

葛庆联,刘茵茵,马丽娜,等. 煮制时间对鸡蛋质构特性的影响及相关性分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(7):171-174.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.07.030

# 煮制时间对鸡蛋质构特性的影响及相关性分析

葛庆联,刘茵茵,马丽娜,唐修君,樊艳凤,高玉时,陆俊贤,丁红梅

(江苏省家禽科学研究所/江苏省家禽遗传育种重点实验室,江苏扬州 225125)

**摘要:**为了研究不同煮制时间鸡蛋质构品质的变化规律及其相关性,选取当天产鸡蛋 120 枚,随机分成 4 组,每组 30 枚,分别于煮蛋器中煮制 5、10、15、20 min,通过测定鸡蛋的质构参数及蛋品质,探究不同煮制时间对鸡蛋质构及品质的影响。结果表明,煮制前 10 min 的硬度显著低于煮制 15、20 min ( $P < 0.05$ ),鸡蛋煮制 5 min 的黏附性、弹性、胶黏性和咀嚼性均显著低于煮制 10、15、20 min ( $P < 0.05$ ); 5 min 时煮制损失率显著低于煮制 10、15、20 min ( $P < 0.05$ ),煮制 20 min 时的鸡蛋水分含量显著低于煮制 5、10 min ( $P < 0.05$ ) 的水分含量。水分含量与硬度、黏附性、弹性和咀嚼性均呈显著性负相关 ( $P < 0.05$ ),与内聚性和胶黏性呈负相关 ( $P < 0.05$ )。随着煮制时间的延长,鸡蛋的水分含量下降,硬度、黏附性、弹性和咀嚼性逐渐升高后趋于平稳,煮制 10 min 可使鸡蛋充分变性凝固。

**关键词:**煮制时间;鸡蛋;质构;相关性

**中图分类号:**TS207.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)07-0171-04

质构品质是评价食品质量和功能特性指标之一,是消费者对产品总体评价和喜好选择的重要依据<sup>[1]</sup>。质构品质的评价,主要包括仪器检测和感官评价 2 个方面,而感官评价通常缺乏科学统一的评判标准,加之人为因素而使测得数据变异系数较大<sup>[2]</sup>。近几年,随着仪器设备的研发和技术的不断更新完善,质构仪的开发为食品评价提供了更加客观的标准<sup>[3]</sup>。质构仪(texture analyzers)又称为物性仪,它可以对食品的质地和结构做出最直观和可重复的数据化描述,能根据不同的样品设定不同的测定模式,其中质地多面剖析法(texture profile analysis,TPA)可以测定样品的硬度、弹性、黏附性、胶黏性、内聚性和咀嚼性等参数<sup>[4]</sup>,为多方面反映食品质量提供了科学依据。鸡蛋营养丰富,价格便宜,是人们日常生活中首选的动物性蛋白食品。白煮蛋是人们喜爱的食品,其加工工艺简单,与腌制蛋和卤蛋相比,能够最大程度地保留鲜蛋的营养成分<sup>[5-7]</sup>。虽然白煮蛋是人们最常见的营养性蛋制

品,但是关于白煮蛋的研究却相对较少。本试验以粉壳鸡蛋为研究对象,采用煮蛋器煮制鸡蛋,利用质构仪分析测定了不同的煮制时间条件下鸡蛋质构品质的变化,旨在为消费者和育种工作者的相关研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与地点

粉壳鸡蛋(31 周龄京粉 3 号当天产鸡蛋),来自江苏省家禽科学研究所实验基地。试验于 2020 年 1—2 月进行,试验地点位于江苏省家禽科学研究所。

### 1.2 仪器与设备

ZDQ-A14R1 型煮蛋器(小熊电器股份有限公司)、ETG-1061A 型无损蛋壳厚度测定仪(日本 Robo Tmation 公司)、TMS-Pro 型质构仪(美国 FTC 公司)、FGX-5R 型蛋壳强度测定仪(日本 Robo Tmation 公司)、WGL-125B 型电热恒温干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司)。仪器由农业农村部家禽品质监督检验测试中心(扬州)提供。

### 1.3 试验方法

1.3.1 煮制条件 随机选取当天产粉壳鸡蛋 120 枚,每组 30 枚,平均分成 4 组,于煮蛋器中待水沸腾后开始计时 5、10、15、20 min。煮制结束后,在室温中自然冷却,冷却结束后对每组鸡蛋进行各项指标测定。

收稿日期:2020-09-11

基金项目:江苏省重点研发计划项目(现代农业)(编号:BE2018363);江苏省家禽遗传育种重点实验室资助项目(编号:JQLAB-ZZ-202002)。

作者简介:葛庆联(1971—),女,江苏扬州人,硕士,副研究员,主要从事家禽品质检测及质量安全研究。E-mail:zsj10800@sina.com。

通信作者:高玉时,博士,研究员,主要从事家禽遗传育种与食品安全研究。E-mail:gaoy100@sina.com。

1.3.2 测定方法 蛋壳厚度和蛋壳强度测定采用 NY/T823 的方法<sup>[8]</sup>：

煮制损失率 = (生鸡蛋质量 - 熟鸡蛋质量) / 生鸡蛋质量 × 100%。

1.3.3 水分的测定 采用 GB 5009.3—2016 的方法<sup>[9]</sup>进行测定。

1.3.4 质构参数的测定 使用质构仪对鸡蛋进行质构参数测定<sup>[10]</sup>。剥离蛋壳后,直接用全蛋测定,选用质地多面剖析法模式进行测量,设定参数为:感应元的量程 100 N,起始力 30 N,测试速度 30 mm/min,形变量 20%,探头回升到样品表面高度 35 mm。由质构特征曲线得到熟鸡蛋硬度、弹性、黏附性、胶黏性、内聚性和咀嚼性等参数(表 1)。

表 1 TPA 特征值的涵义说明

TPA 特征	涵义
硬度(N)	样品在达到一定的变形时所必要的力
弹性(mm)	样品在挤压结束后,恢复原来状态的能力
黏附性(N)	探头表面脱离样品的黏着作用而所做的功
胶黏性(N)	样品被吞咽前破碎它所需要的力
内聚性(Ratio)	形成食品所需要的内部结合力
咀嚼性(mJ)	样品对咀嚼的持续抵抗力,是硬度、弹性和内聚性三者的乘积

表 2 不同煮制时间鸡蛋 TPA 试验质构参数

煮制时间 (min)	硬度 (N)	黏附性 (N)	内聚性 (Ratio)	弹性 (mm)	胶黏性 (N)	咀嚼性 (mJ)
5	31.37 ± 1.04b	9.35 ± 1.89c	0.70 ± 0.03	0.63 ± 0.10b	22.09 ± 1.00c	13.88 ± 2.52c
10	32.00 ± 0.86b	11.93 ± 1.16b	0.71 ± 0.01	0.77 ± 0.05a	23.13 ± 0.10ab	16.99 ± 0.85b
15	33.22 ± 0.18a	13.60 ± 0.38a	0.70 ± 0.00	0.84 ± 0.02a	23.67 ± 0.14a	20.46 ± 0.55a
20	33.20 ± 0.87a	14.01 ± 0.16a	0.70 ± 0.01	0.82 ± 0.08a	22.78 ± 0.36b	20.51 ± 0.90a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),无字母或有相同字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。表 4 同。

表 3 不同煮制时间鸡蛋 TPA 质构参数相关性

项目	相关系数					
	硬度	黏附性	内聚性	弹性	胶黏性	咀嚼性
硬度	1.000					
黏附性	0.850**	1.000				
内聚性	-0.160	0.030	1.000			
弹性	0.546**	0.786**	0.182	1.000		
胶黏性	0.416*	0.622**	0.537**	0.582**	1.000	
咀嚼性	0.655**	0.844**	0.239	0.983**	0.639**	1.000

注:\*表示在 0.05 水平(双侧)上呈显著相关, $P > 0.05$ ; \*\*在 0.01 水平(双侧)上呈显著相关, $P < 0.01$ 。表 5、表 6 同。

的正相关( $P < 0.01$ ),与弹性、咀嚼性呈正相关( $P > 0.05$ );弹性与胶黏性、咀嚼性均呈极显著的正相关( $P < 0.01$ );胶黏性与咀嚼性呈极显著的正相关( $P < 0.01$ )。

## 1.4 数据处理

测定数据采用 Excel 建库、初步处理后,再用 SPSS 17.0 软件对不同处理组之间用单因素方差分析方法进行分析,组间平均值之间用 Duncan's 多重比较法比较,数据以平均数加减标准差形式表示。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同煮制时间 TPA 测试质构参数

由表 2 可知,鸡蛋煮制前 10 min 的硬度显著低于煮制 15、20 min( $P < 0.05$ ),硬度随煮制时间的延长呈现先升高后趋于平稳的趋势。鸡蛋煮制 5 min 的黏附性、弹性、胶黏性和咀嚼均显著低于煮制 10、15、20 min( $P < 0.05$ ),黏附性、弹性和咀嚼性均呈现随煮制时间的延长而升高后趋于平稳,胶黏性随煮制时间的延长先升高后下降。鸡蛋内聚性随煮制时间的延长差异不显著( $P > 0.05$ )。

由表 3 可知,Pearson 相关系数分析表明,鸡蛋硬度与黏附性、弹性、咀嚼性均呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),与胶黏性呈显著性正相关( $P < 0.05$ ),与内聚性呈负相关( $P > 0.05$ );黏附性和弹性、胶黏性、咀嚼性均呈极显著的正相关( $P < 0.01$ ),与内聚性呈正相关( $P > 0.05$ );内聚性与胶黏性呈极显著

### 2.2 不同煮制时间鸡蛋品质

由表 4 可知,鸡蛋煮制 5 min 时,煮制损失率显著低于煮制 10、15、20 min( $P < 0.05$ ),生鸡蛋质量、熟鸡蛋质量、蛋壳厚度和蛋壳强度均随煮制时间的

表 4 不同煮制时间鸡蛋品质的分析结果

煮制时间 (min)	生蛋质量 (g/枚)	熟蛋质量 (g/枚)	煮制损失率 (%)	蛋壳厚度 (mm)	蛋壳强度 (kg·f)	水分含量 (%)
5	45.82 ± 4.54	44.69 ± 4.48	2.49 ± 0.37b	0.34 ± 0.04	3.98 ± 0.77	74.46 ± 0.77a
10	45.54 ± 2.46	44.14 ± 2.43	3.09 ± 0.34a	0.34 ± 0.03	4.29 ± 0.74	74.10 ± 0.71ab
15	45.76 ± 2.87	44.28 ± 2.82	3.24 ± 0.36a	0.35 ± 0.03	4.34 ± 0.64	73.38 ± 0.87bc
20	45.60 ± 3.75	44.13 ± 3.63	3.22 ± 0.90a	0.34 ± 0.02	4.01 ± 0.48	73.12 ± 0.76c

延长差异不显著( $P > 0.05$ )。煮制 20 min 时的鸡蛋水分含量显著低于煮制 5、10 min ( $P < 0.05$ ) 的水分含量,水分含量随煮制时间的延长呈现下降的趋势。

由表 5 可知,Pearson 相关系数分析表明,生蛋质量与熟蛋质量呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),相关系数分别为 0.999;与煮制损失率、水分含量呈正相关( $P > 0.05$ ),与蛋壳厚度、蛋壳强度呈负相关

( $P > 0.05$ )。熟蛋质量与煮制损失率、水分含量呈正相关( $P > 0.05$ ),与蛋壳厚度、蛋壳强度呈负相关( $P > 0.05$ )。煮制损失率与蛋壳厚度呈显著性负相关( $P < 0.05$ ),与蛋壳强度、水分含量呈负相关( $P > 0.05$ )。蛋壳厚度与与蛋壳强度、水分含量呈正相关( $P > 0.05$ )。蛋壳强度与水分含量呈正相关( $P > 0.05$ )。

表 5 不同煮制时间鸡蛋品质的相关性

项目	相关系数					
	生鸡蛋质量	熟鸡蛋质量	煮制损失率	蛋壳厚度	蛋壳强度	水分含量
生鸡蛋质量	1.000					
熟鸡蛋质量	0.999**	1.000				
煮制损失率	0.266	0.214	1.000			
蛋壳厚度	-0.038	-0.017	-0.423*	1.000		
蛋壳强度	-0.217	-0.209	-0.222	0.055	1.000	
水分含量	0.003	0.022	-0.345	0.124	0.019	1.000

### 2.3 不同煮制时间鸡蛋品质与质构参数的相关性分析

由表 6 可知,通过 Pearson 相关系数分析表明,生蛋质量和熟蛋质量与硬度、黏附性、内聚性、弹性、胶黏性和咀嚼性均呈负相关( $P > 0.05$ );煮制损失率与黏附性呈显著性正相关( $P < 0.05$ ),与内聚性呈负相关( $P > 0.05$ ),与硬度、弹性、胶黏性和咀嚼性均呈正相关( $P > 0.05$ );蛋壳厚度与内聚性呈正相关( $P > 0.05$ ),与硬度、黏附性、弹性、胶黏性和咀嚼性均呈负相关( $P > 0.05$ );蛋壳强度与内聚性、胶黏性呈正相关( $P > 0.05$ ),与硬度、黏附性、弹性和咀嚼性均呈负相关( $P > 0.05$ );水分含量与硬度、黏附性、弹性和咀嚼性均呈显著性负相关( $P < 0.05$ ),与内聚性和胶黏性呈负相关( $P > 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 不同煮制时间对鸡蛋质构参数和品质的影响

鸡蛋的构造由蛋壳、蛋白和蛋黄组成。蛋白由外稀蛋白、浓蛋白、内稀蛋白、系带浓蛋白组成<sup>[11]</sup>。鸡蛋质构参数的变化主要与蛋白质的含量高低及

表 6 不同煮制时间鸡蛋质构参数与品质相关性

项目	相关系数					
	硬度	黏附性	内聚性	弹性	胶黏性	咀嚼性
生蛋质量	-0.149	-0.111	-0.043	-0.141	-0.141	-0.150
熟蛋质量	-0.165	-0.139	-0.043	-0.157	-0.157	-0.167
煮制损失率	0.262	0.494*	-0.019	0.259	0.261	0.267
蛋壳厚度	-0.276	-0.359	0.082	-0.297	-0.118	-0.292
蛋壳强度	-0.195	-0.366	0.197	-0.335	0.060	-0.299
水分含量	-0.442*	-0.435*	-0.006	-0.451*	-0.190	-0.479*

蛋白变性凝胶及降解程度有关,一般鸡蛋的蛋白质含量越高,凝胶程度就越大,咀嚼性和硬度就越大<sup>[12]</sup>。因为鸡蛋在煮制过程中有蛋壳和蛋壳膜的保护,蛋白质含量变化范围很小,所以硬度的差异主要是与蛋白质的变性凝胶或降解程度有关。本试验中,鸡蛋在煮制 5 min 的时候,蛋白质未达到完全变性,随着煮制时间的延长,蛋白质的变性程度变大,造成硬度、弹性、咀嚼性和胶黏性的增加;10 min 后,继续加热,鸡蛋的硬度、弹性和咀嚼性基本上没有变化,而胶黏性有所降低,可能原来因变性发生聚集的蛋白又发生解离和进一步的水解造

成了胶黏性降低。金志强等研究发现,鸡蛋煮制 8 min 时已经完全成熟,达到食用要求,继续加热进行煮制基本上没有变化<sup>[12]</sup>,本研究结果与之相似。周长旭等研究,鸡蛋在热诱导时首先是蛋清中的单体蛋白质由天然状态转变为变性状态,再通过折叠作用形成相对高分子质量的可溶性聚集物,然后在二硫键的作用下,预凝胶聚集物逐渐变稠形成凝胶<sup>[13]</sup>。何立超等研究了煮制时间对水煮蛋的质构影响时,发现鸡蛋在煮制 10 min 后,继续加热可能原来因变性发生聚集的蛋白又发生解离和进一步的水解而使鸡蛋硬度降低<sup>[14]</sup>。

鸡蛋的品质主要包括外在品质和内在品质,其中,外在品质包括蛋壳颜色、蛋壳强度、蛋壳厚度等,内在品质包括蛋黄颜色、蛋白高度、哈氏单位等<sup>[11]</sup>。本试验中,煮制时间对鸡蛋的蛋壳厚度、蛋壳强度等外在品质没有产生太大的影响,而鸡蛋水分含量随着煮制时间的延长而降低,鸡蛋的煮制损失率随煮制时间的延长先升高后趋于平缓。这可能是鸡蛋随着煮制时间的延长自由水损失得越来越多造成的。董志俭等在研究南美白对虾蒸制过程水分状态的变化时,利用核磁共振技术对南美白对虾体内的结合水、中间水和自由水这 3 种状态的水进行扫描,发现随着蒸制时间的延长,中间水和自由水的横向弛豫时间下降,而结合水的流动性变化不大,蒸制不能改变结合水的流动性,说明蒸制过程中水分含量的降低主要是自由水损失造成<sup>[15]</sup>。本试验研究了不同煮制时间鸡蛋质构与品质的变化规律以及相关分析,至于不同煮制时间对鸡蛋的营养和风味的影响,以及熟鸡蛋的质构特性参数达到何种程度不适合食用,还有待于进一步研究。

### 3.2 不同煮制时间鸡蛋品质与质构参数的相关性分析

研究表明,质构参数与鸡蛋的水分含量呈现明显的负相关。段云霞等利用 LF-NMR 分析仪对白煮蛋贮藏过程中质构特性的变化得知,蛋清的咀嚼性及硬度与含水量呈现显著负相关,即含水量越低,咀嚼性及硬度值越大<sup>[5]</sup>。胡芬等对淡水鱼肉的质构特性研究显示,随着鱼的生长和体质量增加,肉的硬度、胶着度、弹性和咀嚼度均有所增加,质构指标与含水量呈负相关<sup>[16]</sup>。姜秀丽等对不同烘干时间对猪肉脯水分分布的研究表明,含水量是影响肉及红肠咀嚼性变化和硬度的重要因素<sup>[17]</sup>。

## 4 结论

随着煮制时间的延长,鸡蛋的水分含量下降,硬度、黏附性、弹性、胶黏性和咀嚼性逐渐升高后趋于平稳,煮制 10 min 可使鸡蛋充分变性凝固,达到食用要求。

硬度、黏附性、弹性和咀嚼性均与水分含量呈显著性负相关,内聚性和胶黏性与水分含量呈负相关。

### 参考文献:

- [1] 黄丽燕,张强,刘文营,等. 不同热处理方式对卤蛋蛋白的质构影响[J]. 食品工业,2012(9):75-78.
- [2] 杨植,王振磊. 基于 TPA 法评价枣果实质地及聚类分析[J]. 新疆农业科学,2019,56(10):1860-1868.
- [3] 阎宁,刘新婷,李雯,等. TPA 质构分析氯化钙处理采后番木瓜果实的质地变化[J]. 食品科技,2019(9):56-60.
- [4] 李玲,徐舒,曹如霞,等. 基于 PCA-Entropy TOPSIS 的甘薯品种块根质构品质评价[J]. 中国农业科学,2020,53(11):2161-2170.
- [5] 段云霞,赵英,迟玉杰. 基于低场核磁共振技术分析不同贮藏条件下白煮蛋水分分布及品质变化[J]. 食品科学,2018,39(9):26-32.
- [6] Erdogdu F, Ferrua M, Singh S K, et al. Paul Singh. Air-impingement cooling of boiled eggs: analysis of flow visualization and heat transfer[J]. Journal of Food Engineering,2006,79(3):920-928.
- [7] Reeves S, Halsey L G, Mcmeel Y, et al. Breakfast habits, beliefs and measures of health and wellbeing in a nationally representative UK sample[J]. Appetite,2013,60(1):51-57.
- [8] 中华人民共和国农业部. 家禽生产性能名词术语及其度量统计方法:NY/T 823-2004 [S]. 北京:中国标准出版社,2003.
- [9] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准食品中水分的测定:GB5009.3-2016 [S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [10] 李丽娟,邹平,尤灵悦,等. 不同加工条件对鸡蛋干质构及感官品质的影响[J]. 常州大学学报(自然科学版),2017,29(5):78-84.
- [11] 郝二英,陈辉,檀晓萌,等. 不同贮存温度条件对鸡蛋品质和质构特性的影响[J]. 家畜生态学报,2015,36(5):44-49.
- [12] 金志强,张锦胜,刘玉环,等. 利用核磁共振及成像原理研究鸡蛋的煮制过程[J]. 食品工业科技,2008,29(008):112-114.
- [13] 周长旭,靳红果,辛营营,等. 蛋白质量浓度对鸡蛋热诱导凝胶特性的影响[J]. 食品科学,2012(09):126-129.
- [14] 何立超,马素敏,李成梁,等. 不同煮制时间对水煮鸡蛋质构及蛋黄脂质成分的影响[J]. 食品工业科技,2018,39(6):25-30,37.
- [15] 董志俭,王庆军,黄静雅,等. 南美白对虾蒸制过程中水分状态及质构的变化[J]. 中国食品学报,2015,15(2):231-236.
- [16] 胡芬,李小定,熊善柏,等. 5 种淡水鱼肉的质构特性及与营养成分的相关性分析[J]. 食品科学,2011,32(11):69-73.
- [17] 姜秀丽,孔保华,夏秀芳,等. 不同烘干时间对猪肉脯水分分布与品质相关性的研究[J]. 食品工业科技,2016,37(23):67-71,76.