

# 壳聚糖/纳米银复合涂膜对鸡蛋的保鲜效果

## The effect of chitosan/nano-silver coating on the egg preservation

王晶 徐丹 于嘉伦

WANG Jing XU Dan YU Jia-lun

(西南大学食品科学学院, 重庆 400715)

(College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**摘要:**将橘皮提取液还原制备的纳米银,按照0.5%,1.0%,2.0%的质量分数分别添加到壳聚糖溶液中,制成复合涂膜液,对鸡蛋进行涂膜,分别记为CS/Ag 0.5、CS/Ag 1.0、CS/Ag 2.0,纯壳聚糖涂膜组记为CS。将涂膜组与未处理组(CK1)、清水清洗组(CK2)置于温度25℃、相对湿度70%的条件下贮藏。定期对鸡蛋内容物的外观、失重率、气室高度、相对密度、哈夫单位(HU)、蛋清pH、蛋黄指数(YI)、鸡蛋内容物菌落总数以及蛋壳外表面微观形貌等指标进行测定。结果表明,纳米银在涂膜中的质量分数为1.0%时,涂膜鸡蛋可维持较低的失重率和气室高度,稳定的蛋清pH值,较高的相对密度、哈夫单位和蛋黄指数值。同时,该复合涂膜可显著抑制鸡蛋内容物中微生物的滋生,并能有效维持涂膜结构在贮藏期间的稳定性,从而提高保鲜效果的持续性。因此,CS/Ag 1.0组鸡蛋在25℃时的货架期可长达79d,相较于CS组延长了至少34d,而相较于CK1和CK2则至少延长了69d。

**关键词:**纳米银;壳聚糖;涂膜;鸡蛋保鲜

**Abstract:** Nano-silver particles were prepared using the extract of citrus peels were added to chitosan solutions with weight ratios of 0.5%, 1.0%, and 2.0%, separately, as the composite coating solutions. Eggs were coated two times by the neat chitosan solution and composite coating solutions, separately, and was designated as CS, CS/Ag 0.5, CS/Ag 1.0, and CS/Ag 2.0, accordingly. They were stored with the two control groups (untreated eggs (CK1) and eggs washed by water (CK2) at 25℃ with the relative humidity of 70%. The appearance of internal content, weight loss, air cell height, specific gravity, albumen pH, Haugh unit (HU), yolk index (YI),

total plate count of internal content and the micro-morphologies of the egg outer-shells were measured regularly during the storage. The results showed that, the coated eggs presented low weight loss and air cell height, stable albumen pH, high values of specific gravity, HU and YI when coated with 1.0% nano-silver. Furthermore, it was found that the composite coating containing nano-silver could effectively inhibit the microbial growth in the internal content of eggs, and stabilized the structure of coating resulting in enhanced durability of preservation effects. Therefore, the shelf life of CS/Ag 1.0 was as long as 79 days at 25℃, which was at least 34 days longer than that of CS, and 69 days longer than those of CK1 and CK2.

**Keywords:** nano-silver; chitosan; composite coating; egg preservation

鸡蛋的蛋壳对于鸡蛋内容物有较好的保护作用,但在贮藏期间,蛋壳的气孔<sup>[1]</sup>会成为外界微生物入侵,鸡蛋内部CO<sub>2</sub>和水分不断散失的通道<sup>[2-3]</sup>。在运输和贮藏过程中,蛋壳因其脆性也极易出现微小裂缝,加速鸡蛋品质的下降。

目前,鸡蛋的保鲜方法有冷藏法<sup>[4-5]</sup>、气调法<sup>[6-7]</sup>、辐照法<sup>[8]</sup>以及涂膜法<sup>[9-10]</sup>等。其中,涂膜法由于成本低、操作方便,且效果显著而持久,受到了广泛关注。常用的涂膜剂有动植物油脂<sup>[11]</sup>、矿物油<sup>[12]</sup>和有机高分子<sup>[13]</sup>等。壳聚糖是一种来源广泛的碱性多糖类高分子,具有良好的抑菌性<sup>[14-15]</sup>和生物相容性<sup>[16]</sup>。采用壳聚糖对鸡蛋涂膜后,可在蛋壳外表面形成一层致密的阻隔性薄膜,显著降低鸡蛋内部CO<sub>2</sub>和水分逸出的速率,并可防止微生物入侵,延长鸡蛋的货架期。目前的研究<sup>[17-18]</sup>结果中,壳聚糖涂膜一般可将鸡蛋的货架期由15d延长至20~50d。但壳聚糖中含有较多的羟基和氨基<sup>[1]</sup>等极性基团,对水蒸气阻隔性较差,且在高湿度环境中结构不稳定,因此纯壳聚糖涂膜的保鲜效果有限。

近来的研究表明,将纳米粒子添加到壳聚糖中,可增强壳聚糖涂膜的水蒸气阻隔性<sup>[19]</sup>和结构稳定性<sup>[20]</sup>,从而提高其保鲜效果<sup>[21]</sup>。更进一步地在壳聚糖中添加抗菌性纳米材料如纳米银<sup>[22-23]</sup>,除了改善涂膜的阻隔性外,还将增强其抗菌效果<sup>[24-25]</sup>,从而有效防止微生物对鸡蛋的侵染,因而有望

**基金项目:**重庆市社会事业与民生保障科技创新专项一般项目(编号:cstc2015shmszx80011);中央高校基本科研业务费重点项目(编号:XDJK2016B012)

**作者简介:**王晶,女,西南大学在读硕士研究生。

**通信作者:**徐丹(1983—),女,西南大学副教授,硕士生导师,博士。  
E-mail: xud@swu.edu.cn

**收稿日期:**2017-12-02

进一步延长涂膜鸡蛋货架期。但目前尚未有纳米银与壳聚糖复合涂膜对鸡蛋的保鲜效果研究。因此,本试验拟将橘皮提取液制备的纳米银添加到壳聚糖中,对鸡蛋进行涂膜,考察纳米银在涂膜液中的质量分数对鸡蛋贮藏品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及仪器

#### 1.1.1 试验材料及试剂

新鲜鸡蛋(均为前1d产):平均质量60g/枚,重庆北碚当地养殖场;

壳聚糖:相对分子质量为100kDa,脱乙酰度为91%,潍坊海之源生物制品有限公司;

冰乙酸:分析纯,成都市科隆化学品有限公司;

平板计数琼脂(PCA):杭州微生物试剂有限公司;

柠檬酸钠、硝酸银、氯化钠:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;

新鲜天草柑:市售。

#### 1.1.2 试验仪器

pH计:PHS-3BW型,上海般特仪器有限公司;

LED照蛋器:AV4.817.9003型,青岛兴仪电子设备有限责任公司;

扫描电镜(SEM):JEM-2100型,日本电子株式会社。

### 1.2 样品制备

1.2.1 纳米银的制备 采用天草柑的橘皮提取液还原制备纳米银。将天草柑用清水洗净自然晾干后,将橘皮小心剥离,切小丁后称取25g,放入榨汁机中加入蒸馏水200mL榨汁。将所得混合液95℃加热20min,冷却至室温后抽滤,所得滤液即为橘皮提取液。

将浓度均为10mmol/L的硝酸银与柠檬酸钠溶液,以及上述制得的橘皮提取液按照体积比为1:1:1的比例加入至锥形瓶中,90℃下加热搅拌2h,得到纳米银悬浮液。该条件下制备的纳米银还原率为90%<sup>[26]</sup>,可计算得悬浮液中纳米银的浓度为0.51mg/mL。

1.2.2 涂膜液的制备 称取一定量壳聚糖加入到1%乙酸溶液中,搅拌均匀,配制浓度为0.5g/100mL的纯壳聚糖涂膜液。再分别加入一定量纳米银悬浮液,使涂膜液中纳米银的质量分数为壳聚糖的0.5%,1.0%,2.0%,搅拌24h后制得壳聚糖/纳米银复合涂膜液。根据GB5749-2006《生活饮用水卫生标准》中的规定,饮用水中Ag的安全含量为0.05μg/g。按照单枚鸡蛋的涂膜质量和鸡蛋重量,计算得每枚涂膜鸡蛋中Ag的最大含量为0.01μg/g,低于该标准含量。

1.2.3 鸡蛋涂膜 经过照蛋处理,剔除不合格蛋。将合格鸡蛋随机分为6组,每组60枚。对照组为未处理组和清水清洗组,分别记为CK1和CK2。其余4组用清水洗净晾干后,分别在纯壳聚糖涂膜液和含纳米银质量分数为0.5%,1.0%,2.0%的复合涂膜液中浸泡2min。室温下自然晾干后按上述操作再次涂膜,晾干后放入25℃,70%RH的恒温恒湿箱中贮藏。上述4组涂膜组分别记为CS、CS/Ag 0.5、CS/Ag 1.0和CS/Ag 2.0。

### 1.3 鸡蛋的感官等级评定

以SB/T10638-2011《鲜鸡蛋、鲜鸭蛋分级标准》为参照,制定表1,从蛋白、蛋黄和系带的外观对鸡蛋内容物进行感官评定。

表1 感官评定指标及各等级相应表示符号  
Table 1 Grades of sensory index and their symbols

表示符号	蛋白	蛋黄	系带
+++	浓蛋白多且黏稠,浓稀蛋白清晰可辨	蛋黄呈球状,弹性好	系带粗白,完整,无脱落
++	浓蛋白较少,浓稀蛋白清晰可辨	蛋黄呈扁球状,弹性降低	系带变细较完整,一端脱落
+	浓蛋白很少,浓稀蛋白不太分明	蛋黄呈扁平状	系带极细,完全脱落
-	无浓蛋白,蛋白水样化严重	蛋黄破裂或散黄	系带完全消失

### 1.4 鸡蛋的理化指标测定

1.4.1 失重率 各组鸡蛋中分别指定5枚鸡蛋用于失重率的测定。在贮藏前和贮藏期间分别称重,测定后立即放回恒温恒湿箱中。鸡蛋的失重率按式(1)计算:

$$\Delta m = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

$\Delta m$ ——失重率,%;

$m_0$ ——贮藏前鸡蛋的初始质量,g;

$m_t$ ——贮藏 $t$ d后鸡蛋的质量,g。

1.4.2 气室高度 在暗室中用照蛋器照射6组样品,用铅笔画出气室轮廓,再用游标卡尺测量气室高度<sup>[27]</sup>。每组随机取5枚鸡蛋分别测定,每个样品至少重复测定3次。

1.4.3 相对密度 配制不同浓度的氯化钠溶液,使其密度分别为1.004,1.008,1.012,……,1.092g/cm<sup>3</sup>,溶液密度用密度计校正。将鸡蛋依次放入密度由大到小的氯化钠溶液中,直至使鸡蛋悬浮起来的溶液密度即为该鸡蛋的相对密度。每组至少随机取3枚鸡蛋进行测定。

1.4.4 蛋清pH 将鸡蛋内容物剔除系带、肉斑和血斑后,小心将蛋清分离出来,将浓稀蛋白搅拌均匀,用pH计测定蛋清pH。每组随机取5枚鸡蛋分别测定。

1.4.5 哈夫单位(Haugh unit, HU) 鸡蛋称重后横向磕破后,将内容物静置2min。避开系带,用游标卡尺在距蛋黄1cm处测定浓蛋白高度,选取互成角度的3个位置进行测定。哈夫单位值按式(2)计算<sup>[28]</sup>:

$$HU = 100 \times \lg(H + 7.57 - W^{0.37}) \quad (2)$$

式中:

HU——哈夫单位值;

H——浓蛋白高度,mm;

W——鸡蛋质量,g。

按照USDA《United states standards, Grades, and Weight Classes for Shell Eggs, AMS56》(2000年7月)的鲜蛋质量分级标准:哈夫单位值在72以上的蛋为AA级,71~60的为A级,

60 以下的为 B 级。每组随机取 5 个鸡蛋分别测定。

1.4.6 蛋黄指数(Yolk index, YI) 将蛋横向磕开后,在蛋清和蛋黄不分离的情况下,用游标卡尺选取 3 个点测定蛋黄高度,选取互成角度的 3 个位置测定蛋黄直径。按式(3)计算蛋黄指数<sup>[29]</sup>。

$$YI = \frac{h}{d}, \quad (3)$$

式中:

YI——蛋黄指数;

$h$ ——蛋黄高度,mm;

$d$ ——蛋黄直径,mm。

按照 SB/T 10277—1997《鲜鸡蛋分级标准》:蛋黄指数在 0.40 以上为一级蛋,0.39~0.36 为二级鸡蛋,0.35 以下为三级蛋。每组随机取 5 个鸡蛋分别测定。

### 1.5 鸡蛋内容物菌落总数的测定

每组随机挑选 2 个鸡蛋进行鸡蛋内容物菌落总数的测定。在超净工作台上,将鸡蛋表面用体积分数为 75% 的酒精充分擦拭后,横向磕破。将内容物放入经过灭菌处理的烧杯中,用无菌玻璃棒搅拌均匀。然后用灭菌生理盐水将其分别按照体积比为 1:1 和 1:10 的比例稀释后,按照

GB 47892—2010 来测定菌落总数。

### 1.6 蛋壳外表面微观形貌的测定

在贮藏期间,随机取各组蛋壳,自然晾干后,取小块外表面朝上固定于样品台上,喷铂后采用扫描电镜观察其表面微观形貌。

### 1.7 数据处理

各组数据均采用平均值±均方差表示,并采用单因素 ANOVA 进行数据分析,用 Duncan 法进行多重比较,显著性水平分别为 0.01 和 0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 鸡蛋的感官等级

对贮藏期间各组鸡蛋的内容物进行感官等级评定,结果见表 2。由表 2 可知,CK1 和 CK2 的感官等级随贮藏时间的延长降低较快。CK1 和 CK2 贮藏 26 d 时,蛋清中已无浓蛋白,且蛋清水样化严重;至第 49 天时,出现散黄现象。而 4 组涂膜鸡蛋的感官等级则显著高于同期的对照组。其中,CS 与 CS/Ag 0.5 在贮藏 79 d 后,浓蛋白消失。而 CS/Ag 1.0 和 CS/Ag 2.0 在贮藏 94 d 后仍有少量浓蛋白,并保持了较好的外观形貌。

表 2 涂膜对贮藏期间鸡蛋感官等级的影响

Table 2 Effects of coating on the sensory index of eggs during storage

贮藏时间/d	CK1	CK2	CS	CS/Ag 0.5	CS/Ag 1.0	CS/Ag 2.0
0	+++	+++	+++	+++	+++	+++
10	++	++	+++	+++	+++	+++
18	++	++	+++	+++	+++	+++
26	+	+	+++	+++	+++	+++
34	+	+	++	++	++	++
49	-	-	++	++	++	++
64	-	-	+	+	++	+
79	-	-	+	+	+	+
94	-	-	-	-	+	+

### 2.2 鸡蛋的理化指标

2.2.1 失重率 鸡蛋作为一个独立的生命体,在贮藏过程中仍有呼吸作用<sup>[30]</sup>。因此,蛋壳中有大量的气孔,用于鸡蛋与外界进行气体交换。贮藏期间,鸡蛋内部的 CO<sub>2</sub> 和水分通过气孔不断逸出,导致鸡蛋的蛋清和蛋黄发生物理与化学变化而发生品质改变。因此,鸡蛋的失重率是衡量其新鲜度的重要指标之一。如图 1 所示,各组鸡蛋的失重率均随贮藏时间的延长而增加,但各组的失重速率显著不同,由小到大依次为 CS/Ag 1.0<CS/Ag 0.5<CS<CS/Ag 2.0<CK1<CK2。该失重速率的变化直接反映了各组鸡蛋蛋壳的阻隔性。CK2 的失重速率最高,是其蛋壳表面的外蛋壳膜在清洗过程中遭到破坏。经涂膜处理后,蛋壳的阻隔性显著增强,使其失重率降低。其中,CS/Ag 0.5 和 CS/Ag 1.0 组具有最低的失重率,说明添加少量的纳米银(≤1.0%)可显著提高复合涂膜的阻隔性,从而有效抑制鸡蛋失重率的增加。但添加量

过高(2.0%)时,纳米银在涂膜中的团聚则可能导致其阻隔性降低。

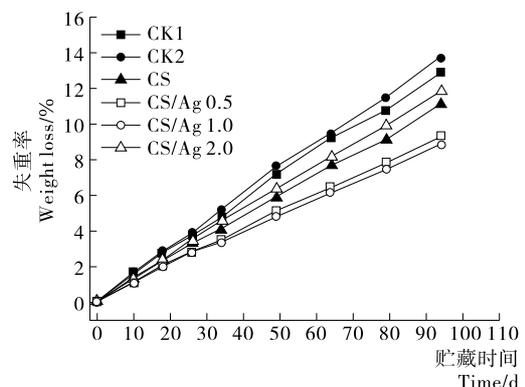


图 1 涂膜对鸡蛋贮藏期间失重率的影响

Figure 1 Effects of coating on the weight loss of eggs during storage

2.2.2 气室高度 鸡蛋产下时,外界温度低于母鸡体温导致鸡蛋内容物收缩,空气通过气孔进入蛋壳内,填充在蛋壳与壳膜间即形成气室<sup>[31]</sup>。随着贮藏时间的延长,蛋内水分不断蒸发散失,导致内容物逐渐缩小,气室增大。如表3所示,各组的气室高度均随贮藏时间的延长而增加。其中,CK1和CK2两组的气室高度接近,且显著高于涂膜组( $P<0.05$ )。而涂膜的各组贮藏79 d时,组间几乎无显著性差异。说明涂膜增强了蛋壳的阻隔性,降低了鸡蛋中水蒸气的散失速率,从而有助于降低气室高度。但涂膜中添加纳米银对鸡蛋的气室高度无显著影响。而气室高度主要是蛋内水分的损失所造成,由此说明纳米银的加入可能对壳聚糖涂膜的阻湿性影响不大。

2.2.3 相对密度 随着贮藏时间的延长,鸡蛋失重率与气室高度的增加导致其整体的相对密度降低。用盐水漂浮法测定鸡蛋相对密度,当盐水浓度为0时,其相对密度为最低值1。当鸡蛋的相对密度值低于1时,表明鸡蛋低于用盐水的最低相对密度值,已无法用盐水漂浮法来测定出鸡蛋的相对密度。从表4可以看出,贮藏10 d后,涂膜组的相对密度值均显著高于对照组( $P<0.05$ )。这是由于涂膜处理有效减少了鸡蛋的失重率,降低了气室高度,从而减缓了相对密度的降低速率。

2.2.4 蛋清 pH 新鲜鸡蛋内容物中  $CO_2$  的含量约为0.5%<sup>[32]</sup>,使得蛋清 pH 值为7.6~8.5。随着贮藏时间的延长,鸡蛋内部  $CO_2$  通过气孔不断向外逸出,导致蛋清 pH 值上升。而蛋清呈碱性后,导致蛋清中的蛋白质逐渐分解为肽等小分子物质,因此贮藏后期蛋清 pH 值有所下降<sup>[6]</sup>。由图2可看出,CK1与CK2两组在第10天时,蛋清 pH 值已达9.3以上,说明其蛋内的  $CO_2$  逸出较快。而涂膜组鸡蛋的蛋清 pH 值则整体先下降,可能是涂膜后蛋壳阻隔性急剧增加,导致少量  $CO_2$  在蛋清中的积累。之后,CS组的蛋清 pH 值逐渐上升至8.9左右,并相对稳定,而CS/Ag 2.0组的蛋清 pH 值在贮藏50 d后略有上升,并维持在8.6~8.7。但CS/Ag 0.5和CS/Ag 1.0两组贮藏10~79 d时均能维持较稳定的蛋清 pH 值,94 d时才开始上升。由此说明,在涂膜中加入少量的纳米银可大大增强蛋壳对  $CO_2$  的阻隔性,从而维持蛋清 pH 值的稳定,并防止蛋白质的分解。

2.2.5 HU 值 HU 值可表征鸡蛋蛋清中浓蛋白的含量。Cotterill等<sup>[33]</sup>认为,蛋清中浓蛋白的含量主要与卵黏蛋白-溶菌酶复合物间的作用强度有关。蛋清 pH 为7时,二者间具有最强的相互作用。随着贮藏时间的延长,鸡蛋中  $CO_2$  的损失致使蛋清 pH 值升高,导致卵黏蛋白-溶菌酶复合物间的相互作用力逐渐减弱,使浓蛋白减少,蛋清黏度降低而呈

表3 涂膜对贮藏期间鸡蛋气室高度的影响<sup>†</sup>

Table 3 Effects of coating on the air cell height of eggs during storage

贮藏时间/d	气室高度/mm					
	CK1	CK2	CS	CS/Ag 0.5	CS/Ag 1.0	CS/Ag 2.0
0	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00	1.00±0.00
10	3.09±0.30 <sup>a</sup>	3.20±0.12 <sup>a</sup>	3.17±0.27 <sup>a</sup>	2.59±0.10 <sup>b</sup>	2.57±0.21 <sup>b</sup>	2.57±0.03 <sup>b</sup>
18	5.13±0.25 <sup>a</sup>	4.73±0.69 <sup>a</sup>	3.93±0.09 <sup>b</sup>	3.60±0.25 <sup>bc</sup>	3.77±0.22 <sup>bc</sup>	3.39±0.29 <sup>c</sup>
26	5.34±0.45 <sup>a</sup>	5.01±0.14 <sup>a</sup>	5.12±0.10 <sup>a</sup>	4.61±0.11 <sup>b</sup>	4.56±0.13 <sup>b</sup>	4.39±0.26 <sup>b</sup>
34	5.77±0.19 <sup>ab</sup>	6.13±0.44 <sup>a</sup>	5.15±0.73 <sup>c</sup>	5.37±0.50 <sup>bc</sup>	4.94±0.35 <sup>c</sup>	5.11±0.15 <sup>c</sup>
49	6.62±0.39 <sup>a</sup>	7.03±0.09 <sup>a</sup>	5.53±0.33 <sup>b</sup>	5.46±0.13 <sup>b</sup>	5.26±0.22 <sup>b</sup>	5.50±0.25 <sup>b</sup>
64	7.91±0.08 <sup>a</sup>	8.03±0.61 <sup>a</sup>	7.00±0.44 <sup>b</sup>	6.73±0.29 <sup>b</sup>	6.57±0.33 <sup>b</sup>	6.59±0.27 <sup>b</sup>
79	9.08±0.42 <sup>a</sup>	9.18±0.90 <sup>a</sup>	7.93±0.57 <sup>b</sup>	7.73±0.38 <sup>b</sup>	7.77±0.20 <sup>b</sup>	7.57±0.37 <sup>b</sup>
94	9.93±0.09 <sup>ab</sup>	9.86±0.47 <sup>a</sup>	8.08±0.10 <sup>c</sup>	8.95±0.35 <sup>d</sup>	8.30±0.09 <sup>d</sup>	8.49±0.25 <sup>bc</sup>

<sup>†</sup> 同行不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

表4 涂膜对贮藏期间鸡蛋相对密度的影响<sup>†</sup>

Table 4 Effects of coating on the specific gravity of eggs during storage

贮藏时间/d	CK1	CK2	CS	CS/Ag 0.5	CS/Ag 1.0	CS/Ag 2.0
0	1.086±0.000	1.086±0.000	1.086±0.000	1.086±0.000	1.086±0.000	1.086±0.000
10	1.066±0.002 <sup>b</sup>	1.068±0.000 <sup>b</sup>	1.075±0.009 <sup>a</sup>	1.070±0.002 <sup>ab</sup>	1.069±0.002 <sup>ab</sup>	1.070±0.002 <sup>ab</sup>
18	1.052±0.007 <sup>c</sup>	1.057±0.002 <sup>bc</sup>	1.055±0.005 <sup>c</sup>	1.065±0.002 <sup>a</sup>	1.064±0.000 <sup>ab</sup>	1.067±0.002 <sup>a</sup>
26	1.047±0.002 <sup>a</sup>	1.044±0.006 <sup>a</sup>	1.053±0.005 <sup>a</sup>	1.055±0.012 <sup>a</sup>	1.055±0.008 <sup>a</sup>	1.056±0.000 <sup>a</sup>
34	1.025±0.008 <sup>d</sup>	1.029±0.005 <sup>cd</sup>	1.035±0.002 <sup>bc</sup>	1.040±0.004 <sup>a</sup>	1.041±0.002 <sup>ab</sup>	1.041±0.002 <sup>ab</sup>
49	1.010±0.003 <sup>d</sup>	1.004±0.007 <sup>b</sup>	1.011±0.006 <sup>b</sup>	1.027±0.002 <sup>a</sup>	1.020±0.000 <sup>a</sup>	1.027±0.005 <sup>a</sup>
64	<1.000	<1.000	1.008±0.000 <sup>a</sup>	1.009±0.009 <sup>a</sup>	1.004±0.004 <sup>a</sup>	1.004±0.000 <sup>a</sup>
79	<1.000	<1.000	<1.000	<1.000	<1.000	<1.000
94	<1.000	<1.000	<1.000	<1.000	<1.000	<1.000

<sup>†</sup> 同行不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

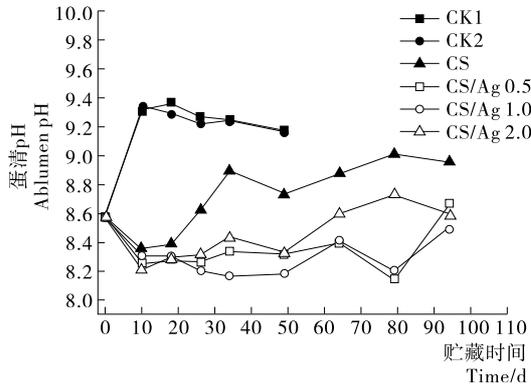


图 2 涂膜对贮藏期间蛋清 pH 值的影响  
Figure 2 Effects of coating on the albumen pH of eggs during storage

水样化,导致 HU 值降低。由表 5 可知,CK1 和 CK2 两组的 HU 值随贮藏时间的延长迅速下降,第 26 天时蛋清中的浓蛋白消失,质量降至 B 级。而涂膜组的 HU 值在贮藏的前 79 d 均较为接近,且极显著高于 CK1 和 CK2( $P < 0.01$ )。贮藏至第 94 天时,CS 与 CS/Ag 0.5 组蛋清中无浓蛋白,质量由 AA 级降至 B 级。而此时,CS/Ag 1.0 与 CS/Ag 2.0 组的蛋清中仍含有浓蛋白,且质量仍为 AA 级。因此,与对照组相比,CS 与 CS/Ag 0.5 的货架期由 18 d 延长至 79 d,而 CS/Ag 1.0 与 CS/Ag 2.0 则可延长至 94 d 以上。从 2.2.4 的蛋清 pH 值变化结果可知,对鸡蛋进行涂膜处理,尤其是含纳米银的复合涂膜,可有效防止蛋清 pH 值的上升,因此有利于稳定蛋清中卵黏蛋白-溶菌酶复合物的结构,保持浓蛋白的含量。

表 5 涂膜对贮藏期间鸡蛋 HU 值的影响<sup>†</sup>

Table 5 Effects of coating on the Haugh unit of eggs during storage

贮藏时间/d	CK1	CK2	CS	CS/Ag 0.5	CS/Ag 1.0	CS/Ag 2.0
0	98.68±0.38	98.68±0.38	98.68±0.38	98.68±0.38	98.68±0.38	98.68±0.38
10	80.39±1.56 <sup>b</sup>	80.68±2.06 <sup>b</sup>	95.10±0.88 <sup>a</sup>	92.18±3.44 <sup>a</sup>	94.23±2.62 <sup>a</sup>	92.71±0.89 <sup>a</sup>
18	79.68±0.88 <sup>b</sup>	79.16±0.80 <sup>b</sup>	88.19±1.00 <sup>a</sup>	87.77±1.23 <sup>a</sup>	87.73±0.67 <sup>a</sup>	89.69±2.33 <sup>a</sup>
26	46.76±0.73 <sup>c</sup>	47.33±1.78 <sup>c</sup>	83.86±2.97 <sup>b</sup>	88.65±0.84 <sup>a</sup>	89.42±1.60 <sup>a</sup>	87.98±1.21 <sup>a</sup>
34	47.76±1.54 <sup>c</sup>	47.14±1.27 <sup>c</sup>	82.39±1.45 <sup>b</sup>	86.28±0.74 <sup>a</sup>	86.01±1.34 <sup>a</sup>	87.61±1.05 <sup>a</sup>
49	49.54±1.78 <sup>c</sup>	48.85±0.77 <sup>c</sup>	78.63±2.30 <sup>b</sup>	84.99±3.28 <sup>a</sup>	84.12±3.18 <sup>a</sup>	83.86±1.87 <sup>a</sup>
64	—	—	80.39±1.23 <sup>ab</sup>	79.05±1.70 <sup>b</sup>	84.19±1.29 <sup>a</sup>	81.90±1.79 <sup>ab</sup>
79	—	—	77.74±0.06 <sup>b</sup>	81.06±1.83 <sup>ab</sup>	82.72±2.52 <sup>a</sup>	81.35±1.97 <sup>ab</sup>
94	—	—	49.27±1.26 <sup>b</sup>	49.33±1.65 <sup>b</sup>	80.88±0.91 <sup>a</sup>	81.03±0.21 <sup>a</sup>

<sup>†</sup> 同行不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

2.2.6 YI 值 鸡蛋中的蛋黄被一层蛋黄膜所包裹,使之与蛋清分离。在贮藏过程中,随着蛋清中浓蛋白的减少,黏度减小,导致蛋黄与蛋清之间的压差增加。因此,蛋清中的水分通过蛋黄膜渗透入蛋黄,使得蛋黄的含水量增加,体积增大而高度降低,因而导致 YI 值降低。当 YI 值  $< 0.25$  时,鸡蛋极易散黄<sup>[34]</sup>,因此可作为鸡蛋货架期的评定指标之一。从图 3 中可以看出,各组鸡蛋的 YI 值随贮藏时间的延长均呈下降趋势。CK1 和 CK2 的 YI 值在贮藏 18 d 时已降至 0.25 以下,蛋黄易散,64 d 时所测鸡蛋全部散黄,因此 YI 值无法测定。而涂膜组的 YI 值均高于同期的 CK1 和 CK2,且差异极显著( $P < 0.01$ )。在前 18 d 内,4 组涂膜鸡蛋的 YI 值间无显著差异( $P \geq 0.05$ )。之后,CS 组 YI 值的下降速度显著高于复合涂膜组( $P < 0.05$ )。采用 YI 值高于 0.25 为评价指标,CK1 和 CK2 的货架期仅为 10 d,CS 为 34 d,而 CS/Ag 0.5 与 CS/Ag 1.0 则可达 79 d 以上。与 2.2.5 中 HU 值所得结果较为接近。涂膜中添加纳米银,可有效保持鸡蛋蛋清中浓蛋白的含量,维持蛋清黏度,从而降低了水分从蛋清向蛋黄的渗透速度,因此可较好地维持蛋黄的形状。综合比较发现,在贮藏期间,CS/Ag 1.0 的蛋清和蛋黄品质均保持较好,因此保鲜效果最好。

2.2.7 鸡蛋内容物的菌落总数 鸡蛋的外蛋壳膜以及蛋清中的溶菌酶和卵黏蛋白等,均具有一定的抑菌效果。因此,

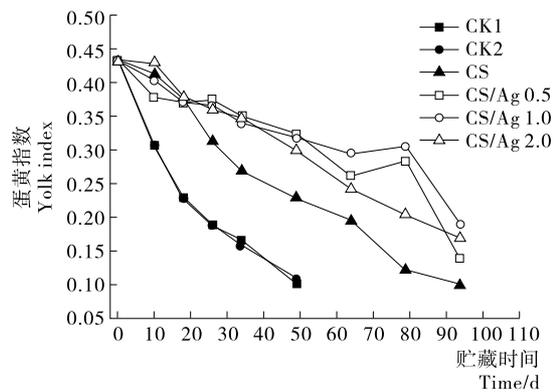


图 3 涂膜对鸡蛋贮藏期间蛋黄指数的影响  
Figure 3 Effects of coating on the yolk index of eggs during storage

鸡蛋本身具有一定的能力来抵抗外界细菌入侵。但随着贮藏时间的延长,外蛋壳膜逐渐被破坏,蛋清中的蛋白质发生分解,导致鸡蛋的抗菌能力减弱而易滋生细菌。从表 6 中数据可看出,贮藏 49 d 时,CK1 和 CK2 中有菌落出现,且数量随时间的延长而急剧增加。涂膜组中,除 CS/Ag 0.5 在第 64 天观察到有一处菌落外,其余组均在第 79 天出现。且贮藏 94 d 时,含纳米银的复合涂膜组中的菌落总数显著低于 CS,且随涂膜中纳米银含量的增加而降低。壳聚糖本身具有一

表6 涂膜对贮藏期间鸡蛋内容物菌落总数的影响

Table 6 Effects of coating on the total count plate of internal content during storage

贮藏时间/d	菌落总数/个					
	CK1	CK2	CS	CS/Ag 0.5	CS/Ag 1.0	CS/Ag 2.0
0	0.0	0	0.0	0.0	0	0
10	0.0	0	0.0	0.0	0	0
18	0.0	0	0.0	0.0	0	0
26	0.0	0	0.0	0.0	0	0
34	0.0	0	0.0	0.0	0	0
49	1.0	1	0.0	0.0	0	0
64	5.0	8	0.0	1.0	0	0
79	14.0	21	10.0	7.0	5	8
94	4.1×10 <sup>2</sup>	多不可计	2.1×10 <sup>2</sup>	1.1×10 <sup>2</sup>	61	42

定的抑菌效果,因此涂膜可有效防止细菌在鸡蛋外壳上的滋生和入侵,但在贮藏后期,其阻隔和抗菌效果减弱。而添加了具有强抑菌性的纳米银后,涂膜层的抑菌性和结构稳定性均得到提升,因此抑菌效果更好且更持久。

2.2.8 蛋壳外表面微观形貌 采用 SEM 对蛋壳外表面的微观形貌进行观察,可表征涂膜结构在鸡蛋贮藏期间的变化。图 4 为第 0 天时,蛋壳外表面的 SEM 图。从图 4 中看出,CK1 和 CK2 表面有明显的裂纹,且清水清洗过后的 CK2 表面裂纹有所加宽。涂膜后,蛋壳表面的裂纹消失,且可明显地观察到致密的高分子涂膜层。因此,该涂膜层可大大提高蛋壳的气体阻隔性。

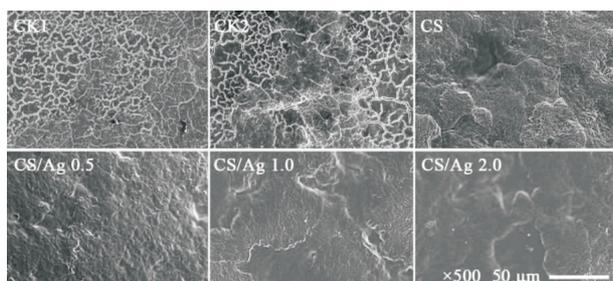


图4 各组蛋壳外表面在第0天时的扫描电镜图  
Figure 4 SEM images of the outer surface of eggshells at day 0

由图 5 可看出,CS 与 CS/Ag 0.5 两组表面的高分子涂膜层已经有明显脱落,尤其是 CS,而 CS/Ag 1.0 与 CS/Ag 2.0 的涂膜层仍较为完好。由此说明,在贮藏期间涂膜结构有可能被破坏,其阻隔性也必然会显著降低,并影响鸡蛋的保鲜。而添加纳米银可增强涂膜的稳定性,因此对鸡蛋的保鲜更为持久。

### 3 结论

本试验研究了壳聚糖/纳米银复合涂膜对鸡蛋的保鲜效果。结果表明,在涂膜中添加少量纳米银可有效降低鸡蛋失重率的增长速率,保持较高的相对密度、HU 值和 YI 值,稳定蛋清的 pH 值,抑制鸡蛋内容物中微生物的生长,并能提高涂膜结构的稳定性。根据蛋清和蛋黄质量(HU 值和 YI

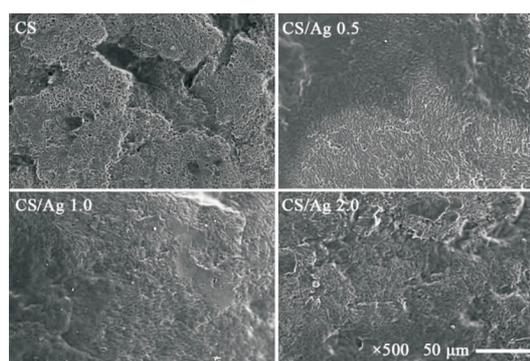


图5 各组蛋壳外表面在第64天时的扫描电镜图  
Figure 5 SEM images of the outer surface of eggshells at day 64

值)可判定,当纳米银在涂膜中的质量分数为 1.0% 时,涂膜鸡蛋的货架期相较于纯壳聚糖涂膜组延长了至少 34 d,相较于对照组则至少延长了 69 d。因此,将壳聚糖/纳米银复合涂膜用于清洁鲜蛋的保鲜,具有良好的应用潜力。但本试验未能确定涂膜保鲜机理,也未对鸡蛋内部的营养成分的变化进行测定,后续研究可深入测定涂膜鸡蛋中主要蛋白质的含量和结构等在贮藏期间的变化,来进一步揭示壳聚糖/纳米银复合涂膜对鸡蛋的保鲜机理。

### 参考文献

- [1] CANER C, CANSIZ O. Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(1): 56-61.
- [2] SPICKLER J L, BUHR R J, COX N A, et al. Comparison between rinse and crush-and-rub sampling for aerobic bacteria recovery from broiler hatching eggs after sanitization[J]. Poultry Science, 2011, 90(7): 1 609-1 615.
- [3] 刘开华, 邢淑婕. 含茶多酚的壳聚糖涂膜对鸡蛋保鲜效果的影响[J]. 中国食品添加剂, 2013(3): 163-167.
- [4] JIRANGRAT W, TORRICO D D, NO J, et al. Effects of mineral oil coating on internal quality of chicken eggs under refrigerated storage[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45(3): 490-495.

- [5] ESTRADA M M, GALEANO L F, HERRERA M R, et al. Effect of temperature and turning during storage on egg quality commercial [J]. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 2010, 23(2): 183-190.
- [6] 袁晓龙, 高婧娴, 杜颖, 等. 气调储藏中不同平衡气体对鸡蛋保鲜品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2014(2): 300-303, 307.
- [7] 刘美玉, 连海平, 任发政. 贮藏温度和气调包装对鸡蛋保鲜效果的影响[J]. *农业工程学报*, 2011(12): 378-382.
- [8] SERT D, AYGUN A, DEMIR M K. Effects of ultrasonic treatment and storage temperature on egg quality [J]. *Poultry Science*, 2011, 90(4): 869-875.
- [9] 张启如, 马涛, 王勃, 等. 虫胶涂膜对鸡蛋保鲜效果的研究[J]. *食品工业科技*, 2014(20): 363-365.
- [10] 叶文斌. 苦豆子多糖与中草药复合膜贮藏鸡蛋[J]. *食品与生物技术学报*, 2013(11): 1 199-1 204.
- [11] 王庆玲, 魏长庆, 孔双, 等. 新疆特色油脂对鸡蛋涂膜保鲜效果的影响[J]. *现代食品科技*, 2016(1): 230-234.
- [12] TORRICO D D, NO H K, SRIWATTANA S, et al. Effects of initial albumen quality and mineral oil-chitosan emulsion coating on internal quality and shelf-life of eggs during room temperature storage [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2011, 46(9): 1 783-1 792.
- [13] CANER C, YUCEER M. Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage [J]. *Poultry Science*, 2015, 94(7): 1 665-1 677.
- [14] 孟晓荣, 张敏, 胡新婷, 等. 壳聚糖对食品中常见菌的抑制研究 [J]. *食品与机械*, 2007, 23(2): 90-92.
- [15] 刘丹青, 卢立新, 方家畅. 载 Nisin 壳聚糖淀粉涂布纸的制备与性能分析 [J]. *食品与机械*, 2017, 33(8): 106-109.
- [16] 徐晓霞, 张怀珠, 杨富民. 壳聚糖在鸡蛋保鲜中的应用研究进展 [J]. *保鲜与加工*, 2015(4): 66-69.
- [17] 王劲松, 粟学俐. 壳聚糖复合保鲜剂对鸡蛋保鲜效果的比较研究 [J]. *湖北农业科学*, 2013(9): 2 129-2 131, 2 134.
- [18] BHALE S, NO H K, PRINYAWIWATKUL W, et al. Chitosan coating improves shelf life of eggs [J]. *Journal of Food Science*, 2003, 68(7): 2 378-2 383.
- [19] RAGHAVENDRA G M, JUNG J, KIM D, et al. Effect of chitosan silver nanoparticle coating on functional properties of Korean traditional paper [J]. *Progress in Organic Coatings*, 2017, 110: 16-23.
- [20] 王明力, 陶希芹, 王文平, 等. 壳聚糖保鲜涂膜纳米 SiO<sub>x</sub> 修饰工艺优化的研究 [J]. *高校化学工程学报*, 2009(2): 314-320.
- [21] 徐庭巧. 纳米 SiO<sub>x</sub>/壳聚糖复合物特性及保鲜功能研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2010: 32-52.
- [22] 王春来, 关静, 田丰, 等. 纳米银/壳聚糖复合材料研究进展 [J]. *化工新型材料*, 2016(12): 16-18.
- [23] 张雨菲. 壳聚糖纳米银溶液的制备及其在棉织物上的应用 [D]. 杭州: 浙江大学, 2012: 39-56.
- [24] LI Zhi-han, ZHANG Ming, CHENG Dong, et al. Preparation of silver nano-particles immobilized onto chitin nano-crystals and their application to cellulose paper for imparting antimicrobial activity [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2016, 151: 834-840.
- [25] 王婷, 陈晓, 于嘉伦, 等. 橘皮中抗氧化成分含量与纳米银还原率的关系 [J]. *包装工程*, 2017(15): 41-46.
- [26] 牡丹萌, 王风诺, 王世平. 鸡蛋新鲜度随储藏条件变化规律的研究 [J]. *食品科技*, 2014(5): 26-29, 33.
- [27] VANDYOUSEFI S, BHARGAVA K. Formulation and application of cinnamon oil-chitosan emulsion coating to increase the internal quality and shelf-life of shelled eggs [J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2017, DOI: 10.1111/jfpp.12859.
- [28] 龙门, 马磊, 宋野, 等. 纳米 Fe<sup>3+</sup>/TiO<sub>2</sub> 改性聚乙烯醇基紫胶复合膜对鸡蛋的保鲜效果 [J]. *农业工程学报*, 2014, 30(20): 313-324.
- [29] 刘美玉, 连海平, 任发政. 不同贮藏温度对鸡蛋呼吸强度及品质的影响 [J]. *食品科学*, 2011, 32(6): 270-274.
- [30] NONGTAODUM S, JANGCHUD A, JANGCHUD K, et al. Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage [J]. *Journal of Food Science*, 2013, 78(2): S329-S335.
- [31] WAIMALEONGORA-EK P, GARCIA K M, NO H K, et al. Selected quality and shelf life of eggs coated with mineral oil with different viscosities [J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74(9): S423-S429.
- [32] COTTERILL O J, WINTER A R. The effect of pH on the lysozyme-ovomucin interaction [J]. *Poultry Science*, 1955, 34(3): 679-686.
- [33] 刘铁玲, 孙贵宝, 郝燕华. 壳聚糖涂膜保鲜鸡蛋的研究 [J]. *食品科技*, 2010, 35(8): 83-85.
- [34] HU Jing, WANG Xu-ge, XIAO Zuo-bing, et al. Effect of chitosan nanoparticles loaded with cinnamon essential oil on the quality of chilled pork [J]. *Lwt-Food Science and Technology*, 2015, 63(1): 519-526.

## 信息窗

## 欧盟发布了食品法规通则适用性审查文件

1月15日, 欧盟委员会发布了对食品法规通则(EC178/2002)适用性审查的工作文件, 食品法规通则是欧盟及其成员国食品立法领域所有法规制定的基础, 作为一次全面性的政策评估, 此次法规审查于2014年启动, 涉及欧盟28个成员国2002~2013年期间该法规的实施运行情况, 审查内容包括其有效性、一致性及相关性等方面, 审查

结果表明: 欧盟立法框架的实施和执行过程中仍然存在国家之间的差异。同时受到欧洲食品安全局保密规定和法律要求等方面的约束, 风险评估结果的透明度、可靠性还有待提高。

(来源: <http://news.foodmate.net>)