

次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜对鸭蛋保鲜效果的影响

孙 静¹, 邓姝颖^{2, +}, 李 游², 王文亮², 郑 妍², 孙 玥², 隋 勇³

(1.湖北省农业科学院畜牧兽医研究所, 动物胚胎工程

及分子育种湖北省重点实验室, 湖北武汉 430064;

2.武汉设计工程学院食品与生物科技学院, 湖北武汉 430205;

3.湖北省农业科学院农产品加工与核农技术研究所,

湖北省农业科技创新中心农产品加工研究分中心, 湖北武汉 430064)

摘要:为探究次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜对鸭蛋的保鲜效果, 本实验分别采用次氯酸钠杀菌、聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜和次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜处理新鲜鸭蛋。动态测定 35 d 贮藏过程中各组鸭蛋的失重率、菌落总数、哈夫单位和蛋黄指数的变化情况, 比较贮藏后各组鸭蛋蛋壳色度和熟制鸭蛋质构变化。结果表明: 与对照组相比, 三个处理组鸭蛋的失重率和菌落总数均显著降低 ($p < 0.05$), 杀菌结合涂膜组的失重率和菌落总数最小, 分别为 $2.79\% \pm 0.19\%$ 、 $(4.83 \pm 0.42) \lg \text{cfu/g}$; 三个处理组鸭蛋的哈夫单位和蛋黄指数均显著增加 ($p < 0.05$), 杀菌结合涂膜组的哈夫单位 (76.09 ± 4.15) 和蛋黄指数 (0.40 ± 0.02) 最大, 且与贮藏前的新鲜蛋无显著性差异 ($p > 0.05$); 杀菌结合涂膜处理对鸭蛋质构特性无显著影响 ($p > 0.05$), 但可使蛋壳亮度显著提高 ($p < 0.05$)。由此可见, 三种处理方式均能显著逆转鸭蛋品质的劣变, 次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜的保鲜效果最佳, 显著优于单独的次氯酸钠杀菌和聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜 ($p < 0.05$), 该研究为杀菌结合复合材料涂膜在禽蛋保鲜上的应用提供参考。

关键词: 次氯酸钠, 聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料, 涂膜, 鸭蛋, 保鲜

Effect of sodium hypochlorite disinfection combined with polyvinyl alcohol-based composite packaging material with nano-SiO₂ coating on fresh-keeping of duck eggs

SUN Jing¹, DENG Shu-ying^{2, +}, LI You², WANG Wen-liang², ZHENG Yan², SUN Yue², SUI Yong³

(1. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Hubei Key Laboratory of

Animal Embryo Engineering and Molecular Breeding, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China;

2. College of Food and Biology Science Technology, Wuhan Institute of Design and Sciences, Wuhan 430205, China;

3. Farm Products Processing Research Sub-Center of Hubei Innovation Center of

Agriculture Science and Technology, Institute for Farm Products Processing and Nuclear-Agricultural

Technology, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China)

Abstract: To evaluate the effect of sodium hypochlorite disinfection combined with polyvinyl alcohol-based composite packaging material with nano-SiO₂ coating on fresh-keeping of duck eggs, the fresh eggs were treated by sodium hypochlorite disinfection, polyvinyl alcohol-based composite packaging material with nano-SiO₂ coating, and sodium hypochlorite disinfection combined with polyvinyl alcohol-based composite packaging material with nano-SiO₂ coating. All the duck eggs were stored at the same condition for 35 days and the changes of weight loss rate, total plate count, Hough units and yolk index value of duck eggs in each group were detected during storage process. The changes of the eggshell color and texture properties of duck eggs by three fresh-keeping treatments were also detected after storage. The results revealed that the weight loss rate and total plate count of duck eggs in three fresh-keeping groups were significantly decreased in comparison with control group ($p < 0.05$), and the disinfection combined with coating showed the lowest weight loss rate ($2.79\% \pm 0.19\%$) and total plate

收稿日期: 2017-02-28 + 为并列第一作者

作者简介: 孙静 (1986-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 蛋类加工, E-mail: sammi8866@sina.com。

邓姝颖 (1995-), 女, 在读本科, 研究方向: 蛋类加工, E-mail: dengshuying0720@sina.com。

基金项目: 现代农业产业技术体系水禽体系专项资金资助项目 (CARS-43-18); 湖北省动物胚胎工程与分子育种重点实验室项目 (2016ZD108); 湖北省科技支撑计划项目 (2014BBA206); 湖北省农科院青年科学基金项目 (2015NKYJJ28)。

count(4.83 ± 0.42) lg cfu/g. The Hough units and yolk index value of duck eggs in three fresh-keeping groups were significantly increased in comparison with control group ($p < 0.05$), and the disinfection combined with coating showed the highest Hough units (76.09 ± 4.15) and yolk index value (0.40 ± 0.02), with no obvious difference to the fresh eggs before storage. In addition, the texture properties of eggs treated by disinfection combined with coating showed no significant difference relative to control group ($p > 0.05$), but the brightness was notably improved ($p < 0.05$). In conclusion, the three fresh-keeping treatments were significantly reversed the decline of the quality of duck eggs in comparison with control group ($p < 0.05$). To be mentioned, sodium hypochlorite disinfection combined with polyvinyl alcohol-based composite packaging material with nano-SiO₂ coating exhibited the best fresh-keeping effect, which was significantly better than treated by sodium hypochlorite disinfection and polyvinyl alcohol-based composite packaging material with nano-SiO₂ coating alone ($p < 0.05$). This study might provide reference for the application of disinfection combined with composite packaging material coating in the preservation of fresh eggs.

Key words: sodium hypochlorite disinfection; polyvinyl alcohol-based composite packaging material with nano-SiO₂; coating; duck egg; fresh-keeping

中图分类号: TS253.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)18-0295-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.18.056

鸭蛋是一种营养价值很高的食品,含有人体必需氨基酸,属于全价蛋白,卵磷脂、固醇等含量也很丰富,还含有一定量的单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸^[1-3]。鲜鸭蛋在贮藏过程中受微生物、酶、环境温度等因素的影响,品质会逐渐变差,主要表现为质量减轻、粘壳、蛋黄指数下降、散黄、泻黄等,不仅营养价值降低,而且对食用者的健康产生威胁,鲜蛋品质变差也直接影响咸蛋、皮蛋等再制品的货架期,进而带来经济损失^[4-5]。因此,对鲜鸭蛋进行保鲜处理从而延长其贮藏期显得尤为重要。

杀菌和涂膜包装是禽蛋保鲜的主要途径。禽蛋杀菌方法包括使用沸水、紫外线、臭氧、负离子等的物理杀菌方式,以及使用过氧乙酸、二氧化氯、次氯酸钠、高锰酸钾等消毒剂的化学杀菌方式^[6-9]。肖然等^[10]比较了不同物理和化学杀菌方式对鸡蛋保鲜效果的影响,结果表明经次氯酸钠和紫外线处理效果最佳。涂膜保鲜利用涂膜材料在禽蛋表面形成一层均匀致密的保护膜,使蛋壳气孔处于封闭状态,减少蛋内水分散失,防止微生物侵入,达到保鲜效果,常用的涂膜保鲜材料有壳聚糖、聚乙烯醇、单甘脂、蔗糖酯、蜂胶等^[11-12]。聚乙烯醇具有良好的稳定性、透光性、力学性能和生物降解性,在涂膜保鲜应用上具有很大的优势^[13],但是其吸水性大且吸水后耐水性差,通过加入纳米材料对其进行改性不仅提高了涂膜的耐水性和机械强度,还能提高涂膜的抗菌性^[14-15]。而采用杀菌结合聚乙烯醇改性材料涂膜技术提高鸭蛋保鲜效果和品质的研究尚未见报道。为此,本研究旨在研究化学杀菌和涂膜保鲜在鸭蛋贮藏过程中的协同保鲜效果,比较单独次氯酸钠杀菌、聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜和次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜三种处理方式对鸭蛋的保鲜效果,为联合保鲜技术在鸭蛋保鲜上的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鸭蛋 购于华中农业大学集贸市场,均为种鸭产后 1 d 内的新鲜鸭蛋;次氯酸钠、聚乙烯醇、硬脂

酸、戊二醛、乙醇 分析纯,国药集团化学试剂有限公司;纳米二氧化硅 山东祥润新材料有限公司;平板计数琼脂 青岛高科园海博生物技术有限公司。

NR-3000A/B 色彩色差仪 常州德图精密仪器有限公司;TA-XTPplus 质构仪 英国 Stable Micro System 公司;C79-1 磁力搅拌 江苏杰瑞尔电器有限公司;530-1-4 游标卡尺 桂林广陆数字测控股份有限公司;2HJH-C1106C 超净工作台 苏州净化仪器厂;FA1004B 分析天平 德国赛多利斯(Sartorius)公司;TC-ME-100 恒温培养箱 上海博讯实业有限公司医疗设备厂;ZDQ-2 照蛋器 深圳振野蛋品设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合涂膜材料的制备 参照雷艳雄^[14]的方法,并做适当改进。称取聚乙烯醇 5 g 溶于 100 mL 水中,85 ℃ 磁力搅拌至完全溶解。加入 0.05 g 纳米 SiO₂,在超声功率密度 65 W/L 条件下超声 20 min,使其均匀分散于聚乙烯醇溶液中,并用 0.1 mol/L 的盐酸和 0.1 mol/L 的氢氧化钠溶液调节 pH 至 6.2。再称取 1.52 g 硬脂酸加到 40 mL 体积分数 95% 的乙醇中,加热溶解。当聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 混合溶液和硬脂酸乙醇溶液的温度都达到 85 ℃ 时将两者混合,同时加入 0.46 g 戊二醛,混合溶液在 85 ℃ 条件下交联反应 60 min 后再次超声分散并脱除气泡,得到聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料。

1.2.2 实验分组及处理 挑选蛋重为 65~70 g,表面无明显污染物的新鲜鸭蛋。经过照蛋检查,剔除蛋壳有裂纹、气室偏大及蛋黄存在阴影等问题的鸭蛋。将筛选出的 300 个质量优良的鸭蛋随机分成 4 组,分别进行 4 种(A、B、C、D)不同处理,在贮藏后 7、14、21、28、35 d 进行随机取样,测定鸭蛋失重率、菌落总数、哈夫单位、蛋黄指数的变化规律。

A 组:对照,新鲜鸭蛋不做任何处理,置于室温 20~25 ℃,相对湿度 60%~65% 下贮藏。

B 组:次氯酸钠杀菌,将新鲜鸭蛋放在装有 0.1% 次氯酸钠溶液的密闭容器中浸泡 30 min,晾干表面

表1 不同处理对鸭蛋蛋壳色度的影响
Table 1 Effect of different treatments on the eggshell color of duck eggs

处理	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
A	81.22 ± 0.03 ^a	-2.63 ± 0.04 ^a	3.24 ± 0.13 ^a	-	-	-
B	83.09 ± 0.113 ^b	-1.52 ± 0.12 ^b	1.71 ± 0.14 ^c	1.87 ^a	1.11 ^a	-1.53 ^a
C	83.82 ± 0.013 ^b	-2.68 ± 0.03 ^a	4.45 ± 0.01 ^b	2.6 ^b	-0.05 ^c	1.21 ^c
D	86.68 ± 0.023 ^c	-2.53 ± 0.10 ^a	3.46 ± 0.01 ^a	5.46 ^c	0.09 ^b	0.22 ^{bc}

注:同列不同小写字母代表差异显著($p < 0.05$);表2同。

水分后置于室温 20~25 ℃,相对湿度 60%~65% 下贮藏。

C 组:聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜,将新鲜鸭蛋浸入聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合涂膜液中,30 s 后捞出,55 ℃ 热风干燥 1 h 形成完整的涂膜包装后置于室温 20~25 ℃,相对湿度 60%~65% 下贮藏。

D 组:次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合材料涂膜,先将新鲜鸭蛋放入 0.1% 次氯酸钠溶液中浸泡 30 min,晾干表面水分后再浸入聚乙烯醇基纳米 SiO₂ 复合涂膜液中,30 s 后捞出,55 ℃ 热风干燥 1 h 形成完整的涂膜包装后置于室温 20~25 ℃,相对湿度 60%~65% 下贮藏。

1.2.3 色度值的测定 鸭蛋涂膜表面的色度用色彩色差仪测定鸭蛋壳表面色度值的亮度值 L^* 、红绿值 a^* 及黄蓝值 b^* 。

1.2.4 质构的测定 用质构仪在探头 P36R 下测定杀菌方式对鸭蛋的硬度、弹性以及咀嚼度的影响,以“二次压缩”模式进行质地剖面分析,每个处理的鸭蛋样品均在沸水中加热 20 min 熟制后剥壳切成 1 cm × 1 cm × 1 cm 小块,每组测定 6 次平行,在测前速为 5.0 mm/s,测中速为 5.0 mm/s,测后速为 10.0 mm/s,压缩比为 60%,两次压缩时间间隔为 5.0 s 的条件下测定,结果取平均值。

1.2.5 失重率的测定 失重率即为鸭蛋在贮藏前后的失重比,用精确度为 0.0001 g 的分析天平称重并按式(1)计算失重率:

$$P(\%) = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中:P 为失重率,% ; m_1, m_2 为贮藏前后的质量,g。

1.2.6 内容物菌落总数测定 在无菌操作台上用酒精棉球充分消毒取样鸭蛋的外壳,打开蛋壳,取下壳膜,倒出鸭蛋内容物至灭菌烧杯中,然后用无菌玻璃棒将蛋白和蛋黄搅拌均匀。取适量蛋白和蛋黄混合悬液,根据 GB/T 4789.2-2010 测定鸭蛋内容物的菌落总数。

1.2.7 哈夫单位的测定 测定哈夫单位时,先用精度为 0.0001 g 的分析天平测定鸭蛋的质量,再把鸭蛋打破倒在水平玻璃板上,在保持浓蛋白层和蛋黄完好的情况下,用精度为 0.02 mm 的游标卡尺测定浓蛋白的高度,按式(2)计算哈夫单位:

$$HU = 100 \times \lg(H - 1.7W^{0.37} + 7.6) \quad \text{式(2)}$$

式中:HU 为哈夫单位;H 为浓蛋白高度,mm;W 为鸭蛋质量,g。

1.2.8 蛋黄指数的测定 测定蛋黄指数时,把鸭蛋横向打破倒在水平玻璃板上,在保持蛋黄和浓蛋白

层完好的情况下,用精度为 0.02 mm 的游标卡尺测定蛋黄的高度和宽度,按式(3)计算蛋黄指数:

$$YI = h / d \quad \text{式(3)}$$

式中:YI 为蛋黄指数;h 为蛋黄高度,mm;d 为蛋黄宽度,mm。

1.3 数据分析

所有结果以平均值 ± 标准差表示,采用 Origin 8.0 软件进行作图分析。采用 SPSS 16.0 统计软件进行统计分析,通过一元方差分析(One-Way ANOVA)进行多个组间平均数的比较,若组间存在显著性差异($p < 0.05$),采用 Duncan 检验进行组间多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对鸭蛋蛋壳色度的变化情况

为了研究灭菌处理和涂膜处理对鸭蛋表面色度的影响,采用色彩色差仪测定蛋壳表面亮度值 L^* 、红绿值 a^* 及黄蓝值 b^* ,并与对照组作差值得到色度指标的变化量 $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$ (如表 1)。各处理组的鸭蛋壳表面亮度值 L^* 较对照均有所提高,次氯酸钠对红绿值 a^* 、黄蓝值 b^* 有显著性影响($p < 0.05$),这可能与次氯酸钠有氧化性有关;次氯酸钠结合涂膜后红绿值 a^* 与对照组接近,而亮度显著增大($p < 0.05$),从感官角度更光滑亮泽。

2.2 不同处理后的熟制鸭蛋质构的变化情况

不同处理后的熟制鸭蛋的质构较对照组均有一定的影响(如表 2)。次氯酸钠对质构影响较大,硬度和咀嚼度均显著上升($p < 0.05$),弹性显著下降($p < 0.05$)。复合材料涂膜及杀菌结合涂膜法对硬度和咀嚼度略有影响,但不具有显著性差异($p > 0.05$)。

表2 不同处理对鸭蛋质构的影响

Table 2 Effects of different treatments on the texture properties of duck eggs

杀菌方式	硬度(kg)	弹性	咀嚼度(kg)
A	1093.91 ± 11.21 ^a	0.89 ± 0.01 ^a	733.88 ± 3.01 ^a
B	1172.84 ± 10.92 ^c	0.75 ± 0.01 ^b	915.32 ± 0.81 ^b
C	1106.16 ± 3.83 ^{ab}	0.87 ± 0.01 ^a	744.48 ± 1.01 ^a
D	1122.88 ± 1.07 ^{ab}	0.85 ± 0.01 ^a	758.17 ± 1.04 ^a

2.3 鸭蛋贮藏过程中失重率的变化情况

禽蛋在贮藏过程中由于水分流失和内外气体交换,造成质量减小,且随着贮藏时间的延长,禽蛋质量会持续降低。而禽蛋越新鲜,失重率越小^[16]。由图 1 可知,鸭蛋在贮藏过程中随时间的延长,失重率逐渐升高。各组鸭蛋失重率在 14~21 d 贮藏期增加

最明显,在贮藏后期 28~35 d 变化趋于平缓。未经任何处理的对照组鸭蛋在贮藏 35 d 后,失重率高达 $6.00\% \pm 0.42\%$,经次氯酸钠杀菌或聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜均显著降低了鸭蛋的失重率($p < 0.05$),而次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜组鸭蛋的失重率仅为 $2.79\% \pm 0.19\%$,比对照组降低了 53.50%。

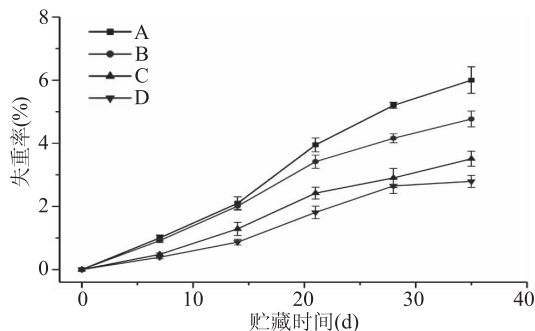


图1 贮藏过程中各组鸭蛋失重率的变化

Fig.1 Changes of weight loss rate of duck eggs in each group during storage process

本研究发现,三种处理方式都显著抑制了鸭蛋贮藏 35 d 失重率的增加($p < 0.05$),而次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜处理的保鲜效果更突出,其失重率显著低于单独的次氯酸钠杀菌和涂膜处理($p < 0.05$),前者可能是由于次氯酸钠能杀灭鸭蛋表面细菌,杀菌后采用聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料密封包装可有效抑制蛋内水分损失以及持续抑制微生物的生长。

2.4 鸭蛋贮藏过程中菌落总数的变化情况

新鲜禽蛋在贮藏过程中由于外界及内部环境变化的影响会受到微生物的污染,菌落总数持续增加,造成腐败变质^[10]。菌落总数是衡量禽蛋新鲜度的重要指标,禽蛋越新鲜,菌落总数越少^[5]。由图 2 可知,随贮藏时间的延长,鸭蛋内容物菌落总数逐渐升高。在 14~28 d 期间,对照组和次氯酸钠杀菌组鸭蛋内容物菌落总数增加最快,而聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜组和次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜组鸭蛋内容物菌落总数在整个贮藏过程中变化都相对较小。对照组和次氯酸钠杀菌组鸭蛋在贮藏 35 d 后,内容物菌落总数分别为 $(8.00 \pm 0.39) \lg \text{cfu/g}$ 和 $(7.03 \pm 0.42) \lg \text{cfu/g}$,经涂膜处理和杀菌结合涂膜处理后均显著降低了鸭蛋内容物菌落总数($p < 0.05$)。

本研究发现,三种处理方式都显著抑制了鸭蛋贮藏 35 d 内容物菌落总数的增加($p < 0.05$),而经次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜处理的保鲜效果更突出,其菌落总数为 $(4.83 \pm 0.42) \lg \text{cfu/g}$,显著低于单独的杀菌和涂膜处理($p < 0.05$)。表明,杀菌结合涂膜处理能在更大程度上抑制微生物的生长。前者可能是由于次氯酸钠在瞬时灭菌及短时抑菌方面效果较好,若要长时抑菌,需采用聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料进行隔氧密封处理。

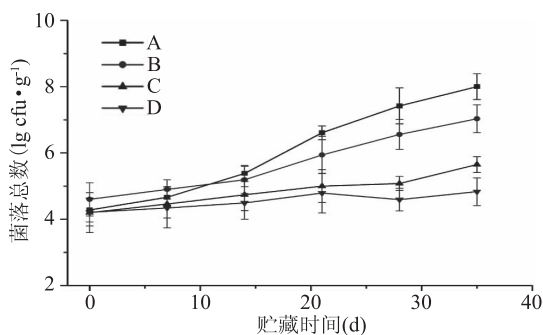


图2 贮藏过程中各组鸭蛋内容物菌落总数的变化

Fig.2 Changes of total plate count of duck egg contents in each group during storage process

2.5 鸭蛋贮藏过程中哈夫单位的变化情况

哈夫单位是根据蛋重和蛋内浓厚蛋白的高度计算出的一项客观衡量蛋品质和新度的指标,是目前国际上对蛋品质评定的公认方法^[16]。哈夫单位在 72 以上的为新鲜蛋,100 为最优,而中等鲜度在 60~72 之间,低于 60 则蛋品质量低劣^[6]。由图 3 可知,鸭蛋在贮藏过程中随时间的延长,哈夫单位逐渐降低。在 28~35 d 期间,各组的哈夫单位降低更明显。对照组鸭蛋在贮藏 35 d 后,哈夫单位由 81.22 ± 5.89 降至 54.42 ± 4.00 ,减小了 33.00%。各组鸭蛋哈夫单位在贮藏前无显著性差异($p > 0.05$),经次氯酸钠杀菌、聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜和次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜处理贮藏 35 d 后,哈夫单位都显著高于对照组($p < 0.05$),分别提高了 14.11%、25.30% 和 39.82%。

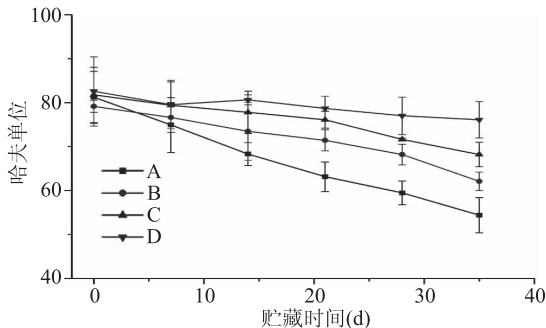


图3 贮藏过程中各组鸭蛋哈夫单位的变化

Fig.3 Changes of Hough units of duck eggs in each group during storage process

本实验研究发现,未经保鲜处理的新鲜鸭蛋在贮藏 14 d 后鲜度明显下降,在 28 d 后降为劣质蛋。经次氯酸钠杀菌或聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜都在一定程度上抑制了鸭蛋哈夫单位的下降,贮藏 21 d 仍能保持新鲜,且在 35 d 时达到中等新鲜标准。次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜处理的保鲜效果更佳,在整个贮藏过程中鸭蛋都保持新鲜,贮藏 35 d 时,鸭蛋的哈夫单位为 76.09 ± 4.15 ,显著高于单独的杀菌和涂膜处理($p < 0.05$)。这可能是由于次氯酸钠仅起到杀灭蛋表面细菌的作用,而聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料可在鸭蛋壳表面形成一层膜,能持续有效地防止外界微生物侵入及二氧化碳、水分进入蛋内的缘故。

2.6 鸭蛋贮藏过程中蛋黄指数的变化情况

蛋黄状况也是衡量禽蛋质量的一项重要指标,常用蛋黄指数来评定蛋的新鲜度。一般新鲜蛋的蛋黄指数大于0.40,普通蛋的蛋黄指数在0.35~0.40之间,而当蛋黄指数小于0.25时,蛋黄膜易破裂并发生散黄现象,蛋品质量较差^[11]。由图4可知,随贮藏时间的延长,鸭蛋蛋黄指数逐渐降低。对照组鸭蛋在贮藏35 d后,蛋黄指数由 0.46 ± 0.06 降至 0.20 ± 0.02 ,减小了56.52%。各组鸭蛋蛋黄指数在贮藏前无显著性差异($p > 0.05$),经次氯酸钠杀菌、聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜和次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜处理贮藏35 d后,蛋黄指数都显著高于对照组($p < 0.05$),分别提高了50.00%、95.00%和100.00%。

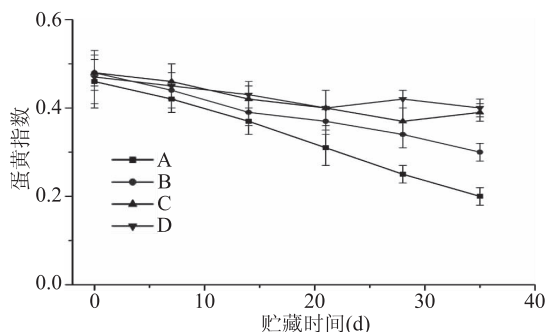


图4 贮藏过程中各组鸭蛋蛋黄指数的变化

Fig.4 Changes of yolk index value of duck eggs in each group during storage process

研究表明,未经保鲜处理的新鲜鸭蛋在贮藏14 d后新鲜度明显下降,在28 d后品质较差。经次氯酸钠杀菌在一定程度上抑制了鸭蛋蛋黄指数的下降,贮藏20 d仍能保持新鲜,且在35 d时蛋黄指数仍大于0.35。单独聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜处理和次氯酸钠杀菌结合涂膜处理的保鲜效果更佳,贮藏35 d时,鸭蛋蛋黄指数仍分别为 0.39 ± 0.02 和 0.40 ± 0.02 ,显著高于单独的杀菌处理($p < 0.05$)。可见聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料是抑制蛋黄指数降低的主要因素,它可防止蛋黄失水、蛋清氧化降解等生化反应造成的蛋黄指数变化。

3 结论

次氯酸钠杀菌结合聚乙烯醇基纳米 SiO_2 复合材料涂膜的方式对鸭蛋质构特性无显著性影响($p > 0.05$),但使蛋壳亮度显著提高($p < 0.05$)、更加洁净有光泽。单独杀菌、单独涂膜和杀菌结合涂膜三种处理方式对鸭蛋均能起到显著的保鲜效果

($p < 0.05$),其中杀菌结合涂膜组保鲜效果最优。鸭蛋贮藏35 d后,杀菌结合涂膜法的失重率较对照组有显著性差异($p < 0.05$),由对照组的6.00%下降到2.79%,内容物菌落总数、哈夫单位和蛋黄指数与贮藏前无显著性差异,仍达到新鲜蛋标准,保鲜效果显著优于单独的杀菌和涂膜处理($p < 0.05$)。

参考文献

- [1] 周有祥,夏虹,彭茂民,等.鲜鸭蛋及其制品的营养成分初步分析[J].湖北农业科学,2009,48(10):2553-2556.
- [2] 唐丽君,邓泽元,范亚苇.加工鸭蛋蛋黄脂类变化的GC分析[J].食品科学,2006,27(12):588-590.
- [3] Kaewmanee T, Benjakul S, Visessanguan W. Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting[J].Food Chemistry,2009,112(3):560-569.
- [4] 李荷丽,刘力,彭义,等.鲜鸭蛋贮藏期卫生质量及其变化规律[J].食品安全,2010,46(24):27-30.
- [5] 龙门,马磊,宋野,等.纳米 $\text{Fe}^{3+}/\text{TiO}_2$ 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.
- [6] 肖然,张华江,迟玉杰,等.几种化学方法对鲜蛋表面杀菌效果的对比研究[J].中国家禽,2013,35(1):25-28.
- [7] 程文杰.气体二氧化氯在鸡蛋杀菌保鲜中的研究[D].无锡:江南大学,2013:6.
- [8] 王耀峰,刘良忠,宫智勇,等.二氧化氯在鲜蛋消毒保鲜中的应用研究[J].食品科学,2008,29(11):632-636.
- [9] 刘文营,王飞,郭立华,等.壳蛋保鲜与液蛋杀菌技术研究进展[J].中国家禽,2012,34(19):45-48.
- [10] 肖然,张华江,迟玉杰,等.不同处理方法对鸡蛋表面消毒效果的比较研究[J].食品工业科技,2013,34(2):129-132.
- [11] 李述刚,刘莉如,张锐利,等.OHAA涂膜保鲜剂对鸡蛋保鲜效果研究[J].食品研究与开发,2011,32(5):146-149.
- [12] 刘会珍.鸡蛋涂膜保鲜工艺的试验研究[D].北京:中国农业大学,2005:10.
- [13] Prasanna V, Prabha T N, Tharanathan R N. Multiple forms of polygalacturonase from mango (*Mangifera indica* L. cv Alphonso) fruit[J].Food Chemistry,2006,95(1):30-36.
- [14] 雷艳雄.PVA基复合包装材料纳米 SiO_2 改性及其对咸鸭蛋保鲜效果的影响[D].南京:南京农业大学,2011:3.
- [15] 梁花兰.聚乙烯醇基涂膜材料及其对咸鸭蛋涂膜保鲜包装效果的研究[D].南京:南京农业大学,2009:12.
- [16] 付星.OHAA复合涂膜剂研制及其对鸡蛋保鲜应用研究[D].武汉:华中农业大学,2010:6.
- [17] 罗晶晶,张仁英,齐晓花,等.黄瓜几丁质酶基因克隆及与白粉病抗性关系的初步研究[J].分子植物育种,2015,13(7):1584-1591.
- [18] 侯晓婉,徐碧玉,胡伟,等.几丁质酶及基因参与水杨酸诱导香蕉枯萎病抗性[J].广东农业科学,2015(7):64-70,2.
- [19] 高丽娟.水杨酸诱导梨抗轮纹病作用机制研究[D].保定:河北农业大学,2013.
- [20] 孙溶溶,彭真,程琳,等.BTH诱导花椰菜对菌核病的抗性研究[J].植物病理学报,2012(3):281-289.
- [21] 吴芳芳,郑有飞,万长健,等.UV-B辐射增强对苹果采后炭疽病发病情况和抗病相关酶活性的影响[J].生态环境,2008(3):962-965.

(上接第294页)

- [15] 罗晶晶,张仁英,齐晓花,等.黄瓜几丁质酶基因克隆及与白粉病抗性关系的初步研究[J].分子植物育种,2015,13(7):1584-1591.
- [16] 侯晓婉,徐碧玉,胡伟,等.几丁质酶及基因参与水杨酸诱导香蕉枯萎病抗性[J].广东农业科学,2015(7):64-70,2.
- [17] 高丽娟.水杨酸诱导梨抗轮纹病作用机制研究[D].保