

鸡蛋新鲜度指标与贮藏天数相关性研究

饶珏睿^{1#}, 韩佃刚^{2#}, 董 俊², 杨宏清¹, 刘增萌¹, 杨 斌¹, 宿 放¹, 陈 新¹,
周思佳¹, 徐昆龙¹, 信吉阁^{1*}

(1. 云南农业大学动物医学院, 昆明 650201; 2. 昆明海关技术中心, 昆明 650200)

摘 要: 目的 分析鸡蛋新鲜度指标与贮藏天数的相关性, 确定新鲜度指标数值显著变化的时间, 建立新鲜度与贮藏时间相关性模型。**方法** 2 d 为一个时间点, 设立 12 个实验组, 每组 5 枚鸡蛋, 按照标准中鸡蛋新鲜度评定指标重复 3 次测定鸡蛋相对密度、气室高度、哈夫单位、蛋黄指数、pH 值、失重率。根据 Pearson 相关系数评价贮藏天数与鸡蛋新鲜度各指标之间的相关程度, Duncan 法评价贮藏天数与鸡蛋新鲜度各指标之间的差异显著程度。**结果** 鸡蛋新鲜度各指标与贮藏天数之间显著相关($P<0.05$), 各新鲜度指标数值出现显著变化的时间各不相同, 各天数之间的鸡蛋失重量、失重率差异显著($P<0.05$)。**结论** 本研究所建立的鸡蛋新鲜度与贮藏时间的相关性模型, 可作为鸡蛋新鲜度评价模型。

关键词: 鸡蛋; 新鲜度; 贮藏天数; 模型; 相关性分析

Study on the correlation between egg fresh index and storage time

RAO Jue-Rui^{1#}, HAN Dian-Gang^{2#}, DONG Jun², YANG Hong-Qing¹, LIU Zeng-Meng¹, YANG Bin¹,
SU Fang¹, CHEN Xin¹, ZHOU Si-Jia¹, XU Kun-Long¹, XIN Ji-Ge^{1*}

(1. College of Veterinary Medicine, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;
2. Technology Center of Kunming Customs, Kunming 650200, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the correlation between egg freshness index and storage days, determine the significant change time of freshness index value, and establish the correlation model between freshness and storage time. **Methods** Total of 12 experimental groups were set up with 5 eggs in each group with 2 d as a time point, the relative density, gas chamber height, Haugh unit, yolk index, pH value, and weight loss rate of the eggs were measured 3 times according to the evaluation index of egg freshness in the standard. The correlation between the storage days and each index of egg freshness was evaluated according to Pearson correlation coefficient, and the significant difference between the storage days and each index of egg freshness was evaluated by Duncan method. **Results** There was a significant correlation between each index of egg freshness and the storage days ($P<0.05$). The time when the values of each freshness index changed significantly was different. The weight loss and weight loss rate of eggs between different days were significantly different ($P<0.05$). **Conclusion** The correlation model between egg freshness and storage time established in this study could be used as an evaluation model for egg freshness.

基金项目: 国家质检总局科技计划项目(2012IK025)、国家自然科学基金项目(31960658)

Fund: Supported by the Science and Technology Program of AQSIQ (2012IK025), and National Natural Science Foundation of China (31960658)

#饶珏睿和韩佃刚为共同第一作者。

RAO Jue-Rui and HAN Dian-Gang are Co-first Authors.

*通信作者: 信吉阁, 副教授, 主要研究方向为动物性食品安全性评价。E-mail: 1104263681@qq.com

*Corresponding author: XIN Ji-Ge, Associate Professor, College of Veterinary Medicine, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China. E-mail: 1104263681@qq.com

KEY WORDS: egg; fresh index; storage time; model; correlation analysis

0 引言

鸡蛋在贮藏期间容易受到各种细菌的污染导致鸡蛋变质无法食用,随贮藏时间推移其品质、新鲜度也会发生变化^[1-3]。现有鸡蛋新鲜度指标主要包括内部指标和外部指标,外部指标有蛋壳(蛋壳硬度、蛋壳颜色)、鸡蛋蛋重等;内部指标有蛋白(蛋白高度、哈夫单位)、蛋黄(蛋黄指数、蛋黄颜色)、其他指标(滋味气味、公共卫生指标、阴影血斑等)^[4-10]。

目前已有一些关于影响鸡蛋新鲜度指标的研究:张铭容等^[11]研究了鸡蛋壳暗斑覆盖率对贮藏中鸡蛋新鲜度指标的影响;温佳奇等^[12]研究了鸡蛋在 25 °C 和 4 °C 贮存条件下,贮存 0~35 d 鸡蛋蛋壳表面微生物变化情况,通过分析新鲜鸡蛋蛋壳表面被微生物污染的情况,作为新鲜鸡蛋安全性的判定根据;张伟等^[13]研究了特征波长对鸡蛋新鲜度模型决定系数的影响,表明可运用高光谱图像采集系统进行鸡蛋新鲜度的检测。但关于鸡蛋新鲜度指标与贮藏天数的相关性、新鲜度等级数值出现显著变化时间的研究却鲜见报道。GB 21710—2016《食品安全国家标准 蛋与蛋制品生产卫生规范》、GB 2749—2015《食品安全国家标准 蛋与蛋制品》、NY/T 754—2011《中华人民共和国农业行业标准 绿色食品蛋与蛋制品》、GB/T 5009.47—2003《蛋与蛋制品卫生标准的分析方法》、SB/T 10638—2011《中华人民共和国国内贸易行业标准 鲜鸡蛋、鲜鸭蛋分级》等现行标准中仅指明了鸡蛋新鲜度指标的新鲜度等级数值,未指明新鲜度等级数值出现显著变化的时间。鸡蛋生产的季节性很强,为了能全年均衡地供应优质新鲜蛋,必须用各种科学的贮藏方法来加以保存。本研究将鸡蛋新鲜度等级数值出现显著变化的时间与新鲜度等级数值相结合,不仅可以更好地对鸡蛋新鲜度进行判断,为蛋品流通提供指导,也可为鸡蛋相关研究提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

GJWS-A4 温湿度表(武强温湿度表制造中心); ST20 pH 计(奥豪斯仪器有限公司); LED 照蛋器(鼎峰孵化设备); UPT-I-10TN 超纯水器(四川优普超纯水科技有限公司); IV 型游标卡尺(成都量具刀具股份有限公司); Casio fx-82ES 计算器(卡西欧计算机股份有限公司); ESJ200-4 电子天平(沈阳龙腾电子有限公司)。

四硼酸钠、邻苯二甲酸氢钾、混合磷酸盐(分析纯,上海沪鼎生物科技有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 实验设计

选取 242 日龄 YN 鸡,同天生产的鸡蛋 100 枚,贮存

条件(25±3)°C,相对湿度(60±5)%。将 80 枚鸡蛋作为实验组,20 枚作为失重率分析组。

(1)将 80 枚实验组鸡蛋分为 60 枚实验蛋,20 枚备用蛋,用来替换检测中意外破损的鸡蛋。将 60 枚实验组鸡蛋分为 12 组,每组 5 枚,每 2 d 一个周期测鸡蛋的新鲜度指标,共计 12 个周期测 60 枚鸡蛋的新鲜度指标,即分别于 0、2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22 d 测量实验组鸡蛋的相对密度、气室高度、哈夫单位、蛋黄指数、蛋白 pH 值。

(2)于 0、2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22 d 对 20 枚失重率分析组鸡蛋分别测量其重量,并计算出其失重量和失重率。实验重复 3 次,求平均值。

1.2.2 新鲜度指标分析

(1)相对密度的测定

相对密度采用盐水漂浮法进行测定,将食盐按浓度梯度配制不同相对密度的盐水溶液,将鸡蛋按盐水平重由高到低的顺序依次放入各盐水溶液中,直至鸡蛋悬浮,表明鸡蛋与当前盐水平重相近,以此判别鸡蛋的相对密度^[14]。量取 300 mL 的超纯水,倒入 500 mL 烧杯中,准备 4 杯,并往其中分别加入称重分别为 33、30、24、21 g 的食盐,配制为 33/300、30/300、24/300、21/300 g/mL 的编号分别为 1、2、3、4 的 4 杯食盐水,先把 5 枚鸡蛋放在编号 2 的食盐水中,如果看见下沉就取出至编号 1 的食盐水中,漂浮就取出至编号 3 的食盐水中,如果出现漂浮再取出至编号 4 的盐水中。在编号 2 的食盐水中看见下沉的蛋就判定为新鲜蛋,在编号 1 的食盐水中重复出现下沉情况的鸡蛋为最新鲜蛋,在编号 1 和编号 2 的食盐水中都出现漂浮的鸡蛋,却在编号 3 和编号 4 食盐水中下沉的蛋是新鲜度在中间的次鲜蛋。在以上的 4 杯食盐水中都漂浮的鸡蛋为腐败蛋、陈蛋。

(2)鸡蛋气室高度的测定

随着贮藏时间的增加,鸡蛋内部的水和二氧化碳会经由壳扩散至外部,引发鸡蛋内部体积减小,鸡蛋气室深度出现增大。鸡蛋气室高度规定等级如下,特级鸡蛋气室高度<4 mm,一级鸡蛋气室高度<6 mm,二级鸡蛋气室高度<8 mm,三级鸡蛋气室高度<9.5 mm^[15]。取精度为 1 mm 的作图纸一张并绘制出形状贴合鸡蛋外侧的规尺,形状如圆规。在光线较暗的暗室中使用照蛋器对准鸡蛋的大头位置观察其气室的位置及形状,在照蛋器照蛋同时用铅笔描绘出气室轮廓,气室的高度应使用规尺测量,将鸡蛋固定于锥形瓶的锥形口处,将鸡蛋卡入已经用做图纸做好的形状如圆规的图纸中,确定卡好位置后观察鸡蛋气室在形状如圆规的图纸上显示的对应刻度数。

(3)鸡蛋哈夫单位的测定

据 NY/T 1758—2009《中华人民共和国农业部 鲜蛋等级规格》可知哈夫单位可以用来作为评价鸡蛋品质好坏的标准,是评价鸡蛋鲜度的指标之一^[16],数值高表示蛋清稠、品质好,数值低表示蛋清稀、品质差^[17]。鸡蛋用电子天平称重后,轻轻打破鸡蛋,将鸡蛋倒在平皿中,标出距离蛋黄 1~1.5 cm 处的 3 个蛋白点,保证所取的 3 个点分布均匀,且 3 个点连接起来组成的三角形为等边三角形,用游标卡尺测定蛋白高度,每个鸡蛋做 3 个重复测定^[18]。计算过程按照公式(1)进行:

哈夫单位=100×lg(H-1.7×W^{0.37}+7.57) (1)

式中: H 为蛋白高度, mm, 即鸡蛋平摊在水平面上时蛋白的厚度; W 为鸡蛋质量, g。

(4)蛋黄指数测定

蛋黄高与直径之比为蛋黄系数,将鸡蛋打破后将内容物倒进玻璃皿中,用精密度为 0.02 mm 的游标卡尺测定出蛋黄直径为 a,再平视蛋黄,选取蛋黄最高点处,用游标卡尺穿入并测量高度,所得结果为蛋黄高度为 b,计算蛋黄高度 b 与蛋黄直径 a 的商,所得结果即为蛋黄指数 c。根据 NY/T 823—2004《中华人民共和国农业部家禽生产性能名词术语和度量统计方》可知蛋黄指数 c 可作为新鲜度指标判定鸡蛋的新鲜度,计算公式见(2)。

c = b/a×100% (2)

式中: a-蛋黄直径, mm; b-蛋黄高度, mm; c-蛋黄指数, %。

(5)pH 值的测定

随着鸡蛋贮藏时间增加,鸡蛋内部的蛋白质成分会受到各种因素的影响产生氨类化合物,鸡蛋的 pH 值就会升高。所以测定鸡蛋蛋白的 pH 值有利于确定鸡蛋的新鲜度。可以轻轻打破鸡蛋后分离出鸡蛋的蛋清,取同体积的 1 份蛋清与同体积的 9 份蒸馏水装入烧杯中充分搅拌混合均匀,用 pH 计测定其 pH 值^[19]。

(6)失重测定

鸡蛋在贮存过程中会受到温度、湿度的影响,其水分及营养成分也会随之减少,导致鸡蛋质量减轻,因此测定鸡蛋的质量可以作为衡量鸡蛋新鲜度的其中一个重要指标^[14],于 0、2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、22 d 对 20 枚失重率分析组鸡蛋用电子天平分别测量其重量,精度精确到 0.001 g,并对每次测定后质量数值进行记录,并计算其失重量 a 和失重率 b,计算公式为(3)。

a = c₁-c₂, b=(c₁-c₂)/c₁ = a/c₁ (3)

式中: a-失重量, g; b-失重率, %; c₁-贮前质量, g; c₂-贮后质量, g。

1.2.3 统计分析

采用 Excel 2010 对数据统计并建立总数据库,绘制三线表格,利用 IBM SPSS Statistics 19.0 软件进行回归分析,

根据 Pearson 相关系数评价贮藏天数与鸡蛋新鲜度各指标之间的相关程度,采用方差 Duncan 法分析贮藏天数与鸡蛋新鲜度各指标之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 相对密度测定结果

随着贮藏时间的延长,鸡蛋内水分蒸发,气室扩大,质量减轻,相对密度会随之减小。本研究鸡蛋密度的变化情况见表 1。伴随贮藏时间的增加,鸡蛋的密度呈现降低趋势,在盐水中出现浮面的情况逐渐增多,第 0 d 时,鸡蛋在 4 种盐水均呈现下沉状态,贮藏到第 4~8 d 左右时少部分鸡蛋在 33 g/300 mL 盐水中呈现浮起状态,贮藏到第 12~16 d 大部分鸡蛋在 33 g/300 mL、30 g/300 mL 盐水中呈现浮起状态,少部分在 24 g/300 mL 盐水中呈现浮起状态,贮藏到第 20 d 时,全部鸡蛋在 4 种盐水中均呈现浮起状态。结果表明:同一品种同一批次同一日龄的鸡蛋,在相同温度湿度的贮藏条件下,其贮藏过程中密度的值存在差异,且总体呈现贮藏时间越长,密度越小的趋势。

表 1 鸡蛋密度变化
Table 1 Variation in egg density

天数/d	33 g/300 mL	30 g/300 mL	24 g/300 mL	21 g/300 mL
0	沉	沉	沉	沉
4	沉	沉	沉	沉
8	浮	沉	沉	沉
12	浮	浮	沉	沉
16	浮	浮	浮	沉
20	浮	浮	浮	浮

2.2 气室高度测定结果

随着时间增加,鸡蛋内水分会通过蛋壳的气孔蒸发,气室不断增大。本研究中鸡蛋气室高度的变化情况见图 1、2。由图 2 中可以看出气室高度与贮藏天数之间呈正相关,模型 Sig 为 0.000 表明 P=0.000,即 P<0.01,则可得随着贮藏天数的增加,气室高度在极显著变大,贮藏天数与气室高度之间存在极显著的正相关关系,在此贮藏条件下,气室高度在 0~16 d 显著上升,16 d 后气室高度变化不明显。

2.3 哈夫单位测定结果

鸡蛋贮藏过程中,哈夫单位的大小及变化情况见图 3。相关性分析表明,哈夫单位与贮藏时间之间呈负相关。模型 Sig 为 0.000 表明 P=0.000,即 P<0.01,则可得随着贮藏天数的增加,哈夫单位在极显著减小,贮藏天数与哈夫单位之间存在极显著的负相关关系。说明哈夫单位能够有效反映鸡蛋的新鲜度,且在此贮藏条件下,哈夫单位 0~16 d 显著下降,16 d 后哈夫单位变化不明显。

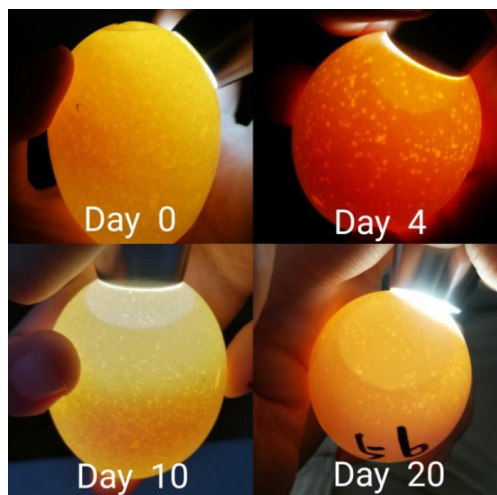


图 1 不同天数气室高度测量图

Fig.1 Gas chamber height chart for different days

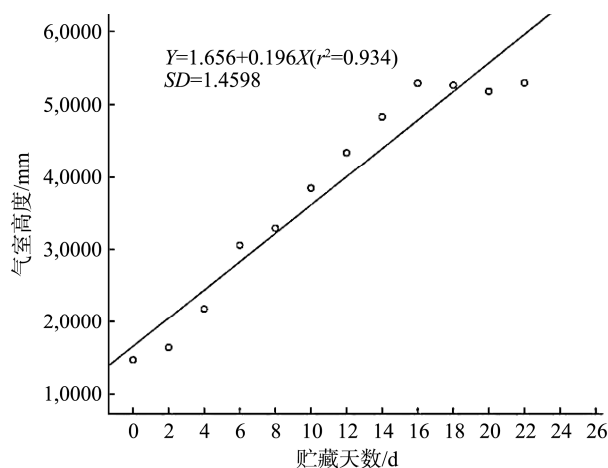


图 2 气室高度与贮藏天数的变化关系图

Fig.2 Relation between the gas chamber height and the storage days

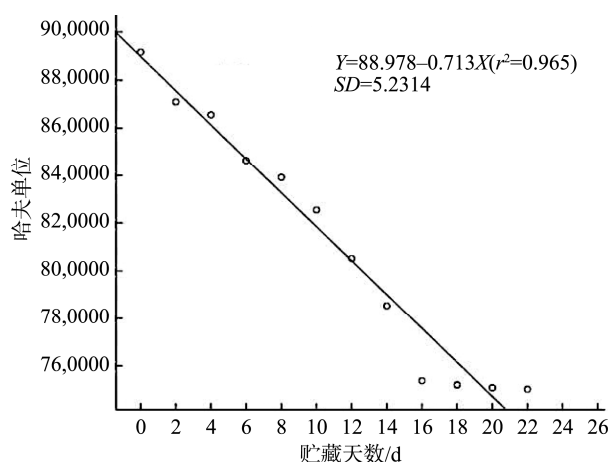


图 3 哈夫单位与贮藏天数的变化关系图

Fig.3 Relation between the Haugh unit and storage days

2.4 蛋黄指数测定结果

鸡蛋贮藏过程中蛋黄指数的大小及变化情况如图 4 所示。相关性分析表明,鸡蛋蛋黄指数变化与贮藏天数之间表现出负相关。模型 Sig 为 0.000 表明 $P=0.000$, 即 $P<0.01$, 则可得随着贮藏天数的增加,蛋黄指数在极显著减小,贮藏天数与蛋黄指数之间差异极显著,存在极显著的负相关关系。说明蛋黄指数能够有效反映鸡蛋的新鲜度,且在此贮藏条件下,蛋黄指数在 0~18 d 时显著下降,18 d 后蛋黄指数变化不明显。

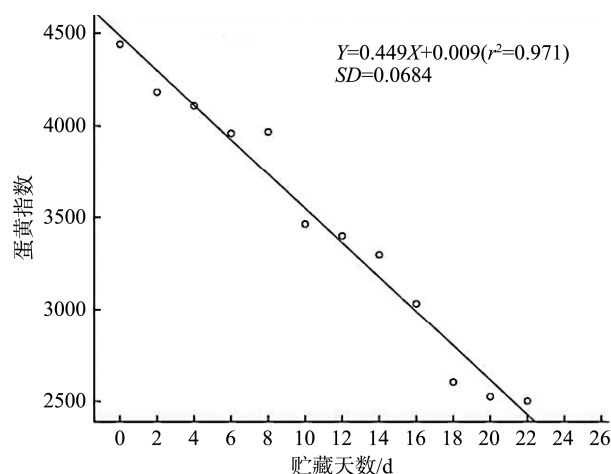


图 4 蛋黄指数与贮藏天数的变化关系图

Fig.4 Relation between egg yolk index and storage days

2.5 蛋白 pH 值测定结果

鸡蛋贮藏过程中蛋白 pH 值的大小及变化情况如图 5 所示。鸡蛋蛋白 pH 值与贮藏时间之间表现出正相关。贮藏过程中影响蛋白 pH 值因素较多如无氧酵解、蛋白质变化更易使鸡蛋内部出现脂肪、pH 值变化,而其余新鲜度指标与贮藏天数关系更直接、贮藏过程中影响因素较少。因此相较于其他新鲜度指标,该指标与贮藏天数相关系数偏低。模型 Sig 为 0.039 表明 $P=0.039$, 即 $0.01<P<0.05$, 则可知随着贮藏天数的增加,蛋白 pH 值在显著增加,二者之间存在显著的正相关关系。说明蛋白 pH 值能够反映鸡蛋的新鲜度,在此贮藏条件下,蛋白 pH 值在 0~4 d 时显著升高,4 d 后蛋白 pH 值变化不明显。

2.6 失重测定结果

失重代表水分随时间和环境条件而发生的变化,失重越多,新鲜度越低。鸡蛋贮藏过程中失重量大小及变化情况如图 6 所示。鸡蛋失重量与贮藏时间之间呈正相关,模型 Sig 为 0.000 表明 $P=0.000$, 即 $P<0.01$, 则可得随着贮藏天数的增加,鸡蛋失重量极显著增加,二者之间存在极显著的正相关关系。说明鸡蛋失重量能够有效地反映鸡蛋新鲜度,在此贮藏条件下,各天数之间鸡蛋失重量差异显著。

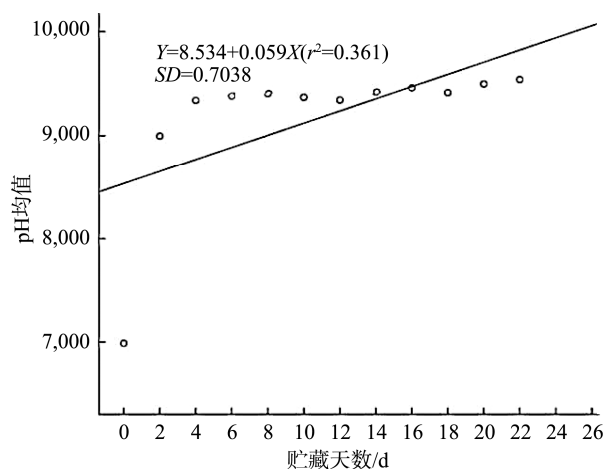


图 5 蛋白 pH 值与贮藏天数的变化关系图

Fig.5 Relation between pH of egg white and storage days

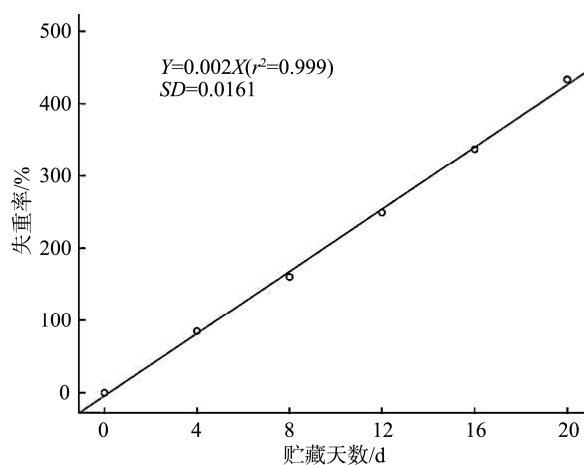


图 7 鸡蛋失重率与贮藏天数的变化关系图

Fig.7 Relation between egg weightlessness rate and storage days

鸡蛋贮藏过程中失重率的大小及变化情况如图 7 所示。鸡蛋失重率与贮藏时间之间呈正相关, 模型 Sig 为 0.000 表明 $P=0.000$, 即 $P<0.01$, 则可得随着贮藏天数的增加, 鸡蛋失重率在极显著增加, 二者之间存在极显著的正相关关系。说明鸡蛋失重率能够有效反映鸡蛋新鲜度, 在此贮藏条件下, 各天数之间鸡蛋失重率差异显著。

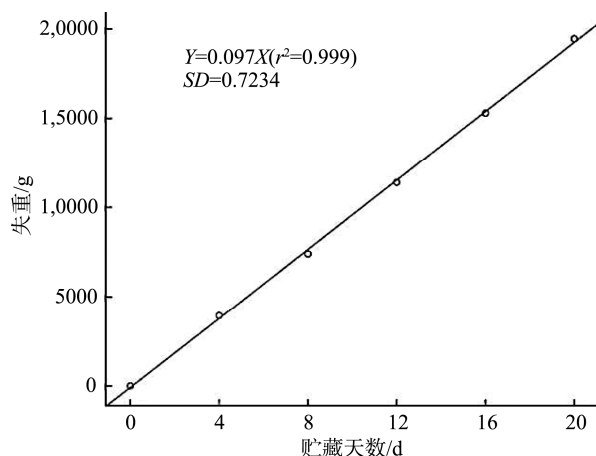


图 6 鸡蛋失重量与贮藏天数的变化关系图

Fig.6 Relation between egg loss and storage days

3 讨论

本研究中的相关性分析结果揭示: 贮藏天数与气室高度、哈夫单位、蛋黄指数、失重量、失重率之间具有相关性, 模型 $P<0.01$, 表明贮藏天数与这些指标之间存在极显著相关关系, 说明这些指标能够极有效反映鸡蛋新鲜度, 这与智秀娟等^[20]的研究结果类似。

实验中鸡蛋的重量、气室高度、蛋黄指数以及哈夫单位等指标随着贮藏时间的延长而逐渐下降, 说明鸡蛋品质也在逐渐降低。气室高度是定量评价鸡蛋新鲜度的重要参数, 受鸡蛋质量和贮藏的相对湿度影响, 新鲜蛋的气室很小, 随着贮藏时间的延长, 蛋重降低, 随之气室高度也会逐渐增大。本研究中气室高度在 0~16 d 显著上升, 16 d 后气室高度变化不明显。蛋黄指数是指蛋黄高度与蛋黄直径的比值或用百分率表示, 鸡蛋的蛋黄指数越小, 蛋就越不新鲜。本研究中蛋黄指数在 0~18 d 显著下降, 16 d 后蛋黄指数变化不明显。蛋白高度越高, 表示鸡蛋的蛋白浓稠度越好, 蛋越新鲜, 由于蛋白高度与鸡蛋大小有关, 所以常以哈氏单位为衡量蛋品质好坏的基准。本研究中哈夫单位在 0~16 d 显著下降, 16 d 后哈夫单位变化不明显; 蛋白 pH 值在 0~4 d 显著升高, 4 d 后蛋白 pH 值变化不明显。蛋重的降低是由鸡蛋失水引起的, 随着贮藏时间延长, 鸡蛋的失水率和失水幅度逐渐增大。本研究中各天数之间的鸡蛋失重量、失重率两两差异均显著。

在候卓成等^[21]研究结果中, 同样表明了鸡蛋新鲜度与保存时间之间有一定的规律性, 但与该实验条件不同的是贮存鸡蛋的条件不同, 显示的各新鲜度指标数值也不同, 这表明除贮藏时间外还存在其他各方面的因素来影响鸡蛋新鲜度。近年也有研究开展了鸡蛋品质无损检测方法, 李新成等^[22]建立了基于机器视觉的鸡蛋品质无损检测方法。现行标准中仅对鸡蛋新鲜度指标指出新鲜度等级数值, 未指明新鲜度等级数值显著变化的时间, 而研究鸡蛋新鲜度与贮藏时间的模型是关于鸡蛋新鲜度研究的基础, 因此本研究测定了鸡蛋新鲜度指标与贮藏天数的相关性, 指明了新鲜度等级数值显著变化的时间, 为以鸡蛋为研究对象的其他研究提供理论基础。

4 结 论

本研究通过相关模型分析确定了鸡蛋新鲜度指标与贮藏天数的相关性,揭示了新鲜度指标数值显著变化的时间,建立了新鲜度与贮藏时间相关性模型。结果分析表明现行鸡蛋新鲜度指标较为可靠,各新鲜度指标等级数值出现显著变化的贮藏天数各不相同。本研究所建立的鸡蛋新鲜度与贮藏时间的相关性模型,可作为鸡蛋新鲜度评价模型。

参考文献

- [1] 陈猛. 鸡蛋新鲜度和血斑蛋光谱技术在线检测研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- CHEN M. Study of on-line detection of egg freshness and blood-spot egg using spectroscopic technique [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.
- [2] 高亚辉, 范翠蝶, 宋风格, 等. 鸡蛋内容物扩散面积作为精确评价新鲜度指标的研究[J]. 中国家禽, 2018, 40(12): 34–37.
- GAO YH, FAN CD, SONG FG, *et al.* Study on content spreading area as freshness indicator in egg [J]. Chin Poul, 2018, 40(12): 34–37.
- [3] 余锦露, 张磊, 孙雅静, 等. 阻抗法检测鸡蛋新鲜度[J]. 食品科学, 2017, 38(24): 208–212.
- YU JL, ZHANG L, SUN YJ, *et al.* Detection of egg freshness using impedance method [J]. Food Sci, 2017, 38(24): 208–212.
- [4] 詹小琳, 杨璐, 郑丽敏, 等. 基于电子舌系统的鸡蛋新鲜度检测[J]. 农业网络信息, 2015, (6): 21–25.
- ZHAN XL, YANG L, ZHEN LM, *et al.* Egg freshness detection based on electronic tongue system [J]. Agric Netw Inform, 2015, (6): 21–25.
- [5] 付丹丹, 王巧华. 鸡蛋新鲜度、pH 值及黏度的高光谱检测模型[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 173–179.
- FU DD, WANG QH. Predictive models for the detection of egg freshness, acidity and viscosity using hyper-spectral imaging [J]. Food Sci, 2016, 37(22): 173–179.
- [6] 徐彦伟, 崔建鹏, 颀潭成, 等. 基于多信息融合的鸡蛋新鲜度检测研究[J]. 中国家禽, 2014, 36(8): 32–36.
- XU YW, CUI JP, XIE TC, *et al.* Detection of egg freshness based on multi-information fusion technology [J]. Chin Poul, 2014, 36(8): 32–36.
- [7] 刘艳, 李庆武, 黄小微, 等. 鸡蛋透光图像特征提取与新鲜度检测模型研究[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(25): 73–76.
- LIU Y, LI QW, HUANG XW, *et al.* Egg characteristics extraction from light transmission image and egg freshness model training [J]. Sci Technol Eng, 2015, 15(25): 73–76.
- [8] 齐亮, 赵茂程, 李忠, 等. 无损检测鸡蛋新鲜度技术研究进展[J]. 中国家禽, 2020, 42(6): 89–95.
- QI L, ZHAO MC, LI Z, *et al.* Research progress on non-destructive testing methods for egg freshness [J]. Chin Poul, 2020, 42(6): 89–95.
- [9] 李佳婷, 王俊, 李园, 等. 基于电子鼻的鸡蛋新鲜度检测[J]. 现代食品科技, 2017, 33(4): 300–305.
- LI JT, WANG J, LI Y, *et al.* Detection of egg freshness using electronic nose [J]. Mod Food Sci Technol, 2017, 33(4): 300–305.
- [10] 刘莹莹, 钟南. 基于图像处理的鸡蛋新鲜度预测模型研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(12): 103–109.
- LIU YY, ZHONG N. Research on prediction model of egg freshness based on image processing [J]. Food Mach, 2017, 33(12): 103–109.
- [11] 张铭容, 叶劲松, 张子丽, 等. 鸡蛋壳暗斑对鸡蛋贮藏性能的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 118–122.
- ZHANG MR, YE JS, ZHANG ZL, *et al.* Research on effects of chicken eggshell dark spots on chicken egg storage [J]. Food Mach, 2016, 32(6): 118–122.
- [12] 温佳奇, 马玉帛, 王梓宁, 等. 储存温度对蛋壳表面微生物的影响研究[J]. 农产品加工, 2018, (20): 41–43.
- WEN JQ, MA YB, WANG ZN, *et al.* The effect on the microorganism of eggshell surface at storage temperature [J]. Farm Prod Process, 2018, (20): 41–43.
- [13] 张伟, 潘磊庆, 林红英. 基于高光谱图像检测禽蛋新鲜度的研究[J]. 南京晓庄学院学报, 2015, 31(6): 46–50.
- ZHANG W, PAN LQ, LIN HY. Nondestructive detection on freshness of eggs with hyperspectral imaging technology [J]. J Nanjing Xiaozhuang Univ, 2015, 31(6): 46–50.
- [14] 张佳敏, 王卫, 庄蓉, 等. 涂膜及冷藏对鲜蛋新鲜度的影响[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2015, 34(4): 345–350.
- ZHANG JM, WANG W, ZHUANG R, *et al.* Effect of coating and cold storage on freshness of fresh eggs [J]. J Chengdu Univ (Nat Sci Ed), 2015, 34(4): 345–350.
- [15] 吉小凤, 杨华, 汪建妹, 等. 贮藏环境对鸡蛋新鲜度的影响及鲜鸡蛋货架期预测模型构建研究[J]. 农产品质量与安全, 2018, (2): 59–65.
- JI XF, YANG H, WANG JM, *et al.* Influence of storage environment on the freshness of eggs and build-up of prediction model of fresh egg shelf life [J]. Qual Saf Agro-Prod, 2018, (2): 59–65.
- [16] JULIANA SG, TÁRCIO AD, KARINA S, *et al.* The effect of linear lighting systems on the productive performance and egg quality of laying hens [J]. Poul Sci, 2020, 99(3): 1369–1378.
- [17] WANG SY. Infrared spectroscopy for food quality analysis and control [J]. Trends Food Sci Technol, 2009, 21(1): 52.
- [18] 李小利. 哈氏单位是检验鸡蛋品质的重要指标[J]. 检验检疫学刊, 2013, (2): 48–49.
- LI XL. The Haugh unit is an important indicator of the egg quality inspection [J]. J Inspect Quar, 2013, (2): 48–49.
- [19] 于滨, 王喜波. 鸡蛋贮藏过程中品质变化的动力学模型[J]. 农业工程报, 2012, 28(15): 276–280.

YU B, WANG XB. Kinetics of quality change for eggs during storage [J].

Trans Chin Soc Agric Eng, 2012, 28(15): 276–280.

- [20] 智秀娟, 邢英豪, 仝其根, 等. 鸡蛋新鲜度检测指标评价与预测模型构建[J]. 中国食品学报, 2017, 17(11): 262–268.

ZHI XJ, XING YH, TONG QG, *et al.* Evaluation and prediction model of egg freshness detection index [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2017, 17(11): 262–268.

- [21] 侯卓成, 杨宁, 李俊英, 等. 鸡蛋新鲜度随保存时间的变化规律[J]. 中国畜牧杂志, 2008, (13): 47–50.

HOU ZC, YANG N, LI JY, *et al.* The change rule of egg freshness with preservation time [J]. Chin J Anim Sci, 2008, (13): 47–50.

- [22] 李新成, 赵登鲁, 石红蕾, 等. 基于机器视觉的鸡蛋品质无损检测方法[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(2): 489–493.

LI XC, ZHAO DL, SHI HL, *et al.* Non-destructive testing method of egg quality based on machine vision [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(2): 489–493.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



饶珏睿, 主要研究方向为动物医学基础。
E-mail: anmemory1997@163.com



韩佃刚, 主要研究方向为动物性食品检验。
E-mail: 894596761@163.com



信吉阁, 副教授, 主要研究方向为动物性食品安全性评价。
E-mail: 1104263681@qq.com