

鸭油甘油二酯与壳聚糖协同对猪肉糜的防腐作用

孙宇¹, 王宝维^{1,2}, 王茜¹, 杨洵¹, 杨铸钰¹, 葛文华², 张名爱^{1,2}, 张华君³

(1. 青岛农业大学食品科学与工程学院, 山东青岛 266109) (2. 国家水禽产业技术体系营养与饲料功能研究室, 山东青岛 266109) (3. 青岛日辰食品股份有限公司, 山东青岛 266109)

摘要: 本研究旨在通过研究甘油二酯(DG)与壳聚糖(CTS)的协同作用对猪肉糜在冷藏期间物性的影响, 以便探索一种新型绿色的肉类防腐剂。实验以新鲜猪肉为原料, 通过对照试验, 测定用不同方法处理的猪肉在冷藏过程中猪肉糜样品的 pH 值、硫代巴比妥酸反应物值、MetMb 含量以及抑制菌落总数的变化。结果表明: DG 能够抑制大肠杆菌和金黄葡萄球菌的生长繁殖, 抑菌效果极显著 ($p < 0.01$)。DG 与 CTS 协同抑菌效果优于 DG 的单独添加, 能够延缓猪肉糜冷藏期间细菌的繁殖, 样品菌落总数由 0.33 变化为 14.71; 具有减缓猪肉糜在冷藏期间 pH 上升的作用, pH 由 5.68 上升到 6.13; 具有抑制脂肪氧化的作用, MetMb 含量由 24.67% 增加到 55.34%。添加 DG、CTS 可提高猪肉糜的氧化稳定性, 延长猪肉糜的保存期。DG 与 CTS 具有协同抑菌和抗氧化作用, 因此甘油二酯与壳聚糖协同作为食品防腐剂具有很大潜力。

关键词: 甘油二酯; 壳聚糖; 猪肉糜; 抗菌; 抗氧化; 食品防腐剂

文章编号: 1673-9078(2020)05-122-128

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.5.017

Preservative Effect on Minced Pork Resulting from the Synergistic Action of Duck Oil Diglyceride and Chitosan

SUN Yu¹, WANG Bao-wei^{1,2}, WANG Qian¹, YANG Xun¹, YANG Zhu-yu¹, GE Wen-hua², ZHANG Ming-ai^{1,2}, ZHANG Hua-jun³

(1. Food Science and Engineering of Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

(2. National Waterfowl Industrial Technology System Nutrition and Feed Function Laboratory, Qingdao, 266109, China)

(3. Qingdao Richen Food Co. Ltd. Qingdao, 266109, China)

Abstract: In order to explore a novel green meat preservative, the synergistic effects of diglycerides (DG) and chitosan (CTS) on the physical properties of minced pork during cold storage were investigated. Fresh pork was the raw material. Through control experiments, changes in the pH, thibabutaric acid reactive substances, MetMb content and total number of inhibited bacterial colonies of the minced pork samples subjected to different treatments were measured. The results showed that DG could inhibit the growth and reproduction of *E. coli* and *Staphylococcus aureus*, and the antibacterial effect was extremely significant ($p < 0.01$). The antibacterial effect resulting from the synergistic action of DG and CTS was greater than that of DG alone. The DG-CTS combination delayed the proliferation of bacteria in pork during cold storage (the total number of colonies changing from 0.33 to 14.71), and slowed down the rise in the pH of minced pork during cold storage (pH increased from 5.68 to 6.13). The DG-CTS combination inhibited fat oxidation (MetMb content increased from 24.67% to 55.34%). The addition of DG and CTS could improve the oxidation stability and prolong the shelf life of minced pork. DG and CTS exhibited synergistic antibacterial and antioxidant effects, thus have great potential as food preservatives.

Key words: diacylglycerol; chitosan; minced pork; antibacterial; anti-oxidation; food preservative

引文格式:

孙宇,王宝维,王茜,等.鸭油甘油二酯与壳聚糖协同对猪肉糜的防腐作用[J].现代食品科技,2020,36(5):122-128

SUN Yu, WANG Bao-wei, WANG Qian, et al. Preservative effect on minced pork resulting from the synergistic action of duck oil diglyceride and chitosan [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(5): 122-128

收稿日期: 2019-11-17

基金项目: 国家水禽产业技术体系专项基金(CARS-42-14); 国家重点研发计划项目(2018YFD0501501)

作者简介: 孙宇(1997-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 营养与保健

通讯作者: 王宝维(1959-), 教授, 研究方向: 营养与保健

食品防腐剂对人体有较大伤害,食用过多会影响人体消化系统,出现胃肠道反应,如恶心、呕吐,影响人体营养的吸收,甚至还会影响胎儿死亡生长发育^[1]。壳聚糖(Chitosan, CTS)具有抑菌作用^[2],从而对食物起到了保鲜的作用^[3]。甘油二酯(Diacylglycerol, DG)同样具有抑菌的作用^[4]。近几年来,我国肉鸭饲养量得到了跨越式发展。据有关资料报道,我国商品肉鸭出栏量 33 亿只,占世界总出栏量的 80%以上,是世界最大的肉鸭养殖国家。肉鸭屠宰产生大量皮脂、肠脂和腹脂等副产品,大都作为动物饲料使用,附加值低。通过对鸭油进行有效地精炼酶解制备成甘油二酯,不仅可以减少鸭油资源的损失,提高鸭油的附加值,而且可以代替油脂添加到食品中起到保健的作用。在我国,甘油二酯与壳聚糖协同对猪肉糜品质的影响研究尚处于空白,研究甘油二酯与壳聚糖协同对猪肉糜物性影响,可为开发应用新型肉类保鲜技术和新型肉类产品提供依据和参考。周君等^[5]研究发现,甘油二酯具有减少内脏脂肪、降低血脂以及控制体重增加等功能。钱宇等^[6]以壳聚糖为壁材制备壳聚糖甘油二酯微乳液,发现壳聚糖甘油二酯微乳液有明显的壳核结构,且包被很好地延缓了 1,3-甘油二酯乳脂的氧化。Takatoashi 等^[7]发现甘油二酯能对受试物的体脂聚集起到抑制作用,从而起到控制体重增长的作用。Tomonobu K 等^[8]发现甘油二酯有改善餐后血脂的功效。Ijiria Y 等^[9]研究发现,甘油二酯可在一定程度上对动脉血栓的形成起到了预防作用。Takatoshi 等^[10]利用小白鼠建立了模型,发现了甘油二酯 DAG 可有效减少体内脂肪积聚。Soni 实验室^[11]、Yasunaga K 等^[9]以及美国 WIL 实验室^[12]对甘油二酯的毒性以及致癌性也进行了研究,研究发现甘油二酯对人体是安全的,不对增加人体患癌风险。随着人们生活水平的提高和健康意识的增强,猪肉品质日益引起广大生产者和消费者的关注。张印等^[13]研究发现,在任何温度下猪肉的储藏时间都不宜过长,否则肉的品质、风味等均会发生变化,为此,研发一种延长猪肉糜冷藏期间货架期的绿色防腐方法对猪肉保鲜具有重要作用。本文通过对照试验,研究鸭油甘油二酯和甘油二酯与壳聚糖组合物对猪肉糜样品的 pH 值、硫代巴比妥酸反应物值、MetMb 含量以及抑制菌落总数的影响,旨在确定鸭油甘油二酯与壳聚糖协同对猪肉保鲜的效果,为研发新型绿色防腐方法提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

猪肉从青岛市城阳区大润发超市购买;甘油二酯(实验室自制);壳聚糖由山东奥康生物科技有限公司生产;LB 营养琼脂由青岛高科技工业园海博生物技术有限公司生产;LB 肉汤由青岛高科技工业园海博生物技术有限公司生产;生理盐水由山东齐都药业有限公司生产;三氯乙酸由中国天津市巴斯夫化工有限公司生产;硫代巴比妥酸由北京索莱宝科技有限公司生产;磷酸缓冲液由北京索莱宝科技有限公司生产;氯化钠由中国天津市巴斯夫化工有限公司生产;去离子水。鸭油甘油二酯由本实验室按照一种制备鸭油甘油二酯方法(ZL201610061434.1)进行制备,纯度达到 86%。

1.1.2 菌种

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*, SA)、大肠杆菌(*Escherichia coli*, E. coli)由青岛农业大学国家水禽产业技术体系营养与饲料研究室提供。

1.1.3 仪器

pH 计 S220 由梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司生产;UV-1100 紫外可见分光光度计由上海美谱达仪器有限公司生产;MGB-090 绞肉机由中山市松泰电器有限公司生产;H2050R 医用离心机由长沙高新技术产业开发区湘仪离心机仪器有限公司生产;DH6000A 型电热恒温培养箱由中国天津市泰斯特仪器有限公司生产;恒温箱由北京市长风仪器仪表公司生产;立式压力蒸汽灭菌器由上海博迅实业有限公司医疗设备厂生产;摇床由武汉汇成生物科技有限公司生产;磁力搅拌器由金坛区西城新瑞仪器厂生产;JM-A20002 电子天平由诸暨市超泽衡器设备有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 壳聚糖与甘油二酯的抑菌性评价

1.2.1.1 菌种的培养

在搪瓷缸内加入 12.5 g 的 LB 肉汤和 500 mL 的蒸馏水,加热至沸腾,分装于锥形瓶中,置于 121 °C 的高压蒸汽灭菌锅内灭菌 15 min。灭菌完成后,在超净工作台中,将大肠杆菌和金黄色葡萄球菌分别接种到锥形瓶中。将接完菌种的锥形瓶放到 37 °C 的恒温培养箱中培养 24 h。

1.2.1.2 甘油二酯与壳聚糖协同抑菌性的检验

用移液枪吸取 0.2 mL 培养好的菌种,滴于平板中央,将 LB 营养琼脂倒入平板中,使其充分混合均匀。在平板中央位置放置一个已经灭菌的牛津杯,待其凝固。将牛津杯从已经凝固的平板中取出,用移液枪分别移取 1%乙酸溶液、2% CTS 溶液、DG、DG 和 CTS

混合物各 0.5 mL 于平板中央的小孔中, 置于 37 °C 恒温培养箱中培养 48 h, 观察抑菌圈的大小。

1.2.2 猪肉样品的处理

将新鲜猪肉用绞肉机绞碎, 加入 2% 食盐使其充分混合均匀, 随机分成 3 组, 每组 15 份, 第 1 组未作处理作为对照组, 第 2 组为添加甘油二酯组(DG), 第 3 组为添加甘油二酯与壳聚糖复合组(DG+CTS), 各组混合均匀后将其分别放入直径为 60 mm 的保鲜盒中, (4±1) °C 条件下保存, 分别在第 0、3、6、9、12 d 测定各项指标。

1.2.3 pH 的测定

在锥形瓶中, 加入 10 g 样品和 90 mL 蒸馏水, 混匀, 放入摇床内充分摇匀, 30 min 后振荡结束, 取样品的上清液进行充分的过滤, 用 pH 计测定滤液的 pH 值。

1.2.4 菌落总数的测定

在锥形瓶中, 加入 10 g 样品和 90 mL 无菌生理盐水, 放入摇床内充分摇匀 30 min。在搪瓷缸内加入 20 g 的 LB 营养琼脂和 500 mL 的蒸馏水, 加热至沸腾, 分别装入 3 个锥形瓶中, 121 °C 高压蒸汽灭菌 15 min。用移液枪吸取 0.5 mL 的上清液进行梯度稀释, 稀释至 10⁻⁶, 在平板中加入 10⁻⁴、10⁻⁵、10⁻⁶ 的菌液各 0.2 mL, 将 LB 营养琼脂倒入使其与菌液混合均匀, 在 37 °C 条件下有氧培养 48 h 后记数, 结果以菌落总数的对数值

[lg(CFU/g)]表示。

1.2.5 硫代巴比妥酸活性物质值 (TBARS) 的测定

称取样品 10 g, 与 25 mL 20% 的三氯乙酸(TCA)和 20 mL 蒸馏水混合, 并在 Waring 混合器中高速均化 30 s。在离心机中以 2500 r/min 的转速离心 20 min, 离心结束后用 Whatman#1 滤纸进行过滤。在试管中加入 2 mL 滤液和 2 mL 的 2-硫代巴比妥酸水溶液(TBA)充分混匀。制备空白, 其中含有 2 mL 酸/水混合物(1 份 TCA: 1 份 H₂O)和 2 mL 的 TBA 试剂。在沸水中加热 20 min, 冷却 5 min, 用分光光度计在 532 nm 处测定其吸光值。

1.2.6 MetMb 含量的测定

在 50 mL 的聚乙烯离心管中, 加入 5 g 样品和 5 mL 冰冷磷酸缓冲液(pH 6.8, 40 mmol/L), 4000 r/min 均值 10 s, 4 °C 10000 r/min 冷冻离心 15 min, 过滤后取滤液, 测量 700、572、527 nm 波长处的吸光度, 用磷酸缓冲液进行调零。MetMb 含量按式计算(<40% 较好)。

1.2.7 感官评定^[14]

从青岛农业大学食品学院挑选 10 名受过专业训练的同学, 构成评定小组, 采用 10 分制, 分别对 0 d、3 d、6 d、9 d、12 d 的肉糜样品的颜色、气味、质地等做出准确的评价。

表 1 猪肉的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for pork

指标	标准	分值
气味	具有新鲜猪肉的味道	8~10
	在肉的表层可以闻到具有略微的酸味	4~7
	无论在肉的表面还是深层都有腐臭味	1~3
颜色	紫红色, 表面具有光泽	8~10
	暗灰色, 表面失去原有的光泽	4~7
	灰色或淡绿色, 发生褐变	1~3
质地	肉质弹性十足, 用手指按下陷后会马上变回原来的状态	8~10
	肉质不再紧实, 几乎失去弹性, 用手指按下陷后无法全部变回原来状态	4~7
	组织失去弹性, 用手指按压后无法恢复原来的状态, 有时候手指还会把肉穿破	1~3
总体可接受性	高	8~10
	适中	4~7
	低	1~3

1.2.8 数据分析

试验数据采用 Origin 8.6 和 SPSS 17.0 软件, 单因素方差分析(ANOVA)和 LSD 法进行差异显著性分析, 试验数据用平均值表示, $p>0.05$ 为差异不显著水平, $p<0.05$ 为差异显著水平, $p<0.01$ 为差异极显著水平。

2 结果与分析

2.1 壳聚糖与甘油二酯协同抗菌性能评价

通过测定抑菌圈, 判断添加物的抑菌效果。由表

2 可知,乙酸的抑菌圈直径为 1.53 cm 和 1.43 cm, DG 的抑菌圈直径为 1.97 cm 和 1.88 cm, CTS 的抑菌圈直径为 1.92 cm 和 1.86 cm, DG 和 CTS 协同作用的抑菌圈直径为 2.36 cm 和 2.19 cm。乙酸、DG 和 CTS 都具有抗菌的作用,与对照组相比,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径差异极显著($p < 0.01$); DG 与 CTS 协同抑菌效果优于乙酸,差异极显著($p < 0.01$);通过对 DG、CTS、DG 与 CTS 协同的抑菌圈直径进行比较可以得出, DG 与 CTS 协同抑菌效果优于 DG

或 CTS 的单独添加,差异极显著($p < 0.01$)。由此可知, DG 具有抑菌性,而 DG 与 CTS 协同的抗菌效果更好。孙云^[15]等人利用含五倍子水提物的魔芋葡甘聚糖涂膜液对猪肉进行处理,五倍子提取液对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌抑菌圈直径分别为 18.4 mm 和 15.8 mm,表明五倍子提取液对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌都有抑制作用,对金黄色葡萄球菌的抑菌能力大于对大肠杆菌的抑菌能力。通过对比可以发现, DG 与 CTS 协同作用的抑菌效果更佳。

表 2 不同物质的抗菌活性

Table 2 Antibacterial activity of different substances

项目	组别					均值标准误 SEM	p 值 p-value
	对照	1%乙酸	DG	CTS	DG-CTS		
大肠杆菌抑菌圈直径/cm	0.00±0.00 ^d	1.53±0.07 ^c	1.97±0.20 ^b	1.92±0.21 ^b	2.26±0.20 ^a	0.22	<0.01
金黄色葡萄球菌抑菌圈直径/cm	0.00±0.00 ^d	1.43±0.19 ^c	1.88±0.05 ^b	1.86±0.06 ^b	2.19±0.10 ^a	0.21	<0.01

注: p 值代表显著性, 同列右肩字母相邻表示差异显著($p < 0.05$), 相间表示差异极显著($p < 0.01$)。

2.2 猪肉糜冷藏期间 pH 值的变化

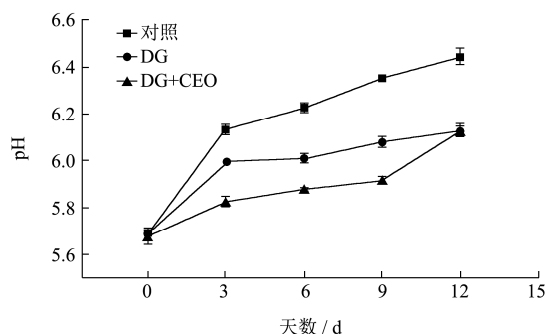


图 1 甘油二酯与壳聚糖对猪肉糜冷藏期间 pH 值变化的影响
Fig.1 Effect of diglyceride and chitosan on pH change of pork chop during cold storage

从图 1 可以清晰地看到,随着试验天数的不断增加,对照组与处理组的猪肉糜 pH 值增加。第 9~12 d, 对照组和处理组猪肉糜 pH 值均有显著的提高。第 12 d 时,对照组的 pH 为 6.44, DG 处理的猪肉糜为 6.13, DG 与 CTS 协同处理的猪肉糜 pH 值为 6.12, 两组的 pH 值均低于对照组,差异显著。本试验发现, DG 与 CTS 协同具有减缓猪肉糜在冷藏期间 pH 上升的作用。由于葡萄糖的分解产酸和腐败微生物代谢物的积聚,从而导致猪肉糜在冷藏期间 pH 值发生了变化^[16,17],说明添加 DG 及同时添加 DG 与 CTS 协同在猪肉糜冷藏期间可发挥抑菌作用,减缓了猪肉糜腐败变质的程度。贺羽等^[18]人利用 ϵ -聚赖氨酸和壳聚糖保鲜液处理样品,从储藏 2 d 开始,各个试验组的 pH 值整体上伴随样品储藏时间的延长呈上升的趋势,样品的 pH 由 5.50 上升到了 6.48,原因是肉制品中的蛋白质会随着冷藏时间的增加,在微生物以及酶的作用下,分解成

碱性物质, pH 值会不断升高,且经过保鲜剂处理的试验组 pH 值增加较慢,从侧面反映天然保鲜剂能够抑制微生物的繁殖和生长,使蛋白质分解的速度变慢;而用 DG 和 CTS 协同作用处理的样品的 pH 值由 5.68 上升到 6.13,这表明 DG 和 CTS 协同作用可以更好的减缓猪肉糜在冷藏期间 pH 上升。

2.3 猪肉糜冷藏期间菌落总数的变化

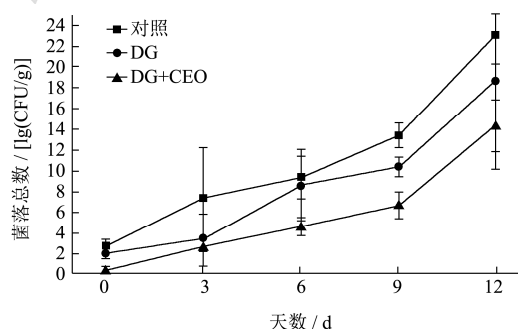


图 2 甘油二酯与壳聚糖对猪肉糜冷藏期间菌落总数变化的影响
Fig.2 Effect of diglyceride and chitosan on the total number of colonies during the cold storage of pork chop

Fig.2 Effect of diglyceride and chitosan on the total number of colonies during the cold storage of pork chop

从图 2 可知,各组的菌落总数均随着时间的延长而增加,对照组的菌落总数高于 DG 处理的猪肉糜和 DG 与 CTS 协同处理的猪肉糜的菌落总数,差异显著。随着时间的延长,对照组细菌总数快速增加,在第 6 d 时达到 9.33 [lg(CFU/g)],此时的生肉糜已经出现变味和变色,在第 12 d 时对照组菌落总数达到 23.56 [lg(CFU/g)],而 DG 处理组为 18.21 [lg(CFU/g)], DG 和 CTS 协同处理组仅为 14.71 [lg(CFU/g)]。表明,甘油二酯有抑菌效果,同时 DG 与 CTS 协同对猪肉糜的

抑菌效果更好。本试验发现, DG 和 CTS 具有抑制猪肉糜冷藏期间菌落生长的作用。与没有处理的猪肉糜相比, DG 处理组和 DG 与 CTS 协同处理组细菌总数明显少于对照组, 表明 DG 和 DG 与 CTS 协同处理过的猪肉糜具有较强的抑菌效果, 可以作为防腐剂应用于食品当中, 特别是肉制品当中。王伏超等^[2]人通过试验发现, CTS 可以抑制许多食物腐败菌和致病菌的滋生, 达到抑菌的作用。郭夏丽^[4]等人对甘油二酯的抑菌性进行了实验, 加入不同浓度的 DG, 观察到细菌菌液清澈时, 说明此浓度下细菌不繁殖, 即为该种受试菌的 MIC。通过 96 孔平板法, 肉眼观察实验组与氨苄青霉素组对照(0.1 mg/mL)菌液, 测得 DG 对 G⁺细菌的 MIC 为 2.0 mg/mL, G⁻细菌的 MIC 为 4.0 mg/mL。他们发现 DG 对 G⁺细菌和 G⁻细菌均有抑制作用, 通过扫描电镜观察菌体有明显的变形或是裂解现象, 推测 DG 对于细菌的抑菌作用主要是破坏细菌的细胞膜, 从而使细菌细胞内含物泄漏, 细菌体内营养供给不足, 抑制或杀死细菌。与本文得出了相同的结论。贺羽等^[18]人利用 ϵ -聚赖氨酸保鲜液处理样品, 在储藏第 8 d 时, 用 ϵ -聚赖氨酸处理的样品的菌落总数从第一天的 3.5 [lg(CFU/g)] 达到了 6.25 [lg(CFU/g)], 而运用 DG 和 CTS 协同作用处理的样品的菌落总数从第一天的 0.33 [lg(CFU/g)] 达到了 5.67 [lg(CFU/g)]。这表明在保鲜过程中, 单一和复合天然保鲜剂都会抑制猪肉糜的细菌总数, 但抑菌产生的效果有所不同, DG 与 CTS 协同作用的抑菌效果更佳。

2.4 猪肉糜冷藏期间硫代巴比妥酸活性物质值 (TBARS) 的变化

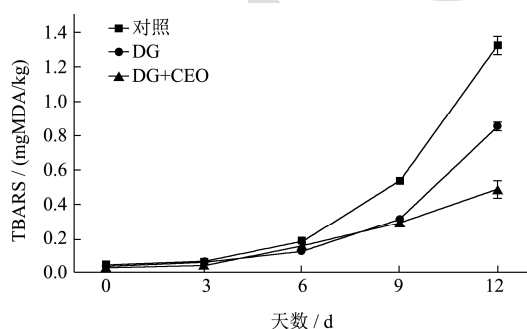


图3 甘油二酯壳聚糖对猪肉糜冷藏期间硫代巴比妥酸活性物质值 (TBARS) 的影响

Fig.3 Effect of diglyceride and chitosan on thiobarbituric acid active substance value (TBARS) during cold storage of pork chop

从图3可知, 在第0、3、6 d时, 对照组和处理组的 TBARS 值均在 0.01~0.02 之间, 无显著性差异。

在 6~12 d, DG 处理的猪肉糜的 TBARS 值为 0.83 mgMDA/kg, DG 与 CTS 协同处理的猪肉糜的 TBARS 值为 0.44 mgMDA/kg, 两组的 TBARS 值均低于对照组的猪肉糜, 这表明, DG 对猪肉糜的脂质氧化具有抑制作用, DG 与 CTS 协同可作为抗氧化活性物质延缓肉制品的脂质氧化。通过试验证明, 添加 DG、添加 DG 与 CTS 可提高猪肉糜的氧化稳定性, 延长猪肉糜的保存期, 同时添加 DG 与 CTS 效果更佳。Georgantelis 等^[19]人发现壳聚糖复合膜可使猪肉肠的保存期得到延长。孙云^[15]等人利用含五倍子水提物的魔芋葡甘聚糖涂膜液对猪肉进行处理, 研究其对猪肉中硫代巴比妥酸值的影响, 从试验结果可以观察到用 KGM+五倍子处理过的猪肉, 其硫代巴比妥酸值从 0.6 mg/kg 上升到 1.2 mg/kg, 这一现象的产生可能是 KGM 在肉样表面形成了一层薄膜, 减少了肉样与氧气的接触, 从而在一定程度上抑制了脂质的氧化。与本文的结果相比较, DG 与 CTS 对脂质氧化的抑制作用更好。因此, DG 和 DG 与 CTS 同可作为抗氧化活性物质, 延缓肉制品的脂质氧化。

2.5 猪肉糜冷藏期间 MetMb 含量的变化

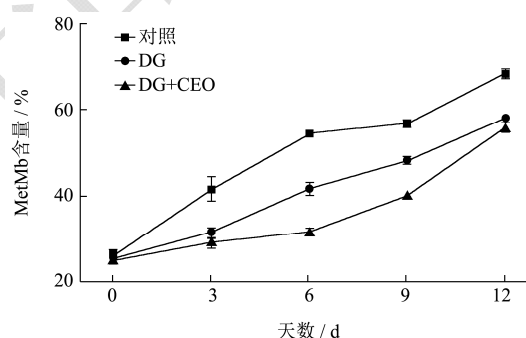


图4 甘油二酯与壳聚糖对猪肉糜冷藏期间 MetMb 含量的影响

Fig.4 Effect of diglyceride and chitosan on the content of MetMb during cold storage of pork chop

从图4中可知, 随着猪肉冷藏时间的增加, 对照组和处理组的 MetMb 含量差异明显, 对照组的 MetMb 值从 25.55% 提高到 68.73%, 增长幅度较大, 而处理组的 MetMb 含量变化幅度较小。在 3~12 d, DG 处理的猪肉糜和 DG 与 CTS 协同处理的猪肉糜的 MetMb 值均低于对照组的猪肉糜。试验表明 DG 可以提高猪肉糜的抗氧化性, DG 与 CTS 协同对肉制品抗氧化性的提高更加显著。通过试验发现, DG 与 CTS 具有提高猪肉糜抗氧化性的作用。消费者主要通过肉的颜色来判断猪肉的新鲜程度, 因此猪肉的颜色是重要感官品质之一^[20]。猪肉可呈现出 3 种不同的颜色, 是因为肌红蛋白与氧气结合程度不同, 肌红蛋白呈紫红色说明猪肉在无氧状态下未被氧化; 当猪肉成鲜红色时,

说明肌红蛋白被充分氧化成为氧合肌红蛋白(MbO₂)；当猪肉的颜色变为褐色时，说明肌红蛋白未被充分氧化，形成了高铁肌红蛋白(MetMb)^[21]。因为高铁肌红蛋白无法从猪肉中很好的排出，因此会随着时间的流逝不断累积，结果导致猪肉的颜色逐渐由红色变为褐色^[22]。由于甘油二酯可以将肉中产生的自由基清除，因此试验组颜色比对照组的更加鲜艳，另外，壳聚糖也发挥了抗氧化的作用^[23]。夏秀芳^[24]等人利用 1 g/mL 的丁香醇提液对猪肉进行了处理，研究丁香醇提液对猪肉 MetMb 值的影响，0~6 d 时，猪肉的 MetMb 值由 13% 上升到 38%，而用 DG 与 CTS 协同处理的样品的 MetMb 值从 28% 上升到 41%，主要是因为丁香醇提液具有清除肉中产生自由基的能力，从而抑制 MetMb 值的上升。由此可以表明，DG 与 CTS 协同的抑制效果更佳。

2.6 猪肉糜冷藏期间感官的变化

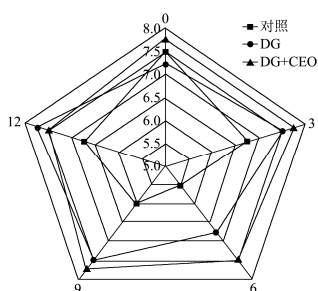


图 5 气味的感官评定

Fig.5 Sensory evaluation of odor

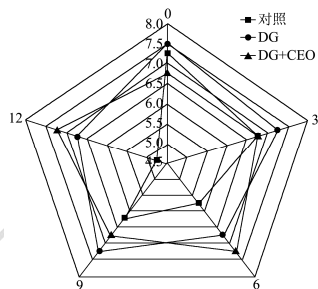


图 6 外表的感官评定

Fig.6 Sensory assessment of appearance

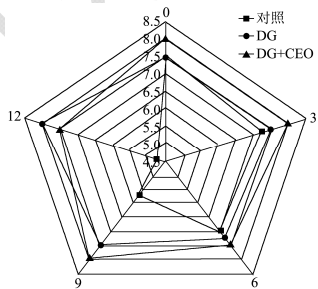


图 7 质地的感官评定

Fig.7 Sensory evaluation of texture

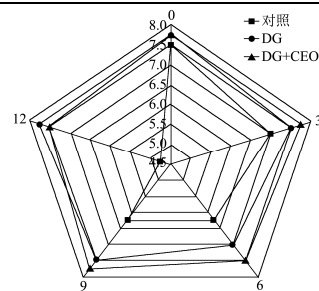


图 8 总体可接受性的感官评定

Fig.8 Sensory assessment of overall acceptability

从图 5~8 中可知，对照组肉样的感官品质评分随着时间的增加而呈下降趋势，且对照组肉样的评分最低，明显低于 DG 组和 DG 与 CTS 协同组，贮藏第 9 d 时，测评小组对肉样的感官品质已不可接受，有严重的刺激性气味，表面发黏，手指按压后无法恢复，没有弹性，猪肉发生了褐变。在第 12 d 时，对照组外表分值显著低于处理组，仅仅只有 4.63，而 DG 组和 DG 与 CTS 协同组的外表分值分别为 6.75 和 7.25。通过试验发现，在 DG 组和 DG 与 CTS 协同组的各组样品中，DG 处理猪肉糜的感官品质评分低于 DG 与 CTS 协同处理的猪肉糜，而且 DG 组和 DG 与 CTS 协同组的猪肉糜感官品质评分有所增加。对照组总体可接受分值在第 3 d 以后低于 7，感官不容易被接受。在整个冷藏期间，DG 组和 DG 与 CTS 协同组均保持在 7 以上，感官品质可以被人们接受。感官分析结果表明，与对照组相比 DG 组和 DG 与 CTS 协同组可延长猪肉糜的货架期。张慧芸^[25]等人对丁香精油-壳聚糖复合可食性膜对生肉糜感官品质的影响进行了研究，他们发现在第 12 d 时，对照组颜色分值显著低于处理组 ($p < 0.05$)，达到不可接受分值 1.3；CH 和 CTS+CH 处理组颜色分值在可接受程度之内，分别为 2.2、2.8 分，这是因为丁香精油在冷藏期间从 CTS+CH 复合膜中释放出来，对生肉糜起到抗氧化作用，丁香精油和壳聚糖可单独或协同作用抑制生肉糜冷藏期间的微生物生长和脂质氧化，因此 CH 和 CTS+CH 处理组仅出现轻微变色。由感官分析结果表明，与对照组相比 CH 和 CTS+CH 处理组可延长 3~6 d 货架期，与本文得出了相同的结论。

3 结论

甘油二酯与壳聚糖协同对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌具有抑制作用，可以通过抑制油脂的氧化和微生物的生长，延缓冷鲜肉的腐败和颜色的变化。甘油二酯与壳聚糖协同可减缓猪肉糜在冷藏期间 pH 值的变化，抑制菌落总数的增加，提高猪肉糜的抗氧化性。

在(4±1) °C条件下,经甘油二酯和壳聚糖处理过的猪肉,与未经处理的猪肉相比,能延长猪肉糜冷藏期间的货架期,贮藏期可达 10~12 d。因此甘油二酯与壳聚糖协同作为肉类食品防腐剂具有很大潜力。

参考文献

- [1] 高敏国,陆小燕.我国几类食品添加剂滥用现状、危害及应对措施[J].职业与健康,2013,29(24):3351-3353
GAO Min-guo, LU Xiao-yan. Current situation, harm and countermeasures of abuse of several kinds of food additives in China [J]. Occupation and Health, 2013, 29(24): 3351-3353
- [2] 王伏超,李军国,董颖超,等.多糖及改性多糖作为涂膜保鲜材料的研究进展[J].食品科学,2012,33(5): 299-304
WANG Fu-chao, LI Jun-guo, DONG Chao-ying, et al. Research progress of polysaccharides and modified polysaccharides as coating preservation materials [J]. Food Science, 2012, 33(5): 299-304
- [3] 刘嘉莉,蓝蔚青,刘大勇,等.壳聚糖在水产品保鲜中应用研究进展[J].食品与机械,2019,35(3):231-236
LIU Jia-li, LAN Wei-qing, LIU Da-yong, et al. Research progress on application of chitosan in fresh-keeping of aquatic products [J]. Food and Machinery, 2019, 35(3): 231-236
- [4] 郭夏丽,张虹,杜雨芊,等.樟树籽油甘油二酯的分离及抑菌活性[J].南昌大学学报(理科版),2015,39(5):485-491
GUO Xia-li, ZHANG Hong, DU Yu-qian, et al. Isolation and antibacterial activity of glycerol from *Cinnamomum camphora* seed oil [J]. Journal of Nanchang University (Science Edition), 2015, 39(5): 485-491
- [5] 周君.甘油二酯的制备与高效液相色谱的检测技术分析[J].当代化工研究,2018,2:10-11
ZHOU Jun. Preparation of diglyceride and analysis of detection technology by high performance liquid chromatography [J]. Contemporary Chemical Research, 2018, 2: 10-11
- [6] 钱宇,汪慧超,薛秀恒.壳聚糖甘油二酯微乳液的制备、表征及稳定性研究[J].中国油脂,2017,42(11):28-32
QIAN Yu, WANG Hui-chao, XUE Xiu-heng. Preparation, characterization and stability of chitosan diacylglycerol microemulsion [J]. Chinese Grease, 2017, 42(11): 28-32
- [7] Murase T, Aoki M, Wakisaka T, et al. Anti-obesity effect of dietary diacylglycerol in C57BL/6J mice: Dietary diacylglycerol stimulates intestinal lipid metabolism [J]. Journal of lipid research, 2002, 43(8): 1312
- [8] Tomonobu K, Hase T, Tokimitsu I. Dietary diacylglycerol in a typical meal suppresses postprandial increases in serum lipid levels compared with dietary triacylglycerol [J]. Nutrition, 2006, 22(2): 128-135
- [9] Ijiri Y, Naemura A, Yamashita T, et al. Dietary diacylglycerol attenuates arterial thrombosis in ApoE and LDLR deficient mice [J]. Thrombosis Research, 2006, 117(4): 411-417
- [10] Takatoshi M, Mela D J, Westertep-Plantenga Ms, et al. Diacylglycerols affect substrate oxidation and appetite in mice [J]. Journal of Lipid Research, 2001, 42(3): 372-378
- [11] Soni M G, Kimura H, Burdock G A. Chronic study of diacylglycerol oil in rats [J]. Food and Chemical Toxicology, 2001, 39(4): 317-329
- [12] Chengelis C P, Kirkpatrick J B, Bruner R H, et al. A 24-month dietary carcinogenicity study of DAG (diacylglycerol) in rats [J]. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44 (1): 98-121
- [13] 张印,郭建凤,蔺海朝,等.不同储藏条件下长白猪和大约克猪肌肉 pH 值、TBA 值、糖原及乳酸含量比较[J].江苏农业科学,2016,44(6):361-365
ZHANG Yin, GUO Jian-feng, LIN Hai-zhao, et al. Comparison of muscle pH, TBA, glycogen and lactic acid contents between Landrace and Yorkshire under different storage conditions [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2016, 44(6): 361-365
- [14] 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,2011,6:199-203
LIU Xiao, XIE Jing, LIN Yong-yan. Study on preservation of pork with compound biological preservative [J]. Food and Machinery, 2011, 6: 199-203
- [15] 孙云,吴考,倪学文,等.含五倍子水提物的魔芋葡甘聚糖涂膜液对冷鲜猪肉的保鲜效果研究[J].食品工业科技,2017, 38(2):328-331,363
SUN Yun, WU Kao, NI Xue-wen, et al. Preservation effect of konjac glucomannan coating liquid containing *Galla chinensis* water extract on cold fresh pork [J]. Food Industry Technology, 2017, 38(2): 328-331, 363
- [16] Sakalarm, Hayashidanih, Katoy, et al. Change in the composition of the Micro Ora, on vacuum-packaged beef during chiller storage [J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 74(1/2): 87-99

(下转第 184 页)