

# 水浴和微波加热影响鸡蛋清凝胶性能比较研究

叶 阳, 王 洋, 乔燕娟, 代路谣, 贾凤琼

(四川理工学院生物工程学院, 四川 自贡 643000)

**摘 要:**以鸡蛋清为材料,探讨了加热处理方式和加热时间对鸡蛋清凝胶硬度、回复性以及持水性的影响。结果表明:蛋清微波加热凝胶形成速度比传统水浴加热快。蛋清在 75 ℃ 水浴加热 20 min 开始形成凝胶,凝胶硬度为 21.83 g,90 ℃ 加热 50 min 达到最大值 779.50 g;微波 100 W 加热 25 s 即可形成凝胶,凝胶硬度为 46.90 g;20 W 加热 160 s 达到最大值 266.23 g。与水浴加热相比,微波加热蛋清凝胶的持水性最低值为 84.10%,回复性均在 60% 以上,回复性得到明显改善。

**关键词:**蛋清;凝胶;热处理;微波

**中图分类号:**TS253.1

**文献标志码:**A

## 引 言

鸡蛋清的必需氨基酸含量丰富,且比例适当,与人体需要最为接近,而且它具有良好的凝胶性、乳化性、起泡性和持水性等功能性质,在肉鱼类制品、面制品等食品加工中得到广泛应用<sup>[1]</sup>,以提高其制品的组织结构和质地<sup>[2]</sup>。凝胶性质作为食品加工过程中重要的加工特性之一<sup>[3]</sup>,受到蛋白质本身及诸多外部因素影响<sup>[4]</sup>,例如蛋清加热的时间和温度,盐离子种类和离子强度<sup>[5-6]</sup>,pH 值等<sup>[7]</sup>。

加热是肉蛋类制品加工过程中的重要环节。传统的水浴加热方式热量是由外向内传递,物料间温度梯度大、加热速度慢且时间长。而微波加热方式可以将电能转化为高频微波<sup>[8]</sup>,不需要经过从外到内的传热过程,微波可以直接深入到物料内部使物料整体同时加热。与水浴加热相比,微波加热转换效率高、速度快、时间短、加热均匀且易于控制<sup>[9]</sup>。由此可见,微波加热、水浴加热方式对鸡蛋蛋白质的变性效果可能就存在差异,在蛋清凝胶质地方面很可能也存在差别。目前将微波加

热方式用于蛋清热诱导胶凝的研究报道较少<sup>[10-11]</sup>,也未见蛋清微波加热胶凝的研究报道。本文以鸡蛋清为原料,采用微波加热制备蛋清凝胶,与传统水浴加热方式进行了比较分析研究。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

鲜鸡蛋:市售。

### 1.2 主要仪器设备

TA.XT.Plus 物性测试仪:Stable Micro Systems (UK);TG-16 台式高速离心机:四川蜀科仪器有限公司;AR1140 电子天平:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;78HW-1 型恒温磁力搅拌器及 HH-S4 数显恒温水浴锅:金坛市医疗仪器厂;D8023CTL-K4 微波炉:格兰仕。

### 1.3 方 法

#### 1.3.1 蛋清分离<sup>[12]</sup>

用蛋清分离器将鲜鸡蛋的蛋清和蛋黄分离,将蛋清液用磁力搅拌器搅拌均匀,静置 2 h 后弃除底层脐带等

收稿日期:2014-05-08

基金项目:四川省教育厅项目(14ZB0216);四川理工学院基金项目(2013KY01);四川理工学院大学生创新创业训练计划项目(CX20130409)

作者简介:叶 阳(1982-),女,湖南长沙人,讲师,博士,主要从事食品科学方面的研究,(E-mail) yeyang161@163.com

杂质,置于 4 ℃ 待用。

### 1.3.2 凝胶制备

将分离好的 20 mL 蛋清溶胶置于 100 mL 烧杯中,保鲜膜封口,不同温度(75 ℃、80 ℃、85 ℃、90 ℃、95 ℃)水浴加热或微波炉加热(20 W、40 W、60 W、80 W、100 W)不同时间将其制备成凝胶,而后冷水浴 1 h,置于 4 ℃ 冰箱过夜后取出备用。

### 1.3.3 蛋清凝胶硬度及回复性的测定

采用 TA. XT. Plus 物性测试仪进行蛋清凝胶硬度及回复性测定,参考 Chin 等<sup>[13]</sup>的方法并稍作修改。测定前将蛋清凝胶在室温放置 1 h,然后将待测凝胶样品连同烧杯置于测定平台上,测定参数如下:探头型号 P/0.5,测前、测中和测后速度均为 1 mm/s,下压距离 5 mm,触发力 5 g。测试得到如图 1 所示的凝胶质构测试曲线。图 1 曲线中正峰最大值表示凝胶硬度,半峰面积 2 与面积 1 的比值表示回复性。每组实验重复 5 次。

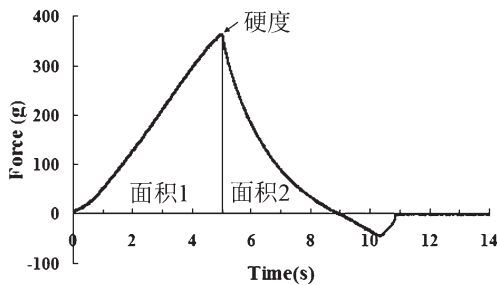


图 1 蛋清凝胶质构测试曲线

### 1.3.4 蛋清凝胶持水性测定

凝胶持水性(water holding capacity, WHC)参考 Kocher 等<sup>[14]</sup>的方法并稍作修改。将制备的蛋清凝胶从冰箱取出,测量前在室温放置 1 h。取 3 g 不同的凝胶样品加入离心管中,10 000 r/min 离心 10 min,去除离心出的水分,称量凝胶质量。按下式计算凝胶持水性。

$$WHC/\% = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0} \times 100$$

式中: $m_1$  为离心后凝胶质量; $m_0$  为离心管质量; $m_2$  为离心前凝胶质量。

## 2 结果与分析

### 2.1 热处理方式对蛋清凝胶硬度的影响

凝胶制备方法常用水浴加热方法<sup>[15]</sup>。实验中发现将蛋清 75 ℃ 至少加热 20 min 后才能形成热诱导凝胶,所以将形成热诱导凝胶的最低时间设定为 20 min。水浴加热温度和时间对蛋清凝胶硬度的影响如图 2 所示。由图 2 可以看出,加热时间一定时,随着水浴加热温度

的升高,蛋清凝胶硬度不断上升;加热温度一定时,随着加热时间的延长,蛋清凝胶硬度不断上升;但在 90 ℃、95 ℃ 加热不同时间时蛋清凝胶硬度基本一致。蛋清在 75 ℃ 加热 20 min 开始形成凝胶,此时凝胶硬度很小,仅为 21.83 g;在 90 ℃ 加热 50 min 蛋清凝胶硬度达到最大值,为 779.50 g,增大了 35.7 倍。说明温度升高,蛋清蛋白变性加剧,刚性变大。蛋清加热到 90 ℃ 左右是蛋制品加工的一个比较好的温度范围,凝胶硬度较大而且比较稳定。

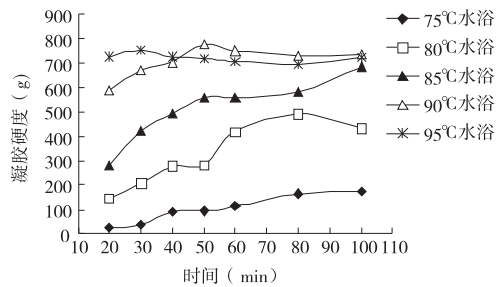


图 2 水浴加热温度和时间对蛋清凝胶硬度的影响

微波功率和微波时间对蛋清凝胶硬度的影响如图 3 所示。微波功率的选择根据微波炉的档数,微波加热时间范围为蛋清开始形成凝胶到蛋清凝胶劣化所需要的时间段。由图 3 可以看出,微波加热形成蛋清凝胶的时间都要显著低于水浴加热胶凝的凝胶,在 20 W 最低档加热时,加热时间不能超过 170 s。不同功率微波加热凝胶形成速度有一定差异。微波功率越大,所需加热时间越短,在 100 W 最高档加热 25 s 即可形成凝胶,此时凝胶硬度为 46.90 g;微波加热凝胶硬度最大值出现在 20 W 加热 160 s 时,为 266.23 g。与水浴加热形成凝胶相比,微波加热蛋清凝胶嫩度明显得到改善。当微波加热胶凝(功率不同)时,随着加热时间的延长凝胶硬度显著提高,但加热时间过长,凝胶硬度反而有所降低,基本呈现先上升后下降的趋势。

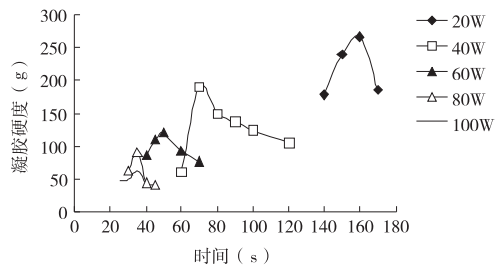


图 3 微波加热功率和时间对蛋清凝胶硬度的影响

### 2.2 热处理方式对蛋清凝胶回复性的影响

回复性表示的是凝胶样品在压缩过程中回弹的能力与程度。由图 4 可知,75 ℃ 水浴加热 20 min 时,蛋清

凝胶开始形成,凝胶硬度较小,推测可能因为此时形成凝胶不完全致使其回复性较大。除 75 °C 水浴加热 20 min 外,不同温度水浴加热不同时间,蛋清凝胶的回复性均在 56% 以下;75 °C 和 80 °C 水浴加热时,蛋清凝胶的回复性都在 40% 以下,且基本随着加热时间的延长,回复性缓慢升高。而由图 5 可知,微波加热不同功率和时间,蛋清凝胶的回复性均在 60% 以上,总体强于水浴加热凝胶。这可能是因为加热速度的快慢影响了凝胶的形成,传统水浴加热诱导凝胶是通过缓慢的加热,促使蛋白质受热变性展开。而微波加热温度更高更均匀,在更高温度下,蛋白质之间相互作用加强,促使蛋白质内部的巯基暴露,产生更多的二硫键,有利于较好的凝胶网络结构的形成<sup>[16]</sup>。综合蛋清凝胶硬度结果发现,微波加热凝胶硬度不大,其最大凝胶硬度约为水浴加热凝胶最大硬度的三分之一,回复性均优于水浴加热。

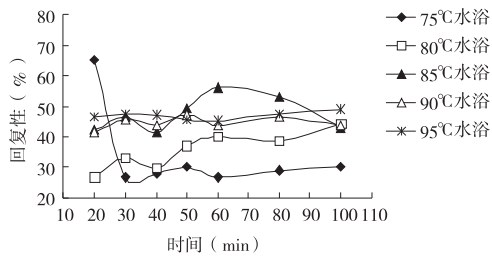


图 4 水浴加热温度和时间对蛋清凝胶回复性的影响

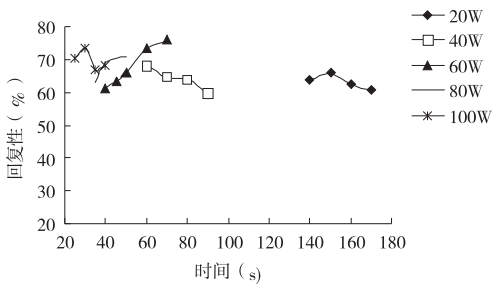


图 5 微波加热功率和时间对蛋清凝胶回复性的影响

### 2.3 热处理方式对蛋清凝胶持水性的影响

由图 6 可知,75 °C 水浴加热形成蛋清凝胶,随着加热时间的延长,蛋清凝胶的持水性先增加后减小,加热 20 min 时,持水性较小,为 83.83 %,在加热 80 min 后达到最大值,为 95.64 %;80 ~ 95 °C 水浴加热形成的蛋清凝胶持水性比较恒定,都在 90% 以上。微波加热凝胶过程中(图 7),随着加热时间的延长,持水性显著提高。微波加热形成凝胶的持水性最低值也有 84.10%,与水浴加热相比保持一致。但形成凝胶的持水性总体相对较低,原因可能是微波加热强度比水浴加热强度高很多。微波加热有利于蛋白质分子间的相互作用,使蛋白

质聚集体展开程度加大,体积变大后凝胶的持水性相应降低。Suvendu<sup>[11]</sup>在研究微波加热致使大豆蛋白凝胶时也发现了大豆蛋白质分子在微波高强度加热后展开,体积变大的现象。

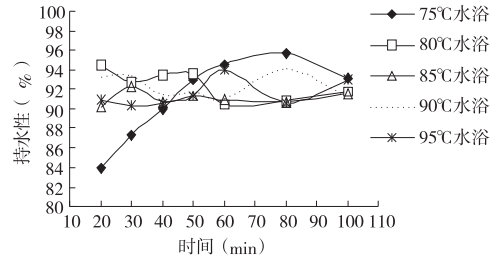


图 6 水浴加热温度和时间对蛋清凝胶持水性的影响

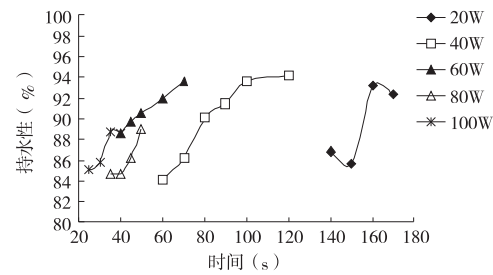


图 7 微波加热功率和时间对蛋清凝胶持水性的影响

### 3 结束语

用 TA. XT. Plus 物性测试仪研究了微波加热和水浴加热处理的蛋清质构特性。结果表明:蛋清微波加热凝胶形成速度比传统水浴加热快,不同功率微波加热凝胶形成速度有一定差异。微波 100 W 最高档加热 25 s 即可形成凝胶,此时凝胶硬度为 46.90 g;微波加热凝胶硬度最大值出现在 20 W 加热 160 s 时,凝胶硬度为 266.23 g。微波加热不同功率和时间,蛋清凝胶的回复性均在 60% 以上,持水性最低值也有 84.10%。与水浴加热相比,微波加热法显著改善了蛋清热诱导凝胶的回复性,提高了蛋清凝胶的形成速度,改善了蛋清凝胶的质构特性。

### 参考文献:

- [1] 李晓东.蛋品科学与技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [2] 王旭清,司伟达,卢晓明,等.pH 和干热处理对蛋清粉性质的影响[J].食品科技,2011,36(6):116-118.
- [3] Raikos V,Campbell L,Euston S R.Rheology and texture of hen's egg protein heat-set gels as affected by pH and the addition of sugar and/or salt[J].Food Hydrocolloids,

- 2007,21(2):237-244.
- [4] 赵新淮,徐红华,姜毓君.食品蛋白质——结构、性质与功能[M].北京:科学出版社,2009.
- [5] Croguennec T,Nau F,Bru  G.Influence of pH and salts on egg white gelation[J].Journal of Food Science,2002,67(2):608-614.
- [6] 叶阳,王洋.金属离子对鸡蛋清凝胶特性的影响[J].食品科技,2013,38(2):242-244,248.
- [7] Handa A,Takahashi K,Kuroda N,et al.Heat-induced egg white gels as affected by pH[J].Food Science,1998,63(3):403-407.
- [8] 陈银基,周光宏,鞠兴荣.蒸煮与微波加热对牛肉肌内脂肪中脂肪酸组成的影响[J].食品科学,2008,29(2):130-136.
- [9] 朱玉安,刘友明,张秋亮,等.加热方式对鱼糜凝胶特性的影响[J].食品科学,2011,32(23):107-110.
- [10] Mao W,Manabu W,Noboru S.Analysis of temperature distributions in Kamaboko during microwave heating[J].Journal of Food Engineering,2005,71:187-192.
- [11] Suwendu B,Rashmi J.Gelling behavior of defatted soybean flour dispersions due to microwave treatment: Textural, oscillatory, microstructural and sensory properties[J].Journal of Food Engineering,2007,78:1305-1314.
- [12] 徐保立,李斌,范劲松,等.食品添加剂对鸡蛋清凝胶强度的影响[J].食品工业科技,2010,31(8):297-299.
- [13] Chin K B,Go M Y,Xiong Y.Konjac flour improved textural and water retention properties of transglutaminase-mediated,heat-induced porcine myofibrillar protein gel:Effect of salt level and transglutaminase incubation[J].Meat Science,2009,81(3):565-572.
- [14] Kocher P N,Foegeding E A.Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels[J].Journal of Food Science,1993,58(5):1040-1046.
- [15] Houska M,Kyhos K,Novotna P,et al.Gel strength of the native egg white[J].Czech Journal of Food Science,2004,22:58-66.
- [16] 王苑,杨玉玲,周光宏,等.高压预处理及加热方式对混合蛋白凝胶特性的影响[J].食品与发酵工业,2007,33(7):18-21.

## Comparative Study of Water Bath Heating and Microwave Heating Effect on Gel Properties of Hen Egg White

YE Yang, WANG Yang, QIAO Yanjuan, DAI Luyao, JIA Fengqiong

(School of Biotechnology Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong, 643000, China)

**Abstract:** The effects of heat treatment and heating time on the hardness, resilience and water holding capacity of hen egg white gel were investigated. The results showed that: egg white gel by microwave heating forming speed was faster than traditional water-bath heating. Egg white began to form a gel by water-bath heating 20min at 75 °C, and gel hardness was 21.83g. 90 °C heating for 50 min reached maximum 779.50 g. 100 W microwave heating 25 s can form gel, and gel hardness was 46.90 g. 20 W heating for 160 s reached the maximum 266.23 g. Compared with water-bath heating, the lowest water holding capacity of egg white gel by microwave heating was 84.10%, resilience was more than 60% and it had been significantly improved.

**Key words:** egg white; gel; heat treatment; microwave