

# 蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜的制备及对冷鲜鸡胸肉保鲜的研究

何惠利,任雪娇\*,张莉力\*

(锦州医科大学 食品科学与工程学院,辽宁省肉类加工与质量安全控制工程技术研究中心,  
辽宁 锦州 121000)

**摘要:**以蒲公英黄酮(dandelion flavonoids, DF)和壳聚糖(chitosan, CS)为材料,制备蒲公英黄酮-壳聚糖可食性复合膜(DF-CS),测定添加DF后复合膜物理性能、抗氧化性、抑菌性的变化,并使用DF-CS复合膜包裹冷鲜鸡胸肉,通过对鸡胸肉理化指标和挥发性风味物质的测定研究复合膜的保鲜效果。结果表明,与纯壳聚糖膜相比,添加0.2%蒲公英黄酮的复合膜厚度显著增加( $P<0.05$ ),水蒸气透过系数、拉伸强度、拉伸断裂显著降低( $P<0.05$ ),复合膜对DPPH自由基、ABTS<sup>+</sup>自由基的清除率提升至95.68%和96.37%,且对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑制效果更优。将不同包膜处理的冷鲜鸡胸肉在4℃冰箱贮藏12d,与市售保鲜膜及壳聚糖膜包裹的鸡胸肉相比,复合膜组能显著降低贮藏期间鸡胸肉pH值、硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)、挥发性盐基氮值(total volatile basic nitrogen, TVB-N)的上升速度,在第12天时,复合膜组鸡胸肉仍在可食用范围内。电子鼻结果分析表明第6天时,复合膜包裹的鸡胸肉产生的挥发性物质与新鲜样品接近。综上,DF-CS复合膜能抑制微生物繁殖,延缓脂肪氧化,保持鸡胸肉的风味品质。

**关键词:**黄酮;壳聚糖;复合膜;冷鲜鸡胸肉;保鲜效果

## Preparing Dandelion Flavonoids-Chitosan Composite Membrane to Preserve Chilled Chicken Breast

HE Hui-li, REN Xue-jiao\*, ZHANG Li-li\*

(College of Food Science and Engineering, Jinzhou Medical University, Meat Processing and the Quality and Safety Control of Liaoning Province Engineering Technology Research Center, Jinzhou 121000, Liaoning, China)

**Abstract:** Dandelion flavonoids (DF) and chitosan (CS) were used as materials to prepare a dandelion flavonoids-chitosan (DF-CS) edible composite membrane. Changes in its physical properties, antioxidation, and bacteriostasis were measured after adding DF. The fresh-keeping effect of the composite membrane was studied by measuring the physicochemical indexes and volatile flavor of chicken breast. The results showed that the thickness of 0.2% DF composite membrane increased significantly compared with that of a pure CS membrane ( $P<0.05$ ). Moreover, the water vapor transmission coefficient, tensile strength, and tensile fracture decreased significantly. Additionally, the DPPH and ABTS<sup>+</sup> free radical scavenging ability of the composite membrane increased to 95.68% and 96.37%, respectively. The inhibitory effect of the composite membrane on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* improved. Chilled chicken breasts treated with different coatings were stored in refrigerator at 4℃ for 12 d. During storage, the composite film group had a significantly smaller increase in pH, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and total volatile basic nitrogen (TVB-N)

基金项目:辽宁省高等学校创新人才支持计划(2020);辽宁省自然科学基金项目(2019-ZD-0600)

作者简介:何惠利(1996—),女(汉),硕士,研究方向:农产品深加工与利用。

\*通信作者:任雪娇(1983—),女(汉),讲师,在读博士,研究方向:农产品深加工与转化;张莉力(1977—),女(汉),教授,博士,研究方向:食品微生物。

values compared with that of chicken breast coated with commercial preservative film and chitosan film. On day 12, the composite film chicken breast was still edible. The results of electronic nose analysis showed that the 6 d, the volatile substances of composite film chicken breast were similar to those of fresh samples. To summarize, DF-CS composite membrane could inhibit microbial reproduction, delay fat oxidation, and maintain the flavor quality of chicken breast.

**Key words:** flavonoids; chitosan; composite membrane; chilled chicken breast; preservation effect

引文格式:

何惠利,任雪娇,张莉力.蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜的制备及对冷鲜鸡胸肉保鲜的研究[J].食品研究与开发,2022,43(7):112-118.

HE Huili, REN Xuejiao, ZHANG Lili. Preparing Dandelion Flavonoids-Chitosan Composite Membrane to Preserve Chilled Chicken Breast[J]. Food Research and Development, 2022, 43(7): 112-118.

传统的塑料薄膜和合成保鲜剂由于价格低廉和性能稳定被广泛应用于食品包装和食品保鲜,但是它们存在不可降解及对人体有害等缺点<sup>[1]</sup>。因此近年来研究制备及优化绿色环保友好型的可食性膜受到广泛关注。多糖膜因具有良好的可降解性、价格低廉、无毒等特点已被广泛应用于食品保鲜及可食性包装膜的制备。但仅由一种多糖形成的薄膜机械性能较弱,对热和水蒸气的阻隔性较差<sup>[2]</sup>,这会限制其在食品包装和保鲜领域的应用。研究发现添加植物提取物能够提高壳聚糖膜的整体机械性能、阻隔性等。丁莉等<sup>[3]</sup>发现复合膜的水蒸气透过系数、硬度和穿刺强度随着百里香酚浓度的增加而降低。孙莎等<sup>[4]</sup>将薄荷提取物与壳聚糖溶液共混制膜后发现复合膜的抗氧化、抑菌能力均有增强,且能够延长冷却肉的货架期。

蒲公英作为一种药食两用植物在我国各地广泛分布,黄酮是其主要活性成分,具有抗氧化、抑菌等多种功能。植物中黄酮提取物在食品保鲜中也有应用,如杨宇华等<sup>[5]</sup>发现艾草黄酮能抑制鸡胸肉中微生物生长繁殖和脂质氧化。王晓英等<sup>[6]</sup>将蒲公英黄酮和壳聚糖作为涂膜材料发现可延长冷鲜猪肉的保鲜期。李楠等<sup>[7]</sup>发现三七叶黄酮-壳聚糖复合保鲜剂能使冷鲜黄牛肉在第10天仍在可食用范围。

本研究将蒲公英黄酮(dandelion flavonoids, DF)和壳聚糖(chitosan, CS)混合制备蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜(DF-CS),分析蒲公英黄酮浓度对复合膜的物理性能、体外抗氧化性能、抑菌能力的影响,并将复合膜应用于冷鲜鸡胸肉的保鲜研究中,分析其与纯壳聚糖膜、市售保鲜膜在鸡胸肉保鲜方面的差异,以期复合可食性膜在食品包装和保鲜中应用提供更多参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

大肠杆菌、金黄色葡萄球菌:锦州医科大学食品科学与工程学院微生物实验室提供;蒲公英:采摘于锦州市科学研究院,洗净后置于55℃烘干箱干燥,粉碎过80目筛,备用。

壳聚糖(脱乙酰度≥95%):上海阿拉丁科技有限公司;DPPH、ABTS、K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>:合肥博美生物科技有限公司;营养琼脂:长沙三行生物科技有限公司。以上试剂均为分析纯。

### 1.2 主要仪器设备

DHG-9243A 电热恒温鼓风干燥箱、DNP-9272 电热恒温培养箱:上海精其仪器有限公司;211-101K 精准型手持螺旋测微器:日本三量公司;UV1810 紫外可见分光光度计:鑫贝西科学仪器有限公司;B-004806 硅胶干燥器:成都宜邦科析仪器有限公司;DR-200Be 酶标仪:郑州德朗仪器设备有限公司;Airsense PEN3 电子鼻:天津塞力斯自动化设备有限公司。

### 1.3 蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜(DF-CS)的制备

参考 Zheng 等<sup>[8]</sup>方法制备复合膜。将3.0 g 壳聚糖溶于200 mL、1%的冰醋酸溶液中,60℃恒温水浴30 min,并不断搅拌,即得1.5%的壳聚糖溶液,同时加入30%的甘油(以壳聚糖质量分数计),然后将不同浓度蒲公英黄酮溶液与壳聚糖溶液等体积混合,取25 mL的复合膜溶液倒入直径为90 mm的塑料培养皿上静置1.5 h,等待气泡消失。然后将其置于电热恒温干燥箱中,50℃,烘干成膜,备用。

### 1.4 DF-CS 复合膜性能的测定

#### 1.4.1 厚度

选取平整的膜,在膜上随机选取9个点测定厚度,

计算平均值。

#### 1.4.2 水蒸气透过系数

参考阳晖<sup>[9]</sup>的方法,测定复合膜的水蒸气透过系数。计算公式如下。

$$WVP = \frac{\Delta m \times d}{A \times \Delta t \times \Delta p}$$

式中:WVP为水蒸气透过系数, $\text{g} \cdot \text{mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{kPa})$ ;d为膜厚度,mm; $\Delta m$ 为玻璃瓶质量变化,mg; $\Delta t$ 为时间间隔,h; $\Delta p$ 为膜内外水蒸气气压差,2.337 kPa;A为膜面积, $\text{m}^2$ 。

#### 1.4.3 拉伸强度和断裂伸长率

参考Le等<sup>[10]</sup>的方法并稍作修改,测定膜的拉伸强度和拉伸断裂率。计算公式如下。

$$TS = \frac{F}{S}$$

式中:TS为拉伸强度,MPa;F为膜断裂时的抗拉力,N;S为膜的截面积, $\text{m}^2$ 。

$$EAB/\% = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100$$

式中:EAB为断裂拉伸率,%; $L_1$ 为膜的起始长度,mm; $L_2$ 为膜断裂时的长度,mm。

#### 1.5 DF-CS复合膜抗氧化性测定

##### 1.5.1 DPPH自由基清除率测定

参考Gao等<sup>[11]</sup>的方法,取50  $\mu\text{L}$ 复合膜溶液和200  $\mu\text{L}$  DPPH乙醇溶液(0.2 mmol/L)混合均匀后室温(25  $^{\circ}\text{C}$ )下避光静置30 min,测定517 nm波长处吸光值。同时以蒸馏水代替复合膜溶液做为空白对照组。计算公式如下。

$$\text{DPPH 自由基清除率}/\% = \frac{1 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100$$

式中: $A_1$ 为样品组吸光值; $A_2$ 为乙醇液代替 DPPH 溶液与复合膜混合液混合所测吸光值; $A_0$ 为空白对照组吸光值。

##### 1.5.2 ABTS<sup>+</sup>自由基清除率测定

准确称取0.1920 g ABTS试剂及0.033 g  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ,蒸馏水定容至50 mL,此时ABTS溶液浓度为7 mmol/L,过硫酸钾浓度为2.45 mmol/L,室温(25  $^{\circ}\text{C}$ )下暗反应12 h~16 h后加入蒸馏水将其稀释至48倍~50倍,使其在734 nm处吸光度为0.7。取20  $\mu\text{L}$ 复合膜溶液和200  $\mu\text{L}$  ABTS溶液混合均匀后室温(25  $^{\circ}\text{C}$ )下避光静置10 min,在734 nm处测定吸光值。计算公式如下。

$$\text{ATBS}^+ \text{ 自由基清除率}/\% = \frac{1 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100$$

式中: $A_1$ 为样品组吸光值; $A_2$ 为以PBS代替ABTS溶液与复合膜混合液混合所测吸光值; $A_0$ 为空白对照组吸光值。

#### 1.6 DF-CS复合膜抑菌性测定

复合膜溶液的抑菌效果采用滤纸片法测定。首先将大肠杆菌、金黄色葡萄球菌接种至牛肉膏蛋白胨培养基,置于37  $^{\circ}\text{C}$ ,1 800 r/min摇床活化12 h。将直径为6 mm的无菌滤纸片置于2%的蒲公英黄酮溶液、1.5%壳聚糖溶液、DF-CS复合膜溶液中浸泡2 h,将15 mL~20 mL的牛肉膏蛋白胨琼脂培养基倒入高压灭菌后的培养皿中,等待其凝固,然后吸取100  $\mu\text{L}$ 浓度为 $1 \times 10^6$  CFU/mL的菌悬液滴在培养皿表面,用涂布棒涂布均匀,取出浸泡的滤纸片,滤去多余的膜溶液后贴在固体培养基表面,贴好后,室温(25  $^{\circ}\text{C}$ )放置30 min,然后倒放置于37  $^{\circ}\text{C}$ 培养箱培养24 h,取出测定抑菌圈直径,对比各组抑菌效果。

#### 1.7 肉品处理

参考秦丹丹等<sup>[12]</sup>方法处理肉品。在超净工作台内将鸡胸肉分成约10 g的肉块,分别用0.2%的蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜、纯壳聚糖膜及市售保鲜膜进行包裹,所有样品置于4  $^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存,分别在第0、2、4、6、8、10、12天测定相关指标。

##### 1.7.1 鸡胸肉理化性质测定

分别测定不同包膜处理的冷鲜鸡胸肉在贮藏期间pH值、硫代巴比妥酸值、挥发性盐基氮值来判断各组鸡胸肉的品质变化、各组的保鲜能力。

##### 1.7.2 鸡胸肉挥发性气味测定

参考杜方丽等<sup>[13]</sup>试验方法,称取1 g绞碎的鸡胸肉装入10 mL的收集瓶中静置30 min后检测各组的挥发性气味物质,清洗时间和检测时间分别为110 s和90 s。

#### 1.8 数据统计与分析

试验数据使用SPSS 22.0软件进行显著性分析,使用Graphpad Prism 7.00软件进行图片的绘制,电子鼻试验的数据使用Winnuster软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 DF-CS复合膜性能分析

添加不同浓度蒲公英黄酮后对蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜性能进行测定,结果见表1。

由表1可知,蒲公英黄酮浓度对复合膜厚度、水蒸气透过系数、拉伸强度、拉伸断裂率都有显著影响( $P < 0.05$ )。复合膜的厚度随着蒲公英黄酮浓度的增加而增加,这与姜雪等<sup>[14]</sup>壳聚糖/酸枣仁黄酮复合膜的研究结果一致。这是因为壳聚糖分子结构中存在羟基基团,而多酚则能作为桥梁结合壳聚糖分子,使它们之间的距离变短,因此增加了复合膜的厚度。水蒸气透过系数在食品保鲜方面十分重要,随着黄酮浓度的增加,

表1 蒲公英黄酮浓度对复合膜厚度、水蒸气透过系数、拉伸强度和断裂伸长率的影响

Table 1 Effect of dandelion flavonoids concentration on thickness, water vapor transmission coefficient, mild tensile strength and elongation at break of composite membrane

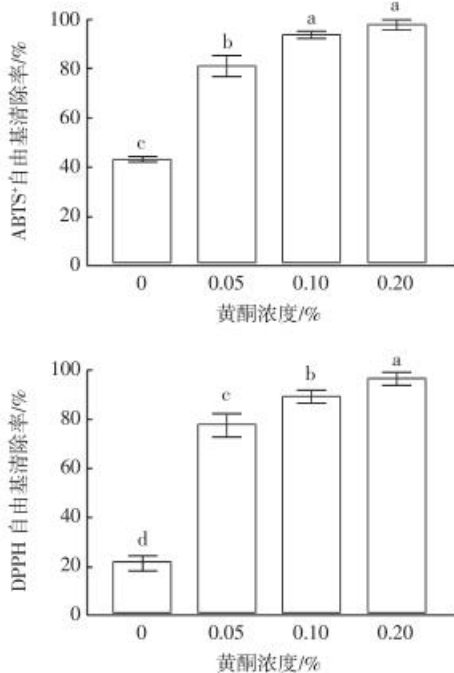
蒲公英黄酮浓度/%	厚度/mm	水蒸气透过系数/(g·mm/m <sup>2</sup> ·h·kPa)	拉伸强度/MPa	断裂伸长率/%
0	0.063±0.015 <sup>a</sup>	0.625±0.022 <sup>a</sup>	34.664±1.399 <sup>a</sup>	79.283±1.699 <sup>a</sup>
0.05	0.073±0.009 <sup>a</sup>	0.525±0.046 <sup>b</sup>	29.244±0.995 <sup>b</sup>	53.373±1.539 <sup>b</sup>
0.10	0.091±0.007 <sup>b</sup>	0.476±0.065 <sup>c</sup>	23.741±1.113 <sup>c</sup>	40.089±1.011 <sup>c</sup>
0.20	0.138±0.022 <sup>a</sup>	0.420±0.037 <sup>c</sup>	15.608±0.949 <sup>d</sup>	25.506±1.001 <sup>d</sup>

注:同一列中不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

水蒸气透过率逐渐降低,这是因为复合膜的厚度增加,减缓了水分子的渗透速率,另外还有可能是因为黄酮的加入减弱了壳聚糖分子与水分氢键的作用力,从而降低了水蒸气透过率<sup>[5]</sup>。与纯壳聚糖膜相比,0.20%蒲公英黄酮-壳聚糖的复合膜的拉伸强度和断裂伸长率仅是纯壳聚糖膜的1/2和1/3左右,这是因为加入黄酮后破坏了壳聚糖分子之间的规整性,阻碍了分子之间的相互作用,降低了复合膜的机械性能。

## 2.2 DF-CS复合膜的抗氧化性

良好食品保鲜包装材料需要具较强的抗氧化性,黄酮类化合物具有较强的抗氧化性是因为其苯环结构上羟基易失去氢电子,能作为电子供体清除自由基。不同浓度蒲公英黄酮添加后对DPPH自由基、ABTS<sup>+</sup>自由基清除能力影响如图1所示。



不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

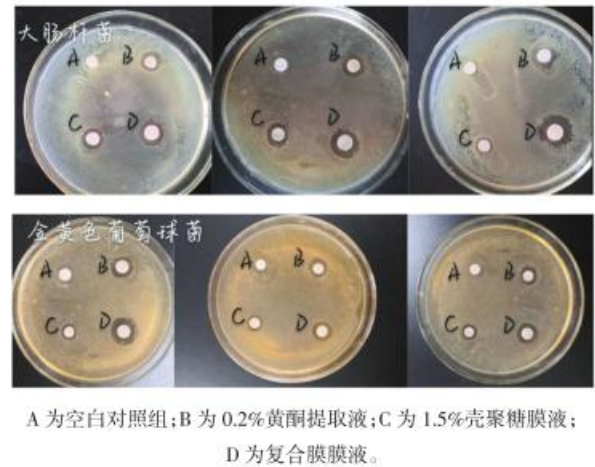
图1 蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜抗氧化性能

Fig.1 Antioxidant properties of dandelion flavone-chitosan composite membrane

由图1可知,纯壳聚糖膜对DPPH自由基、ABTS<sup>+</sup>自由基清除率分别为20.88%、40.12%,而添加蒲公英黄酮后,复合膜清除率均有显著提升,且随着蒲公英黄酮浓度增加,清除能力逐渐增强,当蒲公英黄酮浓度为0.20%时,复合膜对DPPH自由基、ABTS<sup>+</sup>自由基清除率分别为95.68%和96.37%,分别是纯壳聚糖膜清除率的4.58倍和2.4倍。

## 2.3 DF-CS复合膜的抑菌性

蒲公英黄酮提取液、壳聚糖膜液及蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜液抑菌能力如图2所示。



A 为空白对照组;B 为 0.2%黄酮提取液;C 为 1.5%壳聚糖膜液;D 为复合膜液。

图2 蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的抑制效果

Fig.2 Inhibitory effect of dandelion flavone-chitosan composite membrane on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*

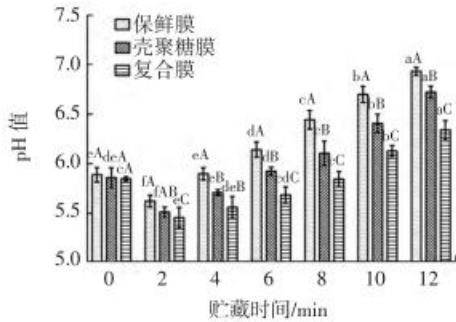
通过抑菌圈试验可知,0.2%的蒲公英黄酮提取液、1.5%的壳聚糖膜液、DF-CS复合膜液对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有抑制效果,大肠杆菌的抑菌圈直径分别为 $9.80\pm 1.25$ 、 $8.97\pm 1.01$ 、( $12.73\pm 1.75$ ) mm,金黄色葡萄球菌的抑菌直径分别为 $9.34\pm 0.47$ 、 $7.63\pm 0.15$ 、( $11.23\pm 0.75$ ) mm,对比抑菌圈直径可知,DF-CS复合膜液产生的抑菌圈大小显著高于壳聚糖膜液和黄酮提取液,且对大肠杆菌的抑制效果优于金黄色葡萄球菌。结果表明,蒲公英黄酮的添加能够提升复合

膜的抑菌性,更有助于复合膜在食品保鲜领域的应用。

## 2.4 对冷鲜鸡胸肉保鲜效果的影响

### 2.4.1 pH值

各组冷鲜鸡胸肉贮藏期间 pH 值变化如图 3 所示。



图中小写字母为同一处理组在不同贮藏时间的比较,大写字母为同一贮藏时间不同处理组的比较,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

图3 冷鲜鸡胸肉贮藏期 pH 值的变化

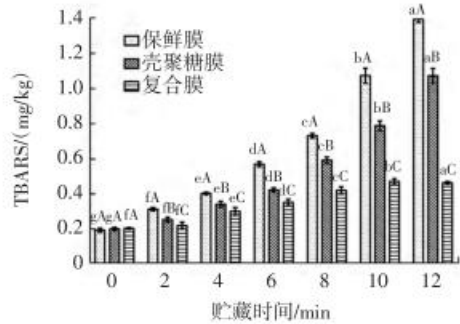
Fig.3 Changes of pH value of chilled chicken breast during storage

由图 3 可知,所有处理组在贮藏期间 pH 值整体呈现为先下降后上升的趋势。这是因为鸡在被屠宰后,糖原和磷酸肌酸分别被分解为乳酸和磷酸,酸性物质的积累使得冷鲜鸡胸肉的 pH 值在贮藏初期有所下降<sup>[6]</sup>。不同组的 pH 值的升高与微生物及挥发性碱的积累有关<sup>[7]</sup>。保鲜膜组 pH 值在第 8 天时达到 6.44 为变质肉,纯壳聚糖膜组的 pH 值为 6.11 为次鲜肉,而此时复合膜组的 pH 值为 5.85,仍在可食用范围。与另外两组相比 DF-CS 复合膜组显著抑制了冷鲜鸡胸肉 pH 值的升高( $P<0.05$ ),说明复合膜能够抑制微生物生长和蛋白质分解,延长冷鲜鸡胸肉的保质期。Sarmast 等<sup>[8]</sup>的研究发现,由于抑制微生物的生长繁殖,含有石灰精油的壳聚糖-明胶涂膜降低了储存期间鲟鱼片 pH 值的升高速率。

### 2.4.2 硫代巴比妥酸值

硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)反映了肉类食品中脂肪氧化的情况,各组冷鲜鸡胸肉贮藏期间 TBARS 变化如图 4 所示。

由图 4 可知,各组 TBARS 随着贮藏时间延长而升高,贮藏 2 d 后,DF-CS 复合膜组的 TBARS 显著低于保鲜膜组和壳聚糖膜组( $P<0.05$ ),贮藏期内保鲜膜组 TBARS 从 0.193 mg/kg 升高至 1.400 mg/kg,纯壳聚糖膜组 TBARS 从 0.200 mg/kg 升高至 1.070 mg/kg,DF-CS 复合膜组从 0.200 mg/kg 升高至 0.460 mg/kg,只有 DF-CS 复合膜包裹的鸡胸肉在可食用范围内。这是因为 DF-CS 复合膜具有较强的抗氧化性,能够抑制肉食品氧化变质,延长贮藏期。Zhang 等<sup>[9]</sup>研究表明百里香



图中小写字母为同一处理组在不同贮藏时间的比较,大写字母为同一贮藏时间不同处理组的比较,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

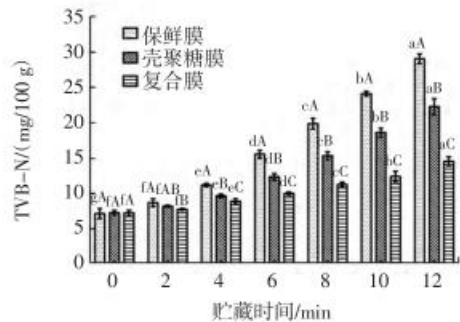
图4 冷鲜鸡胸肉贮藏期 TBARS 的变化

Fig.4 Changes of TBARS of chilled chicken breast during storage

精油可以释放到包装的肉品中,由于其具备出色的抗氧化性,可以延缓肉制品的氧化过程,与本研究结果一致。

### 2.4.3 挥发性盐基氮值

挥发性盐基氮值(total volatile base nitrogen, TVB-N)通常用于确定肉制品的新鲜程度。由于细菌的存在,肉品中的蛋白质被分解为胺和氨,这是影响肉品风味的主要因素。各组冷鲜鸡胸肉贮藏期间 TVB-N 变化如图 5 所示。



图中小写字母为同一处理组在不同贮藏时间的比较,大写字母为同一贮藏时间不同处理组的比较,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

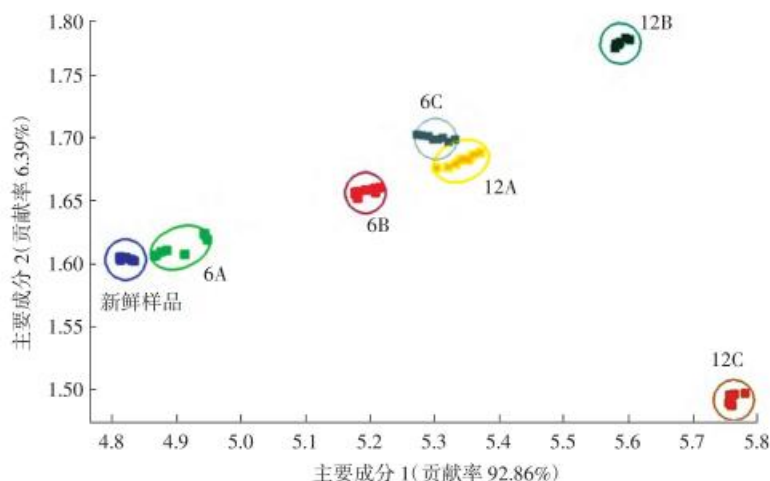
图5 冷鲜鸡胸肉贮藏期 TVB-N 的变化

Fig.5 Changes of TVB-N of chilled chicken breast during storage

由图 5 可知,TVB-N 随着鸡胸肉贮藏时间的延长而增加,从第 4 天起,各组间 TVB-N 差异显著,纯壳聚糖膜组在第 12 天时 TVB-N 为 22.29 mg/100 g,已经变质,而 DF-CS 复合膜组在贮藏第 12 天时,TVB-N 为 14.59 mg/100 g,属于一级肉,接近二级,这与 pH 值、TBARS 试验结果一致,说明 DF-CS 复合膜能有效延长冷鲜鸡胸肉的贮藏期。这与李颖畅等<sup>[20]</sup>壳聚糖和蓝莓叶多酚能够抑制鱼丸 TVB-N 升高的结果一致。

## 2.4.4 主成分分析

鸡胸肉在贮藏过程中新鲜度会逐渐下降,因此所产生的挥发性气味物质会随之增加。不同包膜处理的冷鲜鸡胸肉在贮藏第6、12天气味主成分分析如图6所示。



6、12 分别代表贮藏的第 6 天和第 12 天;A、B、C 分别代表复合膜组、纯壳聚糖组、保鲜膜组。

图 6 不同处理组冷鲜鸡胸肉贮藏期间 PCA 分析

Fig.6 PCA analysis of chilled chicken breast in different treatment groups during storage

比于其他两组,复合膜能较好维持鸡胸肉的风味。张振等<sup>[20]</sup>的研究也表明壳聚糖/ $\epsilon$ -聚赖氨酸复合膜能有效维持中国对虾的风味品质。

## 3 讨论与结论

本研究制备蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜,测定添加蒲公英黄酮后复合膜的性能、抗氧化性和抑菌能力的变化,然后将该膜应用于冷鲜鸡胸肉的保鲜研究中。结果表明,添加 0.20% 的蒲公英黄酮后复合膜厚度显著提高,水蒸气透过系数、拉伸强度、拉伸断裂率显著降低。说明蒲公英黄酮的添加,能改善膜的性能,但复合膜的柔韧性仍需进一步优化。复合膜对 DPPH 自由基和 ABTS<sup>+</sup> 自由基的清除率分别提升至 95.68% 和 96.37%,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑制效果有所增强。说明蒲公英黄酮在与壳聚糖共混后很好地发挥了其抗氧化性及抑菌性,这对食品保鲜至关重要。

使用蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜对冷鲜鸡胸肉进行包膜处理,结果表明,与市售保鲜膜及纯壳聚糖膜相比,蒲公英黄酮-壳聚糖复合膜能显著降低冷鲜鸡胸肉贮藏期间 pH 值、TBARS、TVB-N 的上升速度,鸡胸肉在第 12 天时仍在可食用范围内。电子鼻测定结果显示,第 6 天时,复合膜包裹的鸡胸肉产生的挥发性物质成分与新鲜样品接近,说明复合膜能延长冷鲜鸡

胸肉的贮藏期,较好的保持鸡胸肉的风味品质,为可食用包装膜的进一步研究与应用提供更多参考依据。今后可从复合膜对肉品优势腐败菌的抑制作用,延缓肉品蛋白氧化方面进一步探究复合膜的保鲜机制。

## 参考文献:

- [1] AHMED J, ARFAT Y A, BHER A, et al. Active chicken meat packaging based on polylactide films and bimetallic Ag-Cu nanoparticles and essential oil[J]. Journal of Food Science, 2018, 83(5): 1299-1310.
- [2] OTHMAN S H. Bio-nanocomposite materials for food packaging applications: types of biopolymer and nano-sized filler[J]. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2014, 2: 296-303.
- [3] 丁莉,盛存玉,史三旭,等.百里香酚-壳聚糖膜的制备与研究[J].安徽农学通报,2020,26(8):128-130.  
DING Li, SHENG Cunyu, SHI Sanxu, et al. Preparation and study of thymol-chitosan film[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2020, 26(8): 128-130.
- [4] 孙莎,覃宇悦,程春生,等.壳聚糖薄荷提取液复合保鲜剂对冷却肉保鲜效果的研究[J].科学技术与工程,2011,11(31):7697-7700,7706.  
SUN Sha, QIN Yuyue, CHENG Chunsheng, et al. Preservation of chilled meat by complex antistaling agent of chitosan and mint extraction[J]. Science Technology and Engineering, 2011, 11(31): 7697-7700, 7706.

- [5] 杨宇华, 黄艳, 郑伟鹏. 艾草黄酮抗氧化及对鸡胸肉保鲜效果的研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(11): 122-127, 142.  
YANG Yuhua, HUANG Yan, ZHENG Weipeng. Study on antioxidant effect of flavonoids from *Artemisia argyi* and its application in preservation of fresh grade breast[J]. Food & Machinery, 2020, 36(11): 122-127, 142.
- [6] 王晓英, 刘长姣, 段连海, 等. 蒲公英总黄酮提取物在冷鲜猪肉涂膜保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 214-218.  
WANG Xiaoying, LIU Changjiao, DUAN Lianhai, et al. Application of dandelion flavonoids extract in coatings for quality preservation of chilled pork[J]. Food Science, 2014, 35(6): 214-218.
- [7] 李楠, 吴婧, 单林鲜, 等. 壳聚糖-三七叶黄酮复合保鲜剂对冷鲜黄牛肉的保鲜效果[J]. 肉类研究, 2020, 34(4): 71-76.  
LI Nan, WU Jing, SHAN Linxian, et al. A chitosan-based coating with flavonoids extracted from *Panax notoginseng* leaves extends the shelf life of refrigerated beef[J]. Meat Research, 2020, 34(4): 71-76.
- [8] ZHENG K W, XIAO S, LI W, et al. Chitosan-acorn starch-eugenol edible film: Physico-chemical, barrier, antimicrobial, antioxidant and structural properties[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 135: 344-352.
- [9] 阳晖. 仙草胶对可食性蛋白膜功能特性的影响及作用机理[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.  
YANG Hui. Effects of hsian-tsao gum upon functional properties of edible protein-based films and their mechanism[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.
- [10] LE T, MAKI H, TAKAHASHI K, et al. Properties of gelatin film from horse mackerel (*Trachurus japonicus*) scale[J]. Journal of Food Science, 2015, 80(4): E734-E741.
- [11] GAO H X, HE Z, SUN Q, et al. A functional polysaccharide film forming by pectin, chitosan, and tea polyphenols[J]. Carbohydrate Polymers, 2019, 215: 1-7.
- [12] 秦丹丹, 吴琼, 白洋, 等. 黑木耳多糖/壳聚糖可食性复合膜的制备及对鲜牛肉的保鲜效果[J]. 食品科学, 2021, 42(5): 246-251.  
QIN Dandan, WU Qiong, BAI Yang, et al. Preparation of *Auricularia auricula* polysaccharide  $\chi$ chitosan edible composite film and its preservative effect on fresh beef[J]. Food Science, 2021, 42(5): 246-251.
- [13] 杜方丽, 郑金月, 宋立, 等. 生姜提取物对冷藏期间淘汰蛋鸡胸肉糜品质的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(19): 309-315, 331.  
DU Fangli, ZHENG Jinyue, SONG Li, et al. Effect of ginger extract on the quality characteristics of the spent hen breasts paste during cold storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(19): 309-315, 331.
- [14] 姜雪, 段蕾, 韩墨, 等. 壳聚糖/酸枣仁黄酮复合膜的制备与表征[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(5): 93-97.  
JIANG Xue, DUAN Lei, HAN Mo, et al. Preparation and characterization of chitosan film incorporated with jujube flavonoid[J]. Food Research and Development, 2020, 41(5): 93-97.
- [15] 孙娇娇. 苹果幼果多酚壳聚糖复合膜性质及对鱼肉保鲜作用的研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2017.  
SUN Jiaojiao. Study on the properties of polyphenol-chitosan composite film from young apple fruits and its fresh-keeping effect on fish[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2017.
- [16] 欧阳锐, 盛潇潇, 王燕珈, 等. 生物可降解壳聚糖复合膜的制备及其在鸡胸肉中的保鲜应用[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(21): 123-128.  
OUYANG Rui, SHENG Xiaoxiao, WANG Yanjia, et al. Preparation of biodegradable chitosan composite film and its fresh-keeping application in chicken breast[J]. Food Research and Development, 2020, 41(21): 123-128.
- [17] DINI H, FALLAH A A, BONYADIAN M, et al. Effect of edible composite film based on chitosan and cumin essential oil-loaded nanoemulsion combined with low-dose gamma irradiation on microbiological safety and quality of beef loins during refrigerated storage[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 164: 1501-1509.
- [18] SARMAST E, FALLAH A A, HABIBIAN DEHKORDI S, et al. Impact of glazing based on chitosan-gelatin incorporated with Persian lime (*Citrus latifolia*) peel essential oil on quality of rainbow trout fillets stored at superchilled condition[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 136: 316-323.
- [19] ZHANG Y, ZHOU L B, ZHANG C, et al. Preparation and characterization of curdlan/polyvinyl alcohol/thyme essential oil blending film and its application to chilled meat preservation[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 247: 116670.
- [20] 李颖畅, 王亚丽, 励建荣. 蓝莓叶多酚和壳聚糖对冷藏秘鲁鱿鱼丸品质的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(5): 103-108.  
LI Yingchang, WANG Yali, LI Jianrong. Effects of polyphenol of blueberry leaves and chitosan on the preservation of Peru squid fish balls[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(5): 103-108.
- [21] 孙天利. 冰温保鲜技术对牛肉品质的影响研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013.  
SUN Tianli. Influences of controlled freezing point storage on beef[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2013.
- [22] 王宁. 复合抗冻剂对大黄花鱼抗冷冻变性及持水性的研究[D]. 锦州: 锦州医科大学, 2018.  
WANG Ning. The research of compound antifreeze on the antifreeze and hydrophobicity of frozen *Larimichthys crocea*[D]. Jinzhou: Jinzhou Medical University, 2018.
- [23] 张振, 柏韵, 郭雪松, 等. 基于电子鼻技术研究壳聚糖/ $\epsilon$ -聚赖氨酸复合膜对中国对虾的保鲜效果[J]. 食品工业科技, 2018, 39(15): 285-290, 297.  
ZHANG Zhen, BAI Yun, GUO Xuesong, et al. Preservation effect of chitosan and  $\epsilon$ -polylysine composite film on Chinese shrimp by electronic nose technique[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(15): 285-290, 297.

加工编辑: 张璐  
收稿日期: 2021-04-13