

张福生, 黄晶晶, 鄢 嫣, 等. 高氧气调包装对安徽品种猪肉低温贮藏期间品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(11): 198–203. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090255

ZHANG Fusheng, HUANG Jingjing, YAN Yan, et al. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pork from Wei Pig Breeds in Anhui Stored at Chilling Temperature[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(11): 198–203. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090255

· 包装与机械 ·

高氧气调包装对安徽品种猪肉低温 贮藏期间品质的影响

张福生, 黄晶晶, 鄢 嫣, 周迎芹, 殷俊峰, 谢宁宁*
(安徽省农业科学院农产品加工研究所, 安徽合肥 230031)

摘要: 为了研究高氧气调包装安徽地方品种猪肉在贮藏中的品质变化, 以优良地方猪种——圩猪为研究对象, 分析其背最长肌经高氧气调包装 (72%O₂+28%CO₂, 82%O₂+18%CO₂) 和对照包装 (80%N₂+20%O₂), 于 4 ℃ 下贮藏 9 d 的品质变化, 测量包括理化指标 (滴水损失、pH、肉色) 和安全性指标 (酸价、过氧化值、硫代巴比妥酸反应物值 (thiobarbituric acid reactive substance, TBARs)、挥发性盐基氮含量 (total volatile basic nitrogen, TVB-N)、菌落总数)。结果表明, 高氧气调包装显著降低了肉样的滴水损失 ($P<0.05$), 延缓了贮藏后期腐败变质导致的 pH 升高 ($P<0.05$)。此外, 高氧气调包装组的 L^* 值和 b^* 值始终高于对照包装组, 同时 a^* 值降低相对较慢, 有助于保持肉色。同时, 高氧气调包装组的酸价显著低于对照包装组 ($P<0.05$), 而过氧化值较高。贮藏期内, 高氧气调包装组的 TBARs 值持续升高且从第 5 d 起显著高于对照包装组 ($P<0.05$), 而菌落总数和 TVB-N 含量相对较低。综合菌落总数及其他各项指标, 高氧气调包装圩猪组肉样的货架期相比对照包装组延长了 4 d, 且品质损失较小。

关键词: 地方品种猪, 高氧气调, 色泽, 货架期, 营养成分

中图分类号: TS251.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)11-0198-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090255

Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Quality of Pork from Wei Pig Breeds in Anhui Stored at Chilling Temperature

ZHANG Fusheng, HUANG Jingjing, YAN Yan, ZHOU Yingqin, YIN Junfeng, XIE Ningning*

(Institute of Agricultural Products Processing, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to explore the effect of high oxygen modified atmosphere on quality of Anhui native breed pork stored at chilling temperature, Wei pig was selected for this study. Longissimus dorsi muscles from Wei pig were packaged in both high oxygen concentration (72%O₂+28%CO₂, 82%O₂+18%CO₂) and control atmosphere (80%N₂+20%O₂), then stored at 4 ℃ for 9 days. Physicochemical properties (drip loss, pH, meat color) and safety properties (acid value, peroxide value, thiobarbituric acid reactive substances (TBARs) value, total volatile basic nitrogen content (TVB-N), total colony count) were monitored. Results showed that high oxygen modified packaging significantly reduced drip loss of meat sample ($P<0.05$), and delayed the increase of pH value caused by spoilage during later storage period ($P<0.05$). In addition, L^* and b^* values of high oxygen groups were higher than control group, and a^* values decreased relatively slowly. Thus, high oxygen packaging helped to maintain the meat color. Moreover, the acid value of high oxygen groups was significantly lower ($P<0.05$), while the peroxide value was obviously higher. TBARs value of the high oxygen groups continued to

收稿日期: 2020-09-24

基金项目: 安徽省农业科学院创新团队 (2020YL079); 安徽省自然科学基金青年项目 (1808085QC95); 安徽省农业科学院院所共建团队 (2019YL052); 安徽省农业科学院院所共建团队 (18C1225); 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31801673)。

作者简介: 张福生 (1980-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 畜禽产品保鲜与精深加工, E-mail: 18656355190@163.com。

* 通信作者: 谢宁宁 (1984-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 肉制品加工, E-mail: ningxie512@163.com。

increase during storage, and was higher than control group ($P < 0.05$), while the total colony count and TVB-N content were relatively lower. Combined with the total number of colonies and other indicators, the shelf life of the high oxygen modified packaging group was 4 days longer than that of the control group, and the quality loss was less.

Key words: native breed pigs; high oxygen modified atmosphere; color; shelf life; nutritional compositions

我国是肉类生产和消费大国,肉类的产量与消费量均处于世界首位。2019 年我国猪肉产量 4255 万 t,占猪牛羊禽肉总产量的 55.63%^[1]。我国目前现存地方猪品种 83 个,安徽省主要有五大地方品种猪,在肉质上各有特点^[2]。圩猪,俗称大耳朵猪、油葫芦猪,属优良地方猪种,具有肉质鲜美、风味独特、肉色深红等特点^[3]。但因生长速度较慢,瘦肉率较低,此外品种改良深入,导致其饲养量急剧下降^[4],猪种资源急剧减少,亟待合理保护和开发利用。

高氧气调包装(high oxygen modified atmosphere packaging)是体积分数 70%~80% O₂ 和 20%~30% CO₂ 进行的气调包装。较高体积分数的氧气使红肉颜色稳定,而 CO₂ 可以抑制微生物生长^[5]。李侠等^[5]发现杜长大三元杂交猪和三门峡黑猪经高氧气调包装(80%O₂+20%CO₂),于 4±1 °C 贮藏 5 d 以上时,蒸煮损失率均显著增大,而 L*值、a*值、b*值均呈现先增加再降低的趋势。Spanos 等^[6]发现气调包装中的 O₂ 含量的增加(0、20%、50%、80%)对猪排没有影响,但猪肉糜的蛋白质氧化作用增强。现有研究多见于高氧气调包装延长猪肉、牛肉、羊肉、牦牛肉的货架期等作用,同时气体成分多设计为不同浓度的 O₂ 加 CO₂,对比高氧气调包装与 80%N₂+20%O₂ 气体包装冷却圩猪肉保鲜效果的研究尚不多见。

本实验以圩猪为对象,探究 3 种不同气体组成包装(72%O₂+28%CO₂、82%O₂+18%CO₂、80%N₂+20%O₂)对其背最长肌在 4 °C 低温贮藏 1~9 d 期间的理化指标(滴水损失、pH、肉色)和安全指标(酸价、过氧化值、硫代巴比妥酸反应物值、挥发性盐基氮含量、菌落总数)等影响,为了解圩猪肉的品质特性以及进行针对性保鲜技术的开发提供参考。

1 材料与方

1.1 材料与仪器

圩猪 安徽申泰食品有限责任公司,去势公猪 6 头,以玉米、青饲料等饲喂至 10 月龄时统一屠宰,宰前 12 h 内禁食;聚乙烯(polyethylene, PE)保鲜膜 购于合家福超市;聚丙烯(polypropylene, PP)热成型盒(224 mm×133 mm×40 mm) 南京美驰纸塑制品有限公司;O₂、CO₂、N₂ 等气体 合肥申和气体有限责任公司;硫代巴比妥酸、L-乳酸 上海阿拉丁生化科技有限公司;14 kDa 透析袋 生物工程(上海)股份有限公司;噻唑蓝溴化四唑、半胱氨酸、铁氰化钾、三氯乙酸、营养琼脂培养基、生理盐水 国药集团化学试剂(上海)有限公司;所有试剂 均为国产分析纯。

Minolta CR200 便携式色差仪(D65 光源,口径

8 mm) 日本 Konica 公司;FA2004B 型电子天平 上海精天电子仪器厂;LDZM-80KCS 立式压力蒸汽灭菌器 上海申安医疗器械厂;DHP-600 型电热恒温培养箱 北京市永光明医疗仪器厂;SW-CJ-1FD 型洁净工作台 苏净集团苏州安泰空气技术有限公司;100~1000 μL 移液枪 大龙医疗设备有限公司;MAP-500 型袋式气调保鲜包装机 上海炬钢机械制造有限公司;半微量凯氏定氮仪 北京博美玻璃仪器厂;pHS-4C+酸度计 成都世纪方舟科技有限公司;V-2450 型紫外分光光度计 日本岛津公司;Beckman Avanti J-E 冷冻离心机 美国 Beckman Coulter 公司;Ultra Turrax T25 Basis 高速匀浆器 德国 IKA 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 肉样处理 采集左半胴体第 1~2 腰椎处背最长肌样品,去除表面脂肪和结缔组织,顺肌纤维方向分割成长约 10 cm、厚约 5 cm,重量 100 g 左右的小肉块,放入聚丙烯热成型盒内,每盒 3 条肉块。将盒中肉样随机分成 3 组,编号高氧气调 1 组(72%O₂+28%CO₂)、高氧气调 2 组(82%O₂+18%CO₂)、对照包装组(80%N₂+20%O₂)。用气调包装机分别进行充气包装,以聚乙烯膜热封,充气时间 5.0 s。包装后肉样置于 4±1 °C 下避光贮藏,于第 1、3、5、7、9 d 取样进行指标测定。

1.2.2 滴水损失测定 参考 Rasmussen 等^[7]的方法,利用滴水损失管进行测定。先将肉块按纹理方向横切成 2.5 cm 厚肉片,用直径 2.5 cm 的取样器取样,然后置于滴水损失管中,在 4 °C 条件下平衡 24 h 后取出,用滤纸吸干表面水分后称重。样品初始重量的重量损失百分比计为滴水损失。

$$\text{滴水损失(\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

式中: m₁ 指肉样的初始质量(g); m₂ 指贮藏一定时间后的质量(g)。

1.2.3 pH 测定 按照 GB 5009.239-2016《食品安全国家标准 食品酸度的测定》^[8]进行。取 10 g 样品,先将肉样切碎,随后加入 100 mL 0.1 mol/L KCl 溶液,经均质器搅拌、均质,静止 30 min 后使用 pH 计测定溶液的 pH。

1.2.4 肉色测定 参考 Christensen 等^[9]的方法进行。从冷库取出各组肉样,平放在白色塑料砧板上,常温下平衡 30 min。然后将肉块按纹理方向横切成约 1 cm 厚、3~4 cm 宽肉片,用滤纸吸干样品表面的水分后置于光源下,用校正后的便携式色差仪测定样

品表面的肉色,结果以亮度(L*)、红度(a*)、黄度(b*)和总色差(ΔE)的形式记录。ΔE的计算公式为:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

式中,ΔL、Δa、Δb分别为高氧气调组与对照包装组的亮度差、红度差和黄度差。

1.2.5 酸价、过氧化值、TBARs值测定 酸价和过氧化值分别按 GB 5009.229-2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》第一法^[10]、GB 5009.227-2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》第一法^[11]的方法进行测定。TBARs值的测定根据 Nam 等^[12]的方法略作修改。准确称取 10.00 g 绞碎后研细的肉样,加入 50 mL 7.5% 三氯乙酸(含 0.1% EDTA),振荡 30 min,双层滤纸过滤 2 次。移取 5 mL 上清液,加入 5 mL 0.02 mol/L 2-硫代巴比妥酸溶液,沸水浴中保温 30 min,取出冷却后以 3000 r/min 离心 5 min,取上清液加入 5 mL 氯仿并摇匀静置。待其分层后取上清液,分别在 600 和 532 nm 处测定吸光度,并用以下公式计算:

$$\text{TBARs值(mg/100 g)} = \frac{A_{532} - A_{600}}{155 \times 726}$$

式中: A₅₃₂ 指样品在波长 532 nm 处的吸光度; A₆₀₀ 指样品在波长 600 nm 处的吸光度。

1.2.6 TVB-N 含量测定 TVB-N 含量按 GB/T 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》第三法进行测定^[13]。

1.2.7 菌落总数的测定 按照 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 菌落总数测定》^[14]进行。

1.3 数据分析

采用 SPSS Statistics 16.0 的一般线性模型进行方差分析。使用 Duncan's 法比较处理组间差异,差异显著性水平设为 P<0.05。每个处理组进行 3 次独立实验,数据以均值±标准差(means±SD)表示。

2 结果与分析

2.1 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间滴水损失的影响

滴水损失是肉品保水性的重要品质指标,与口感密切相关^[9],反映的是样品在不施加任何作用力时的水分损失。从图 1 可见,随着贮藏时间延长,猪肉样的滴水损失不断增加(P<0.05),可能由于肌球蛋白、肌动蛋白等肌原纤维蛋白发生氧化降解,影响蛋白质与水分子之间的分子间作用力,蛋白质分子聚集,造成其水合能力降低^[15]。随着包装氧气浓度增加,滴水损失明显减小。贮藏第 1 d,三组肉样之间无显著差异(P>0.05);而贮藏第 9 d,高氧气调两组之间差异显著(P<0.05),且显著低于对照包装组(P<0.05),可能因为高氧环境促进了肌肉肌球蛋白通过二硫键的交联作用^[16]。目前关于高氧气调包装对肉样滴水损失的影响有不同的研究结论。Lund 等^[17]发现高氧气调包装冷却猪肉的滴水损失显著高于真

空包装。而袁璐等^[18]发现,高氧气调包装组在贮藏 6 d 内的汁液流失率、蒸煮损失和丙二醛含量均显著低于真空包装组,较好维持了冷却猪肉的保水性,与本研究结果相似。

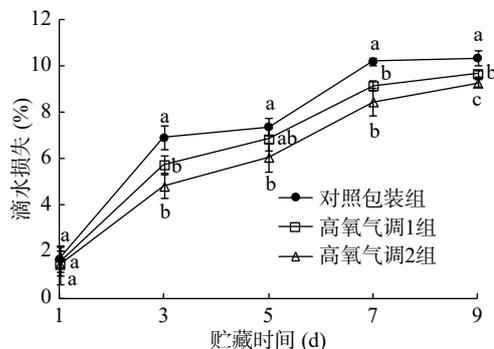


图 1 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间滴水损失的影响

Fig.1 Effects of different modified atmosphere packaging on drip loss of chilled Wei pig muscles during storage 注:不同字母代表同一时间点不同处理间差异显著(P<0.05);图 2~图 6 同。

2.2 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间 pH 的影响

pH 可以较好地反映肉品新鲜度的变化,新宰猪肉呈现弱酸性,而在腐败过程中 pH 会显著升高^[19]。如图 2 所示,贮藏期间肉样的 pH 变化相对较小,可能是因为 4 °C 低温抑制了微生物及酶的部分活动。两组高氧气调肉样的 pH 变化规律相似,先降低再升高,与刘纯友等^[20]的研究结果一致。同时,两个处理组在第 5~7 d 中 pH 差异显著(P<0.05),而对照包装组的 pH 持续升高,在贮藏第 9 d 时 pH 高于 6.7,肉样已经变质^[21]。屠宰后肌糖原无氧酵解产生大量乳酸,三磷酸腺苷分解产生磷酸,同时高氧气调包装内高浓度的 CO₂ 溶解在样品内形成碳酸类物质^[22],可能共同导致贮藏初期肉样 pH 的下降。随后,蛋白质发生降解,肌肉自溶产生碱性物质,pH 缓慢回升。

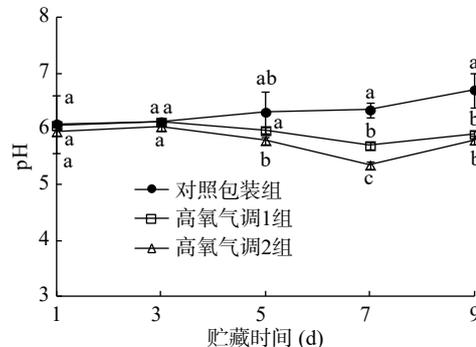


图 2 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间 pH 的影响 Fig.2 Effect of different modified atmosphere packaging on pH of chilled Wei pig muscles during storage

2.3 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间肉色的影响

外观和肉色是消费者评判肉类新鲜度和货架期

的最主要指标, 冷藏期间肉品表面褐变与失水是其品质劣变的突出表征。图 3 显示了各组别样品的肉色变化趋势。 L^* 值代表亮度值, 从图 3A 可见, 对照包装组肉样的 L^* 值在贮藏期间无显著变化 ($P>0.05$), 而高氧气调组的 L^* 值始终显著高于对照包装组 ($P<0.05$), 高氧气调包装有助于延缓圩猪肉样颜色变暗。高氧气调 1 组的 L^* 值在贮藏后期略有下降, 而

高氧气调 2 组则先下降后上升 ($P<0.05$), 可能是汁液渗出导致肉样表面含水率增高, 对光的反射作用增强。图 3B 和图 3C 分别显示了肉样的红度值 (a^* 值) 和黄度值 (b^* 值)。各组别肉样的 a^* 值整体都呈现降低的趋势, 与陈东杰等^[23] 的结果相似, 可能由于微生物繁殖, 促进了高铁肌红蛋白形成。高氧气调 1 组、2 组 and 对照包装组的 a^* 值在贮藏第 9 d 比第 1 d 分别降低了 15.5%、12.3% 和 46.3%。此外, b^* 值逐渐下降与一部分肉色消失有关。贮藏期内高氧气调组的 b^* 值均高于对照组, 高氧气调处理延缓了肉色损失。 ΔE 表示各组色差 (L^* 、 a^* 和 b^*) 的离散程度, 可以说明高氧气调组与对照组相比的颜色差异。图 3D 显示, 高氧气调组 ΔE 介于 8.0~18.0 之间, 相对于对照组存在明显差异^[24]。高氧气调 2 组在贮藏 3~9 d 时的 ΔE 始终显著高于高氧气调 1 组 ($P<0.05$), 表明较高氧气浓度对于圩猪肉色劣变的延缓效果较好。Josef 等^[25] 研究发现, O_2 含量 50%~80% 的包装使牛背最长肌在 3 °C 冷藏条件下保持肉色至 10 d 以上。气调包装对肉色的影响也与贮藏温度有关。Sorheim 等^[26] 研究认为, 4 °C 比 8 °C 的贮藏条件显著提高了 70% O_2 +30% CO_2 包装组的牛肉、牛肉馅和猪肉的 a^* 值。

2.4 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间酸价、过氧化值和 TBARs 值的影响

脂肪过氧化会引起风味劣变, 是肉类腐败变质的主要原因之一^[27]。高氧气调包装会导致贮藏过程中肉品脂肪氧化的加剧^[18]。不同气体组成对冷却圩猪肉贮藏期内酸价的影响如图 4A 所示, 高氧气调组的酸价低于对照包装组, 同时氧气浓度越高酸价越低, 可能由于较高的氧分压激活了肉样中某些酶的活性, 延缓了酸败的速度^[28]。图 4B 显示高氧气调组的过氧化值明显高于对照包装组, 且不同氧气浓度包装组之间差异显著 ($P<0.05$)。贮藏 9 d 后, 对照包装组和高氧气调 2 组的过氧化值显著增加 ($P<0.05$)。马骋^[28] 发现包装中的氧含量越高, 贮藏期间牦牛肉的过氧化值越低, 可能与包装气体成分影响菌群发生不同类型的代谢活动有关^[29]。由图 4C 看出, 贮藏前 5 d 高氧气调组的 TBARs 值持续升高, 且从第 5 d 起显著高于对照包装组 ($P<0.05$), 说明随着包装中的氧分压升高, 肉样的氧化作用持续增强, 导致脂肪氧化降解产物——丙二醛积累。

2.5 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间 TVB-N 含量的影响

TVB-N 含量可用于判断高蛋白质的产品新鲜度和质量, GB 2707-2016《食品安全国家标准 鲜(冻)畜、禽产品》中规定鲜、冻片猪肉的 TVB-N 值应不超过 15 mg/100 g^[30]。如图 5 所示, 对照包装组的 TVB-N 含量持续增加, 直到第 9 d 下降。与菌落总数的结果相符, 微生物分解蛋白质会造成氨、胺类等碱性含氮物质的累积^[31]。此外, TVB-N 值的增加还

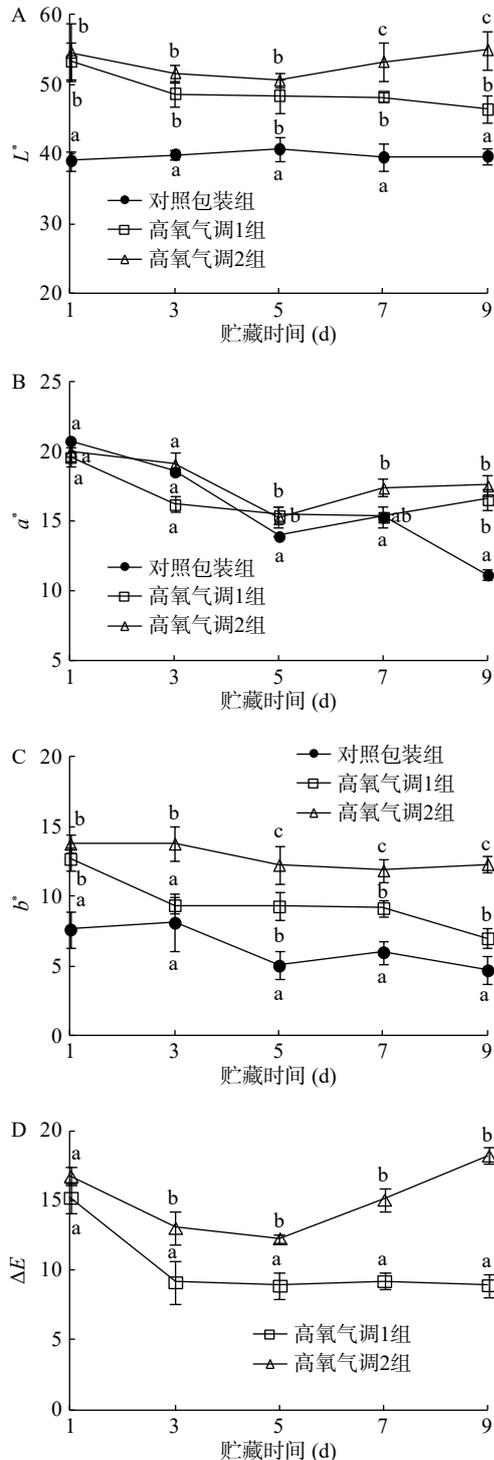


图 3 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间肉色 L^* (A)、 a^* (B)、 b^* (C) 和 ΔE (D) 的影响

Fig.3 Effect of different modified atmosphere packaging on L^* (A), a^* (B), b^* (C) values and ΔE (D) of chilled Wei pig muscle during storage

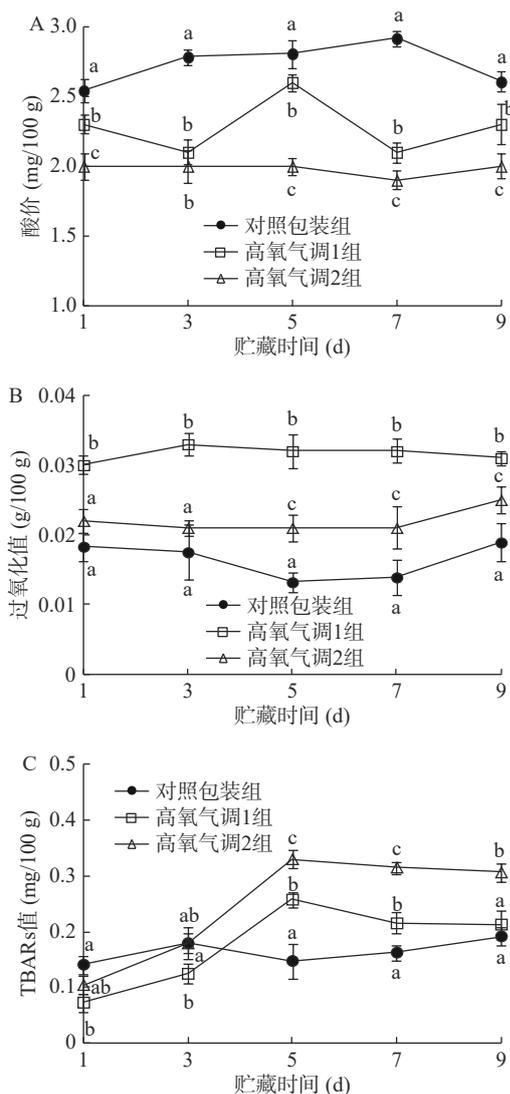


图4 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间酸价(A)、过氧化值(B)和TBARs值(C)的影响

Fig.4 Effect of different modified atmosphere packaging on acid value (A), peroxide value (B) and TBARs (C) of chilled Wei pig muscles during storage

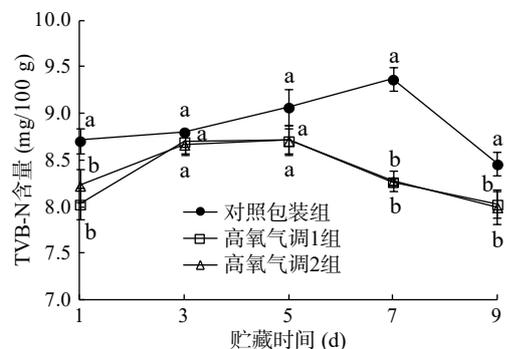


图5 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间TVB-N含量的影响

Fig.5 Effect of different modified atmosphere packaging on TVB-N value of chilled Wei pig muscles during storage

有可能是在内源性蛋白酶的作用下,蛋白降解产生碱性含氮物,并进一步分解成盐基态氮类物质^[20]。而高氧气调组的TVB-N含量在贮藏第3~5 d升高,随后

7~9 d持续降低,显著低于对照包装组($P<0.05$),可能是由于高浓度CO₂抑制微生物生长。CO₂易溶于水和脂肪,形成碳酸,通过破坏营养吸收、抑制或减少酶促反应以及促进蛋白质的理化性质改变等影响微生物的生长^[32]。

2.6 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间菌落总数的影响

图6显示了冷藏过程中各组菌落总数的变化趋势及差异性,可见菌落总数均呈现上升趋势,第1 d与第9 d相比差异显著($P<0.05$)。其中高氧气调组增长相对缓慢,而对照包装组迅速增长。肉品腐败限值 是 6 lg(CFU/g)^[33],对照包装组在贮藏第5 d 超过腐败限值,而高氧气调组贮藏至第9 d时开始出现腐败特征,说明研究采用的气调包装方式有效抑制了微生物的生长增殖,将肉样的货架期延长了4 d,与童光森等^[34]的研究结果一致。同时,第5 d起高氧气调2组的菌落总数显著低于高氧气调1组($P<0.05$),较高的氧气浓度可能抑制了厌氧微生物的繁殖,与陈东杰等^[23]的研究结果相似。不同的包装气体成分会影响冷却肉中的菌群演替过程^[29]。高氧气调包装中的CO₂是起保鲜作用的主要气体,通常可以延长食品微生物停滞期和对数期的传代时间,而O₂的主要作用一是保持肉的红色,二是抑制表面厌氧微生物的繁殖^[32]。

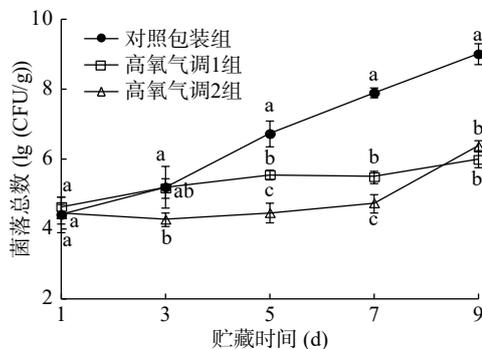


图6 不同气体组成包装对冷却圩猪肉贮藏期间菌落总数的影响

Fig.6 Effect of different modified atmosphere packaging on total colony count of chilled Wei pig muscle during storage

3 结论

不同气体组成的气调包装对4℃贮藏的圩猪背最长肌在理化指标和安全性指标上的影响不尽相同。72%O₂+28%CO₂和82%O₂+18%CO₂的高氧气调包装明显降低了肉样的滴水损失,延缓了贮藏后期腐败变质导致的pH升高。同时,高氧气调包装组的L*值、a*值和b*值高于对照包装组,有助于保持肉色。此外,82%O₂+18%CO₂高氧气调包装组的酸价明显降低,但过氧化值较高。贮藏期内,高氧气调包装组的TBARs值持续升高,第5 d起显著高于对照包装组($P<0.05$),而第7~9 d菌落总数和TVB-N含量显著低于对照包装组($P<0.05$)。综合菌落总数及

其他各项指标,高氧气调包装圩猪组肉样的货架期相比对照包装组延长了 4 d,这为地方品种猪冷却肉的品质控制和产业化提供了一定的理论依据。

参考文献

- [1] 国家统计局. 中华人民共和国 2019 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2020-02-28)[2020-09-23]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202002/t20200228_1728913.html.
- [2] 张宝文, 陈伟生, 谷继承, 等. 中国畜禽遗传资源志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 105-116.
- [3] 李小金, 钱坤, 刘林清, 等. 圩猪与大约克猪的肌肉品质比较 [J]. 养猪, 2015(2): 54-56.
- [4] 李庆岗, 杨家军, 吴义景. 5 个引进猪种与圩猪杂交后代的屠宰性能及肉质性状比较分析 [J]. 中国畜牧杂志, 2018, 54(6): 47-51.
- [5] 李侠, 李银, 张春晖, 等. 高氧气调包装对不同品种冷却猪肉贮藏品质及持水性的影响 [J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 236-243.
- [6] Spanos D, Tørngren M A, Christensen M, et al. Effect of oxygen level on the oxidative stability of two different retail pork products stored using modified atmosphere packaging (MAP) [J]. *Meat Science*, 2016, 113: 162-169.
- [7] Rasmussen A J, Andersson M. New method for determination of drip loss in pork muscles [C]// 42nd International Congress of Meat Science and Technology, Lillehammer, Norway, 1996: 286-287.
- [8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.239-2016 食品安全国家标准 食品酸度的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 6-8.
- [9] Christensen L, Ertbjerg P, Aaslyng M D, et al. Effect of prolonged heat treatment from 48 °C to 63 °C on toughness, cooking loss and color of pork [J]. *Meat Science*, 2011, 88(2): 280-285.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.229-2016 食品安全国家标准 食品中酸价的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-4.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.227-2016 食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-4.
- [12] Nam K C, Ahn D U. Use of antioxidants to reduce lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated pork homogenates and patties [J]. *Meat Science*, 2003, 63(1): 1-8.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.228-2016 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- [14] 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. 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 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-5.
- [15] Traore S, Aubry L, Gatellier P, et al. Higher drip loss is associated with protein oxidation [J]. *Meat Science*, 2012, 90: 917-924.
- [16] Bao Y L, Ertbjerg P. Relationship between oxygen concentration, shear force and protein oxidation in modified atmosphere packaged pork [J]. *Meat Science*, 2015, 110: 174-179.
- [17] Lund M N, Lametsch R, Hviid M S, et al. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage [J]. *Meat Science*, 2007, 77(3): 295-303.
- [18] 袁璐, 高峰, 周光宏. 高氧气调包装和真空包装对冷却肉贮藏过程中保水性和脂质氧化的影响 [J]. 食品科学, 2012, 33(18): 307-311.
- [19] 陈晓亮, 王世平, 刘欢. 冷却猪肉新鲜度的色差快速分析评价方法 [J]. 食品科学, 2012, 33(4): 204-208.
- [20] 刘纯友, 付春婷, 许金蓉, 等. 低温贮藏过程中水牛肉品质变化研究 [J]. 食品工业科技, 2020, 41(2): 273-278, 287.
- [21] 相洋. 几种天然保鲜剂对冷却猪肉保鲜效果的研究 [D]. 厦门: 集美大学, 2015: 33-36.
- [22] 雷会宁, 魏益民, 魏帅, 等. 冷却猪肉货架期预测模型建立及验证 [J]. 中国食品学报, 2018, 18(10): 187-194.
- [23] 陈东杰, 李向阳, 张玉华. 不同包装条件下冷却肉品质变化及腐败菌相研究 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(13): 281-285, 291.
- [24] 张中会, 盖圣美, 邹玉峰, 等. 不同注水量对猪肉食用品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2018, 39(3): 1-5, 11.
- [25] Josef K, Alena S, Zdeněk P, et al. Vacuum skin packaging and its effect on selected properties of beef and pork meat [J]. *European Food Research and Technology*, 2014, 239(3): 395-402.
- [26] Sorheim O, Nissen H, Nesbakken T. The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide [J]. *Meat Science*. 1999, 52: 157-164.
- [27] 刘立群, 喻倩倩, 刘毅, 等. 天然抗氧化剂作用机理及在肉类制品中的应用研究进展 [J]. 肉类研究, 2017, 31(6): 45-50.
- [28] 马骋. 不同含氧气调包装方式对牦牛肉保鲜效果和肉色稳定性的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016: 52-59.
- [29] 杨啸吟, 张一敏, 梁荣蓉, 等. 包装冷却肉中微生物腐败及其挥发性气味的研究进展 [J]. 食品科学, 2021, 42(1): 285-293.
- [30] 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. GB 2707-2016 食品安全国家标准 鲜(冻)畜、禽产品 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 2.
- [31] 党亚丽, 徐思雨, 曹锦轩, 等. 不同含氧气调包装方式对调理鸭肉制品的保鲜效果 [J]. 食品科学, 2019, 40(13): 216-221.
- [32] Narasimha Rao D, Sachindra N M. Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products [J]. *Food Reviews International*, 2002, 18(4): 263-293.
- [33] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 9959.2-2008 中国国家标准化管理委员会 分割鲜、冻猪瘦肉 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 8.
- [34] 童光森, 欧阳灿. 包装方式对超市牦牛肉冷藏品质及烹饪效果的影响 [J]. 食品工业, 2020, 41(3): 106-109.