24±0.19 ^b	1.62±0.50 ^{ab}
	b^*	14.70±0.29 ^a	14.28±0.11 ^a	13.27±0.26 ^a	14.54±0.80 ^a

2.4 罗汉果甜苷对炖煮五花肉 TBARS 值的变化

TBARS 值是指脂质氧化的降解产物丙二醛等与 TBA 反应的结果, 可以反应脂肪次级氧化的程度。研究表明罗汉果甜苷对羟基自由基等有较强清除能力, 可有效抑制脂质氧化过程中丙二醛的产生, 且效果随其浓度的升高而增大^[17]。不同添加量罗汉果甜苷对炖煮猪肉 TBARS 值的影响见图 1, 与生肉相比, 炖煮后五花肉的 TBARS 值显著增大($P<0.05$), 这是由于在高温热处理促进脂肪氧化, 导致过氧化物继续分解、羟基自由基形成^[18]。而在炖煮过程中, 当罗汉果甜苷的添加量增大, 炖煮猪肉的 TBARS 值显著下降($P<0.05$), 从 0.322 mg MDA/kg 降到了 0.253 mg MDA/kg, 说明罗汉果甜苷能够降低肉制品在热加工过程中的脂质氧化程度, 其降低程度与罗汉果甜苷添加量大小有关。此前, Cheng 等^[19]研究证实罗汉果提取物(MGE)具有抗氧化活性, 能够显著延迟猪肉脯贮藏过程中硫代巴比妥酸反应物质和羰基的形成, 并以剂量依赖的方式减少了产品中巯基的损失, 能够有效减少脂质氧化和蛋白氧化损伤, 说明罗

汉果提取物作为肉制品中的天然抗氧化剂具有较大潜力。

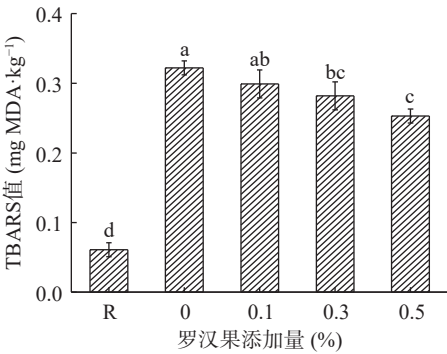


图 1 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉 TBARS 值的影响
Fig.1 Effects of different amounts of mogrosides on TBARS value of stewed pork belly

注: R 为生肉; 不同小写字母表示各组间差异显著($P<0.05$)。

2.5 罗汉果甜苷对炖煮五花肉贮藏期间色泽的影响

肉色作为肉制品新鲜度的判断指标, 能直观反映肉制品的货架期和可接受性。在贮藏期间, 肉制品容易发生氧化, 出现肉色褐变、品质降低等现象, 贮藏方式不当也可能导致肉质腐烂、产生酸败等^[20]。由表 6 可知, 炖煮五花肉在贮藏期间色泽的变化受贮藏时间和罗汉果甜苷添加量的影响显著($P<0.05$), 当贮藏天数延长, 炖煮五花肉的 L^* 值和 a^* 值下降, 这是由于在贮藏期间, 肉中肌红蛋白氧化, 造成肉色褐变, 导致 L^* 值、 a^* 值降低, 并且当氧化程度增大, 肉色劣变加深^[21], 在贮藏 12 d 时, 添加量 0% 组的样品瘦肉层 L^* 值为 47.47, 脂肪层为 59.30。而在贮藏过程中, 添加罗汉果甜苷的炖煮五花肉 a^* 值下降趋势缓慢, 其中罗汉果甜苷添加量为 0.5% 的炖煮五花肉脂肪层的 L^* 、 a^* 值下降程度小, b^* 值变化不显著($P>0.05$), 说明罗汉果甜苷能够抑制肉制品在贮藏过程中肌红蛋白氧化程度, 对肉色起到一定保护作用。由于罗汉果甜苷含有的罗汉果黄色素为水溶性色素, 热稳定性较好^[22], 可能影响贮藏期间炖煮五花肉 b^* 值的变化。

2.6 罗汉果甜苷对炖煮五花肉贮藏期间 pH 的影响

pH 是判断肉制品贮藏品质的重要指标。由图 2 可知, 不同添加量罗汉果甜苷处理组的初始 pH 为 5.95、5.80、5.77、5.71, 由于罗汉果甜苷为三萜类皂苷类化合物, 一般呈酸性^[23], 当其添加量增大时, 影响炖煮五花肉的 pH。随着贮藏时间延长, 未添加罗汉果甜苷组的 pH 显著增大($P<0.05$), 这是由于贮藏期间微生物代谢和酶作用, 导致肉制品腐败变质, pH 上升^[24]。而添加罗汉果甜苷炖煮五花肉在贮藏期间的 pH 在 5.7~6.0 之间呈轻微浮动, 当罗汉果甜苷添加量超过 0.3% 时其变化较稳定。

2.7 罗汉果甜苷对炖煮五花肉贮藏期间 TBARS 值的影响

由图 3 可知, 在贮藏期间 TBARS 值呈显著上升($P<0.05$), 说明贮藏期间脂质氧化程度增大, 随着贮

表 6 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉贮藏期间色泽的影响

Table 6 Effects of mogrosides amounts on the color of stewed pork belly during storage

指标	贮藏时间(d)	部位	罗汉果苷添加量(%)			
			0	0.1	0.3	0.5
L^*	1	瘦肉层	52.49±0.54 ^{Ba}	53.11±0.95 ^{Ba}	56.30±0.07 ^{Aa}	56.99±0.11 ^{Aa}
		脂肪层	60.23±0.25 ^{Ba}	61.08±0.08 ^{Aa}	60.24±0.07 ^{Ba}	60.35±0.09 ^{Ba}
	3	瘦肉层	51.15±0.13 ^{Bb}	52.60±0.79 ^{Bab}	55.27±0.50 ^{Aab}	56.57±0.59 ^{Aa}
		脂肪层	60.10±0.18 ^{Ba}	61.02±0.02 ^{Aa}	60.12±0.10 ^{Bab}	60.14±0.12 ^{Ba}
	6	瘦肉层	50.20±0.09 ^{Bb}	52.13±0.15 ^{Cab}	55.10±0.40 ^{Bab}	56.62±0.35 ^{Aa}
		脂肪层	58.70±0.27 ^{Bb}	60.23±0.07 ^{Aab}	60.04±0.05 ^{Aab}	60.23±0.15 ^{Aab}
	9	瘦肉层	49.07±0.21 ^{Bc}	51.10±0.10 ^{Cbc}	54.57±0.49 ^{Bbc}	56.00±0.20 ^{Aa}
		脂肪层	59.10±0.10 ^{Bb}	59.73±0.11 ^{Ab}	59.53±0.30 ^{Aab}	59.07±0.12 ^{Bb}
	12	瘦肉层	47.47±0.64 ^{Bd}	49.67±0.42 ^{Cc}	52.43±0.35 ^{Bbc}	54.63±0.50 ^{Ab}
		脂肪层	59.30±0.17 ^{Bb}	59.53±0.05 ^{Abb}	59.40±0.52 ^{Abb}	60.23±0.25 ^{Aa}
a^*	1	瘦肉层	1.50±0.04 ^{Ba}	1.61±0.03 ^{Ba}	2.29±0.07 ^{Aa}	2.20±0.10 ^{Aa}
		脂肪层	2.44±0.05 ^{Aa}	1.40±0.13 ^{Cb}	1.37±0.12 ^{Ca}	1.70±0.02 ^{Ba}
	3	瘦肉层	1.39±0.02 ^{Cb}	1.59±0.01 ^{Ba}	2.16±0.02 ^{Ab}	2.17±0.05 ^{Aa}
		脂肪层	1.85±0.05 ^{Ab}	1.56±0.12 ^{Bab}	1.38±0.11 ^{Ba}	1.59±0.09 ^{Ba}
	6	瘦肉层	1.23±0.02 ^{Cc}	1.53±0.01 ^{Bb}	2.14±0.04 ^{Abc}	2.11±0.01 ^{Aab}
		脂肪层	1.82±0.21 ^{Ab}	1.64±0.16 ^{Aab}	1.43±0.10 ^{Aa}	1.48±0.33 ^{Aa}
	9	瘦肉层	1.16±0.03 ^{Cd}	1.46±0.02 ^{Bc}	2.11±0.03 ^{Abc}	2.08±0.03 ^{Aab}
		脂肪层	1.75±0.18 ^{Ab}	1.64±0.14 ^{Aab}	1.45±0.21 ^{Aa}	1.54±0.11 ^{Aa}
	12	瘦肉层	1.02±0.03 ^{Ce}	1.38±0.03 ^{Bd}	2.10±0.01 ^{Ac}	2.12±0.03 ^{Ab}
		脂肪层	1.75±0.26 ^{Ab}	1.78±0.12 ^{Aa}	1.47±0.06 ^{Aa}	1.45±0.09 ^{Aa}
b^*	1	瘦肉层	11.84±0.07 ^{Bd}	11.35±0.14 ^{Cd}	11.57±0.08 ^{Ce}	12.20±0.02 ^{Ae}
		脂肪层	14.36±0.23 ^{Aa}	14.45±0.15 ^{Aa}	13.33±0.11 ^{Ba}	14.66±0.20 ^{Aab}
	3	瘦肉层	11.93±0.06 ^{Bcd}	11.60±0.13 ^{Ccd}	11.86±0.11 ^{Bd}	12.76±0.04 ^{Ad}
		脂肪层	14.24±0.23 ^{Aa}	14.47±0.16 ^{Aa}	13.43±0.12 ^{Ba}	14.69±0.06 ^{Ab}
	6	瘦肉层	12.05±0.04 ^{BCc}	11.87±0.07 ^{Cc}	12.61±0.10 ^{Bc}	13.82±0.07 ^{Ac}
		脂肪层	14.31±0.10 ^{Aba}	14.51±0.18 ^{Aa}	13.70±0.21 ^{Ba}	14.72±0.03 ^{Aab}
	9	瘦肉层	12.34±0.04 ^{Cb}	12.41±0.10 ^{BCb}	12.61±0.10 ^{Bb}	12.61±0.06 ^{Ab}
		脂肪层	14.16±0.19 ^{Ba}	14.42±0.10 ^{Ba}	13.49±0.24 ^{Ca}	14.72±0.03 ^{Aab}
	12	瘦肉层	12.79±0.03 ^{Ca}	12.81±0.05 ^{Ca}	13.13±0.03 ^{Ba}	14.19±0.04 ^{Aa}
		脂肪层	14.05±0.18 ^{Ba}	14.60±0.24 ^{Aa}	13.72±0.15 ^{Ba}	14.78±0.01 ^{Aab}

注: 不同大写字母代表同一贮藏时间不同处理组的差异显著($P<0.05$); 不同小写字母代表同一处理组不同贮藏时间的差异显著($P<0.05$)。

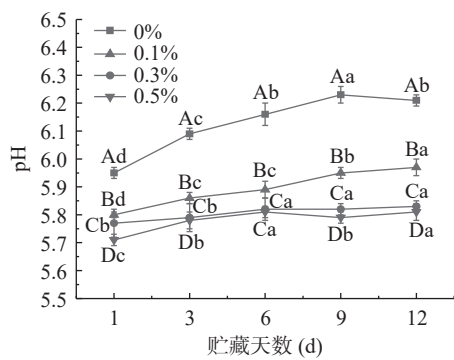


图 2 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉贮藏期间 pH 的影响
Fig.2 Effects of mogrosides amounts on pH value of stewed pork belly during storage

注: 不同大写字母代表同一贮藏时间不同处理组的差异显著($P<0.05$); 不同小写字母代表同一处理组不同贮藏时间的差异显著($P<0.05$); 图 3 同。

藏时间的增加, 肌内持续脂肪氧化并产生次级过氧化物而导致 TBARS 值升高。而添加罗汉果甜苷组样品的 TBARS 值显著低于未添加罗汉果甜苷的空白

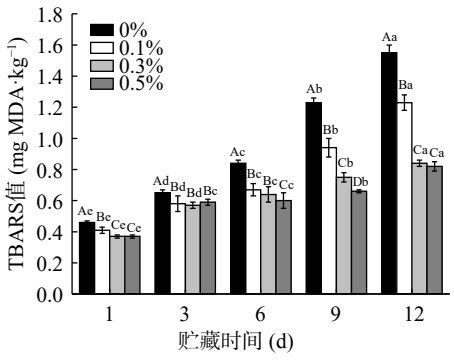


图 3 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉贮藏期间 TBARS 值的影响

Fig.3 Effects of mogrosides amounts on TBARS value of stewed pork belly during storage

组($P<0.05$), 其上升趋势也较缓慢。当贮藏 12 d 时, 添加 0.5% 罗汉果甜苷处理组样品的 TBARS 值低于空白组 47.10%, 说明罗汉果甜苷能够有效抑制肉制品贮藏期间的脂质氧化, 并且当罗汉果甜苷添加量增大, 其抑制脂肪氧化的能力越强。

2.8 罗汉果甜苷对炖煮五花肉贮藏期间菌落总数的影响

菌落总数作为卫生质量指标,可通过其判断肉制品被微生物污染的程度。由图 4 可知,炖煮五花肉在贮藏期间的菌落总数随贮藏时间的延长而显著增加($P<0.05$),在贮藏 12 d 时,空白组的菌落总数达到最大值 6.44 lg CFU/g,高于添加 0.5% 罗汉果甜苷组样品 19.57%,说明罗汉果甜苷在肉制品贮藏期间能够起到抑菌作用。当罗汉果甜苷添加量增大时,样品菌落总数在贮藏期间上升趋势较缓慢,说明罗汉果甜苷添加量对贮藏期间肉制品菌落总数的变化具有影响。Gong 等^[25]研究表明罗汉果提取物对变形链球菌、铜绿假单胞菌和大肠杆菌等有抑制作用,可作

为天然抗氧化剂应用于肉制品保鲜贮藏。

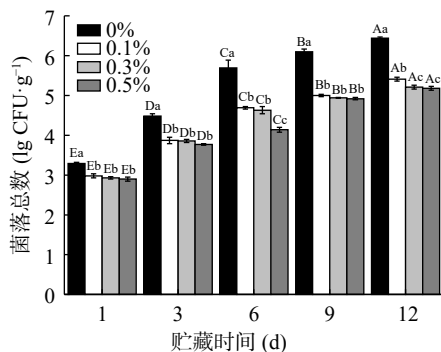


图 4 罗汉果甜苷添加量对炖煮五花肉贮藏期间菌落总数的影响

Fig.4 Effects of mogrosides amounts on total bacterial counts of stewed pork belly during storage
注: 不同大写字母代表同一处理组不同贮藏时间的差异显著 ($P<0.05$); 不同小写字母代表同一贮藏时间不同处理组的差异显著 ($P<0.05$)。

2.9 相关性分析

由表 7 可知,添加罗汉果甜苷炖煮五花肉的 TBARS 值与贮藏期间样品的 TBARS 值、菌落总数、pH 呈极显著正相关($P<0.01$),与贮藏期间炖煮五花肉瘦肉层 L^* 、 a^* 、 b^* 值呈极显著负相关($P<0.01$),说明不同添加量罗汉果甜苷对炖煮五花肉品质的影响与其贮藏稳定性存在一定相关性。在炖煮过程中,

表 7 各指标间的 Pearson 相关系数

Table 7 Pearson's correlation coefficient between each index

相关系数	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	0.838**	0.755**	0.854**	-0.881**	-0.824**	-0.814**
X ₂		1	0.917**	0.982**	-0.965**	-0.994**	-0.719**
X ₃			1	0.967**	-0.876**	-0.882**	-0.558*
X ₄				1	-0.953**	-0.962**	-0.684**
X ₅					1	0.967**	0.834**
X ₆						1	0.734**
X ₇							1

注: X₁表示炖煮五花肉的TBARS值, X₂、X₃、X₄表示炖猪五花肉在贮藏12 d 的TBARS值、菌落总数、pH, X₅、X₆、X₇表示贮藏12 d时炖煮五花肉瘦肉层的 L^* 、 a^* 、 b^* 值; *表示 $P<0.05$, 显著相关, **表示 $P<0.01$, 极显著相关。

罗汉果甜苷的抗氧化性对其品质指标产生影响,在贮藏期间同样对五花肉氧化稳定性产生影响,并且影响程度与罗汉果甜苷的添加量有关。

3 结论

在炖煮五花肉中添加罗汉果甜苷可以抑制热加工过程中的脂肪氧化程度,并且赋予炖肉更好的风味、色泽,其中添加 0.3% 罗汉果甜苷能炖煮五花肉口感最佳,色泽光亮。在炖煮五花肉的贮藏期间,未添加量罗汉果甜苷组样品发生腐败变质,氧化程度加深,添加 0.5% 罗汉果甜苷组样品的 TBARS 值下降 47.10%, 菌落总数下降 19.57%, pH 较稳定, 色泽变化不明显,说明添加罗汉果甜苷能够有效抑制肉制品贮藏期间的脂肪氧化,并起到良好的抗菌作用,尤其是添加量大于 0.3% 时。同时,其抗氧化性和抑菌效果与罗汉果甜苷添加量具有相关性。可见,罗汉果甜苷能应用于肉制品热加工改善肉制品品质,也可以应用于肉制品贮藏,起到防腐保鲜的作用。总之,罗汉果甜苷作为天然甜味剂兼抗氧化剂,其在肉制品保鲜及改善品质等方面具有一定应用价值及开发潜力。

参考文献

[1] TRAORE S, AUBRY L, GATELLIER P, et al. Effect of heat treatment on protein oxidation in pig meat[J]. *Meat Science*, 2012, 91(1): 14-21.

[2] LI H, TANG X, WU C, et al. Maillard reaction in Chinese household-prepared stewed pork balls with brown sauce: Potentially risky and volatile products[J]. *Food Science and Human Wellness*, 2021, 10(2): 221-230.

[3] AKSU M I, TURAN E. Properties of black carrot extract and its efficacy for improving the storage quality of vacuum packaged fresh meat products[J]. *Packaging Technology and Science*, 2022, 35(4): 339-349.

[4] 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.

[5] LEI Hongmei, LUO Xin, MAO Yanwei, et al. A review of the functions and application of natural antioxidants in meat and meat products[J]. *Food Science*, 2020, 41(21): 267-277.

[6] 刘李春, 蒋玉洁, 中明月, 等. 天然抗氧化剂对红烧肉烹饪过程中热加工危害物形成的控制[J]. *食品科学*, 2021, 42(15): 50-57.

[7] LIU Lichun, JIANG Yujie, SHEN Mingyue, et al. Inhibitory effect of natural antioxidants on the formation of thermal processing hazards in red braised pork[J]. *Food Science*, 2021, 42(15): 50-57.

[8] LEE H J, YOON D, LEE N, et al. Effect of aged and fermented garlic extracts as natural antioxidants on lipid oxidation in pork patties[J]. *Food Science of Animal Resources*, 2019, 39(4): 610.

[9] LIU H S, WANG C C, QI X Y, et al. Antiglycation and antioxidant activities of mogroside extract from *Siraitia grosvenorii* (Swingle) fruits[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2018, 55(5): 1880-1888.

[10] SURI S, KATHURIA D, MISHRA A, et al. Phytochemical composition and pharmacological impact of natural non-calorie sweetener-monk fruit (*Siraitia grosvenorii*): A review[J]. *Nutrition & Food Science*, 2020, 51(6): 897-910.

[11] BAN Q F, LIU Z H, YU C W, et al. Physiochemical, rheological, microstructural, and antioxidant properties of yogurt using monk

- fruit extract as a sweetener[J]. *Journal of Dairy Science*, 2020, 103(11): 10006–10014.
- [10] 王瑞花, 姜万舟, 汪倩, 等. 葱姜蒜混合物对炖煮猪肉感官品质、脂肪氧化及脂肪酸组成的影响[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(9): 238–243, 262. [WANG Ruihua, JIANG Wanzhou, WANG Qian, et al. Effects of ginger, onion, and garlic mixtures on the sensory quality, lipid oxidation, and fatty acid composition of stewed pork[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2015, 31(9): 238–243, 262.]
- [11] 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: 9. [ZHAO Yue. Study on quality change of stewed pork during processing and storage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017: 9.]
- [12] 闫家玮, 姜晓坤. 罗汉果甜苷提取工艺优化及天然利咽喉保健糖果的开发[J]. *东北农业科学*, 2019, 44(5): 116–122. [YAN Jiawei, JIANG Xiaokun. Optimization of extraction technology of mogroside and development of natural throat healthy candy[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2019, 44(5): 116–122.]
- [13] JIA N, WANG L, SHAO J, et al. Changes in the structural and gel properties of pork myofibrillar protein induced by catechin modification[J]. *Meat Science*, 2017, 127: 45–50.
- [14] TORNBERG E V A. Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products[J]. *Meat Science*, 2005, 70(3): 493–508.
- [15] CHEN C, YU Q L, HAN L, et al. Effects of aldehyde products of lipid oxidation on the color stability and metmyoglobin reducing ability of bovine longissimus muscle[J]. *Animal Science Journal*, 2018, 89(5): 810–816.
- [16] ZHAO S M, LI N N, LI Z, et al. Shelf life of fresh chilled pork as affected by antimicrobial intervention with nisin, tea polyphenols, chitosan, and their combination[J]. *Taylor & Francis*, 2019, 22(1): 1047–1063.
- [17] 戚向阳, 陈维军, 张俐勤, 等. 罗汉果皂甙清除自由基及抗脂质过氧化作用的研究[J]. *中国农业科学*, 2006(2): 382–388. [QI Xiangyang, CHEN Weijun, ZHANG Liqin, et al. Study on the inhibitory effects of natural sweetner mogrosides on radical and lipid peroxidation[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006(2): 382–388.]
- [18] KHOR Y P, WAN S Y, TAN C P, et al. Potential of using basa catfish oil as a promising alternative deep-frying medium: A thermo-oxidative stability study[J]. *Food Research International*, 2021, 141: 109897.
- [19] CHENG J R, LIU X M, ZHANG Y S, et al. Protective effects of momordica grosvenori extract against lipid and protein oxidation-induced damage in dried minced pork slices[J]. *Meat Science*, 2017, 133: 26–35.
- [20] FAN X J, LIU S Z, LI H H, et al. Effects of *Portulaca oleracea* L. extract on lipid oxidation and color of pork meat during refrigerated storage[J]. *Meat Science*, 2019, 147: 82–90.
- [21] 湛志华, 薛茗月, 周子燕, 等. 罗汉果黄色素的提取及理化性质研究[J]. *生物化工*, 2018, 4(2): 38–41. [ZHAN Zhihua, XUE Mingyue, ZHOU Ziyang, et al. Extraction and physicochemical properties study on yellow pigment of fructus momordicae[J]. *Biological Chemical Engineering*, 2018, 4(2): 38–41.]
- [22] WANG L, YANG Z, LU F, et al. Cucurbitane glycosides derived from mogroside IIE: Structure-taste relationships, antioxidant activity, and acute toxicity[J]. *Molecules*, 2014, 19(8): 12676–12689.
- [23] PARK C H, PARK H S, YOON K, et al. Changes in the quality of pork loin after short-term (ten-day) storage in a supercooling refrigerator[J]. *Journal of Animal Science and Technology*, 2021, 63(4): 884.
- [24] WU J, GUAN R, CAO G, et al. Antioxidant and antimicrobial effects of catechin liposomes on chinese dried pork[J]. *Journal of Food Protection*, 2018, 81(5): 827–834.
- [25] GONG X, CHEN N, REN K, et al. The fruits of *Siraitia grosvenorii*: A review of a Chinese food-medicine[J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2019: 1400.