

李海峰,贺晓光,张海红,等. 鸡蛋贮藏过程中的介电特性和新鲜品质变化[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):341-343.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.106

# 鸡蛋贮藏过程中的介电特性和新鲜品质变化

李海峰,贺晓光,张海红,王松磊

(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

**摘要:**依据介电特性检测原理,采用 LCR 测试仪对常温条件下鸡蛋的介电参数进行检测,同时利用常规破坏性试验,在常温贮藏条件下对鸡蛋进行品质追踪试验,并采用 Excel 软件对测量数据进行分析 and 二次曲线拟合。结果表明:鸡蛋的品质参考值哈夫值、失质量率、蛋黄指数与贮藏天数的相关性均显著;鸡蛋的介电参数( $R_p$ )与贮藏时间具有一定相关性; $R_p$  参数与蛋清 pH 值之间具有负相关性( $r < -0.67$ )。本研究为鸡蛋新鲜品质与介电参数之间相关性的进一步研究提供依据。

**关键词:**鸡蛋;介电特性;新鲜品质;相关性

**中图分类号:** TS253.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0341-03

鸡蛋包含人体所需的蛋白质、脂肪、矿物质和多种维生素,易于消化和吸收,具有很高的营养价值,是人们日常生活中重要的营养食品。我国是世界上生产蛋类最多的国家,禽蛋供给主要以鸡蛋为主,鸡蛋、鸭蛋、鹅蛋分别占禽蛋总产量的 84%、12%、4% 左右<sup>[1]</sup>。然而,存放时间的延长和其他原因造成了鸡蛋品质下降。据有关数据显示,我国每年收购的鸡蛋中,由于腐化变质所造成的损失占收购量的 10% 以上<sup>[2]</sup>,其中最主要的原因是鸡蛋贮藏过程中缺乏实时有效的检测手段,缺乏严格的挑选和分级,使鸡蛋品种混杂、质量参差不齐,导致收购时禽蛋腐败、变质等现象频频出现。如何在鸡蛋贮藏过程中检测品质,杜绝以次充好,做到优质优价,提高经济效益,已成为当前我国蛋产业亟待解决的问题。

近年来,随着国内外学者对鸡蛋品质检测及提高鸡蛋商品价值的研究,在禽蛋品质无损检测中出现了以下几种方法<sup>[3]</sup>:利用机器视觉进行禽蛋品质分级;利用可视近红外分光技术检测禽蛋的内部品质;利用核磁共振技术检测整蛋内部的物理化学变化;利用声学特性进行禽蛋裂纹的检测;其他技术。通过采集禽蛋图像,根据禽蛋不同品质显示不同的图像特征,进而建立禽蛋图像与品质间关系的数学模型,以达到禽蛋品质检测的目的。利用禽蛋不同品质下冲击或振动特性的不同,建立两者间的相关性等。随着对鸡蛋介电特性基础理论研究的进一步深化,基于鸡蛋介电特性的品质检测将成为鸡蛋电特性研究的重点。利用介电特性可实现农产品的全自动简便、无损检测;可充分利用获得的信息,结果直观可靠,能够反映内部品质特征;同时对加工过程进行快速、在线处理,为自动化分级提供理论依据和品质等级评价的算法<sup>[4]</sup>,具有传统技术不可比拟的优点。

本研究在总结上述方法原理的基础上,选用介电特性检测方法和破坏性试验,探讨鸡蛋在不同贮藏时间内的品质

变化。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与仪器

供试鸡蛋采用购自银川市西夏区宁阳店的五谷杂粮鸡蛋,为同种同龄鸡产后的鲜蛋,品种为塞上一宝。

BSZ000S 型电子天平(1/100)(塞多利斯北京天平有限公司),HIOKI-3532-50 型 LCR 测试仪(日置电机株式会社),PHS-25 型(数显)pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司),深度游标卡尺(上海恒量量具有限公司)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验材料的预处理 从供试鸡蛋中挑选表面污染较小、无破壳裂纹、大小形状均一、质量为 53~60 g 的同种鸡蛋 70 枚,平均分为 A、B、C、D、E、F、G 7 组(每组各 10 枚),置于常温下贮藏。分别在鸡蛋表面进行编号,做好测试标记,以便识别和保持测量方向的一致性。其中,G 组用来测定鸡蛋的失质量率,A~F 组的鸡蛋分别于试验开始后 5、10、15、20、25、30 d 进行相关数据的检测。

1.2.2 鸡蛋介电参数的确定 (1)通过样本检测试验选定试验电压为 1.5 V。在电压恒定的情况下,分别于 100~1 000 kHz 频率下测定鸡蛋的介电参数,采用 10 个频率下介电参数的平均值进行数据分析。(2)对不同贮藏时间鸡蛋的介电特性进行研究,分别于试验开始后 5、10、15、20、25、30 d 检测 A~F 组鸡蛋的介电特性,探讨介电特性方法检测鸡蛋品质变化的可行性。(3)探讨鸡蛋品质不断下降的过程中其对应电学参数的变化。A~F 组的鸡蛋均在常温条件下贮藏,每隔 5 d 对相应组的鸡蛋进行检测,鸡蛋检测时间为 30 d。本试验选取  $Q$  参数和  $R_p$  参数研究不同贮藏时间下鸡蛋品质的变化特性,进而掌握鸡蛋新鲜度的变化情况。

1.2.3 参考值的测定 哈夫值(HU)的测量:哈夫值是反映鸡蛋品质优劣的指标,哈夫值越高表示蛋白黏稠度越好、蛋白品质越高。采用电子天平测定鸡蛋的质量,采用深度游标卡尺测量鸡蛋的蛋白高度,哈夫值由整蛋的质量和蛋白高度值通过以下公式<sup>[5]</sup>计算:

收稿日期:2015-10-15

基金项目:宁夏大学自然科学研究基金(编号:ZR1326)。

作者简介:李海峰(1973—),男,陕西榆林人,硕士,副教授,主要从事农产品检测及加工研究。E-mail:lihaifeng0426@163.com。

$$HU = 100 \times \lg(H + 7.57 - 1.7 \times m^{0.37})。$$

式中: $H$ 为蛋白高度值, $m$ 为所测鸡蛋的质量。

鸡蛋蛋清的 pH 值:采用 pH 计测量鸡蛋样品的酸碱性。对测完介电值的鸡蛋进行破坏性试验,并对破坏后的鸡蛋样品进行蛋黄和蛋白的分离,将分离后的蛋白置于玻璃器皿中,将 pH 计的探头置于器皿中以测定蛋白的 pH 值。检测之前,先利用 pH 值缓冲液对仪器进行 pH 值校正,本试验采用 pH 值为 4.00、6.86 的缓冲液。

鸡蛋的失质量率:分别于试验开始后 5、10、15、20、25、30 d 对 G 组的 10 个鸡蛋称质量,并计算失质量率。计算公式为: $Y$ 失质量率 = (第 1 次称质量 - 第  $n$  次称质量) / 第 1 次称质量  $\times 100\%$ 。

鸡蛋的蛋黄指数:将蛋壳横向磕破后,内容物全部倒在水平位置的玻璃板上。静置 5 min 后,采用游标卡尺测量蛋黄高度和蛋黄直径,利用以下公式<sup>[6]</sup>测得蛋黄指数:

$$\text{蛋黄指数} = H/D。$$

式中: $H$ 为蛋黄高度(mm), $D$ 为蛋黄直径(mm)。

## 2 结果与分析

### 2.1 鸡蛋贮藏时间与哈夫值的变化

哈夫值是反映鸡蛋新鲜度的重要指标之一,主要度量蛋白的稳固性(图 1)。

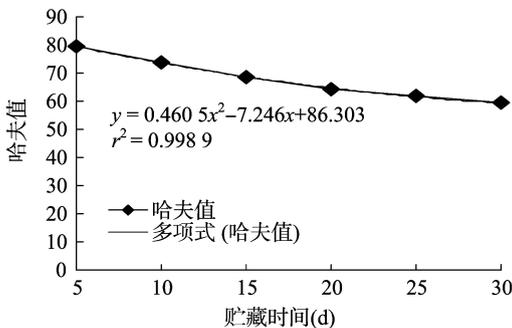


图1 鸡蛋贮藏期间哈夫值的变化特征

由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,鸡蛋的哈夫值呈下降趋势,且变化趋势明显。哈夫值变化的原因与展开面积相似,蛋白的水样化趋势使浓厚蛋白逐渐减少,导致哈夫值随之降低。本试验在常温条件下进行,较高的温度能够促进蛋白的水样化,从而促进哈夫值的降低。对特征变化曲线进行拟合,其相关系数为 0.998 9,贮藏时间与哈夫值的相关性显著。可通过哈夫值特征方程对鸡蛋品质进行预测,还可通过测定鸡蛋质量和蛋白高度计算出鸡蛋的贮藏天数。

### 2.2 鸡蛋贮藏时间与蛋清 pH 值的变化

蛋清 pH 值是反映鸡蛋品质的重要指标之一,几乎在鸡蛋刚产出便开始变化。由图 2 可知,贮藏 10 d 时蛋清 pH 值迅速上升至 9.50;贮藏 10 d 后开始缓慢下降,基本维持在 9.0 以上。蛋清 pH 值的变化反映了鸡蛋品质的下降过程;因此,常温贮藏鸡蛋的保鲜期为 5 d,超过 5 d 后鸡蛋品质明显下降。对特征变化曲线进行拟合,其相关系数为 0.404 9,贮藏时间与蛋清 pH 值的相关性不显著。由图 2 还可知,蛋清 pH 值在贮藏 10 d 大幅度升高,因此 10 d 的蛋清 pH 值可作为鸡蛋新鲜品质变化的临界点。

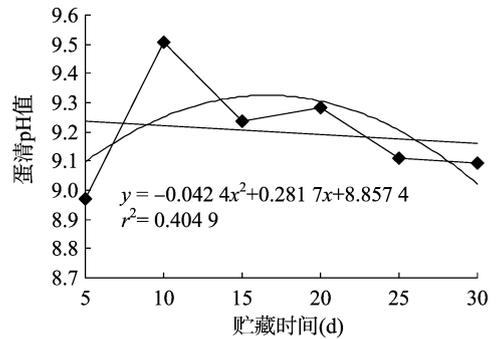


图2 贮藏期间蛋清 pH 值的变化特征

### 2.3 鸡蛋贮藏时间与失质量率的变化

失质量率主要反映鸡蛋在贮藏过程中蛋内水分的损失。由图 3 可知,常温贮藏条件下鸡蛋的失质量率随时间的延长而增加。

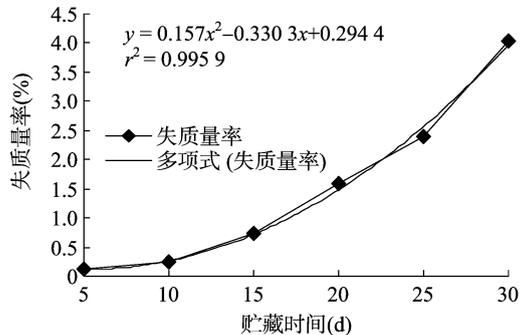


图3 鸡蛋贮藏期间失质量率的变化特征

蛋壳表面分布有用以呼吸的气孔,随着贮藏时间的延长,蛋内物质中的水分不断向外蒸发,导致蛋的质量减轻,失质量率增加。温度越高则鸡蛋失质量速度越快,对其新鲜度的影响越大<sup>[7]</sup>。对特征变化曲线进行拟合,其相关系数为 0.995 9,贮藏时间与失质量率的相关性显著。鸡蛋质量的减轻还与壳膜和蛋清中的成分、蛋壳多孔率、蛋壳厚度有关<sup>[8]</sup>。

### 2.4 鸡蛋贮藏时间与蛋黄指数的变化

蛋黄指数反映蛋黄的含水量和渗透压。由图 4 可知,随着贮藏时间的延长,蛋黄指数呈直线下降趋势。

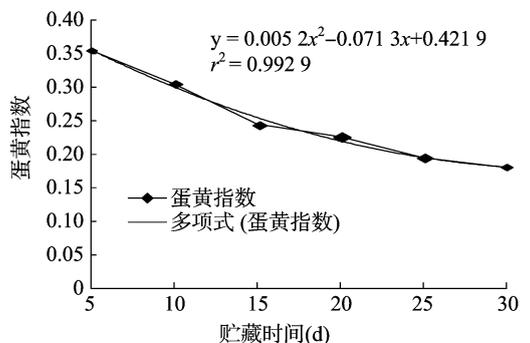


图4 鸡蛋贮藏期间蛋黄指数的变化特征

新鲜蛋打开后蛋黄凸出,这是由于蛋白与蛋黄的水分、盐类浓度不同,两者之间形成渗透压而造成的。蛋白的渗透压为 550 kPa,蛋黄的渗透压为 720 kPa。随着贮藏时间的延长,蛋白中的水分不断向蛋黄中渗透,蛋黄中的盐类则以相反方向渗透<sup>[9]</sup>。于是,蛋黄的体积不断增大,且蛋黄膜的弹性减

弱,当体积大于一定程度时则破裂,形成散蛋黄。较高的温度促进水分渗透,从而促进蛋黄渗透压的降低。对特征变化曲线进行拟合,其相关系数为 0.992 9,贮藏时间与蛋黄指数的相关性显著。可通过蛋黄指数特征方程对鸡蛋品质进行预测,还可通过测定鸡蛋的蛋黄高度和蛋黄直径计算出鸡蛋的贮藏天数。

### 2.5 鸡蛋贮藏时间与介电参数 $Q$ 的变化

由图 5 可知,介质损耗因子随着贮藏天数的变化没有明显规律。这是由于在鸡蛋贮藏期间,品质的下降与鸡蛋内容物的状态、化学成分的变化相关。鸡蛋内容物并不是均匀一致的,其结构和化学组成存在差异。对特征变化曲线进行拟合,其相关系数为 0.509 5,贮藏时间与介质损耗因子的相关性不显著。

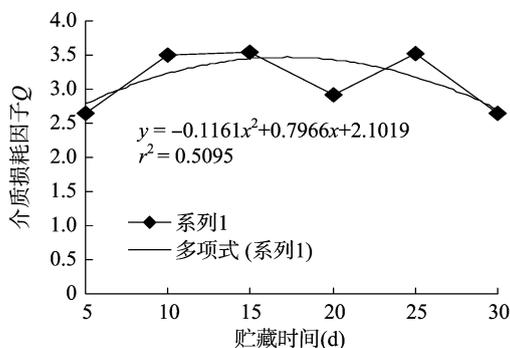


图5 鸡蛋贮藏期间介质损耗因子的变化特征

### 2.6 鸡蛋贮藏时间与介电参数 $R_p$ 的变化

由图 6 可知,鸡蛋并联等效电路模式的实效电阻随着贮藏天数的延长呈现出一定变化规律,于试验开始后 5~10 d 直线下降,于 10~25 d 基本保持平稳不变,25 d 后继续上升。对特征变化曲线进行拟合,其相关系数为 0.926 2,贮藏时间与  $R_p$  参数的相关性显著。

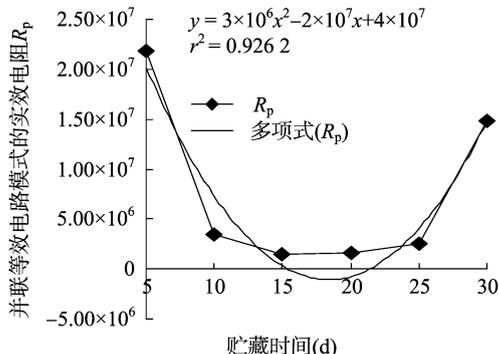


图6 鸡蛋贮藏期间并联等效电路模式的实效电阻  $R_p$  的变化特征

贮藏过程中,随着贮藏时间的延长,鸡蛋的新鲜程度逐渐降低,鸡蛋内容物的状态发生变化,导致鸡蛋内部电阻增大,表现为参数  $R_p$  在贮藏期 25 d 后开始上升。鸡蛋的组织、成分、结构、状态等均与其介电特性密切相关,影响介电特性的最大因素是其内部的电解质变化。鸡蛋在贮存过程中,由于蛋白质的变化、蛋黄中盐分由高浓度向低浓度的扩散、水分的

扩散和蒸发等原因,使水在蛋清和蛋黄中的存在形式及含量发生变化,从而在宏观上影响介电参数的变化。在鸡蛋的贮藏过程中,参数  $R_p$  与放置时间具有良好的对应关系,可作为表征鸡蛋品质的物理参数<sup>[10]</sup>。

### 2.7 鸡蛋贮藏期间介电参数与参考值的相关性

采用 Excel 软件对介电参数和参考值进行相关性分析(表 1)。

表 1 介电参数与参考值的相关性

参数	哈夫值	蛋清 pH 值	失质量率 (%)	蛋黄指数
$R_p$	0.374 93	-0.692 27	0.053 92	0.417 88
$Q$	-0.031 16	0.578 21	-0.303 39	-0.103 85

由表 1 可知, $R_p$  参数与蛋清 pH 值之间存在负相关性( $r < -0.67$ ),而  $R_p$  参数与其他参考值均不存在相关性( $r < 0.67$ ); $Q$  参数与 4 个参考值均不存在相关性。

## 3 结论

鸡蛋的品质参考值哈夫值、失质量率、蛋黄指数与贮藏天数的相关性均显著。可通过哈夫值、蛋黄指数来计算鸡蛋的贮藏天数,从而判断鸡蛋的新鲜度。鸡蛋的介电参数  $R_p$  与贮藏时间具有一定的相关性,可通过参数  $R_p$  计算鸡蛋的贮藏时间,进而判断鸡蛋的新鲜度。参数  $R_p$  与蛋清 pH 值之间存在负相关性,为鸡蛋新鲜品质与介电参数间相关性的进一步研究提供了依据。

## 参考文献:

- [1] 王志丹,吴敬学,杨巍,等. 中国蛋品出口贸易发展的现状与战略对策研究[J]. 世界农业,2012,394(2):31-34.
- [2] 陈红,丁幼春,文友先. 无损检测技术在禽蛋品质检测中的应用及进展[C]//中国蛋品科技大会论文集. 南京:中国畜产品加工研究会,2004.
- [3] 魏小彪,王树才. 鸡蛋品质综合检测方法的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.
- [4] 马晓明,王松磊,贺晓光,等. 基于介电特性的宁夏灵武长枣内部品质检测方法研究[J]. 新疆农业大学学报,2012,35(4):334-339.
- [5] 刘燕德,周延睿,彭彦颖. 基于近红外漫反射光谱检测鸡蛋品质[J]. 光学精密工程,2013,21(1):40-45.
- [6] 赵杰文,毕夏坤,林颢,等. 鸡蛋新鲜度的可见-近红外透射光谱快速识别[J]. 激光与光电子学进展,2013(5):209-216.
- [7] 杜丹萌,王风诺,王世平. 鸡蛋新鲜度随贮藏条件变化规律的研究[J]. 食品科技,2014,221(5):26-30.
- [8] King'ori A M. Review of the factors that influence egg fertility and hatchability in poultry[J]. International Journal of Poultry Science, 2011,10(6):483-492.
- [9] 李晓东,张兰威. 蛋品科学与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005:120-125.
- [10] 欧阳爱国,颜玄洲,刘燕德,等. 不同贮藏期的鸡蛋品质检测实验研究[J]. 农机化研究,2005(1):35-38.