

冬凌草甲素/壳聚糖复合膜对冰鲜鸡胸肉的保鲜效果

Preservation effects of oridonin/chitosan composite film on chilled chicken breast meat

王倩¹ 纠敏¹ 孟媛媛¹ 孔铭杰¹

WANG Qian¹ JIU Min¹ MENG Yuan-yuan¹ KONG Ming-jie¹

殷成芮¹ 汪伦记^{1,2}

YIN Cheng-rui¹ WANG Lun-ji^{1,2}

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院食品加工与安全国家级实验教学示范中心, 河南 洛阳 471023;

2. 河南科技大学食品与生物工程学院微生物资源开发与利用重点实验室, 河南 洛阳 471023)

(1. College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, National Experimental Teaching Demonstration Center of Food Processing and Safety, Luoyang, Henan 471023, China;

2. College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Key Laboratory of Microbial Resources Exploitation and Utilization, Luoyang, Henan 471023, China)

摘要:制备了冬凌草甲素/壳聚糖(OR-CS)复合膜,考察了其对于冰鲜鸡胸肉的保鲜效果。将复合膜覆盖于鸡胸肉表面,复合膜外再包裹一层保鲜膜,4℃贮藏,检测贮藏过程中鸡胸肉的 pH、色度、保水性、挥发性盐基氮(TVB-N 值)、菌落总数、感官质量的变化。试验结果表明,通过 OR-CS 复合膜处理的冰鲜鸡胸肉能显著延缓贮藏期间的 pH 值、菌落总数、TVB-N 含量和汁液损失率的上升。OR-CS 复合膜包装组使冰鲜鸡胸肉的货架期由 4 d(对照组)延长至 9 d;此外,通过色差测定和感官评定,OR-CS 包装组可以更好地保持冰鲜鸡胸肉的品质和色泽,在贮藏期间能有效延缓肉表面亮度的减弱,显著改善了肉的颜色、气味、黏度和弹性。

关键词:冬凌草甲素;壳聚糖;复合膜;冰鲜鸡胸肉;保鲜

Abstract: Oridonin/chitosan (OR-CS) composite film was prepared and its preservation effect on chilled chicken breast meat was also investigated. The composite film was covered on the surface of the chilled chicken breast meat, and then covered with a layer of fresh-keeping film, which was stored at 4℃. The changes of pH, color, pressure loss, TVB-N, total number of colonies and sensory evaluation of the chilled chicken breast meat

during storage were tracked and detected. The results showed that OR-CS composite membrane treatment could significantly reduce the increase of pH value, total bacterial count, TVB-N content and juice loss rate of chilled chicken breast during storage. The shelf life of chilled chicken breast meat was prolonged from 4 days (control group) to 9 days by OR-CS composite film packaging group. In addition, through color difference measurement and sensory evaluation, OR-CS packaging group could better maintain the quality and color of chilled chicken breast meat. During storage, it effectively delayed the decline of meat surface brightness and significantly improved meat quality color, smell, viscosity and flexibility. This experiment provided the basis for the application of OR-CS composite film in the preservation of chilled chicken breast meat.

Keywords: oridonin; chitosan; composite films; chilled chicken breast; preservation

鸡肉是一种高蛋白低脂肪,并含有较高不饱和脂肪酸、矿物质和维生素的肉类产品。目前市场上主要有热鲜肉、冰鲜鸡肉和冷冻鸡肉 3 种初加工鸡肉产品^[1]。冷冻鸡肉在冷冻和解冻过程中,形成的冰晶体会破坏肌肉组织形态,同时会出现脂质氧化、蛋白质降解、营养成分流失等问题,影响肉的鲜度和保水性,导致肉品质下降^[2]。根据欧洲法规,冷鲜肉指不经过冷冻处理,即在消费者购买前在-2~4℃的温度下贮藏的家禽肉^[3],在中国冷却肉(冷鲜肉)是指畜禽屠宰后经过冷却工艺处理,

基金项目:河南省自然科学基金项目(编号:182300410081);河南省大学生创新训练项目(编号:202010464051)

作者简介:王倩,女,河南科技大学在读硕士研究生。

通信作者:汪伦记(1972—),男,河南科技大学副教授,博士。

E-mail: wanglunji7215@163.com

收稿日期:2020-10-13

并在经营过程中环境温度始终保持 0~4℃ 的肉^[4]。近年来,由于动物性 H7N9 流感的爆发和消费者对食品营养和健康标准的观念的转变,中国鸡肉消费由传统的活鸡交易方式转变为冷鲜肉^[5]。冷鲜鸡肉其肉质柔软、滋味鲜美、安全卫生、营养价值高,市场需求不断增加。但冷鲜肉类的保质期通常较短,货架期一般为 3~5 d^[6-8]。为了延长冷鲜肉的货架期,采用生物保鲜技术是有效手段之一。Chouliara 等^[9]报道了牛至精油和气调包装技术联合使用能延长冰鲜鸡肉货架期 5~6 d。Khanjari 等^[10]采用壳聚糖和牛至精油联合处理能延长冰鲜鸡肉货架期 6 d。

冬凌草甲素(Oridonin)是中国特色中草药冬凌草的主要活性成分,具有显著的抗肿瘤、抗菌、抗氧化、抗炎等活性^[11-12]。王大海等^[13-15]报道,冬凌草甲素对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、痢疾杆菌、伤寒杆菌、肺炎双球菌等具有一定的抑制活性。课题组前期研究结果也显示,冬凌草甲素对铜绿假单胞菌、副溶血弧菌、嗜水气单胞菌和单核细胞增生李斯特菌等食源性病原菌也具有一定的抑菌活性。试验拟制备冬凌草甲素与壳聚糖复合膜,研究其对冷鲜鸡肉在贮藏期内 pH 值、菌落总数、TVB-N 含量和汁液损失率的影响,并对冷鲜鸡肉进行色差测定和感官评定,考察复合膜对冷鲜鸡肉的保鲜效果,以期冬凌草甲素/壳聚糖复合膜应用于冰鲜鸡胸肉的保鲜提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料

鲜鸡胸肉:洛阳大张超市,4℃ 贮藏备用;

冬凌草甲素:纯度 98%,上海源叶生物科技有限公司;

壳聚糖(脱乙酰度≥90%)、酵母膏、蛋白胨、琼脂粉:国药集团化学试剂有限公司;

无水乙醇、甲基红、亚甲基蓝、乙酸、甘油、硼酸、碳酸钾:分析纯,天津市德恩化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

pH 计:PHSJ-3F 型,上海仪电科学仪器股份有限公司;

电子天平:FA2004N 型,上海菁海仪器有限公司;

生化培养箱:LRH-250F 型,上海一恒科学仪器有限公司;

超净工作台:SW-CJ-2D 型,上海苏净实业有限公司;

低温超速离心机:H-2050R 型,湖南湘仪离心机仪器有限公司;

立式压力蒸汽灭菌锅:LDZX-30KBS 型,上海申安医疗器械厂;

电热鼓风干燥箱:DHG-9246A 型,上海精宏实验设备有限公司;

高速分散均质机:FJ200 型,上海标本模型厂;

色差仪:color I5 型,美国 X-Rite 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 复合膜的制备 参照纠敏等^[16]的方法制备壳聚糖膜和冬凌草甲素/壳聚糖复合膜。具体操作:准确称取 2 g 壳聚糖,溶于 100 mL 质量浓度为 10 g/L 乙酸溶液中,常温下搅拌 4~5 h,加 1 mL 质量浓度为 60 g/L 的甘油作为增塑剂,搅拌混合 1 h 后,加入冬凌草甲素使其浓度为 50 μg/mL,搅拌混合 30 min,静置过夜,100 W,40 kHz 进行超声脱气 15 min。取上述制备好的复合膜液 10 mL 加入直径为 9 cm 的玻璃培养皿中流延成膜后,于鼓风干燥箱中 35℃ 干燥 24 h,按照相同方法制备壳聚糖膜为对照。

1.2.2 复合膜对鸡肉的保鲜试验 在超净工作台中,无菌条件下将冷鲜鸡胸肉分割为每块 20~25 g,并对制备的复合膜进行紫外光照射 30 min,包裹分割好的鸡肉。试验分为壳聚糖膜(CS)、冬凌草甲素/壳聚糖复合膜(OR-CS)和未包裹的冷鲜鸡胸肉(CK)3 组。然后将所有样品用食品保鲜膜包裹好,4℃ 冰箱冷藏,分别于第 0,1,3,5,7,9 天取样进行理化指标测定。每个样品重复 3 次。

1.2.3 pH 测定 参照 Takma 等^[17]的方法使用校正后 pH 计进行测量,取鸡肉样品 10 g 放入匀质机,加入 100 mL 蒸馏水,18 000 r/min,冰浴条件下匀浆 1 min,测量匀浆液的 pH。

1.2.4 菌落总数测定 按 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》执行。

1.2.5 汁液损失率测定 复合膜包被前对每块肉样进行称量。测试时拆开包装,用滤纸吸干样品表面的汁液,进行称量,按式(1)计算汁液损失率^[18]。

$$A = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

A——汁液损失率,%;

m_1 ——肉的初始重量,g;

m_2 ——肉的最终重量,g。

1.2.6 TVB-N 含量测定 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。

1.2.7 色差测定 参照 Stojanovic-Radic 等^[19]的方法,选取 3 个切割面使用自动色差仪测量鸡肉的表面颜色。记录 L^* (亮度)、 a^* (红色)和 b^* (黄色)的值以确定贮藏过程中肉的颜色变化。

1.2.8 感官评定 参照 Lu 等^[20]的方法,使用肉的颜色和光泽、表观黏度、弹性和风味等指标进行感官评定。感官评定小组由 15 名评价人员组成(男 8 人,女 7 人)。感官评定标准见表 1。

表 1 感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation stands

颜色和光泽	黏度	弹性	风味	分数
浅红色和鲜亮	不粘手	有弹性,手指按压后立即恢复	新鲜	5
浅红色和略暗淡	不粘手	较有弹性,手指按压后慢慢恢复	无异味	4
红色和暗淡	有点粘手	弹性一般,手指按压后缓慢恢复	有点异味	3
红色和暗淡	粘手	无弹性,手指按压后恢复非常缓慢甚至无法恢复	酸臭	2
深红色和暗淡	很粘手	无弹性,手指按压后恢复非常缓慢甚至无法恢复	严重酸臭	1

1.2.9 数据分析 所有试验平行 3 次,数据用平均值±标准偏差表示,Origin 8.0 软件绘图,数据之间的差异采用 SPSS 18.0 软件进行数据的统计分析,组间分析采用 One-Way ANOVA 两两比较得到相应的 P 值, $P<0.05$ 为显著性差异, $P<0.01$ 为极显著性差异。

2 结果与分析

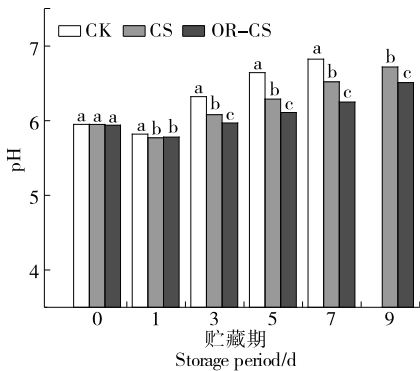
2.1 pH 值

由图 1 可知,贮藏第 1 天,pH 值出现了下降,是由于屠宰后鸡肉组织的无氧呼吸导致乳酸和磷酸积累的缘故^[21]。但随着贮藏时间的延长,各试验组鸡肉的 pH 值逐渐升高,其中 CK 组 pH 值上升速度高于 CS 组和 OR-CS 组。贮藏第 5 天,CK 组鸡肉的 pH 值达到 6.63。新鲜肉的 pH 范围为 5.8~6.2;次鲜肉 pH 范围为 6.3~6.6;变质肉 pH 为 6.7 以上^[22]。根据此标准,CK 组鸡肉已接近变质,而 CS 组和 OR-CS 组的鸡肉 pH 值分别为 6.21 和 6.05,与 CK 组相比,差异显著($P<0.05$),OR-CS 组鸡肉 pH 值仍处于新鲜肉 pH 值范围,CS 组鸡肉 pH 值仍处于次鲜肉 pH 值范围。贮藏第 9 天,CS 组的鸡肉 pH 值上升到 6.72,已变质;OR-CS 组的鸡肉 pH 值上升到 6.35,仍处于次鲜肉 pH 值范围。杨斌等^[23]报道,采用纳米银酯化淀粉薄膜处理能显著控制牛肉 pH 值的上升。纳米银具有广谱杀菌性,能延缓微生物的生长,进而抑制牛肉

pH 值的升高。冬凌草甲素和壳聚糖都具有良好的抑菌活性,因此,采用 OR-CS 复合膜处理冰鲜鸡肉,通过抑制鸡肉表面微生物的生长而延缓了鸡肉的 pH 值升高。

2.2 菌落总数

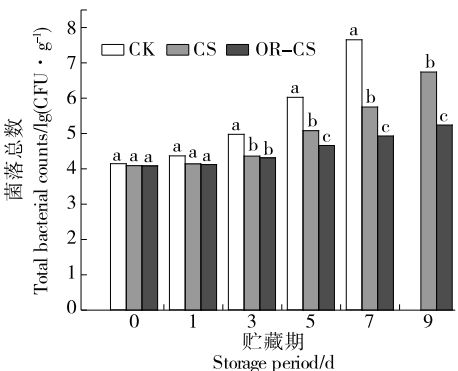
由图 2 可知,CK 组、CS 组和 OR-CS 组鸡肉的菌落总数均随贮藏时间的延长而增加,与 CK 组相比,同期 CS 组和 OR-CS 组的菌落总数显著低于 CK 组($P<0.05$),贮藏第 5 天,CK 组鸡肉的菌落总数达到 6.02 lg(CFU/g)。根据参考文献^[22]:一级鲜肉菌落总数 ≤ 4 lg(CFU/g);次鲜肉菌落总数在 4~6 lg(CFU/g);变质肉菌落总数 >6 lg(CFU/g)。CK 组鸡肉已变质。贮藏第 7 天,CS 组鸡肉的菌落总数为 5.75 lg(CFU/g),接近腐败,第 9 天达到 6.74 lg(CFU/g),已变质,而 OR-CS 组鸡肉的菌落总数为 5.24 lg(CFU/g),仍属于次鲜肉。与该研究结果相类似,高晓冉等^[24]采用壳聚糖和茶多酚复配处理对冷鲜肉微生物的抑菌作用明显优于单独使用壳聚糖处理,能将冷鲜牛肉的菌落总数控制在 25 d 内不超标。其原因是由于壳聚糖和茶多酚具有协同抑菌效应,两者复合使杀菌和抑菌的作用范围扩大的缘故。纠敏等^[16]报道,壳聚糖和冬凌草甲素复配处理对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌活性明显优于单独使用壳聚糖,具有协同抑菌效应。因此,采用 OR-CS 复合膜对冷鲜鸡胸肉进行保鲜,可以有效抑制鸡肉中微生物的生长,延长冷鲜鸡



相同贮藏时间,字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图 1 冷鲜鸡胸肉贮藏期的 pH 变化

Figure 1 Changes of pH of chilled chicken breast during storage



相同贮藏时间,字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图 2 冷鲜鸡胸肉贮藏期的菌落总数变化

Figure 2 Changes of total bacterial counts of chilled chicken breast during storage

胸肉货架期。

2.3 汁液损失率

由表 2 可知,贮藏第 3 天,CK 组鸡肉的汁液损失率为 3.60%,第 7 天,汁液损失率达到 8.02%;CS 组鸡肉的汁液损失率在贮藏期第 3 天和第 7 天时分别为 1.14%和 1.86%,OR-CS 组鸡肉的汁液损失率在贮藏期第 3 天和

第 7 天时分别为 0.47%和 1.27%,显著低于 CK 组($P<0.05$)。与 CS 组相比,从贮藏第 3 天起,OR-CS 组鸡肉的汁液损失率也显著低于 CS 组。其原因是制备的复合膜抑制了微生物的生长繁殖,延缓了鸡胸肉的腐败变质,提高了鸡肉保水性^[23]。并且复合膜也具有较低的水蒸气透过系数,也在一定程度上降低了汁液损失率。

表 2 冷鲜鸡胸肉贮藏期汁液损失率的变化[†]

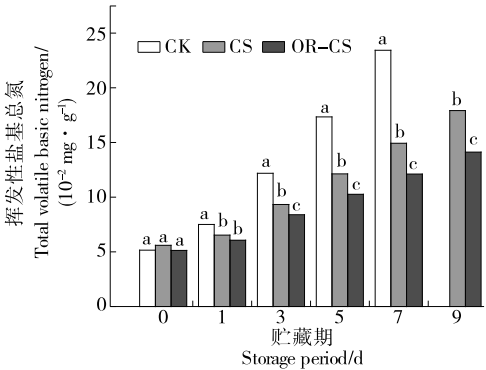
Table 2 Changes of drop loss of chilled chicken breast during storage

组别	第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天	第 9 天
CK	0.99±0.05 ^a	3.60±0.16 ^a	6.05±0.08 ^a	8.02±0.11 ^a	—
CS	0.17±0.03 ^b	1.14±0.12 ^b	1.58±0.08 ^b	1.86±0.09 ^b	1.96±0.06 ^b
OR-CS	0.14±0.02 ^b	0.47±0.02 ^c	0.79±0.06 ^c	1.27±0.07 ^c	1.36±0.11 ^c

† 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.4 TVB-N 含量

由图 3 可知,贮藏期间各试验组的鸡肉挥发性盐基氮含量均呈上升趋势,贮藏第 5 天,CK 组鸡肉的 TVB-N 含量已上升到 17.27 mg/100 g,按照国家标准^[25]规定:鲜畜、禽产品的 TVB-N 含量不超过 15 mg/100 g,CK 组鸡肉已不属于新鲜肉。贮藏第 7 天,CS 组鸡肉 TVB-N 含量为 14.93 mg/100 g,OR-CS 组鸡肉 TVB-N 的含量为 12.12 mg/100 g,显著低于 CK 组($P<0.05$)。贮藏第 9 天,CS 组鸡肉 TVB-N 含量已上升到 17.93 mg/100 g,而 OR-CS 组鸡肉 TVB-N 含量仅为 14.12 mg/100 g,仍低于国家规定标准限值。曾少甫等^[21]在壳聚糖膜中添加抑菌活性成分肉桂醛对鲜猪肉进行保鲜处理,与壳聚糖膜相比,显著减少了 TVB-N 的产生。与此结果相同是,与对照组相比,OR-CS 组保鲜时间延长了 5 d,优于 CS 组(延长 3 d)。相比 CS 膜,OR-CS 复合膜具有更高的抗菌性能,抑制了冷鲜鸡肉表面细菌的生长繁殖,减缓了蛋白质的分解。



相同贮藏时间,字母不同表示差异显著($P<0.05$)

图 3 冷鲜鸡胸肉贮藏期挥发性盐基氮的变化
Figure 3 Changes of TVB-N of chilled chicken breast during storage

2.5 色差分析

由表 3 可知,CK 组鸡肉的 L^* 值从贮藏期第 1 天的 52.03 降至第 7 天的 46.84,CS 组和 OR-CS 组鸡肉的 L^* 值分别从贮藏期第 1 天的 52.88 和 52.76 降至第 7 天的 48.69 和 50.36。试验结果表明,随着贮藏时间的延长,鸡肉的亮度逐渐变暗。贮藏过程中,鸡肉的亮度 L^* 值随着贮藏期的延长而下降是由于脂质氧化和微生物腐败所致^[26]。因此,采用复合膜对鸡肉进行保鲜,由于其能阻隔氧气和抑制鸡肉表面微生物的生长繁殖,复合膜能延缓鸡肉 L^* 值下降。与 CK 组相比,OR-CS 组鸡肉的 L^* 值下降幅度稍低,贮藏第 5 天和第 7 天,CK 组、CS 组和 OR-CS 组鸡肉的 L^* 值差异显著($P<0.05$)。

鲜肉在贮藏过程中由鲜红色逐渐转变为棕褐色是由于肉中的氧合肌红蛋白不断氧化为高铁肌红蛋白。家畜活体中产生的高铁肌红蛋白会被体内存在的高铁肌红蛋白还原酶及时还原,使体内的肌红蛋白保持还原状态,发挥其正常的生理功能。家畜屠宰后,肉中的高铁肌红蛋白还原酶随贮藏时间的延长,活性逐渐消失,致使高铁肌红蛋白不能被及时还原,引起肉的颜色褐变^[27]。因此,由表 3 可知,CK 组、CS 组和 OR-CS 组鸡肉的 a^* 值在贮藏期间均呈下降趋势,这显示肉中高铁肌红蛋白含量增多。但采用复合膜对鸡肉进行保鲜,由于其阻隔了氧气,能延缓鸡肉的 a^* 值下降的趋势,与 CK 组相比,OR-CS 组鸡肉的 a^* 值下降幅度稍低,贮藏第 5 天和第 7 天,CK 组和 OR-CS 组鸡肉的 a^* 值差异显著($P<0.05$)。 b^* 值变化与肉中脂肪氧化有关^[23],CK 组、CS 组和 OR-CS 组鸡肉的 b^* 值在贮藏期间也均呈下降趋势,贮藏第 3 天,CK 组和 OR-CS 组鸡肉的 b^* 值差异显著($P<0.05$)。综合 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值的结果可知 OR-CS 复合膜可以延缓 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值的下降,有效防止冷鲜鸡胸肉的颜色劣变。

表 3 冷鲜鸡胸肉贮藏期色差的变化[†]
Table 3 Changes of color of chilled chicken breast during storage

色差	组别	第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天	第 9 天
<i>L</i> *	CK	52.03±1.31 ^a	51.64±0.71 ^a	49.37±0.65 ^a	46.84±0.77 ^a	—
	CS	52.88±0.62 ^a	51.93±1.29 ^a	50.40±0.57 ^b	48.69±0.88 ^b	47.29±0.55 ^b
	OR-CS	52.76±0.25 ^a	52.10±0.12 ^a	51.15±0.98 ^c	50.36±0.64 ^c	49.16±0.90 ^c
<i>a</i> *	CK	3.34±0.30 ^a	3.01±0.25 ^a	2.12±0.75 ^a	1.13±0.11 ^a	—
	CS	3.31±0.85 ^a	3.16±0.62 ^b	2.76±0.10 ^b	2.34±0.76 ^b	1.59±0.13 ^b
	OR-CS	3.35±0.46 ^a	3.27±0.21 ^c	3.01±0.05 ^c	2.62±0.53 ^c	1.99±0.13 ^c
<i>b</i> *	CK	10.54±0.51 ^a	8.37±0.37 ^a	7.48±0.32 ^a	5.91±0.30 ^a	—
	CS	11.02±0.21 ^a	10.28±0.21 ^b	9.01±0.36 ^b	7.90±0.76 ^b	8.58±0.64 ^b
	OR-CS	11.07±0.16 ^a	10.48±0.12 ^b	8.95±0.28 ^b	8.04±0.25 ^b	8.47±0.52 ^b

† 同一指标分组之间字母不同表示差异显著(P<0.05)。

2.6 感官评定

由表 4 可知,贮藏期,CS 组和 OR-CS 组鸡肉在色泽、黏度、弹性和风味的评分显著高于 CK 组(P<0.05)。贮藏第 5 天,OR-CS 组鸡肉在色泽、黏度和风味的评分显著高于 CS 组(P<0.05)。贮藏第 7 天,OR-CS 组鸡肉在色

泽、黏度、弹性和风味的评分显著高于 CS 组(P<0.05)。鸡胸肉的黏液和气味产生是由于微生物的生长和脂质氧化引起的^[28]。表明复合膜能通过抑制微生物的生长和隔绝空气与鸡肉的直接接触延缓其色泽和弹性的变化,减少黏液和气味的产生。

表 4 贮藏期冷鲜鸡胸肉的感官评定[†]
Table 4 Sensory evaluation of chilled chicken during breast during storage

感官指标	组别	第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天	第 9 天
色泽	CK	4.95±0.04 ^a	4.73±0.12 ^a	3.58±0.12 ^a	2.12±0.19 ^a	1.58±0.12 ^a
	CS	4.90±0.08 ^a	4.86±0.09 ^b	4.23±0.25 ^b	3.52±0.15 ^b	3.08±0.14 ^b
	OR-CS	4.92±0.08 ^a	4.81±0.09 ^b	4.30±0.10 ^c	3.80±0.16 ^c	3.23±0.17 ^c
黏度	CK	4.89±0.15 ^a	3.34±0.15 ^a	1.65±0.13 ^a	1.23±0.08 ^a	1.00±0.00 ^a
	CS	4.87±0.09 ^a	4.83±0.14 ^b	4.71±0.09 ^b	4.36±0.15 ^b	3.56±0.16 ^b
	OR-CS	4.91±0.06 ^a	4.85±0.08 ^b	4.80±0.11 ^c	4.52±0.14 ^c	4.16±0.14 ^c
弹性	CK	4.93±0.07 ^a	4.63±0.11 ^a	3.83±0.12 ^a	3.02±0.08 ^a	2.79±0.11 ^a
	CS	4.90±0.08 ^a	4.85±0.12 ^b	4.51±0.22 ^b	4.23±0.09 ^b	3.67±0.10 ^b
	OR-CS	4.91±0.10 ^a	4.84±0.08 ^b	4.55±0.10 ^b	4.30±0.09 ^c	3.71±0.13 ^c
风味	CK	4.89±0.08 ^a	4.57±0.11 ^a	3.56±0.14 ^a	1.85±0.16 ^a	0.23±0.21 ^a
	CS	4.90±0.08 ^a	4.67±0.11 ^a	4.41±0.17 ^b	3.47±0.17 ^b	2.53±0.12 ^b
	OR-CS	4.89±0.09 ^a	4.63±0.08 ^a	4.48±0.10 ^c	3.99±0.10 ^c	3.20±0.17 ^c

† 同一指标分组之间字母不同表示差异显著(P<0.05)。

3 结论

研究表明,冬凌草甲素/壳聚糖复合膜包装的冰鲜鸡胸肉在 4℃ 条件下贮藏保鲜期为 9 d,对照组为 4 d,复合膜处理组比对照组保鲜期延长了 5 d。贮藏 3 d 后,复合膜处理的冷鲜鸡胸肉的 pH 值、菌落总数、TVB-N 含量和汁液损失率的变化速率显著低于对照组(P<0.05)。色差分析和感官评定结果也显示,复合膜处理的冷鲜鸡胸肉保持了较好的品质。试验仅对冬凌草甲素/壳聚糖复

合膜的防腐保鲜效果进行了研究,关于冬凌草甲素在复合膜中的迁移规律还有待进一步探讨。

参考文献

[1] 刘雪,刘娇,周鹏,等. 冰鲜鸡肉品质及其货架期的研究进展与展望[J]. 现代食品科技, 2017, 33(3): 328-340.
[2] GRUNERT T, STEPHAN R, EHLING-SCHULZ M, et al. Fourier transform infrared spectroscopy enables rapid differentiation of fresh and frozen/thawed chicken[J]. Food Con-

- trol, 2016, 60: 361-364.
- [3] BOERRIGTER-EENLING R, ALEWIJN M, WEESEPOEL Y, et al. New approaches towards discrimination of fresh/chilled and frozen/thawed chicken breasts by HADH activity determination: Customized slope fitting and chemometrics[J]. Meat Science, 2017, 126: 43-49.
- [4] 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 肉和肉制品经营卫生规范: GB 20799—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.
- [5] 张新笑, 章彬, 卞欢, 等. 不同二氧化碳比例气调对冷鲜鸡肉中荧光假单胞菌的抑制作用[J]. 食品科学, 2018, 39(13): 266-271.
- [6] VÉRONIQUE C. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products[J]. Meat Science, 2008, 78(1/2): 90-103.
- [7] 李莎莎, 计红芳, 张令文, 等. 冰温保鲜过程中鸡肉品质及微观结构的变化[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(16): 201-207.
- [8] SIVARAJAN M, LALITHAPRIYA U, MARIAJENITA P, et al. Synergistic effect of spice extracts and modified atmospheric packaging towards non-thermal preservation of chicken meat under refrigerated storage[J]. Poultry Science, 2017, 96(8): 2 839-2 844.
- [9] CHOULIARA E, KARATAPANIS A, SAVVAIDIS I N, et al. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C[J]. Food Microbiology, 2007, 24(6): 607-617.
- [10] KHANJARI A, KARABAGIAS I K, KONTOMINAS M G. Combined effect of N, O-carboxymethyl chitosan and oregano essential oil to extend shelf life and control *Listeria monocytogenes* in raw chicken meat fillets[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 53(1): 94-99.
- [11] LI Da-hong, HAN Tong, XU Sheng-tao, et al. Antitumor and antibacterial derivatives of oridonin: A main composition of Dong-Ling-Cao [J]. Molecules, 2016, 21(5): 575.
- [12] YAO Zhuo, XIE Fu-hua, LI Min, et al. Oridonin induces autophagy via inhibition of glucose metabolism in p53-mutated colorectal cancer cells[J]. CellDeath & Disease, 2017, 8(2): e2633.
- [13] 王大海, 姬志勤, 魏少鹏, 等. 冬凌草中抑菌成分研究[J]. 农药, 2010, 49(6): 410-412.
- [14] YUAN Zhong-wei, PING Ou-yang, GU Ke-xin, et al. The antibacterial mechanism of oridonin against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA)[J]. Pharmaceutical Biology, 2019, 57(1): 710-716.
- [15] 纠敏, 闫鹏, 闫国庆, 等. 冬凌草甲素对金黄色葡萄球菌的抑菌作用机制[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(7): 202-206.
- [16] 纠敏, 孟媛媛, 王倩, 等. 冬凌草甲素/壳聚糖复合膜的性能和结构表征[J]. 食品发酵与工业, 2019, 45(24): 119-123.
- [17] TAKMA D K, KOREL F. Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2019, 19: 210-217.
- [18] LIU Fei, CHANG Wei, CHEN Mao-shen, et al. Tailoring physicochemical properties of chitosan films and their protective effects on meat by varying drying temperature[J]. Carbohydrate Polymers, 2019, 212: 150-159.
- [19] STOJANOVIC-RADIC Z, PEJCIC M, JOKOVIC N, et al. Inhibition of *Salmonella enteritidis* growth and storage stability in chicken meat treated with basil and rosemary essential oils alone or in combination[J]. Food Control, 2018, 90: 332-343.
- [20] LU Wei, WU Yun, GUO Qi-xin, et al. Establishment of a freshness-evaluating standard for chilled yellow chicken meat[J]. Food Analytical Methods, 2017, 10(8): 2 629-2 635.
- [21] 曾少甫, 胡长鹰, 匡衡峰, 等. 肉桂醛在壳聚糖复合活性包装膜中的释放及在鲜猪肉冷藏中的应用[J]. 食品科学, 2018, 39(9): 182-189.
- [22] 冯会利, 李巧莲, 吴习宇. 冰温结合气调贮藏对新鲜牛肉的保鲜研究[J]. 包装工程, 2013, 34(15): 53-58.
- [23] 杨斌, 曹银娟, 余群力, 等. 纳米银酯化淀粉膜对牛肉保鲜的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(23): 199-205.
- [24] 高晓冉, 刘程惠, 陈立国, 等. 壳寡糖与茶多酚复合保鲜剂对冷鲜牛肉的保鲜效果[J]. 食品发酵与工业, 2019, 45(11): 172-177.
- [25] 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 鲜(冻)畜、禽产品: GB 2707—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2.
- [26] WU Tian-tian, WU Chun-hua, FANG Zhong-xiang, et al. Effect of chitosan microcapsules loaded with nisin on the preservation of small yellow croaker [J]. Food Control, 2017, 79: 317-324.
- [27] 白凤霞, 戴瑞彤, 苏春元, 等. 高铁肌红蛋白还原酶与肉色关系研究进展[J]. 食品工业科技, 2010, 29(11): 276-279.
- [28] SIRIPATRAWAN U, NOIPHA S. Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages[J]. Food Hydrocolloids, 2012, 27(1): 102-108.