

冷冻储存对鸡蛋理化性质及微观结构的影响

熊捷^{1,2}, 苏思婷¹, 何佩文¹, 何均燃¹, 叶君³

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640) (2. 四川大学高分子材料工程国家重点实验室, 四川成都 610065) (3. 华南理工大学制浆造纸工程国家重点实验室, 广东广州 510640)

摘要: 本文通过测定 pH、粘度、回弹高度和结构的变化, 表征了置于 -20 °C 下, 储存不同的时间的新鲜鸡蛋的全蛋、蛋清、蛋黄、熟蛋及熟蛋黄的性质变化。实验结果表明: 在 -20 °C 下, 新鲜鸡蛋随储存时间的增加, 煮熟的全蛋回弹高度变小, 熟蛋黄的回弹高度增大, 从 5 h 到 36 h, 熟蛋黄的回弹高度从提高了 2 倍到 4 倍; 蛋黄、蛋清和全蛋的 pH 值和粘度均发生了明显的变化, 且 pH 的变化在储存 10 h 后更为显著; 储存 10 h 的蛋清、蛋黄结构开始发生变化, 蛋黄在冷冻 24 h 后质地变得较为平滑、紧密, 可清楚表现为形成凝胶, 到冷冻 36 h 后达到不可逆的变化。因此: 在 -20 °C 下, 储存 10 h, 新鲜鸡蛋的品质已经由合格品下降为不合格的次品。

关键词: 鸡蛋; 冷冻; 微观结构; 性质; 品质

文章编号: 1673-9078(2013)10-2345-2348

Effect of Frozen Storage on Physicochemical Properties and Microstructure of Eggs

XIONG Jian^{1,2}, SU Si-ting¹, HE Pei-wen¹, HE Jun-ran¹, YE Jun³

(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China) (2. State Key Laboratory of Polymer Materials Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China) (3. State Key Laboratory of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Effect of different frozen storage time at -20 °C on whole egg, albumen, yolk, boiled egg and boiled yolk of fresh egg were investigated through determination of pH, viscosity, rebound height and structural change in the paper. The results showed that, at -20 °C, the rebound height of boiled egg was decreased with increase of storage time of fresh eggs, while the bounce height of boiled yolk was increased 2~4 times after frozen-stored from 5 to 36 h. Both pH and viscosity of egg yolk, albumin and whole egg had obviously changed with the increase of storage time, and the changes were more significant after freezing the samples for 10 h. The structures of the albumen and yolk frozen for 10 h began to change. After 24 h, yolk became smooth and tight, with gel, formed. And the change was irreversible after 36 h. Therefore, the quality of eggs can be greatly reduced to be substandard by frozen storage at -20 °C for 10 h.

Key words: egg; frozen; microstructure property; quality

随着我国人民生活水平的不断提高, 保健意识的逐步增强, 消费者们愈来愈重视食品安全问题, 农产品的质量 and 安全性问题日益突出, 甚至农产品质量安全问题成为危及公众健康和影响政府公信力的重要因素^[1]。

鸡蛋被誉为全营养食品, 在我国是日常生活中最基本的农副产品之一, 也是仅次于猪肉的第二大蛋白质消费品, 富含优质的蛋白质、必需氨基酸、维生素

收稿日期: 2013-05-23

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51043011、31270617), 高分子材料工程国家重点实验室开放课题基金项目 (KF201301)

作者简介: 熊捷(1965-), 男, 博士, 教授, 主要从事纤维素及其它天然高分子结构与性能研究

通讯作者: 叶君(1963-), 女, 博士, 教授, 主要从事植物资源化学研究

和矿物质等, 人体对其中蛋白质的吸收利用率高达 99.7%^[2]。我国鸡蛋的消费以鲜鸡蛋为主, 占鸡蛋消费量约为 96.7%, 鸡蛋质量受到饲料成分、保存条件、存放时间等因素的影响^[3]。近年来, 每到秋冬两季就会有出现“假鸡蛋”-也称人造蛋或橡皮鸡蛋, 既当鸡蛋煮熟后, 熟蛋黄像乒乓球一样能够弹跳。假鸡蛋事件频频挑动着消费者的神经, 而经权威部门检测所谓的“假鸡蛋”是完全具有真鸡蛋所有性状特征的鸡蛋^[4]。

目前, 对于鸡蛋储存的研究限于 4~8 °C 储存过程中个微生物对鸡蛋的影响及冷藏储存中鸡蛋理化性质的变化, 未见关于 0 °C 以下冷冻对鸡蛋性质的影响。而对于具有所有真鸡蛋性状的鸡蛋如何会变成市场上的“假鸡蛋”, 原因也未有科学系统的报道。因此, 本

文通过在-20℃下对鸡蛋进行冷冻储存不同的时间对鸡蛋理化性质及熟蛋黄回弹高度的影响,找出低温储存时间与鸡蛋性质、回弹高度变化的相互关系,从而找出“假鸡蛋”出现的根本原因。

本研究为鸡蛋在秋冬两季的储存、运输过程中保障优良其品质,防止弹性“假鸡蛋”的提供理论依据,同时,该研究也保障了农产品质量和安全性、提高消费者对农产品安全信心、保障国家经济活动的正常运行具有重要的社会意义。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

材料:市售鸡蛋。

仪器:冰箱,PHS-25C型pH计,上海康仪仪器有限公司,DV-III+型旋转流变仪 Brookfield 美国,XWY-VI型显微测量仪,珠海华伦造纸科技有限公司。

1.2 实验方法

新鲜鸡蛋每6个为一组,放入冰箱的冷冻室分别冷藏5、10、24、36、48和72h后取出。

1.2.1 pH值的测定

用分蛋器分离蛋黄和蛋清,分别将蛋黄、蛋清和全蛋搅拌均匀,用pH计测定三者的pH值。

1.2.2 粘度的测定

将搅拌均匀的蛋黄、蛋清和全蛋,分别配置150g 10%的样品溶液,用DV-III+型旋转流变仪分别测定三者的粘度,转速:50 r/min,25℃,2号转子测试。

1.2.3 回弹高度的测定

本文运用自制的高为80cm,直径为7cm的标有刻度的玻璃管对鸡蛋的回弹高度进行测试,测试时将玻璃管置于光滑的玻璃板上以保证底面水平。将鸡蛋在室温平衡后,煮熟;煮熟的全蛋和蛋黄由玻璃管的上端自由下落,测量其第一次弹起高度。

1.2.4 结构形貌的测定

鸡蛋在室温平衡、煮熟后,分离蛋黄和蛋白,将蛋黄切开,并使用XWY-VI型显微测量仪观察蛋黄的微观结构,放大倍数:85倍。

1.3 数据分析

利用Origin 8.0对获得的数据进行分析。

2 结果与讨论

2.1 冷冻储存对鸡蛋理化性质的影响

在本文实验条件下,当储存温度低于-20℃时,出现50%以上的破蛋,高于-20℃时,破蛋率低于5%。故本文选择-20℃,做为实验考察的温度。

在-20℃时,蛋清、蛋黄及鸡蛋液的pH随冷冻时间的变化如图1所示。

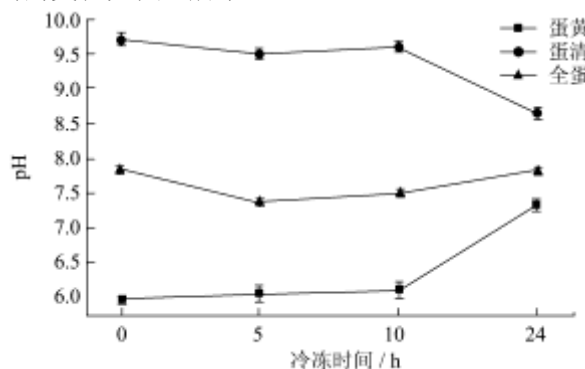


图1 冷冻时间对鸡蛋pH的影响(-20℃)

Fig.1 Effect of freezing time on pH of eggs

由图1可知:在冷冻的前10h,无论是蛋黄、蛋清还是全蛋液的pH值都比较稳定;蛋黄呈酸性,蛋清呈碱性,全蛋为中性偏碱;但在冷冻10h后鸡蛋的pH开始发生变化,蛋黄液的pH升高,由酸性变为中性,蛋清液的pH降低,全蛋液pH值小幅增加。蛋黄和蛋清呈不同的pH值是因为它们的蛋白质含量和种类不同^[5-6],pH的变化说明冷冻使得蛋黄和蛋清中的蛋白质结构在-20℃时,随时间的增加发生变性。

图2给出了在-20℃时,冷冻时间对鸡蛋粘度的影响。

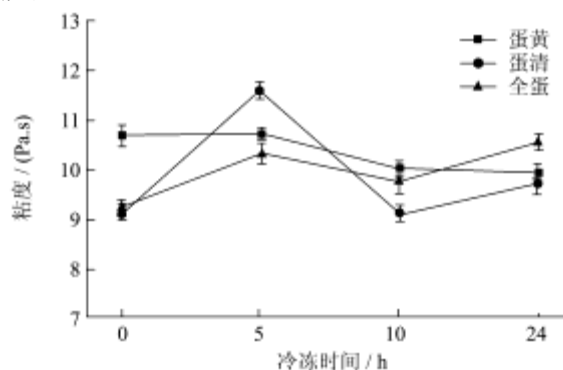


图2 冷冻时间对鸡蛋粘度的影响

Fig.2 Effect of freezing time on viscosity of eggs

注:转速:50 r/min,2号转子,25℃,冷冻温度:-20℃。

如图2所示,随着在冷冻时间的增加,蛋黄的粘度下降;蛋清和全蛋则是增加-下降-增加的变化。这是因为在-20℃的存储过程中,存在着蛋白质变性和水分减少两个竞争的过程^[7]。在前5h,随着时间的增加,蛋清液的水分减少占优,使得蛋清液和全蛋的浓度增加,粘度增加;超过5h后,蛋清液从水分减少占优变为蛋白质变性占优,蛋清和全蛋粘度则下降。

蛋黄则由于蛋清包裹，其水分损失小，蛋白质变性占优，故随时间的增加其粘度下降。在冷冻 36 h，蛋黄在解冻后具有较好的凝胶性，无法将其打散使其分散均匀，如图 4 所示，因此无法测定其粘度的变化。

2.2 冷冻储存对鸡蛋质构的影响

本文利用自制的装置评价熟蛋黄及全蛋的回弹高度方法来研究鸡蛋的回弹高度。结果见图 3。

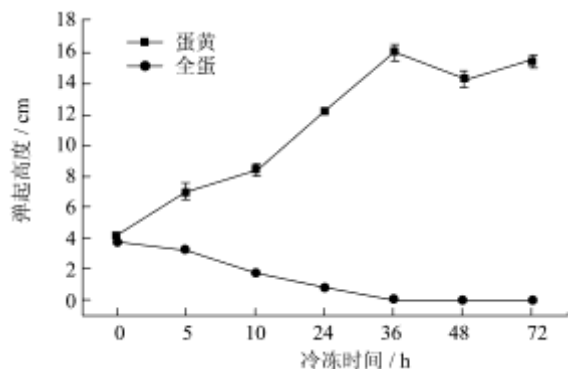


图 3 冷冻时间对鸡蛋回弹高度的影响 (-20 °C)

Fig.3 Effect of freezing time on rebound height of eggs

由图 3 得出：全蛋的回弹高度随冷冻时间的延长而降低，在冷冻 36 h 后几乎无法弹起；而熟蛋黄的回弹高度在冷冻的前 36 h 内随冷冻时间的延长而增大，在冷冻 36 h 后保存较稳定的弹起高度。表明在冷冻后鸡蛋的蛋黄和蛋白的结构及胶凝性在逐渐发生变化，这可能与其中蛋白质变性相关。

在蛋清蛋白质中对其凝胶网络结构发挥主要作用的是卵白蛋白和卵转铁蛋白，而在蛋黄蛋白质中主要是低密度脂蛋白对凝胶网络的形成起主要作用 [8-10]。蛋清蛋白在形成凝胶的过程中受到氢键、静电作用、二硫键及其中 β -折叠结构等内部因素的影响，即其中蛋白质结构和分子柔性变化会对凝胶的性质改变产生影响 [8]。因此煮熟的鸡蛋蛋白的回弹高度变化与其二级结构和巯基数的变化密切相关，其中 β -折叠结构数量的增加会使蛋白质形成的三维网络结构更为致密，回弹高度增大。而蛋黄在冷冻后低密度脂蛋白的水化层由于冰晶的形成而被破坏，为蛋黄形成凝胶奠定了基础 [11]。

图 4 和图 5 分别给出了不同冷冻时间的生蛋黄和熟蛋黄的形貌图。

由图 4 可以看出，在将蛋黄与蛋清分离后，用玻璃棒将蛋黄切开，未冷冻的蛋黄立即分散为液体，但冷冻 36 h 的鸡蛋在室温平衡解冻后却依然保持着稳定的固体形态，蛋黄的质构发生了变化，这也表明冷冻形成的蛋黄凝胶功能性质受到了影响。而由图 5 可以看出，未冷冻的蛋黄和冷冻 5、10 h 的蛋黄表面质地

较为粗糙、疏松；冷冻超过 24 h 后，蛋黄即可观察到蛋黄形成了凝胶，表面质地变得较为平滑、紧密；而冷冻超过 36 h 的蛋黄在中心均出现一个白色凹陷的圆形区域。这表明在冷冻的前 10 h 内蛋黄的凝胶性质并未有显著的变化，而冷冻 24 h 后蛋黄的凝胶性质已经发生了显著的变化，这与熟蛋黄回弹高度测试的结果相应；冷冻 36 h 后蛋黄中心凹陷的白色圆形区域是冷冻后导致蛋黄导热率下降引起的。



图 4 不同冷冻时间的生蛋黄形貌图 (-20 °C)

Fig.4 Images of raw yolk at different freezing time

注：1：未冷冻，2：冷冻 36h。

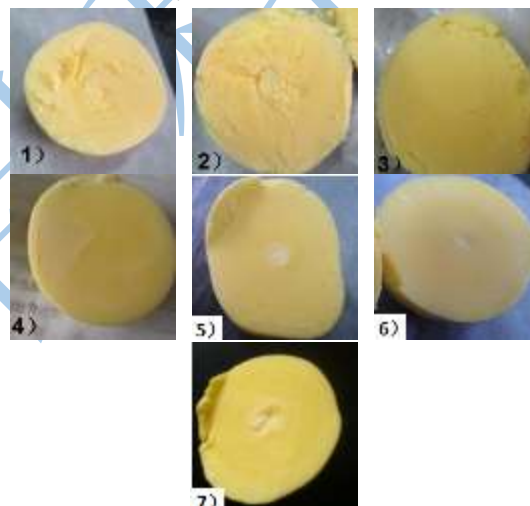


图 5 不同冷冻时间的熟蛋黄形貌图 (-20 °C)

Fig.5 Images of boiled yolk at different freezing time

注：冷冻 1: 0 h, 2: 5 h, 3: 10 h, 4: 24 h、5: 36 h, 6: 48 h 和 7: 72 h。

蛋黄在冷冻后质地发生变化是因为蛋黄是由相互连接的多面体-蛋黄球组成，在蛋黄球没有遭到破坏的情况下，相连的多面体之间不发生交联作用，因此，未冷冻的蛋黄质地较为粗糙、疏松；蛋黄经冷冻后，蛋黄球在低温下遭到破坏，当蛋黄球的破坏程度达到一定时，蛋黄即可形成凝胶，使熟蛋黄回弹高度增大 [12]。

在 -20 °C 时，煮熟的蛋黄的微观结构随冷冻时间的变化如图 6 所示，放大倍数为 85 倍。

由图 6 可以看出，在冷冻的前 5 h 内，蛋黄的微观结构较为均一，冷冻对蛋黄的微观结构并不产生显著的影响，而在冷冻超过 10 h 后蛋黄的微观结构渐渐发生变化，表面出现了颗粒状物质，凹凸不平，且这

种现象在冷冻 36 h 后更为明显,反应在宏观上就表现为蛋黄慢慢形成凝胶,熟蛋黄回弹高度增大。这是因为在冷冻的前 5 h 蛋黄中的蛋黄球还未被破坏,而在冷冻 10 h 后蛋黄球开始破裂,且随冷冻时间的延长蛋黄球破裂量越多。

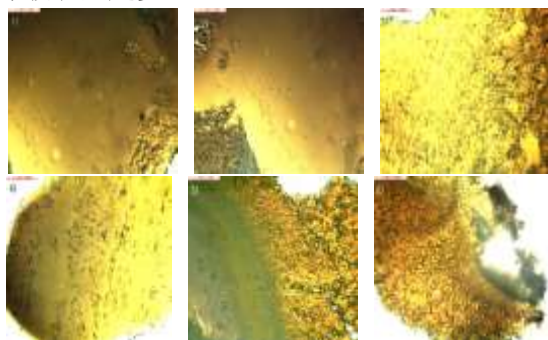


图 6 不同冷冻时间的蛋黄显微结构图 (-20 ℃)

Fig.6 Microscope images of yolk at different freezing time

注:放大 85 倍,冷冻 1: 0 h, 2: 5 h, 3: 10 h, 4: 24 h, 5: 36 h 和 6: 48 h。

3 结论

本文研究了冷冻储存对鸡蛋质构及理化性质的影响。研究表明,冷冻时间达到一定时,鸡蛋中的蛋白质开始变性,鸡蛋的蛋黄和蛋清的 pH 值显著的变化;熟蛋回弹高度降低,这与其蛋白质的二级结构和巯基数的变化密切相关;熟蛋黄回弹高度明显增大这是由于冷冻破坏了低密度脂蛋白的水化层所导致的;煮熟的蛋黄表面质地较为粗糙,疏松,但由于蛋黄经冷冻后,蛋黄球在低温下遭到破坏,在冷冻 24 h 后观察到蛋黄形成了凝胶,表面质地变得较为平滑、紧密;在显微镜下,未冷冻的和冷冻 5 h 的鸡蛋蛋黄较为光滑均一,而冷冻 10 h 以上的蛋黄表面出现了颗粒状物质,表面凹凸不平,且这种现象在冷冻 36 h 后更为明显,这反应了蛋黄球被破坏的程度。该研究证实了,新鲜鸡蛋在-20 ℃下,10 h 就会变成市场上的“橡皮蛋”,既从合格品变为不合格的次品。

参考文献

- [1] 胡南乾.我国食品质量安全认证问题研究[D].广州:华南理工大学,2011
HU Nan-qin. Research on China Certification of Food Quality Safety [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011
- [2] 阎微,苏晓蓉,杨严俊.蛋黄组成成分性质的研究[J].食品工业科技,2010,31(1):158-160
YAN Wei, SU Xiao-rong, YANG Yan-jun. Study on the Properties of Composition of Egg Yolk [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(1): 158-160
- [3] 李俊营,詹凯,吴俊锋,等.不同储藏方式对鸡蛋品质的影响[J].家畜生态学报,2012,33(1):47-49
LI Jun-ying, ZHAN Kai, WU Jun-feng, et al. Effect of Different Storage Methods on Egg Quality [J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2012, 33(1): 47-49
- [4] 冯善书.南方日报:或许没有假鸡蛋[DB/OL].(2012.02.12) [2013.05.22]
<http://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?QueryID=3&CurRec=1&recid=&filename=NFRB20120214A150&dbname=CCNDLAST2012&dbcode=CCND&pr=&urlid=&yx=&v=MjExODhiTEc0SDIQTjZNUJGZW9LREJOS3VoZGhuajk4VG5qcXF4ZEVITU9VS3JpZlp1VnZFU3ZtVXI3Sklsd1VLeXZa>
FENG Shan-shu. Nanfang Daily: Perhaps There is Not Artificial Eggs [DB/OL]. (2012.02.12) [2013.05.22]
<http://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?QueryID=3&CurRec=1&recid=&filename=NFRB20120214A150&dbname=CCNDLAST2012&dbcode=CCND&pr=&urlid=&yx=&v=MjExODhiTEc0SDIQTjZNUJGZW9LREJOS3VoZGhuajk4VG5qcXF4ZEVITU9VS3JpZlp1VnZFU3ZtVXI3Sklsd1VLeXZa>
- [5] Gustavo Martos, Rosina López-Fandiño, Elena Molina. Immunoreactivity of hen egg allergens: Influence on in vitro gastrointestinal digestion of the presence of other egg white proteins and of egg yolk [J]. Food Chemistry, 2013,136(2): 775-781
- [6] G Martos, C Pineda-Vadillo, B Miralles. Identification of an IgE reactive peptide in hen egg riboflavin binding protein subjected to simulated gastrointestinal digestion [J]. J. Agric. Food Chem., 2012, 60 (20): 5215-5220
- [7] Daekeun Shin, Carlos Narciso-Gaytán, Joe M Regenstein, et al. Effect of various refrigeration temperatures on quality of shell eggs [J]. J Sci Food Agric, 2012, 92(7): 1341-1345
- [8] 李俐鑫,迟玉杰,于滨.蛋清蛋白凝胶特性影响因素的研究[J].食品科学,2008,29(3):46-49
LI Li-xin, CHI Yu-jie, YU Bin. Study on Affecting Factors of Egg White Protein Gel Property [J]. Food Science, 2008, 29(3): 46-49
- [9] YOSHINORI M. Effect of dry heat and mild alkaline treatment on functional properties of egg white proteins [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1997, 45(8): 2924-2928
- [10] T Jaekel, K Dautel, W Ternes. Preserving functional properties of hen's egg yolk during freeze-drying [J]. Journal

- of Food Engineering, 2008, 87(4): 522-526
- [11] Telis VRN, Kieckbusch TG. Viscoelasticity of frozen/thawed egg yolk [J]. Journal of Food Science, 1997, 62(3): 548-550
- [12] 陈功,陈有亮.鸡蛋的微观结构与凝胶性状[J].肉类研究,1992,2:12-14
- CHEN Gong, CHEN You-liang. Microstructure and Gel properties of Egg [J]. Meat Research, 1992, 2: 12-14

