

# 新疆特色油脂对鸡蛋涂膜保鲜效果的影响

王庆玲, 魏长庆, 孔双, 张磊, 卢士玲

(石河子大学食品学院, 新疆石河子 832003)

**摘要:** 通过考察 22 °C 贮藏 50 d 过程中鸡蛋内部品质(失重率、蛋黄水分含量、哈弗单位(HU)、蛋黄指数及蛋清 pH)的变化, 比较分析不同类型涂膜剂对鸡蛋的保鲜效果。研究表明: 贮藏过程中鸡蛋失重率、蛋清 pH、水分含量显著增加而蛋黄指数和哈弗单位显著下降( $p < 0.05$ ), 且贮藏时间越长, 涂膜剂对鸡蛋内部品质的影响越显著。贮藏 50 d 后, 油脂和乳液涂膜组(<3.0%)鸡蛋的失重率显著低于未涂膜组(18.0%)和壳聚糖涂膜组(11.2%); 未涂膜和壳聚糖涂膜组的蛋黄指数、哈弗单位在贮藏后呈现显著下降, 而油脂涂膜处理的鸡蛋能够保持较高的新鲜度。未涂膜组和壳聚糖涂膜组的蛋清 pH 从 8.51 分别上升至 9.07 和 8.92, 而油脂涂膜组则略有降低。然而, 涂膜剂的类型对蛋黄水分的影响不显著。研究表明实验油脂特别是亚麻籽油对贮藏鸡蛋的内在品质具有显著的保护作用。

**关键词:** 鸡蛋; 特色油脂; 贮藏; 涂膜; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2016)1-230-234

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.1.036

## Effect of Characteristic Xinjiang Oil Coatings on the Preservation of Eggs

WANG Qing-ling, WEI Chang-qing, KONG Shuang, ZHANG Lei, LU Shi-ling

(Food College, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

**Abstract:** The effects of different coating agents on the preservation of eggs were compared by studying the changes in the internal qualities (weight loss, yolk moisture content, Haugh unit (HU), yolk index, and albumen pH) of coated eggs stored at 22 °C for 50 days. The results showed that weight loss, moisture content, and pH of albumen increased significantly ( $p < 0.05$ ), whereas the yolk index and HU decreased dramatically during storage. With increasing storage time, the impact of coating agents on the egg internal quality was more significant. After 50 days of storage, the weight loss of oil-coated and emulsion-coated eggs (<3%) was significantly lower than that of noncoated (18%) and chitosan-coated eggs (11.2%). The yolk index and HU of noncoated and chitosan coated eggs decreased significantly during storage, whereas freshness was maintained in oil-coated eggs. Moreover, the albumen pH of noncoated and chitosan-coated eggs considerably increased from 8.51 to 9.07 and 8.92, respectively, while the pH of oil-coated eggs slightly decreased. In addition, no significant difference in yolk moisture content was observed among the different types of coating agents. This study demonstrates that the oils used in this experiment, especially linseed oil, exhibit significant protective effects on the internal quality of eggs.

**Key words:** egg; characteristic oil; storage; coating; preservation

鸡蛋被认为是高品质蛋白的完美来源, 由于其具有良好的乳化性、起泡性及凝胶性也被广泛用于食品加工<sup>[1]</sup>。然而, 鸡蛋也是一种极易变质的食物, 特别是在不合适的贮藏方式下品质迅速下降<sup>[2]</sup>。鸡蛋贮藏中的品质劣变源于蛋壳的破损和水分、CO<sub>2</sub> 的损失<sup>[3]</sup>, 并且与鸡蛋的贮藏温度、贮藏时间及气体环境密切相关<sup>[4]</sup>。

低温贮藏是保持鸡蛋品质的有效方法, 但是在许多发展中国家, 鸡蛋的冷链贮运并未得到实现, 而涂

收稿日期: 2015-04-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31360389); 石河子大学 SRP 项目(SRP2014170)

作者简介: 王庆玲(1981-), 女, 在读博士, 讲师, 研究方向: 蛋品科学

通讯作者: 卢士玲(1977-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 畜产品加工

膜保鲜是保持鸡蛋品质和控制微生物污染的有效途径。可食用多糖<sup>[5]</sup>, 蛋白质<sup>[2]</sup>, 油脂<sup>[6]</sup>及混合乳液等材料都被用作鸡蛋蛋壳的赌孔, 以此来阻止气体和水分的损失、防止微生物的进入从而延长鸡蛋的货架期。壳聚糖是天然聚合物甲壳素脱乙酰化产物, 主要来自于贝类废弃物, 其具有阻隔氧气及抗菌活性, 已经被广泛用作涂膜材料。然而, 单一的壳聚糖由于其亲水性使之可能与水分子作用而增加渗透率<sup>[7]</sup>。亚麻籽油和葵花籽油是新疆的主要油脂品种, 有研究证明这两种油脂具有疏水性、密封性, 能够有效的延迟鸡蛋水分丧失和 CO<sub>2</sub> 损失<sup>[8,9]</sup>, 但单一的油脂涂膜干燥时间较长<sup>[10]</sup>。因此, 壳聚糖与油脂的混合乳液可能是一种极具潜力的禽蛋涂膜材料。

本研究的目的是通过测定鸡蛋在 22 °C 贮藏 50 d

过程中的失重率、蛋黄水分含量、哈弗单位、蛋黄指数及蛋白 pH 的变化,进而评价新疆特色油脂(亚麻籽油、葵花籽油)、壳聚糖及它们的混合乳液对鸡蛋的涂膜保鲜效果,优选出一种适用于禽蛋的涂膜保鲜剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与仪器原料

#### 1.1.1 原料

300 只产蛋 24 h 内的鸡蛋(海兰褐壳蛋,平均重量  $60 \pm 0.5$  g)购于石河子市宏鑫禽蛋养殖厂。

#### 1.1.2 药品与试剂

壳聚糖(分子量 223 ku, 酸溶性白色粉末)购自国药集团;葵花籽油、亚麻籽油(食品级)购自石河子好家乡超市;吐温 80(国药集团)。

#### 1.1.3 仪器设备

游标卡尺(哈尔滨量具刃具有限公司, 0~200 mm); 蛋品质测定台(FHK, 日本); 高速均质机(上海标本, FJ200)。

### 1.2 实验设计及方法

#### 1.2.1 实验设计

新鲜鸡蛋分为六组,洗净晾干后标号并记录重量(记为  $m_0$ ),分别用不同的涂膜剂涂膜(C:壳聚糖; C+SO:壳聚糖+葵花籽油(40:60); C+LO:壳聚糖+亚麻籽油(40:60); SO:葵花籽油; LO:亚麻籽油; CK:空白对照组),于  $22 \pm 1$  °C、45%相对湿度条件下贮藏 50 d,每 10 d 取样一次分别测定贮藏过程中鸡蛋失重率、蛋黄水分含量、哈弗单位、蛋黄指数、及蛋白 pH 的变化规律。

#### 1.2.2 涂膜剂的配制及涂膜

##### 1.2.2.1 涂膜剂的准备

壳聚糖溶液的配制:以 1%的醋酸溶液为溶剂配制浓度为 2% ( $m/V$ ) 的壳聚糖溶液。壳聚糖与油脂按一定比例混合后加入 1%的吐温 80 高速均质机下匀浆 5 min 制得乳液涂膜剂。所有的涂膜材料均需现用现配。

##### 1.2.2.2 鸡蛋涂膜方法

以未涂膜组作为对照,用软毛刷蘸取不同涂膜剂进行涂膜,小头朝下置于蛋托上用风扇吹干。从第 0 d 开始,每 10 d 取样一次进行指标测定。

#### 1.2.3 鸡蛋失重率的测定

从第 10 d 开始,取样后称量鸡蛋重量(记为  $m_1$ ),计算失重率。

$$\text{失重率} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

#### 1.2.4 蛋黄水分含量测定

准确称取 1.00 g 均匀蛋黄溶液于已称重的干燥铝盒中,  $105$  °C 干燥至恒重,称重计算蛋黄水分含量。

#### 1.2.5 哈弗单位的测定

鸡蛋称重后打破于蛋品质测定平台,用游标卡尺测定浓厚蛋白高度计为 H,利用如下公式计算:

$$HU = 100 \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.57)$$

#### 1.2.6 蛋黄指数的测定

将鸡蛋内容物全部倒入水平放置的平皿内,用游标卡尺测量蛋黄垂直方向最大厚度即为蛋黄高度,同时测定蛋黄直径(以蛋黄与蛋清间的黄白交界为线),蛋黄高与直径之比为蛋黄指数,取 10 枚鸡蛋的平均值。

#### 1.2.7 蛋清 pH 的测定

收集 9 枚鸡蛋的蛋清液于烧杯中,高速均质机于 4000 r/min 均质 1 min,过 20 目筛,除去泡沫后室温下用 pH 计测定,待读数稳定时记录读数。

### 1.3 数据处理与统计分析

每个指标测定不少于 3 个重复,数值采用 Mean $\pm$ SD 表示,两组间差异采用单因素方差分析,多组间差异采用 Duncan's 多重检验分析,数据采用 SPSS 软件进行数据统计分析。 $p < 0.05$  表现为统计学上的显著性, $p < 0.01$  表现为统计学上的极显著性。主成分及相关性分析使用 The Unscrambler 10.0 软件完成。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同涂膜组鸡蛋失重率的变化

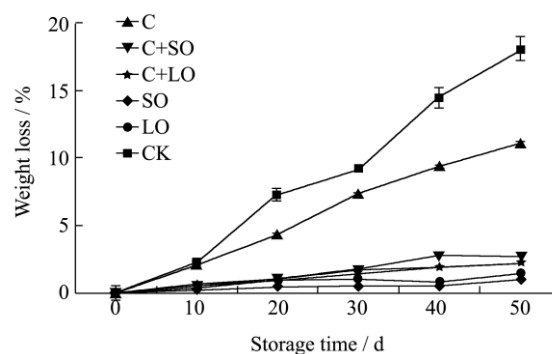


图 1. 不同涂膜组鸡蛋贮藏中失重率的变化

Fig.1 Changes in weight loss among eggs with different coatings

鸡蛋贮藏过程中的水分会发生迁移,表现为从蛋壳气孔的逸出及通过蛋黄膜从蛋清向蛋黄的迁移,因

此, 禽蛋失重率是通过测定水分损失来评价蛋品新鲜度的指标。测定了不同涂膜组鸡蛋在贮藏过程在 (22 °C, 50 d) 中的鸡蛋失重率变化, 结果见图 1。

由图 1 可知, 整个贮藏过程中, 鸡蛋的失重率出现增加趋势, 这是由于贮藏过程中鸡蛋通过气孔进行呼吸和内外物质的交换<sup>[3]</sup>, 蛋内水分及气体的迁移使得蛋重显著下降, 未涂膜鸡蛋在 22 °C 贮藏 50 d 后失重率达到 18.00%。根据 FAO (2003) 规定, 当鸡蛋失重率控制在 2~3% 时, 鸡蛋品质变化不明显并易于

被消费者接受。由图可知除壳聚糖组在贮藏结束失重率超过 10%, 油脂及油脂-壳聚糖混合乳液均能对鸡蛋的水分起到很好的保护作用, 以此来降低失重率; 从失重率来看, 单纯油脂涂膜比混合乳液涂膜的效果稍好。

## 2.2 不同涂膜组鸡蛋蛋黄水分含量的变化

测定了不同涂膜剂对蛋黄水分含量的影响, 结果见表 1。

表 1 不同涂膜组蛋黄水分含量的变化

Table 1 Changes in moisture content among eggs with different coatings

	取样时间					
	0 d	10 d	20 d	30 d	40 d	50 d
C	46.77±0.04 <sup>A,d</sup>	48.62±0.03 <sup>BC,c</sup>	50.43±0.26 <sup>A,b</sup>	50.86±0.16 <sup>AB,a</sup>	50.83±0.16 <sup>B,a</sup>	50.92±0.20 <sup>A,a</sup>
C+SO	46.77±0.04 <sup>A,d</sup>	48.04±0.14 <sup>D,d</sup>	49.76±0.16 <sup>B,bc</sup>	50.01±0.97 <sup>B,b</sup>	50.70±0.08 <sup>B,b</sup>	52.56±0.95 <sup>A,a</sup>
C+LO	46.77±0.04 <sup>A,e</sup>	48.38±0.14 <sup>CD,d</sup>	49.78±0.16 <sup>B,c</sup>	50.82±0.17 <sup>AB,b</sup>	51.81±0.05 <sup>A,a</sup>	52.16±0.28 <sup>A,a</sup>
SO	46.77±0.04 <sup>A,f</sup>	48.87±0.10 <sup>B,e</sup>	50.13±0.03 <sup>AB,d</sup>	50.53±0.07 <sup>AB,c</sup>	51.03±0.15 <sup>B,b</sup>	51.75±0.19 <sup>A,a</sup>
LO	46.77±0.04 <sup>A,e</sup>	48.36±0.10 <sup>CD,d</sup>	50.19±0.22 <sup>A,c</sup>	50.33±1.09 <sup>B,c</sup>	51.08±0.02 <sup>B,b</sup>	51.79±0.68 <sup>A,a</sup>
CK	46.77±0.04 <sup>A,d</sup>	49.56±0.39 <sup>A,c</sup>	50.51±0.04 <sup>A,b</sup>	51.56±0.10 <sup>A,a</sup>	51.72±0.51 <sup>A,a</sup>	51.77±0.13 <sup>A,a</sup>

注: 角标大写字母 (纵列) 表示不同涂膜组水分含量的差异, 小写字母 (横排) 表示不同贮藏时间水分含量差异显著性。

不同涂膜剂组鸡蛋贮藏过程中水分含量随贮藏时间均呈显著上升趋势, 至贮藏结束, 不同涂膜组的水分含量分别上升 8.87% (C)、12.38% (C+SO)、11.52% (C+LO)、10.65% (SO)、10.73% (LO) 和 10.69% (CK), 说明贮藏时间与蛋黄水分含量呈显著正相关。蛋黄水分含量增加主要是由于贮藏过程中蛋清中的水分透过蛋黄膜向蛋黄内部迁移导致蛋黄稀化。比较不同涂膜组鸡蛋的蛋黄水分发现, 在贮藏第 10 天涂膜剂对蛋黄水分的影响最显著, 表现为 CK 组水分含量最高而 C+SO 组最低。随着贮藏时间延长, 在第 20、30、40 d 这种由涂膜剂造成的水分含量差异逐渐减小, 到贮藏第 50 d, 所有组 (涂膜组和对照组) 鸡蛋的水分含量差异不显著。实验结果说明, 蛋黄水分的变化仅仅是蛋黄内部水分转移的过程, 不涉及鸡蛋内部物质通过蛋壳与外界的交换, 因此, 涂膜剂对蛋黄内部水分的变化没有显著影响。

由图 2 可知, 未涂膜鸡蛋在贮藏过程中蛋黄指数的下降最显著, 其次是壳聚糖涂膜组, 油脂组和油脂壳聚糖乳液组 (C+LO) 在 22 °C 贮藏 50 d 后蛋黄指数下降至 0.36~0.38, 而 C+SO 乳液组在贮藏 40 d 以后蛋黄指数呈现显著下降。从实验结果来看, 壳聚糖对鸡蛋的保鲜效果较差, 而 LO、C+LO 混合乳液对蛋黄指数有较好的保持作用。

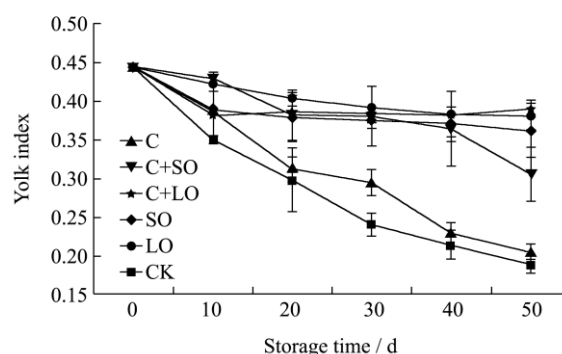


图 2 不同涂膜组鸡蛋蛋黄指数的变化

Fig.2 Changes in yolk index among eggs with different coatings

## 2.3 不同涂膜组蛋黄指数的变化

蛋黄指数可以用来表征蛋黄膜的强度和蛋形, 也是鸡蛋新鲜度的间接评价指标。与其他学者的研究结果类似<sup>[3,6]</sup>, 随着贮藏时间的延长所有涂膜鸡蛋的蛋黄指数均呈下降趋势 (图 2)。

鸡蛋贮藏过程中蛋黄膜逐渐削弱, 总固形物减少, 蛋黄流变学性质变化以及蛋清水分扩散所引起的蛋黄液化, 所有这些变化都与蛋黄指数下降密切相关<sup>[11]</sup>。

## 2.4 不同涂膜组鸡蛋哈弗单位的变化

哈弗单位是表征鸡蛋蛋清品质的指标, HU 越高表示鸡蛋越新鲜。鸡蛋贮藏过程中 HU 主要受到贮藏条件诸如时间、温度及相对湿度的影响。已经有学者通过测定 HU 证明了鸡蛋涂膜对室温贮藏下鸡蛋蛋清品质劣变具有显著抑制作用<sup>[2,10]</sup>。

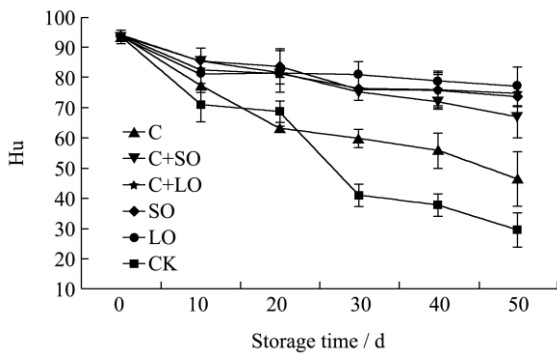


图3 不同涂膜组鸡蛋哈弗单位的变化

Fig.3 Changes in HU among eggs with different coatings

本研究同样发现无论是涂膜组还是对照组都会随着贮藏时间的延长出现HU的下降。在50d的贮藏过程中，所有涂膜组鸡蛋的HU显著高于未涂膜组。至贮藏结束，HU分别为46.34 (C)、67.03 (C+SO)、74.42 (C+LO)、73.57 (SO)、76.89 (LO)及29.59 (CK)，说明油脂及油脂壳聚糖复合乳液对鸡蛋蛋清品质均有较好的保护作用(图3)。贮藏过程中HU单位的下降归因于蛋清浓厚蛋白的胶状结构逐渐瓦解，卵黏蛋白的β亚基暴露于碱性条件下，致使蛋白可溶性增加而浓厚蛋白减少<sup>[12,13]</sup>。对哈弗单位的测定结果表明胡麻油、胡麻油-壳聚糖混合乳液、葵花籽油-壳聚糖混合乳液具有较好的保鲜效果。

### 2.5 不同涂膜组蛋清pH的变化

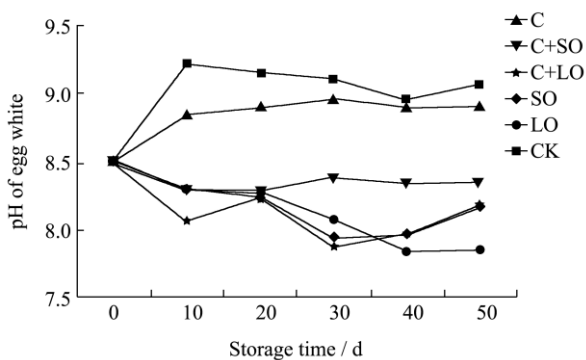


图4 不同涂膜组鸡蛋蛋清pH的变化

Fig.4 Changes in albumen pH among eggs with different coatings

蛋清pH是评价蛋清品质的另一个重要指标。新鲜鸡蛋中含有1.44~2.05 mg CO<sub>2</sub>/g蛋清且pH在7.6~8.7之间。鸡蛋贮藏过程中，CO<sub>2</sub>从蛋壳气孔溢出使其pH上升至9.6~9.7<sup>[14]</sup>。随着贮藏时间延长，鸡蛋蛋清中的弱碳酸溶液会分解为CO<sub>2</sub>和水分而增加蛋清pH。尽管壳聚糖涂膜能够对蛋清pH的变化起到一定的屏蔽作用，但是与其它涂膜组相比，这种保护作用

甚微(图4)。Torrico等<sup>[10]</sup>在研究矿物油及矿物油壳聚糖乳液鸡蛋涂膜过程中并未发现蛋清pH的显著变化。本研究发现涂膜组鸡蛋的蛋清pH呈逐渐下降趋势，其中LO、C+LO及SO组涂膜后蛋清pH变化基本一致，而C+SO组涂膜蛋清pH稍高。分析其原因可能是由于油脂和油脂壳聚糖乳液均能够有效的保留碳酸降解产生的CO<sub>2</sub>和水。

### 2.6 主成分(PCA)及相关性分析

对不同涂膜剂和贮藏过程理化指标的变化进行主成分分析及相关性分析，结果见表5。由下图可知，PC1能够解释100%的变异。从主成分图上可以看出，5种涂膜剂对鸡蛋的涂膜效果分布在PCA图的不同区域，说明不同涂膜剂对鸡蛋的保鲜效果存在差异，其中亚麻籽油涂膜组(LO)与壳聚糖+亚麻籽油组(C+LO)分布较近，说明涂膜效果相当。由于PC1可作为涂膜效果区分的唯一变量，从图5可以判断5种涂膜剂的涂膜效果，与CK相比，壳聚糖组具有一定的效果，但是其保鲜作用远远低于油脂及油脂-壳聚糖乳液。在PC1的负值区域，可以看出涂膜效果依次为LO>C+LO>SO>C+SO。

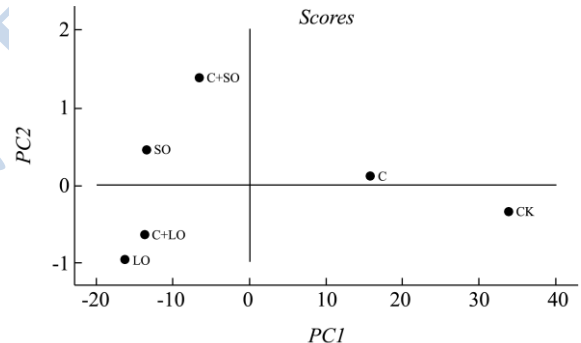


图5 涂膜剂种类与鸡蛋内部品质的PCA分析

Fig.5 PCA analysis of the different types of coating agents and the internal quality of coated eggs

表2为研究所测定基本指标的相关性分析，从表中可以看出，HU和蛋黄指数的皮尔逊相关系数为0.948，说明二者之间呈现显著的正相关，即：鸡蛋越新鲜，其HU越高，蛋黄指数也越高。同理可知，失重率与蛋黄指数、哈弗单位呈显著负相关(相关系数分别为-0.942、-0.951)，说明鸡蛋新鲜度越低，其失重率越高；蛋黄水分含量与蛋黄指数、HU呈负相关，然而相关性显著性较低。蛋清pH与蛋黄指数、哈弗单位正相关而与失重率、水分含量负相关，且相关性均不显著。

表2 鸡蛋内部品质的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of the internal quality of eggs

		失重率	水分含量	蛋黄指数	Hu	蛋清 pH
失重率	Pearson 相关系数	1				
	显著性					
水分含量	Pearson 相关系数	0.626**	1			
	显著性	0.005				
蛋黄指数	Pearson 相关系数	-0.942**	-0.471*	1		
	显著性	0.000	0.049			
Hu	Pearson 相关系数	-0.951**	-0.412	0.948**	1	
	显著性	0.000	0.089	0.000		
蛋清 pH	Pearson 相关系数	-0.285	-0.431	0.101	0.247	1
	显著性	0.251	0.074	0.690	0.323	

注: \*在0.01水平上显著相关, \*\*在0.05水平上显著相关。

### 3 结论

通过鸡蛋贮藏过程中基本指标变化,发现涂膜剂能够有效的抑制鸡蛋贮藏过程中失重率增加、延缓HU及蛋黄指数的下降,且涂膜能够降低蛋清pH,然而涂膜剂对蛋黄水分含量的变化影响较小。比较5种涂膜剂的涂膜效果,发现单一壳聚糖溶液对鸡蛋保鲜效果较差,而油脂及油脂壳聚糖混合乳液可以起到较好的保鲜效果。其中亚麻籽油、亚麻籽油-壳聚糖混合乳液及葵花籽油的保鲜效果相当,但是考虑到单纯油脂涂膜后需要较长干燥时间,因此得出结论是亚麻籽油-壳聚糖混合乳液(40:60)是最佳的鸡蛋涂膜保鲜剂。

### 参考文献

- [1] Jackel T, Dautel K, Ternes W. Preserving functional properties of hen's egg yolk during freeze-drying [J]. Food Eng., 2008, 87: 522-526
- [2] Wardy W, Torrico D D, No H K, et al. Edible coating affects physico-functional properties and shelf life of chicken eggs during refrigerated and room temperature storage [J]. Food Sci. Technol., 2010, 45: 2659-2668
- [3] Wardy W, Torrico D D, Herrera Corredor J A, et al. Soybean oil-chitosan emulsion affects internal quality and shelf-life of eggs stored at 25 and 4 degrees C [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2013, 48: 1148-1156
- [4] Silversides F G, Budgell K. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume [J]. Poultry. Sci., 2004, 83: 1619-1623
- [5] Suppakul P, Jutakorn K, Bangchokedee Y. Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs [J]. Food Eng., 2010, 98: 207-213
- [6] Torrico D D, Wardy W, Carabante K M, et al. Quality of eggs coated with oil chitosan emulsion: Combined effects of emulsifier types, initial albumen quality, and storage [J]. Lwt-Food Science and Technology, 2014, 57: 35-41
- [7] Wong D W, Gastineau F A, Gregorski K S, et al. Chitosan-lipid films: microstructure and surface energy [J]. Agr. Food Chem., 1992, 40: 540-544
- [8] Biladeau A, Keener K. The effects of edible coatings on chicken egg quality under refrigerated storage [J]. Poultry. Sci., 2009, 88: 1266-1274
- [9] 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]. Food Sci., 2009, 74: S423-S429
- [10] Torrico D D, Jirangrat W, No H K, et al. A novel emulsion coating and its effects on internal quality and shelf life of eggs during room temperature storage [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45: 2241-2249
- [11] Hidalgo A, Lucisano M, Comelli E M, et al. Evolution of chemical and physical yolk characteristics during the storage of shell eggs [J]. Agr. Food Chem., 1996, 44: 1447-1452
- [12] 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]. Food Sci., 2013, 78: S329-S335
- [13] Robinson D. Egg white glycoproteins and the physical properties of egg white [J]. Egg Formation and Production, Br. Poult. Sci., Edinburgh, 1972: 65-86
- [14] Kemps B, De Ketelaere B, Bamelis F, et al. Albumen freshness assessment by combining visible near-infrared transmission and low-resolution proton nuclear magnetic resonance spectroscopy [J]. Poultry. Sci., 2007, 86: 752-759

现代食品科技