

贮藏温度-时间变化对壳蛋新鲜度影响研究

戴 妍, 杨 兵, 蒋文明, 李文天, 杜环兴, 张 静, 常海军

Study on the Effect of Storage Temperature-Time Changes on Shell Egg Freshness

DAI Yan, YANG Bing, JIANG Wenming, LI Wentian, DU Huanxing, ZHANG Jing, and CHANG Haijun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022010079>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同冷冻温度对鲱鱼理化指标及新鲜度的影响

Effects of Different Freezing Temperatures on Physicochemical Properties and Freshness of Spanish Mackerel

食品工业科技. 2018, 39(21): 258-262

双重指示标签对鲤鱼新鲜度的实时监测

On-package Dual Indicating Label for Real-time Monitoring the Freshness of *Cyprinus carpio*

食品工业科技. 2020, 41(12): 197-200,233

鱼新鲜度对其烤鱼片中晚期糖基化终末产物形成的影响

Effect of Fish Freshness on the Formation of Advanced Glycation End-products(AGEs)in Grilled Fish Fillets

食品工业科技. 2020, 41(17): 13-18,31

EGCG对冷藏金鲳鱼鱼片新鲜度品质的影响

Influence of EGCG on preservation of golden pompano fillets during cold storage

食品工业科技. 2017(17): 255-259

颜色指示型智能包装监测生鲜肉新鲜度的研究进展

Research Advances in Application of Color Indicator Intelligent Packaging for Monitoring Freshness of Raw Meat

食品工业科技. 2020, 41(6): 318-324

壳蛋品质质量分级技术的研究进展和发展趋势

Development and trend of technologies for shell-egg grading

食品工业科技. 2018, 39(7): 340-347



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

戴妍, 杨兵, 蒋文明, 等. 贮藏温度-时间变化对壳蛋新鲜度影响研究 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(18): 359–364. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010079

DAI Yan, YANG Bing, JIANG Wenming, et al. Study on the Effect of Storage Temperature-Time Changes on Shell Egg Freshness[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(18): 359–364. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010079

· 贮运保鲜 ·

贮藏温度-时间变化对壳蛋新鲜度影响研究

戴妍¹, 杨兵¹, 蒋文明¹, 李文天¹, 杜环兴¹, 张静¹, 常海军^{2,*}

(1. 重庆化工职业学院, 环境与质量检测学院, 重庆 401228;

2. 重庆工商大学环境与资源学院, 重庆市特色农产品加工储运工程技术研究中心, 重庆 400067)

摘要: 该文以新鲜罗曼粉壳蛋为研究对象, 研究 5 个贮藏温度-时间变化组壳蛋新鲜度指标变化, 分别于 0、10、20、30 d 检测所有实验组壳蛋失重率、气室高度、哈夫单位、蛋黄指数、浓稀蛋白比、蛋清 pH。结果表明, 贮藏期间壳蛋失重率、气室高度和蛋清 pH 显著升高 ($P<0.05$), 哈夫单位、蛋黄指数和浓稀蛋白比显著下降 ($P<0.05$)。贮藏 20 d 时, 处理组 5 壳蛋哈夫单位和蛋黄指数显著高于 ($P<0.05$) 对照组 1、处理组 1、处理组 2 和处理组 3, 而失重率、气室高度、蛋清 pH 较低 ($P<0.05$)。贮藏 30 d 时, 处理组 5 壳蛋失重率和气室高度显著低于对照组 1、处理组 1 和处理组 3 ($P<0.05$), 蛋黄指数显著高于对照组 1、处理组 2、处理组 3、处理组 4 ($P<0.05$)。除失重率、哈夫单位外, 对照组 2 与处理组 5 壳蛋新鲜度指标整体差别不大。因此, 除了壳蛋自身品质外, 需要尽可能延长低温 (4 ℃) 贮藏时间, 延缓壳蛋新鲜度指标劣变。

关键词: 贮藏温度, 时间变化, 壳蛋, 新鲜度

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)18-0359-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022010079

本文网刊:



Study on the Effect of Storage Temperature-Time Changes on Shell Egg Freshness

DAI Yan¹, YANG Bing¹, JIANG Wenming¹, LI Wentian¹, DU Huanxing¹, ZHANG Jing¹, CHANG Haijun^{2,*}

(1. Department of Environmental and Quality Inspection, Chongqing Chemical Industry

Vocational College, Chongqing 401228, China;

2. College of Environment and Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing Engineering Research Center for Processing, Storage and Transportation of Characterized Agro-Products, Chongqing 400067, China)

Abstract: In this research the effects of egg freshness during 5 storage temperature-time change treatments were investigated. The weight loss, gas chamber height, Haugh unit, yolk index, thick-to-thin albumen ratio and albumen pH of all experiment group shell eggs stored either for 0, 10, 20 and 30 days were individually evaluated. The results showed that weight loss, gas chamber height and albumen pH of all shell eggs significantly ($P<0.05$) increased, while Haugh unit, yolk index and thick-to-thin albumen ratio significantly ($P<0.05$) decreased during storage. The shell eggs of treatment group 5 stored for 20 days, had significant ($P<0.05$) higher Haugh unit and yolk index, while lower weight loss, gas chamber height and albumen pH than those obtained by control 1, treatment group 1, group 2 and group 3. The shell eggs of treatment group 5 stored for 30 days, had significantly ($P<0.05$) lower values of weight loss and gas chamber height than those obtained by control group 1 as well as treatment group 1 and group 3, while had significantly ($P<0.05$) higher contents of yolk index compared with treatment group 2, group 3, group 4 and control group 1 shell eggs. The freshness of shell eggs in treatment group 5 was similar to that of control group 2 during storage. Therefore, In addition to individual quality of shell eggs, lower temperature (4 ℃) for longer time storage may prolong freshness deteriorations of shell eggs.

收稿日期: 2021-08-26

基金项目: 重庆市自然科学基金面上项目 (cstc2019jcyjmsxmX0472); 重庆市教委科学技术研究计划项目 (KJQN202000817, KJQN201804504)。

作者简介: 戴妍 (1986-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 畜产品加工与质量控制, E-mail: daiyanshuhuhu@163.com。

* 通信作者: 常海军 (1980-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 畜产品加工理论与技术和畜产品品质及质量控制, E-mail: changhj_909@163.com。

Key words: storage temperature; time changes; shell eggs; freshness

壳蛋是一种高营养价值食品,它的氨基酸模式与人体更为接近,富含易被人体消化吸收的蛋白质、脂肪,除了能给人体提供必需氨基酸和脂质,它还能提供丰富的维生素、矿物质和抗菌酶类等^[1]。壳蛋、液蛋、蛋制品消费市场遍布全球,它已经成为现代饮食的重要、不可或缺的组成部分^[2]。壳蛋在贮藏过程中,会伴随着复杂的物理、化学和生理生化变化,易受到微生物污染,导致食用品质劣变。壳蛋新鲜度是衡量壳蛋品质最重要的参数之一,如蛋清 pH、失重率、哈夫单位是衡量新鲜度的关键指标,贮藏温度^[3]、时间^[4]、运输^[5]、包装^[6]、相对湿度^[7]、后续加工方式等^[8]都会影响壳蛋新鲜度指标,最终引起壳蛋品质下降。

近年来,关于壳蛋新鲜度方面的研究,主要集中于贮藏、运输、杀菌等方面。例如, Huang 等^[9]分析壳蛋在 37 ℃ 贮藏 12 d 时,浓厚和稀薄蛋清蛋白液的生理生化、功能特性和分子结构的差异性,认为贮藏时间会显著影响蛋清蛋白结构和功能特性。Keener 等^[10]分析 2 种壳蛋(Hyline W36 和 Bovans White)在贮藏 0、7 周时,贮藏温度为 5、13 和 23 ℃ 时壳蛋新鲜度指标的差异性,发现哈夫单位在贮藏 7 周时下降明显。Samli 等^[11]分析老母鸡壳蛋在贮藏时间为 2、5、10 d,贮藏温度为 5、21、29 ℃ 时食用品质的差异性,认为老母鸡(50 周龄)生产的壳蛋品质下降明显。杜美兰等^[12]建立质构特性无损检测鸡蛋新鲜程度的方法,建立哈夫单位与贮藏时间、蛋清 pH 与贮藏时间的回归方程。Wang 等^[13]研究 0.5% 和 3% H₂ 气调包装对 25 ℃、0~25 d 壳蛋品质及货架期的影响,认为 H₂ 气调贮藏可以延长壳蛋货架期。张清等^[14]研究壳蛋在贮藏 30 d 时哈夫值、蛋黄指数、pH、脂肪氧化等变化规律,认为随着贮藏时间的延长,鸡蛋新鲜度(即哈夫值)和蛋黄指数呈下降趋势,蛋清 pH 逐渐升高,脂肪氧化加剧。由此可见,大多数研究主要限于同一因素(壳蛋种类、破损情况、包装形式、贮藏温度)对壳蛋贮藏品质(新鲜度)的影响,比如仅限于研究单一贮藏温度对贮藏期壳蛋品质的影响,对于贮藏温度出现波动的情况,国内外仍然鲜有研究。

目前,部分中小型蛋品生产企业、消费市场和绝大多数家庭,仍然习惯室温贮藏壳蛋,或者先期采用室温贮藏壳蛋,后期采用冷藏库(家用冰箱)贮藏壳蛋。无论是室温贮藏还是先常温后冷藏的方式,贮藏温度都会随着环境温度的改变呈现一定的波动性。因此,需要更多的基础工作来探明贮藏温度波动对壳蛋新鲜度指标的影响。

本文在前人研究的基础上,设计了一组试验,以单一常温贮藏温度(20 ℃)、单一低温贮藏温度(4 ℃)为对照组 1 和对照组 2,深入研究 5 组贮藏温度-时间变化处理对壳蛋新鲜度指标(失重率、气室高度、哈夫单位、蛋黄指数、浓稀蛋白比、蛋清 pH)的影响,以期为今后壳蛋贮藏保鲜提供更多基础理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜罗曼粉壳蛋 重庆市长寿区可美禽蛋销售中心提供;标准筛网(规格 40 目) 三信汇一家局专卖店。

WANTE 电子天平 杭州万特衡器有限公司;AD200L-P 实验室分散均质机 上海昂尼仪器仪表有限公司;PHS-3C 台式酸度计 上海仪电科学仪器股份有限公司;BCD-606WKPZM 双开门控温冰箱 美的集团;LBI-150 生化培养箱 上海龙跃。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 将购买的新鲜壳蛋 280 枚,逐个编号,并分为 7 个实验组,每组 40 枚鸡蛋,由表 1 所示。所有 7 个实验组壳蛋每隔 10 d 随机取 4 枚测试各项指标。

1.2.2 失重率的测定 依次测量初始鸡蛋质量,记为 m_1 。贮藏一定时间后的鸡蛋质量,记为 m_2 ,代入公式(1)求得失重率^[15]。

$$\text{失重率}(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \quad \text{式(1)}$$

1.2.3 气室高度的测定 将鸡蛋钝端标记、用一个细针钻孔,而后小心深入游标卡尺,直至卡尺顶端垂直接触蛋清内膜,读取数值 $h(\text{mm})$,记录为气室高

表 1 各实验组壳蛋分组

Table 1 The groups of the experiment shell eggs

实验分组	名称
对照组 1	将鸡蛋放于 20 ℃ 生化培养箱中贮藏 30 d (20 ℃ 30 d)
处理组 1	将鸡蛋放于 4 ℃ 冰箱中贮藏 5 d, 取出放于 20 ℃ 生化培养箱中贮藏 25 d (4 ℃ 5 d/20 ℃ 25 d)
处理组 2	将鸡蛋放于 4 ℃ 冰箱中贮藏 10 d, 取出放于 20 ℃ 生化培养箱中贮藏 20 d (4 ℃ 10 d/20 ℃ 20 d)
处理组 3	将鸡蛋放于 4 ℃ 冰箱中贮藏 15 d, 取出放于 20 ℃ 生化培养箱中贮藏 15 d (4 ℃ 15 d/20 ℃ 15 d)
处理组 4	将鸡蛋放于 4 ℃ 冰箱中贮藏 20 d, 取出放于 20 ℃ 生化培养箱中贮藏 10 d (4 ℃ 20 d/20 ℃ 10 d)
处理组 5	将鸡蛋放于 4 ℃ 冰箱中贮藏 25 d, 然后取出放于 20 ℃ 生化培养箱中贮藏 5 d (4 ℃ 25 d/20 ℃ 5 d)
对照组 2	将鸡蛋放于 4 ℃ 冰箱中贮藏 30 d (4 ℃ 30 d)

度^[5]。

1.2.4 哈夫单位的测定 鸡蛋称重,记录数据 $M(\text{g})$,而后磕开,将鸡蛋内容物全部轻倒入玻璃板上,使用游标卡尺测得距离蛋黄 1 cm 处(避开系带)浓蛋白高度 $H(\text{mm})$,代入下列公式(2),求得哈夫单位(Haugh unit, HU)^[5,16]。

$$\text{HU} = 100 \times \lg[H + 7.57 - 1.7 \times M^{0.37}]$$

式 (2)

1.2.5 蛋黄指数的测定 鸡蛋磕开后,将鸡蛋内容物全部轻倒入玻璃板上,使用游标卡尺测得蛋黄高度 $H(\text{cm})$ 。

和横向直径 $D(\text{cm})$,代入下列公式(3),求得蛋黄指数(Yolk index, YI)^[7,17]。

$$\text{蛋黄指数}(\%) = \frac{H}{D}$$

式 (3)

1.2.6 浓稀蛋白比的测定 该指标参考文献 [5,18],略有改动。将蛋壳横向磕破后,分离并弃去蛋黄和系带,称量总蛋白质量 $m_1(\text{g})$,将总蛋白全部倒入 40 目筛中,过滤并分离稀薄蛋白,记录稀薄蛋白质量 $m_2(\text{g})$ 。代入下列公式(4),测得浓稀蛋白比。

$$\text{浓稀蛋白比} = \frac{m_1 - m_2}{m_2}$$

式 (4)

1.2.7 蛋清 pH 的测定 该指标参考文献 [6,19–20],分离蛋清、蛋黄,用玻璃棒将蛋清搅匀后(弃去系带),使用均质机以 10000 r/min 的转速将蛋清均质 10 s 后,用 pH 计测定蛋清样品的 pH。

1.3 数据处理

在所有实验中,每项指标均测定 4 组平行值,实验结果以平均值±标准误差(SE)的方式表示。用 SPSS 16.0 数据分析软件对各指标进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并采取多重比较法, $P<0.05$ 代表该指标存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 贮藏温度-时间变化对贮藏期间壳蛋失重率的影响

壳蛋失重率受到母鸡年龄、鸡蛋品种和贮藏条件等诸多因素影响^[21]。由表 2 可知,随着贮藏时间的延长,所有实验组鸡蛋失重率呈现显著上升的趋势($P<0.05$)。当贮藏时间达到 30 d 时,所有实验组鸡蛋失重率达到 3.26%~6.51%,显著高于贮藏 10 和 20 d 实验组壳蛋失重率($P<0.05$)。贮藏壳蛋蛋清中所含的水分和 CO_2 会从多孔的蛋壳中逸出,伴随壳蛋失重率的增加^[22]。牡丹萌等^[5]、尤子牵等^[6]、Caner 等^[22] 也认为随着贮藏时间的延长,壳蛋失重率都会呈现出不同程度的增加,对照组 1 壳蛋失重率增加更为明显。在贮藏过程中,对照组 2(0.84%~3.26%)和处理组 5(1.28%~4.29%)失重率是所有实验组中最低的两组,显著低于($P<0.05$)处理组 3(1.55%~6.36%)和对照组 1(2.35%~6.51%)。因此,除了壳蛋自身情况,通过延长前期低温(4 ℃)贮藏时间可以控制壳蛋失重率。同样, Jones 等^[23] 也发现,低温(4 ℃)

贮藏组壳蛋的失重率低于常温(22 ℃)贮藏组,低温贮藏有助于延缓壳蛋失重情况。

表 2 各实验组壳蛋贮藏期间失重率变化

Table 2 Changes of weight loss in experiment group shell eggs during storage

贮藏条件	失重率(%)			
	0 d	10 d	20 d	30 d
对照组1	—	2.35±0.08 ^{aA}	4.76±0.12 ^{bB}	6.51±0.13 ^{dC}
处理组1	—	1.34±0.04 ^{baA}	3.21±0.10 ^{eb}	5.61±0.10 ^{cC}
处理组2	—	1.38±0.04 ^{baA}	2.76±0.04 ^{db}	5.76±0.04 ^{cC}
处理组3	—	1.55±0.02 ^{dA}	2.25±0.03 ^{bB}	6.36±0.16 ^{dC}
处理组4	—	1.45±0.02 ^{cdA}	1.97±0.02 ^{bB}	4.54±0.08 ^{bC}
处理组5	—	0.84±0.05 ^{aA}	1.69±0.04 ^{aB}	3.26±0.07 ^{aC}
对照组2	—	1.28±0.01 ^{bA}	2.03±0.01 ^{bB}	4.29±0.04 ^{bC}

注:同行肩标不同大写字母者(A~C)表示在0.05水平差异显著;同列肩标不同小写字母者(a~f)表示在0.05水平差异显著;表3~表7同。

2.2 贮藏温度-时间变化对贮藏期间壳蛋气室高度的影响

气室位于壳蛋钝端,在产蛋后随着蛋温下降,蛋白及蛋黄浓缩,在蛋黄膜和外壳膜之间形成一定的空隙,气室高度作为预测壳蛋新鲜度的重要指标之一,他一般随着贮藏时间的延长,蛋内水分、 CO_2 流失而逐渐变大^[15,24–25]。由表 3 可知,0 d 所有实验组壳蛋气室高度无显著性差异($P>0.05$)。随着贮藏时间的延长,各处理组壳蛋气室高度显著增大($P<0.05$),气室高度由 0 d(4.13~4.58 mm)增加到 30 d(11.55~14.83 mm)。根据文献 [15],0 d 采样的壳蛋气室高度达到特级(<4 mm)、一级鸡蛋的标准(<6 mm),贮藏 10 d 时,试验壳蛋气室高度勉强达到二级鸡蛋标准(<8 mm),当贮藏时间为 20 和 30 d 时,试验壳蛋气室高度达不到三级鸡蛋标准(<9.5 mm)。贮藏 20 d 时处理组 5 和对照组 2 的气室高度(8.15、8.88 mm)显著低于($P<0.05$)对照组 1、处理组 1 和处理组 2(10.48~11.95 mm),贮藏 30 d 时,处理组 5 和对照组 2 的气室高度(11.55、12.73 mm)显著低于($P<0.05$)对照组 1(14.83 mm);在贮藏温度-时间变化处理组中,处理组 5 的气室高度显著低于($P<0.05$)其他处理组(除处理组 2)。因此壳蛋低温(4 ℃)贮藏对于

表 3 各实验组壳蛋贮藏期间气室高度变化

Table 3 Changes of air space height in experiment group shell eggs during storage

贮藏条件	气室高度(mm)			
	0 d	10 d	20 d	30 d
对照组1	4.35±0.16 ^{aA}	7.63±0.21 ^{dB}	11.95±0.05 ^{dC}	14.83±0.18 ^{cD}
处理组1	4.55±0.21 ^{aA}	7.38±0.17 ^{cdB}	10.63±0.13 ^{cC}	12.98±0.88 ^{bD}
处理组2	4.30±0.07 ^{aA}	7.55±0.43 ^{dB}	10.48±0.53 ^{cC}	12.50±0.35 ^{abD}
处理组3	4.13±0.09 ^{aA}	6.70±0.18 ^{abCB}	9.08±0.08 ^{bC}	13.25±0.15 ^{bD}
处理组4	4.43±0.15 ^{aA}	6.15±0.18 ^{aB}	9.15±0.10 ^{bC}	13.55±0.32 ^{bD}
处理组5	4.58±0.30 ^{aA}	6.98±0.17 ^{bcdB}	8.15±0.09 ^{aC}	11.55±0.29 ^{abD}
对照组2	4.25±0.15 ^{aA}	6.33±0.29 ^{abB}	8.88±0.14 ^{bC}	12.73±0.16 ^{abD}

延缓气室高度增加发挥了非常重要的作用,随着贮藏温度的升高与贮藏期的延长,气室也会随之快速增大^[26]。前期低温贮藏时间越长,可能会减缓贮藏期壳蛋气室高度增加。

2.3 贮藏温度-时间变化对贮藏期间壳蛋哈夫单位的影响

哈夫单位是衡量蛋清品质的重要标志^[27],由表 4 可知,0 d 所有实验组壳蛋哈夫单位无显著性差异($P>0.05$)。随着贮藏时间的延长,所有实验组壳蛋的哈夫单位呈现逐步下降($P<0.05$)的趋势。文献^[11,15,20]的研究同样认为,壳蛋哈夫单位随着贮藏期的延长而逐步下降。壳蛋贮藏 10、20 d 时,处理组 5 和对照组 2 的哈夫单位(74.15~82.09)显著高于($P<0.05$)对照组 1 和处理组 2(60.74~70.29),贮藏 20 d 时,处理组 5 的哈夫单位(81.91)显著高于($P<0.05$)处理组 1、处理组 2 和处理组 3。贮藏 30 d 时,对照组 2 的哈夫单位(78.99)显著高于($P<0.05$)所有其他处理组(47.12~69.30),KEENER K M 等^[28]也发现,温度变化对于新鲜鸡蛋的哈夫单位影响不大,但随着贮藏时间的延长,壳蛋哈夫单位可能会受到贮藏时间、贮藏温度交互影响,整体呈现减小的趋势。

表 4 各处理组壳蛋贮藏期间哈夫单位变化

Table 4 Changes of Haugh unit in treatment group shell eggs during storage

贮藏条件	哈夫单位			
	0 d	10 d	20 d	30 d
对照组1	83.25±1.70 ^{aC}	67.28±4.02 ^{aB}	64.66±0.55 ^{abB}	47.12±2.93 ^{aA}
处理组1	81.93±0.65 ^{aC}	70.29±1.03 ^{aB}	60.74±1.34 ^{aA}	60.25±0.56 ^{bcA}
处理组2	86.62±2.09 ^{aA}	82.56±1.13 ^{aA}	88.78±7.13 ^{aA}	56.88±2.55 ^{bB}
处理组3	84.50±1.23 ^{aB}	74.91±1.05 ^{abcA}	71.67±0.50 ^{bcA}	69.30±3.80 ^{dA}
处理组4	84.78±2.07 ^{aB}	73.85±4.48 ^{abA}	73.26±0.87 ^{bcdA}	66.11±1.64 ^{cdA}
处理组5	82.51±1.66 ^{aB}	80.54±0.67 ^{bcB}	81.91±1.32 ^{deB}	62.59±1.55 ^{bcdA}
对照组2	83.07±1.12 ^{aB}	82.09±1.09 ^{cB}	74.15±1.59 ^{cdA}	78.99±1.36 ^{eB}

2.4 贮藏温度-时间变化对贮藏期间壳蛋蛋黄指数的影响

蛋黄指数也是衡量蛋品新鲜度的另一个重要参数^[19]。由表 5 可知,0 d 所有实验组壳蛋蛋黄指数无显著性差异($P>0.05$)。随着贮藏时间的延长,所有实验组壳蛋蛋黄指数呈现显著下降($P<0.05$)的趋势。处理组 5 在贮藏 0~20 d 时的蛋黄指数(0.45~0.47)整体偏差不大,显著高于($P<0.05$)贮藏 30 d 时的蛋黄指数(0.39)。新鲜壳蛋的蛋黄指数通常高于 0.4,在贮藏过程中蛋黄指数逐步减小^[19]。

当贮藏时间为 20、30 d 时,处理组 5(0.39~0.45)和处理组 1 的蛋黄指数(0.38~0.42)相对较高,处理组 5 蛋黄指数显著高于($P<0.05$)除处理组 1 以外的其他处理组。贮藏温度 $>5^{\circ}\text{C}$,可能会引起壳蛋蛋黄指数下降^[11,23]。相比低温(4°C)贮藏,常温($\geq$

表 5 各实验组壳蛋贮藏期间蛋黄指数变化

Table 5 Changes of yolk index in experiment group shell eggs during storage

贮藏条件	蛋黄指数			
	0 d	10 d	20 d	30 d
对照组1	0.46±0.01 ^{aD}	0.33±0.01 ^{aC}	0.28±0.01 ^{aB}	0.24±0.01 ^{aA}
处理组1	0.47±0.01 ^{aC}	0.43±0.01 ^{bB}	0.42±0.00 ^{dB}	0.38±0.00 ^{dA}
处理组2	0.44±0.01 ^{aC}	0.44±0.01 ^{bC}	0.36±0.01 ^{bB}	0.28±0.01 ^{bA}
处理组3	0.45±0.01 ^{aB}	0.45±0.01 ^{bB}	0.35±0.01 ^{bA}	0.32±0.02 ^{cA}
处理组4	0.46±0.01 ^{aC}	0.44±0.02 ^{bC}	0.36±0.01 ^{bB}	0.30±0.01 ^{bcA}
处理组5	0.47±0.01 ^{aC}	0.45±0.01 ^{bB}	0.45±0.01 ^{BC}	0.39±0.01 ^{dA}
对照组2	0.45±0.01 ^{aC}	0.41±0.01 ^{bB}	0.38±0.01 ^{cAB}	0.36±0.01 ^{dA}

20°C)贮藏可能进一步促进蛋白中水分更多地向蛋黄渗透,引起蛋黄吸水加剧,蛋黄膜弹性降低,蛋黄指数减少^[5,14]。KEENER K M^[28]认为,贮藏壳蛋蛋黄指数可能不如哈夫单位变化更为明显,整体变化幅度不大,与本文研究结论相似。

2.5 贮藏温度-时间变化对贮藏期间壳蛋浓稀蛋白比的影响

浓稀蛋白比是衡量壳蛋蛋白品质的重要参数^[29-30],由表 6 可知,0 d 所有实验组壳蛋浓稀蛋白比无显著性差异($P>0.05$)。各处理组壳蛋随着贮藏时间的延长,浓稀蛋白比呈现显著下降($P<0.05$)的趋势。0 d 所有实验组的浓稀蛋白比(1.13~1.32)显著高于($P<0.05$)贮藏 20 和 30 d 的实验组(0.56~0.82; 0.56~0.77)。FEDDERN V^[31]和 TŮMOVÁ E^[32]认为,贮藏壳蛋随着 pH 升高和 H_2CO_3 的形成,蛋清中的浓厚蛋白逐渐降解,失去胶体状结构而形成更多水样化的稀蛋白,从而引起浓稀蛋白比的降低。当贮藏 0~20 d 时,对照组 1 的浓稀蛋白比最低,贮藏 10 d 时,处理组 3 和处理组 4 浓稀蛋白比显著高于($P<0.05$)处理组 1。而其他处理组之间浓稀蛋白比整体差异不大。贮藏 30 d 时,处理组 2、处理组 4、处理组 5、对照组 2 浓稀蛋白比(0.72~0.77)显著高于($P<0.05$)对照组 1 和处理组 1(0.56、0.57)。贮藏温度的升高可能与壳蛋浓稀蛋白比存在负相关关系^[33],如果前期低温(4°C)冷藏时间过短(0~5 d),可能会

表 6 各实验组壳蛋贮藏期间浓稀蛋白比变化

Table 6 Changes of thick-to-thin albumen ratio in experiment group shell eggs during storage

贮藏条件	浓稀蛋白比			
	0 d	10 d	20 d	30 d
对照组1	1.27±0.07 ^{aC}	0.84±0.07 ^{aB}	0.56±0.03 ^{aA}	0.57±0.05 ^{aA}
处理组1	1.17±0.09 ^{aC}	0.90±0.03 ^{abB}	0.75±0.02 ^{bB}	0.56±0.04 ^{aA}
处理组2	1.21±0.04 ^{aC}	1.07±0.01 ^{bcB}	0.71±0.06 ^{abA}	0.76±0.01 ^{bA}
处理组3	1.28±0.06 ^{aB}	1.14±0.10 ^{cB}	0.75±0.03 ^{bA}	0.65±0.06 ^{abA}
处理组4	1.32±0.06 ^{aC}	1.11±0.07 ^{cB}	0.79±0.05 ^{bA}	0.77±0.03 ^{bA}
处理组5	1.13±0.05 ^{aC}	0.95±0.11 ^{abcB}	0.82±0.06 ^{bA}	0.76±0.02 ^{bA}
对照组2	1.25±0.07 ^{aC}	1.03±0.05 ^{bcB}	0.74±0.09 ^{bA}	0.72±0.04 ^{bA}

加快贮藏期壳蛋浓蛋白降解速度,引起浓稀蛋白比下降。

2.6 贮藏温度-时间变化对贮藏期间壳蛋蛋清 pH 的影响

蛋清 pH 是衡量壳蛋品质的重要指标之一^[20]。母鸡产卵阶段,蛋清 pH $\approx$ 7.6,当产卵完成后进入贮藏期,壳蛋中 CO₂ 随之逸出蛋壳,蛋清 pH 升高(最高达到 9),蛋清 pH 上升会受到贮藏时间、贮藏温度、气体微环境、壳蛋电导率等诸多因素影响,可能起到保护蛋内容物不受微生物污染的作用^[34]。由表 7 可知,0 d 所有实验组壳蛋 pH 无显著性差异($P>0.05$)。随着贮藏时间的延长,各实验组壳蛋的蛋清 pH 呈现显著上升($P<0.05$)的趋势。0 d 各实验组壳蛋蛋清 pH(8.47~8.57)显著高于($P<0.05$)贮藏 10~30 d 各实验组(8.62~9.02),与文献 [6,12] 的研究结论类似。贮藏 10 d 时,处理组 1 壳蛋 pH(8.99)显著高于($P<0.05$)其他实验组(8.62~8.67)。贮藏 20 d 时,处理组 1 和处理组 2 的 pH(8.99、9.01)显著高于($P<0.05$)其他各实验组(8.64~8.89)。贮藏 30 d 时,对照组 2 壳蛋 pH(8.75)显著低于($P<0.05$)其他各处理组(8.96~9.02),所有处理组之间壳蛋 pH 差异不大。贮藏时间和贮藏温度的协同作用可能会引起蛋清 pH 上升^[35],由于各处理组的贮藏温度有所提升(先冷藏再常温贮藏),从而使更多蛋内容物中水分与 CO₂ 蒸发,引起蛋清 pH 上升。贮藏期间蛋清 pH 的升高,可能预示壳蛋品质的下降^[35-36]。

表 7 各实验组壳蛋贮藏期间蛋清 pH 变化

Table 7 Changes of albumen pH in experiment group shell eggs during storage

贮藏条件	pH			
	0 d	10 d	20 d	30 d
对照组1	8.47 $\pm$ 0.01 ^{aA}	8.65 $\pm$ 0.01 ^{abB}	8.89 $\pm$ 0.03 ^{bC}	8.97 $\pm$ 0.01 ^{bD}
处理组1	8.55 $\pm$ 0.05 ^{aA}	8.99 $\pm$ 0.01 ^{cB}	8.99 $\pm$ 0.01 ^{cB}	8.99 $\pm$ 0.01 ^{bB}
处理组2	8.48 $\pm$ 0.02 ^{aA}	8.62 $\pm$ 0.01 ^{aB}	9.01 $\pm$ 0.03 ^{cC}	8.97 $\pm$ 0.01 ^{bC}
处理组3	8.51 $\pm$ 0.04 ^{aA}	8.62 $\pm$ 0.01 ^{abB}	8.94 $\pm$ 0.00 ^{bC}	8.96 $\pm$ 0.01 ^{bC}
处理组4	8.49 $\pm$ 0.04 ^{aA}	8.67 $\pm$ 0.01 ^{bB}	8.68 $\pm$ 0.01 ^{aB}	9.02 $\pm$ 0.01 ^{cC}
处理组5	8.57 $\pm$ 0.03 ^{aA}	8.67 $\pm$ 0.02 ^{abB}	8.64 $\pm$ 0.01 ^{aB}	8.96 $\pm$ 0.02 ^{bC}
对照组2	8.49 $\pm$ 0.00 ^{aA}	8.63 $\pm$ 0.03 ^{abB}	8.68 $\pm$ 0.02 ^{aB}	8.75 $\pm$ 0.01 ^{aC}

3 结论

该研究模拟现实生产生活中壳蛋常用贮藏方式,以单一低温(4℃)贮藏 30 d、单一常温(20℃)贮藏 30 d 为对照组 1 和对照组 2,深入研究 5 个贮藏温度-时间变化处理组壳蛋新鲜度指标变化,检测的新鲜度指标包括失重率、气室高度、哈夫单位、蛋黄指数、浓稀蛋白比、蛋清 pH,在指导壳蛋贮藏的基础上,进一步提升壳蛋贮藏品质。结果表明,随着贮藏时间的延长,所有组失重率、气室高度、蛋清 pH 显著升高($P<0.05$),哈夫单位、蛋黄指数和浓稀蛋白比显著下降($P<0.05$),处理组 5 与对照组 2 壳蛋新鲜

度指标更为接近,它是所有 5 组贮藏温度-时间变化处理组中最好的一组。因此,在实际壳蛋贮藏过程中,如果贮藏期按 30 d 计算,除了壳蛋自身情况外,延长低温(4℃)贮藏时间(25~30 d),可能有助于延缓壳蛋品质劣变。

参考文献

- [1] ZHOU X, LIU L, WANG L, et al. Proteomic study of Chinese black-bone silky fowl and the ring-necked pheasant egg white by iTRAQ technique[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2021: 111936.
- [2] CHOUSALKAR K K, KHAN S, MCWHORTER A R. Microbial quality, safety and storage of eggs[J]. *Current Opinion in Food Science*, 2021, 38: 91-95.
- [3] QUAN C, XI Q, SHI X, et al. Development of predictive models for egg freshness and shelf-life under different storage temperatures[J]. *Food Quality and Safety*, 2021, 5: 1-7.
- [4] 隆佳惠, 季荷, 刘浩威, 等. 超声协同次氯酸钠处理对鸡蛋室温贮藏过程中品质的影响[J]. *食品与发酵科技*, 2021, 57(3): 60-67. [LONG Jiahui, Ji He, Liu Haowei, et al. Effect of ultrasound combined with sodium hypochlorite treatment on the quality of eggs during storage at room temperature[J]. *Food and Fermentation Sciences & Technology*, 2021, 57(3): 60-67.]
- [5] 牡丹萌, 王凤诺, 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, 39(5): 26-29, 33. [DU Danmeng, WANG Fengnuo, WANG Shiping. The laws of the egg freshness change with storage conditions[J]. *Food Science and Technology*, 2014, 39(5): 26-29, 33.]
- [6] 尤子牵, 李冰雁, 贾飞, 等. 运输后贮藏过程中鸡蛋品质变化的研究[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(17): 279-285. [YOU Ziqian, Li Bingyan, Jia Fei, et al. Study on hen egg quality during storage after transportation[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(17): 279-285.]
- [7] 叶玲, 黄小红, 杨凌君, 等. 贮藏方式及时间对不同颜色鸡蛋品质的影响研究[J]. *中国饲料*, 2020(9): 52-58. [YE Ling, HUANG Xiaohong, YANG Lingjun, et al. Study on the effect of storage method and time on the quality of eggs of different colors[J]. *China Feed*, 2020(9): 52-58.]
- [8] 黄群, 马美湖, 金永国, 等. 贮存条件对蛋清 S-卵白蛋白形成的影响[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(5): 288-292. [HUANG Qun, MA Meihu, Jin Yongguo, et al. Effect of storage condition on S-ovalbumin formation in albumen[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(5): 288-292.]
- [9] HUANG Q, LIU L, WU Y, et al. Mechanism of differences in characteristics of thick/thin egg whites during storage: Physicochemical, functional and molecular structure characteristics analysis[J]. *Food Chemistry*, 2021, 369(2): 130828.
- [10] KEENER K M, MCAVOY K C, FOEGEDUNG J B, et al. Effect of testing temperature on internal egg quality measurements[J]. *Poultry Science*, 2012, 91(2): 468-477.
- [11] SAMLI H E, AGMA A, SENKOYLU N. Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens[J]. *Journal of Applied Poultry Research*, 2005, 14(3): 548-553.
- [12] 杜美兰, 罗小飞, 田玉潭, 等. 鸡蛋在贮藏过程中品质变化与

- 力学特性的研究[J]. *食品工程*, 2018(4): 52-56. [DU Meilan, LUO Xiaofei, TIAN Yutan, et al. Study on quality changes and mechanical properties of eggs during storage[J]. *Food Engineering*, 2018(4): 52-56.]
- [13] WANG Y, WANG J, KUANG Y, et al. Packaging with hydrogen gas modified atmosphere can extend chicken egg storage[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2022, 102(3): 976-983.
- [14] 张清, 袁诺, 赵金红, 等. 鸡蛋哈夫值与其脂肪酸组成的关系[J]. *食品科技*, 2021, 46(4): 37-44. [ZHANG Qing, YUAN Nuo, ZHAO Jinhong, et al. Correlation analysis between haugh unit and fatty acid profile of eggs[J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(4): 37-44.]
- [15] 饶珏睿, 韩佃刚, 董俊, 等. 鸡蛋新鲜度指标与贮藏天数相关性研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(8): 3041-3047. [RAO Juerui, HAN Diangang, DONG Jun, et al. Study on the correlation between egg fresh index and storage time[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(8): 3041-3047.]
- [16] NEMATINIA E, MEHDIZADEH S A. Assessment of egg freshness by prediction of Haugh unit and albumen pH using an artificial neural network[J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2018, 12(3): 1449-1459.
- [17] TABIDI M H. Impact of storage period and quality on composition of table egg[J]. *Advances in Environmental Biology*, 2011, 5(5): 856-861.
- [18] LIU Y C, CHEN T H, WU Y C, et al. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs[J]. *Food Chemistry*, 2016, 211: 687-693.
- [19] CANER C, CANSIZ Ö. Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2008, 88(1): 56-61.
- [20] 刘钰, 胡辉, 冉颖, 等. 不同涂膜方式对贮藏鸡蛋品质影响及货架期模型的构建[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*: 2021, 39(6): 674-679. [LIU Yu, HU Hui, RAN Ying, et al. Effect of different coatings on the quality of stored eggs and the construction of shelf life model[J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*: 2021, 39(6): 674-679.]
- [21] ALSOBAYEL A A, ALMARSHADE M A, ALBADRYI M A. Effect of breed, age and storage period on egg weight, egg weight loss and chick weight of commercial broiler breeders raised in Saudi Arabia[J]. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2013, 12(1): 53-57.
- [22] CANER C. The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2005, 85(11): 1897-1902.
- [23] JONES D R, WARD G E, REGMI P, et al. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality[J]. *Poultry Science*, 2018, 97(2): 716-723.
- [24] KEMPS B J, BAMELIS F R, DE KETELAERE B, et al. Visible transmission spectroscopy for the assessment of egg freshness[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86(9): 1399-1406.
- [25] ROMIJN C, ROOS J. The air space of the hen's egg and its changes during the period of incubation[J]. *The Journal of Physiology*, 1938, 94(3): 365-379.
- [26] ABOONAJMI M, AKRAM A, NISHIZU T, et al. An ultrasound based technique for the determination of poultry egg quality[J]. *Research in Agricultural Engineering*, 2010, 56(1): 26-32.
- [27] WILLIAMS K C. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score[J]. *World's Poultry Science Journal*, 1992, 48(1): 5-16.
- [28] KEENER K M, MCAVOY K C, FOEGEDING J B, et al. Effect of testing temperature on internal egg quality measurements[J]. *Poultry Science*, 2006, 85(3): 550-555.
- [29] DAWSON L E, HALL C W. Relationship between rate of cooling, holding container and egg albumen quality[J]. *Poultry Science*, 1954, 33(3): 624-628.
- [30] BALIGA B R, KADKOL S B, LAHIRY N L. Thinning of thick albumen in shell eggs-changes in ovomucin[J]. *Poultry Science*, 1971, 50(2): 466-473.
- [31] FEDDERN V, PRÁ M C D, MORES R, et al. Egg quality assessment at different storage conditions, seasons and laying hen strains[J]. *Ciência e Agrotecnologia*, 2017, 41: 322-333.
- [32] TŮMOVÁ E, GOUS R M. Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern and egg quality[J]. *Poultry Science*, 2012, 91(5): 1269-1275.
- [33] WAN Y, JIN S, MA C, et al. Effect of strain and age on the thick-to-thin albumen ratio and egg composition traits in layer hens[J]. *Animal Production Science*, 2018, 59(3): 416-419.
- [34] REIJRINK I A M, MEIJERHOF R, KEMP B, et al. The chicken embryo and its micro environment during egg storage and early incubation[J]. *World's Poultry Science Journal*, 2008, 64(4): 581-598.
- [35] LEE M H, CHO E J, CHOI E S, et al. The effect of storage period and temperature on egg quality in commercial eggs[J]. *Korean Journal of Poultry Science*, 2016, 43(1): 31-38.
- [36] KHAN M J A, KHAN S H, BUKHSH A, et al. Effect of different storage period on egg weight, internal egg quality and hatchability characteristics of Fayumi eggs[J]. *Italian Journal of Animal Science*, 2013, 12(2): e51.