

碱诱导鸭蛋蛋清凝胶特性的变化规律

Changes of gel properties during heating of duck albumen induced by alkali

凌子庭^{1,2} 蒋爱民¹ 周 佳^{1,3}

LING Zi-ting^{1,2} JIANG Ai-min¹ ZHOU Quan^{1,3}

范 红^{1,2} 艾民珉^{1,2} 曹媛媛^{1,2}

FAN Hong^{1,2} AI Min-min^{1,2} CAO Yuan-yuan^{1,2}

(1. 华南农业大学食品学院, 广东 广州 510642; 2. 畜禽产品精准加工与地方安全联合工程研究中心, 广东 广州 510642; 3. 广州市食品药品监督管理局审评认证中心, 广东 广州 510000)

(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 2. Livestock and Poultry Product Processing and Safety Research Center, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 3. Center of Guangzhou Food and Drug Administration, Guangzhou, Guangdong 510000, China)

摘要:以优选出添加 0.50% NaOH 的鸭蛋蛋清凝胶为研究对象,对质构、持水性、pH、色泽、蛋白质电泳(SDS-PAGE)及网络蛋白等指标进行测定,研究 65~95 °C 范围内加热温度对碱诱导鸭蛋蛋清凝胶特性的影响。结果发现:凝胶的坚实度由加热前的 68.88 g 上升至最大值 652.35 g(70 °C),上升了 8.47 倍;弹性则由加热前的 45.20% 上升至 95 °C 的 77.50%;凝胶持水性的最大值为 89.02%(75 °C),95 °C 时下降至 79.03%;凝胶的 pH 值由加热前的 11.18 下降至 95 °C 的 10.78,褐变程度随温度升高而加深。经 65 °C 以上加热后,蛋白质发生聚集,在电泳图谱上出现分子量 > 97.4 kDa 的新条带;网络蛋白含量在 75 °C 达到最大值 8.15%,后因热分解在 95 °C 下降至 7.21%。综合评判,70 °C 加热添加 0.50% NaOH 的蛋清可获得具有优良质构特性的碱诱导鸭蛋蛋清凝胶。

关键词:加热温度;碱诱导;鸭蛋蛋清;凝胶特性;网络蛋白

Abstract: In this study, the effects of heating temperature on the gelation properties of duck albumen with 0.50% NaOH were studied by measuring the texture, water-holding capacity, pH, color, SDS-PAGE and net-work protein of duck albumen in the range of 65~95 °C. The results showed that the firmness of the gel increased from 68.88 g to the maximum 652.35 g (70 °C) after heating, with an increase of 8.47 times. Moreover, the elas-

ticity increased from 45.20% to 77.5% as heated to 95 °C. The water-holding capacity of the alkali-induced duck albumen gel increased to a maximum of 89.02% at 75 °C, and then decreased to 79.03% at 95 °C. The gel pH value decreased from 11.18 to 10.78 °C after heated to 95 °C. The Browning degree of albumen deepened with the increase of temperature. After heating above 65 °C, protein aggregation occurred and a new band with a molecular weight greater than 97.4 kDa was found in the electrophoresis pattern. Net-work protein content reached the maximum value of 8.15% at 75 °C, and then decreased to 7.21% at 95 °C due to thermal decomposition. In conclusion, the alkali-induced gel of 0.50% NaOH with excellent texture characteristics could be obtained by heating at 70 °C.

Keywords: heating temperature; alkali induced; duck albumen; gel characteristics; net-work protein

凝胶是指胶体粒子或高分子溶质在分散介质中形成整体构造而失去流动性,或胶体全体虽含有大量液体介质但处于固化状态的物质^[1]。蛋清可以通过热处理、碱处理、酶处理等方式形成凝胶^[2],其凝胶特性会受到蛋白质浓度、pH、盐种类、加热温度和加热时间等因素的影响^[3-5]。在热处理过程中,蛋清蛋白质先从天然状态变为部分展开状态(熔融球状态),然后分子内氢键和疏水相互作用的官能团在适当的条件下形成分子间相互作用,形成凝胶网络^[6]。李俐鑫等^[4]在 pH 7 的情况下采用热处理(75 °C 以上)诱导蛋清形成了质构特性较好的凝胶。然而,在碱性环境中,蛋清蛋白质在较高的加热温度

作者简介:凌子庭,男,华南农业大学在读硕士研究生。

通信作者:蒋爱民(1957—),男,华南农业大学教授,博士。

E-mail: amjiang@scau.edu.cn

收稿日期:2019-12-30

下会发生降解,从而影响凝胶的质构等特性。Gomes 等^[7]发现加热温度由 90 °C 上升至 100 °C 时,pH 9.5 的蛋清溶液热聚集程度下降,说明在利用热处理制备碱诱导鸭蛋清凝胶时,还需要考虑加热温度对其凝胶特性影响。

团队^[8]前期研究表明,碱诱导鸭蛋清清的加碱量 > 0.50% 时,会出现刺鼻碱味,影响碱诱导鸭蛋清的应用。因此,研究拟在优选的 10% 蛋白质浓度的蛋清中加入 0.50% NaOH 的基础上,以相隔 5 °C 为梯度,选取 65~95 °C 范围内的 7 个加热温度,采用水浴加热方式制备碱诱导鸭蛋清凝胶。通过测定流变、质构、持水性、pH、色泽、蛋白质电泳、网络蛋白及可溶性蛋白等指标,研究温度对碱诱导鸭蛋清凝胶特性的影响,以期热制备具有优良凝胶特性的碱诱导鸭蛋清凝胶提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料、试剂与仪器

鸭蛋:广州市天河区长湴市场;

氢氧化钠:分析纯,广州化学试剂厂;

其他试剂均为分析纯;

流变仪:MCR101 型,奥地利安东帕有限公司;

凯氏定氮仪:KJELTEC8200 型,丹麦福斯公司;

色差仪:Serie SP60 型,美国 X-Rite 公司;

质构仪:XT .AT .plus 型,英国 Stable Micro System 公司;

高速分散机:T25 数显型,德国 IKA 公司;

紫外分光光度计:UV-2600 型,日本岛津株式会社;

pH 计:PH 0-14 型,德国赛多利斯公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品制备 取新鲜鸭蛋,手工分离蛋清蛋黄并去除蛋壳及系带,所得蛋清液用打蛋器搅打 2 min 后置于 4 °C 冰箱静置 4 h,弃去上层泡沫备用。采用自动凯氏定氮法测定蛋清中蛋白质的含量。根据蛋清中蛋白质的含量取适量蛋清于烧杯中,加入适量经灭菌处理的蒸馏水至 20.00 g,所得调整后蛋清中的蛋白质浓度为 10%。边搅拌边加入 1 mL NaOH 溶液,使得蛋清中碱的质量分数为 0.50%,搅拌均匀后用保鲜膜封口,置于 4 °C 冰箱静置 24 h。静置结束后置于不同温度的水浴锅中加热 30 min,加热结束后置于 25 °C、RH 50% 的人工气候培养箱中平衡 12 h。

1.2.2 pH 测定 称取蛋清凝胶 5.000 g,在 1:15 的稀释比例下按 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》测定样品 pH 值。

1.2.3 色泽测定 取整块凝胶样品,置于透明塑料袋中,利用色差仪测定样品色泽。 L^* 值代表亮度,其值越小,亮度越暗。 a^* 代表红绿方向颜色变化, $-a^*$ 值为绿色,

$+a^*$ 值为红色。 b^* 值代表蓝黄方向颜色变化, $-b^*$ 值为蓝色, $+b^*$ 值为黄色。

1.2.4 动态黏弹性温度扫描 上样初始温度 20 °C,上样后平衡 3 min,角速度 1 rad/s,应变 1%。升温阶段与冷却阶段的温度变化速度为 2 °C/min,扫描范围 20~95 °C。

1.2.5 可溶性蛋白含量测定 准确称取 2.000 g 蛋清凝胶,加入 38 mL 蒸馏水,以 10 000 r/min 分散 2 min,然后置于离心机中,在 4 °C 下 5 000 r/min 离心 15 min。利用考马斯亮蓝法测定上清液蛋白质含量,以牛血清蛋白为标准曲线^[9]。

1.2.6 网络蛋白含量测定 参考 Wu 等^[10]的方法并略作修改:凝胶样品切成 1.5 mm 的薄片,转移一定样品(精确到 0.01 g)到带旋盖的瓶子中,按料液比 1:20 (g/mL) 加入 0.01 mol/L、pH 7 的磷酸钠缓冲液。溶液中加入 0.02% NaN_3 抑制细菌生长。将瓶子置于 25 °C 的水浴中轻轻震荡,使非网络蛋白从凝胶片中扩散 54 h。扩散结束时,用镊子取出凝胶片,并用 0.01 mol/L、pH 7 的磷酸钠缓冲液漂洗 2 次。漂洗后的凝胶片的蛋白质含量采用凯氏定氮法测定,结果即为网络蛋白含量。

1.2.7 持水性测定 参考王健一等^[11]的方法并略作修改:将样品切成 1 cm×1 cm×1 cm 的立方体记录其质量(m_1),用一层滤纸包裹,置于 50 mL 离心管中,离心管底部放置脱脂棉,用于吸水。在 4 °C 条件下 4 000 r/min 离心 10 min,离心完毕后取出样品并称重(m_2),按式(1)计算持水性。

$$WHC = \frac{m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

WHC——持水性,%;

m_1 ——离心前质量,g;

m_2 ——离心后质量,g。

1.2.8 十二烷基硫酸钠—丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE) 参照 Laemmli^[12]的方法略作修改:称取 3 g 蛋白凝胶样品,添加 5% SDS 27 mL,以 12 000 r/min 均质 1 min。匀浆在 85 °C 加热 1 h,然后置于离心机中,在室温下 7 500×g 离心 10 min。取上清液 100 μL ,1:1 加入样品处理液,摇匀后进行 5 min 沸水浴。取样品 10 μL 注入浓缩胶的凹槽。垂直式凝胶电泳装置进行电泳,采用 60 V 和 120 V 电压,电泳后的凝胶置于 20% 甲醇、10% 乙酸和 0.25% 考马斯亮蓝染色液中染色(85 °C, 15 min),然后用 20% 甲醇和 10% 乙酸脱色,直至背景清晰。

1.2.9 凝胶质构 参考陈青等^[13]的方法并略作修改:采用质构分析仪进行应力松弛测试。选用的夹具为 P/0.5 s,测试模式为 HOLD TEST。具体测试参数为测

前速度 2 mm/s,测中速度 1 mm/s,测后速度 2 mm/s,压缩应变 50%,触发力 5 g,测试时间 180 s。测试结果取下压过程最大的回弹力为坚实度,测试结束时的回弹力与坚实度的比值为弹性。

1.3 数据统计

各指标重复测定 3 次,采用 Origin 9.5 软件绘图,利用 Photoshopcs6 进行电泳图颜色处理,利用 SPSS 18 进行 Pearson 相关性分析,数据显著性则利用 SPSS 18 进行单因素 ANOVA 分析。

2 结果与分析

2.1 温度对蛋清凝胶 pH 及色泽的影响

根据凝胶的 pH 检测结果,随着加热温度的升高,蛋清凝胶的 pH 值由加热前的 11.18 逐渐下降至 95 °C 的 10.78。色泽检测结果显示,蛋清凝胶发生较明显的褐变现象,在 95 °C 时呈棕褐色。pH 值的降低可能与蛋清受

热过程中发生的蛋白质降解和美拉德反应相关^[14-16]。在热和碱的共同作用下,OH⁻ 作为反应物参与蛋白质降解,导致 OH⁻ 被消耗,pH 值下降。另外,美拉德反应过程中,糖和 Amadori 化合物的降解产物含有有机酸^[14],因此随着温度的升高,美拉德反应逐渐增强,有机酸产量逐渐升高,中和了环境中的 OH⁻,导致蛋清 pH 值显著下降(P<0.05)。

由表 1 可知,蛋清凝胶随着加热温度的上升,L* 值显著降低(P<0.05),表明蛋清凝胶的亮度降低,即凝胶颜色越接近黑色,样品发生褐变的程度越高;a* 值由负值转向正值,表明样品颜色逐渐向红色加深;b* 值始终为黄色,数值先增大后减少,表明蛋清在添加 0.50% NaOH 后,加热形成的凝胶带有黄色色泽,而这种色泽为黄色的一种或数种化学产物具有热不稳定性,可能在温度 > 85 °C 时发生分解或合成新的物质,颜色褪去,故而 b* 值在升高至 19.14 后逐渐下降至 8.68。

表 1 不同加热温度下蛋清凝胶的 pH 和色泽的变化[†]

Table 1 Changes in pH and color of egg white gel at different heating temperatures

温度/°C	pH	L*	a*	b*
加热前	11.18±0.04 ^d	—	—	—
65	11.14±0.05 ^{cd}	41.49±1.59 ^c	-4.83±0.07 ^a	12.69±1.25 ^b
70	11.17±0.04 ^d	41.54±0.68 ^c	-4.99±0.09 ^a	13.42±0.95 ^b
75	11.10±0.05 ^{cd}	40.53±0.34 ^c	-3.08±0.07 ^b	19.17±0.27 ^c
80	11.05±0.05 ^c	33.13±0.65 ^b	0.80±0.39 ^c	18.94±0.73 ^c
85	10.96±0.06 ^b	30.33±0.81 ^b	1.93±0.11 ^d	19.14±0.53 ^c
90	10.77±0.07 ^a	25.62±1.23 ^a	4.93±0.80 ^e	12.81±1.88 ^b
95	10.78±0.11 ^a	25.31±0.78 ^a	4.26±0.15 ^f	8.68±1.17 ^a

† 同列字母不同表示差异有统计学意义(P<0.05)。

2.2 温度对蛋清流变特性的影响

由图 1 可以看出:添加 NaOH 的蛋清加热前就形成了凝胶状态($G' > G''$);在升温阶段,随着温度的升高,添加 NaOH 的蛋清 G' 约在 54 °C 改变下降趋势并迅速增大,在 74 °C 时到达最大值,而后逐渐下降;未添加 NaOH 的蛋清 G' 在 71 °C 时迅速增大,93 °C 时达到最大值,最终 G' 值远大于添加 NaOH 的蛋清。说明添加 0.50% NaOH 明显改变了蛋清对温度的敏感性,添加 NaOH 的蛋清可以在较低的温度形成刚度更大的凝胶,但加热温度 > 80 °C 时其刚度低于未添加 NaOH 的蛋清;添加 NaOH 的蛋清在加热温度达到 74 °C 时, G' 开始下降,说明蛋清的凝胶结构容易在热及 NaOH 共同作用下被破坏。冷却阶段结果如图 2 所示,两种蛋清均形成了 G' 更高的凝胶,Mine^[6] 认为这是氢键重新生成并稳定凝胶结构导致的。在冷却后,添加 NaOH 的蛋清形成的凝胶 G' 值较未添加 NaOH 的蛋清 G' 值低,说明在加热阶段被破

坏的凝胶结构不会恢复,最终添加 NaOH 的蛋清加热形成的凝胶较软。

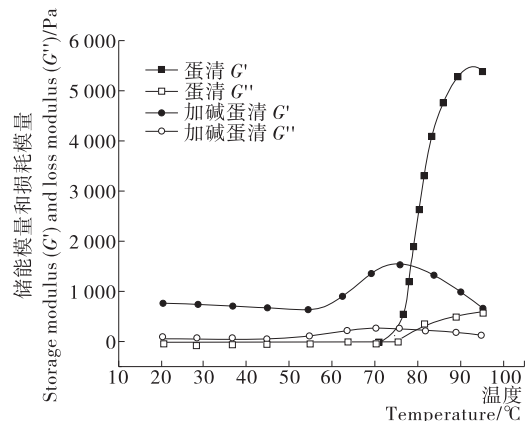


图 1 升温阶段储能模量(G')和损耗模量(G'')的变化
Figure 1 The change of storage modulus (G') and loss modulus (G'') in the heating stage

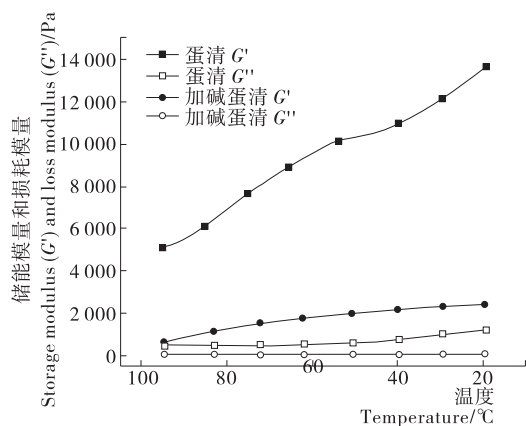


图 2 冷却阶段储能模量(G')和损耗模量(G'')的变化
Figure 2 Changes in storage modulus (G') and loss modulus (G'') in the cooling stage

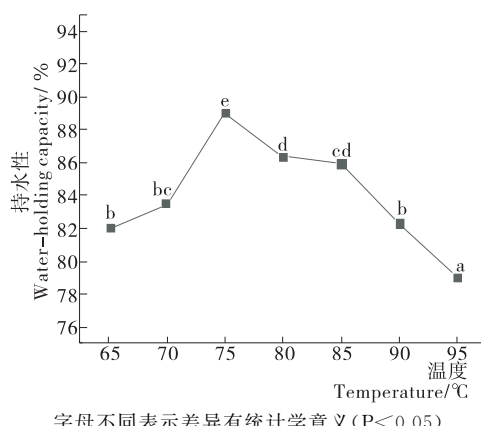


图 4 加热温度对蛋清凝胶持水性的影响
Figure 4 Effect of heating temperature on the water holding capacity of egg white gel

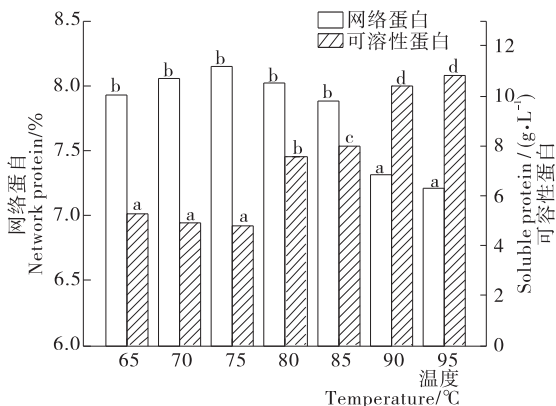
2.3 温度对蛋清凝胶网络蛋白、可溶性蛋白及持水性的影响

利用缓冲溶液长时间浸泡切成薄片的蛋清凝胶,溶出未形成网络蛋白的蛋白质,则可以通过测量凝胶片的蛋白质含量测得凝胶的网络蛋白含量^[10]。如图 3 所示,当加热温度升高至 90 °C 以上时,网络蛋白含量出现明显的下降(P<0.05),由 75 °C 的 8.15% 下降至 95 °C 的 7.21%;而蛋清凝胶的可溶性蛋白含量 75 °C 时开始出现显著的升高(P<0.05),由 4.77 g/L 上升至 95 °C 的 10.82 g/L;相关性分析结果显示,网络蛋白含量与可溶性蛋白的结果呈较好的相关性(r=-0.912,P<0.01)。说明蛋清凝胶的网络结构因过度受热和碱处理而受损^[3,7,17],部分形成网络蛋白的蛋白质降解成可溶性蛋白或多肽并被缓冲溶液溶出。同时,根据 Han 等^[18]的研究结果,凝胶的持水性与凝胶结构有较大的相关性,凝胶结

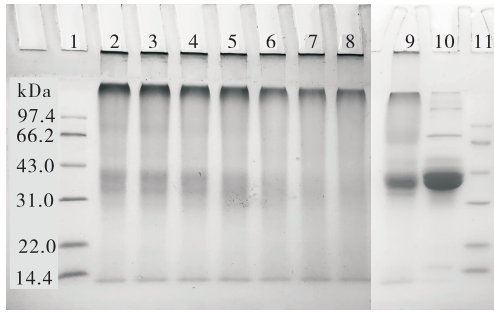
构越细密持水性越好。由图 4 可知,蛋清凝胶的持水性随加热温度的升高呈先上升后下降趋势,在 75 °C 时的持水性最好,为 89.02%。当加热温度>75 °C 时,持水性显著下降(P<0.05),95 °C 时持水性仅有 79.03%。表明蛋清的凝胶结构会在高热、高碱环境被破坏,适度加热有利于蛋清形成细密的凝胶结构。

2.4 温度对蛋清凝胶蛋白质聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)的影响

根据新鲜鸭蛋蛋清蛋白质的组分在凝胶电泳中的情况,从上到下可观察到蛋清的可溶性蛋白主要分为卵黏蛋白(110 kDa)、卵转铁蛋白(76 kDa)、卵球蛋白(49 kDa)、卵白蛋白(44.5 kDa)和溶菌酶(14.4 kDa)^[19-20]。对比新鲜蛋清和加碱后放置 24 h 的蛋清蛋白质组分,观察到加入 0.50% NaOH 后,蛋清中的各类蛋白质均在一定程度上受到 OH⁻ 的影响,其中溶菌酶、卵黏蛋白、卵转铁蛋白、卵球蛋白条带完全消失,表明这几种蛋白对 0.50% NaOH 不耐受,在碱的作用下全部发生变性、聚合或降解^[17,19,21];卵白蛋白仍有较清晰的条带,但条带明显变淡,可能由于卵白蛋白含量较多且具有一定的耐碱能力,因此卵白蛋白在碱的作用下并未全部变性,在电泳图谱上仍存在较明显的条带。根据 Hagolle 等^[22] 研究结果显示,卵白蛋白变性的起始温度约为 68 °C,峰值约在 84 °C。因此在 85 °C 及以上加热条件下,大部分卵白蛋白变性,在电泳图谱(图 5)上显示为卵白蛋白条带变浅直至消失。施加 65 °C 以上的温度处理鸭蛋蛋清,分离胶上部出现分子量>97.4 kDa 的颜色较深的新条带,表明大部分蛋清蛋白质发生变性、相互聚集形成大分子蛋白^[19,21,23];同时,加热温度达到 90,95 °C 时,整个泳道均有拖尾现象,表明在高热和碱性环境下,大分子蛋白被降解,形成分子量不一的蛋白质片段,这种大分子蛋白被降解的现象对形成高强度的蛋清凝胶不利。



同项目字母不同表示差异有统计学意义(P<0.05)
图 3 加热温度对蛋清凝胶的网络蛋白和可溶性蛋白的影响
Figure 3 Effects of heating temperature on netting proteins and soluble proteins in egg white gel



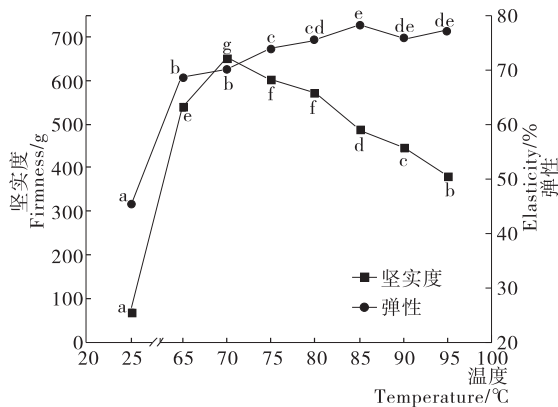
1、11. 14.4~97.4 kDa的标准蛋白 2~8. 分别为65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 °C加热后的蛋清凝胶 9. 加碱24h后加热前的蛋清 10. 新鲜的未加碱未加热的蛋清

图5 不同加热温度条件下鸭蛋蛋清凝胶的SDS-PAGE图谱

Figure 5 SDS-PAGE of duck egg white gel at different heating temperatures

2.5 温度对蛋清凝胶质构特性的影响

如图6所示,蛋清凝胶的坚实度由加热前的68.88 g上升至70 °C的最大值652.35 g,而后持续下降至95 °C的380.35 g;蛋清凝胶的弹性则逐渐由加热前的45.20%上升至95 °C的77.50%。显然,通过对添加0.50% NaOH蛋清施加60 °C以上的热处理,显著改善了蛋清凝胶的坚实度和弹性($P < 0.05$)。当加热温度由65 °C上升至70 °C时,蛋清蛋白质中占比较大的卵白蛋白开始发生热变性^[22],参与形成网络凝胶结构,蛋清凝胶的坚实度出现显著增强($P < 0.05$)。随着加热温度逐渐升高和存在较多OH⁻的情况下,凝胶的网络结构局部分解越来越严重、蛋白质的热聚集效应降低^[5,19-21,24],蛋白质二级结构遭受破坏、二硫键和疏水相互作用减少^[24],导致蛋清凝胶的坚实度逐渐下降,说明加入NaOH后过高的加热温度不利于形成具有优良质构特性的蛋清凝胶。根据Zhao等^[5]



同项目字母不同表示差异有统计学意义($P < 0.05$)

图6 加热温度对蛋清凝胶的应力松弛结果的影响

Figure 6 Effect of heating temperature on stress relaxation of egg white gel

的研究,NaOH处理会导致蛋清蛋白分子的损伤,形成具有松散线性网状结构的高弹性凝胶^[17,19],这一结果也可以用于解释蛋清蛋白凝胶的弹性随温度上升而逐渐升高的情况。

2.6 蛋清理化性质与凝胶质构特性的相关性分析

为进一步阐明蛋清理化性质与凝胶质构特性的关系,进行了Pearson相关分析。如表2所示,温度与凝胶的pH、网络蛋白和可溶性蛋白均有较好的线性关系($P < 0.05$),表现为温度越高,pH和网络蛋白越低,可溶性蛋白含量越高。凝胶的坚实度与温度呈显著负相关($P < 0.05$),表明温度越高,凝胶坚实度越差。此外,凝胶的坚实度与网络蛋白呈极显著的正相关($P < 0.01$),与可溶性蛋白呈极显著的负相关($P < 0.01$),说明网络蛋白和可溶性蛋白均可用于描述蛋清凝胶的情况:形成网络蛋白的蛋白质越多,凝胶的坚实度越高。凝胶的弹性则仅与温度呈正相关($P < 0.05$),说明在高温破坏蛋清凝胶的结构后,凝胶松散线性网状结构反而具有更高的弹性。

表2 不同加热温度下蛋清凝胶的理化特性与质构特性的相关系数[†]

Table 2 Correlation coefficient between physicochemical properties and texture properties of egg white gel at different heating temperatures

特性	温度	pH	网络蛋白	可溶性蛋白	持水性
温度	1.000	-0.944**	-0.803*	0.937**	-0.329
坚实度	-0.824*	0.916**	0.911**	-0.905**	0.627
弹性	0.891**	-0.747	-0.479	0.744	0.050

[†] “*”表示相关系数在0.05水平上显著;“**”表示相关系数在0.01水平上显著。

3 结论

研究了65~95 °C加热温度对添加0.50% NaOH的鸭蛋蛋清凝胶特性的影响,结果显示:随着加热温度的上升,蛋清的凝胶结构会被碱及高热环境破坏,坚实度和持水性呈先上升后下降的趋势,蛋清凝胶的非酶褐变程度加深。当加热温度为70 °C时,蛋清凝胶的质构特性较为优良。试验仅探究了0.50% NaOH添加量条件下的蛋清凝胶变化,下一步可探究其他NaOH添加量的蛋清凝胶变化,并从化学作用力、透射电子显微镜等方面剖析其深层机理。

参考文献

- [1] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 8-13.
- [2] 陈彰毅, 赵燕, 涂勇刚, 等. 蛋清蛋白质凝胶化机理的研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 35(4): 369-373.

- [3] LI Jun-hua, ZHANG Meng-qi, CHANG Chi-hua, et al. Molecular forces and gelling properties of heat-set whole chicken egg protein gel as affected by NaCl or pH[J]. Food Chemistry, 2018, 261: 36-41.
- [4] 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.
- [5] ZHAO Yan, TU Yong-gang, LI Jian-ke, et al. Effects of alkaline concentration, temperature, and additives on the strength of alkaline-induced egg white gel [J]. Poultry Science, 2014, 93(10): 2 628-2 635.
- [6] MINE Y. Recent advances in the understanding of egg-white protein functionality[J]. Trends in Food Science & Technology, 1995, 6(7): 225-232.
- [7] GOMES M T M S, PELEGRINE D H G. Solubility of egg white proteins; Effect of pH and temperature[J]. International Journal of Food Engineering, 2012, 8(3): 35.
- [8] 范萌萌, 张献伟, 吴兰芳, 等. 不同碱处理对蛋清碱诱导凝胶储藏品质的影响[J]. 食品科技, 2015(2): 34-38.
- [9] 张永芳, 原媛. 微波萃取-考马斯亮蓝法提取大豆蛋白的工艺研究[J]. 食品工业, 2018, 39(9): 50-54.
- [10] WU Chao, HUA Yu-fei, CHEN Ye-ming, et al. Release behavior of non-network proteins and its relationship to the structure of heat-induced soy protein gels[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(16): 4 211-4 219.
- [11] 王健一, 郭泽镔, 李致瑜, 等. 超高压处理对低盐鱼糜制品凝胶特性的影响研究[J]. 食品工业, 2018, 32(2): 58-62.
- [12] LAEMMLI U K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 [J]. Nature, 1970, 227(5 259): 680-685.
- [13] 陈青, 郑鹏飞, 王磊. 基于应力松弛原理的高酰基结冷胶凝胶特性研究[J]. 现代食品科技, 2014(9): 38-42.
- [14] 吴少雄, BOEKE M A J S V, MARTINS S I F S, 等. 温度对美拉德反应的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(7): 63-66.
- [15] HODGE J E. The amadori rearrangement[J]. Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry, 1955, 10: 169-205.
- [16] WHITFIELD F B, MOTTRAM D S, BROCK S, et al. Effect of phospholipid on the formation of volatile heterocyclic compounds in heated aqueous solutions of amino acids and ribose[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1988, 42(3): 261-272.
- [17] LI Jun-hua, ZHANG Yu-fang, FAN Qiao, et al. Combination effects of NaOH and NaCl on the rheology and gel characteristics of hen egg white proteins[J]. Food Chemistry, 2018, 250: 1-6.
- [18] HAN Min-yi, ZHANG Ying-jun, FEI Ying, et al. Effect of microbial transglutaminase on NMR relaxometry and microstructure of pork myofibrillar protein gel[J]. European Food Research and Technology, 2009, 228(4): 665-670.
- [19] ZHAO Yan, CHEN Zhang-yi, LI Jian-ke, et al. Changes of microstructure characteristics and intermolecular interactions of preserved egg white gel during pickling[J]. Food Chemistry, 2016, 203: 323-330.
- [20] HANDA A, TAKAHASHI K, KURODA N, et al. Heat-induced egg white gels as affected by pH[J]. Journal of Food Science, 2008, 63(3): 403-407.
- [21] CHEN Zhang-yi, LI Jian-ke, TU Yong-gang, et al. Changes in gel characteristics of egg white under strong alkali treatment[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 45: 1-8.
- [22] HAGOLLE N, LAUNAY B, RELKIN P. Impact of structural changes and aggregation on adsorption kinetics of ovalbumin at the water/air interface [J]. Colloids & Surfaces B Biointerfaces, 1998, 10(4): 191-198.
- [23] CROGUENNEC T, RENAULT A, BEAUFILS S, et al. Interfacial properties of heat-treated ovalbumin[J]. Journal of Colloid & Interface Science, 2007, 315(2): 627-636.
- [24] LAN Xiao-hong, LIU Ping, XIA Shu-qin, et al. Temperature effect on the non-volatile compounds of Maillard reaction products derived from xylose-soybean peptide system; Further insights into thermal degradation and cross-linking[J]. Food Chemistry, 2010, 120(4): 967-972.

信息窗

欧盟修订聚山梨醇酯在碳酸饮料中的使用剂量

据欧盟官方公报消息,2020 年 3 月 5 日,欧盟发布条例(EU)2020/356 号文件,修订聚山梨醇酯(polysorbates)在碳酸饮料中的使用剂量,并修订法规(EC) No 1333/2008 附件 II。

法规(EC)No 1333/2008 附件 II 的 E 部分修订如下:在食品类别 14.1.4 调味饮料,大豆半纤维素(E 426)条目后、食品类别 14.2.3 苹果酒和梨酒,海藻酸丙二醇酯(E 405) 条目后、食品类别 14.2.4 果酒和酿葡萄酒,偏酒石酸(E 353) 条目后、食品类别 14.2.8 其他酒

精饮料,包括酒精饮料与非酒精饮料的混合物以及酒精含量低于 15% 的烈酒,海藻酸丙二醇酯(E 405) 条目后插入以下内容:

E 432-436 聚山梨醇酯 10 mg/kg (1) 仅限碳酸饮料

本法规在欧盟官方公报公布后 20 d(2020 年 3 月 25 日)生效。

(来源: <http://news.foodmate.net>)