

超高压对低盐海藻鸡肉糜品质的影响

黄群^{1,2}, 王希希¹, 艾明艳³, 郑宝东^{1,*}, 安凤平¹, 许正金², 傅凌韵²

(1.福建农林大学食品科学学院, 福建 福州 350001; 2.福建正大食品有限公司, 福建 龙岩 364000;

3.塔里木大学生命科学学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要:为探究超高压对低盐海藻鸡胸肉糜的影响, 考察了不同压力(0.1~500 MPa/10 min)和保压时间(0~25 min/300 MPa)时肉糜的色泽、盐溶蛋白溶解度、蒸煮损失率、持水性、冻融损失率、质构以及流变特性的变化规律。结果表明:随着压力的升高, 肉糜亮度(L^*)和白度(W)先降低后增加, 在200 MPa时最低, 红度(a^*)逐渐上升; 100~300 MPa超高压处理对盐溶蛋白溶解度无显著影响($P>0.05$), 压力大于300 MPa时盐溶蛋白溶解度显著降低($P<0.05$); 蒸煮损失率和冻融损失率随压力的升高呈先降低后增加趋势, 在压力为300 MPa时达到最低值; 与0.1 MPa处理组相比, 100~500 MPa压力处理使肉糜持水性显著升高($P<0.05$); 硬度和弹性随着压力的增加先升高后降低, 在200~300 MPa时达最大值, 200、300 MPa处理组间无显著差异($P>0.05$); 与0.1 MPa处理组相比, 超高压处理能够改善海藻鸡胸肉糜的储能模量(G')和相位角正切值($\tan \delta$)。保压时间对低盐海藻鸡胸肉糜色泽、盐溶蛋白溶解度、蒸煮损失率无显著影响($P>0.05$); 随着保压时间的延长, 肉糜的持水性、 G' 、 $\tan \delta$ 值和质构得到改善, 但保压时间过长(25 min)可破坏肉糜的硬度和弹性。本研究表明超高压处理能够改善低盐海藻鸡胸肉糜的品质, 为新型肉制品的开发提供了理论依据。

关键词:鸡胸肉糜; 低盐; 海藻; 超高压处理; 肉糜品质

Effect of High Pressure Processing on the Quality of Low-Salt Chicken Breast Batters Added with Seaweed

HUANG Qun^{1,2}, WANG Xixi¹, AI Mingyan³, ZHENG Baodong^{1,*}, AN Fengping¹, XU Zhengjin², FU Lingyun²

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350001, China;

2. Fu Jian Chia Tai Food Co. Ltd., Longyan 364000, China; 3. School of Life Science, Tarim University, Alar 843300, China)

Abstract: In order to explore the effect of high pressure processing (HPP) on the quality of chicken breast batters added with seaweed, such indicators as color, salt-soluble proteins (SSP), cooking loss, water holding capacity, freeze-thaw stability, texture characteristics and rheological properties were studied as a function of pressure level (0.1–500 MPa for 10 min) and holding time (0–25 min at 300 MPa). The results showed that lightness (L^*) and whiteness (W) values of low-salt *Eucheuma spinosum* supplemented chicken batters (LESCB) decreased with pressure up to 200 MPa and then increased. a^* value increased gradually with increasing pressure. Pressure in the range of 100 to 300 MPa had no significant influence on SSP ($P>0.05$), while SSP decreased significantly with a pressure higher than 300 MPa ($P<0.05$). Cooking loss and freeze-thaw loss increased initially and then decreased with pressure up to 300 MPa. Pressure in the range of 100 to 500 MPa improved water-holding capacity significantly compared with low pressure treatment (0.1 MPa) ($P<0.05$). Hardness and springiness increased firstly with pressure up to 200–300 MPa and then decreased, and no significant differences were noticed between the 200 and 300 MPa treatment groups ($P>0.05$). Compared with the control group (0.1 MPa), HPP could improve the storage modulus (G') and phase angle ($\tan \delta$) of LESCB. The pressure holding time had no significant effect on color, SSP or cooking loss ($P>0.05$). Water-holding capacity, G' , $\tan \delta$ and textural properties were improved with increasing pressure holding time. Hardness and springiness were destroyed when the holding time was prolonged to 25 min. In conclusion, HPP can improve the quality of low-salt chicken batters added with seaweed.

Keywords: chicken breast batter; low-salt; seaweed; high pressure processing; batter quality

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201819016

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2018) 19-0096-07

收稿日期: 2018-05-11

基金项目: 国家自然科学基金地区科学基金项目 (31760465)

第一作者简介: 黄群 (1977—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为畜产食品与食品生物技术。E-mail: huangqunlaoshi@126.com

*通信作者简介: 郑宝东 (1967—), 男, 教授, 博士, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: zbdst@163.com

引文格式:

黄群, 王希希, 艾明艳, 等. 超高压对低盐海藻鸡肉糜品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(19): 96-102. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201819016. <http://www.spkx.net.cn>

HUANG Qun, WANG Xixi, AI Mingyan, et al. Effect of high pressure processing on the quality of low-salt chicken breast batters added with seaweed[J]. Food Science, 2018, 39(19): 96-102. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201819016. <http://www.spkx.net.cn>

鸡肉是世界上销量最高的禽肉之一, 而鸡脯肉因其在营养价值和功能性方面的特殊性而被广泛关注, 具有巨大的消费市场^[1-2]。但是, 由于鸡胸肉中肌原纤维蛋白凝胶性较差, 产品感官品质不能达到人们的满意度, 因此, 提高鸡肉制品品质成为当前研究的热点^[3-4]。为改善鸡肉糜制品的品质, 目前主要采用加入添加剂和引入新技术等方法^[5-7]。低盐海藻鸡胸肉糜体系(low-salt *Eucheuma spinosum* supplemented chicken batters, LESCOB)是在鸡胸肉糜中添加质量分数0.4%刺麒麟菜(海藻)和1.5%食盐的混合体系。前期研究发现添加刺麒麟菜(海藻)能够改善鸡胸肉糜的凝胶和流变特性, 且在降低食盐添加量方面效果显著^[8]。

超高压技术是一种高效且非热力加工方法, 能影响蛋白质构象而导致蛋白质变性、聚合和凝胶化, 进而改变其质构特性、提高肉类凝胶的稳定性^[9-10]。目前超高压技术在不同体系中得到广泛应用, 王诗萌等^[11]研究超高压与磷酸盐的协同作用对虾蛄肌原纤维蛋白凝胶特性的影响, 结果表明, 293 MPa处理17 min、磷酸盐质量分数6.0%时虾蛄蛋白凝胶特性较理想。Villamonte^[12]、潘杰^[13]等研究了超高压对肌原纤维蛋白-黄原胶混合体系结构特性的影响, 发现高压下黄原胶阻碍蛋白变性, 含黄原胶的蛋白质溶解度在400 MPa处理后逐渐增加。Chen Xin等^[14]发现超高压能够改善肌球蛋白-海藻酸钠体系的凝胶强度, 提高其巯基含量和表面疏水性。但是超高压对LESCOB品质影响的研究尚鲜有报道。本实验将超高压技术引入鸡胸肉糜制品加工中, 以期改善低盐鸡胸肉糜制品的质构和保水性, 为低盐、低脂、高蛋白肉制品的开发应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸡胸肉(冷冻)、食盐 福建福州永辉超市; 刺麒麟菜 绿新(福建)食品有限公司; 三聚磷酸钠、氯化钠、十二水合磷酸氢二钠、二水合磷酸二氢钠 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

全自动肉丸机 佛山市顺德区俊凌厨具电器厂; ADCI全自动色差计 北京辰泰克仪器技术有限公司;

SMSTA TA.XT Plus质构仪 英国Stable Micro Systems有限公司; UV-1780紫外-可见分光光度计 日本岛津公司; MCR 301流变仪 奥地利安东帕(中国)有限公司; 5L-HPP-600MPa超高压设备 包头九久科技发展有限公司; TGL-16医用冷冻离心机 四川蜀科仪器有限公司; DZ-400-2F真空包装机 温州奔腾机械有限公司。

1.3 方法

1.3.1 LESCOB制备

取适量刺麒麟菜进行清洗, 去除所含杂质, 剪成1 cm左右长度后于105 °C下烘干, 粉碎过200目筛, 即得刺麒麟菜粉末, 待用。

取3 000 g鸡胸肉(冷冻)于0~4 °C解冻12 h, 剔除多余脂肪和结缔组织, 分割成块状(3 cm×3 cm×2 cm), 清洗擦干表面水分, 添加质量分数1.5%食盐和质量分数0.4%三聚磷酸钠混匀后置于4 °C冰箱内腌制10 h。将腌制好的鸡胸肉打浆3 min, 打浆过程中加入占肉质量分数0.4%的刺麒麟菜粉和质量分数20%的冰水, 继续打浆5 min。将肉糜填充至直径为22 mm的胶原蛋白肠衣中, 真空包装。

1.3.2 超高压处理

参照潘杰^[13]的方法并稍作修改。高压腔体内部温度恒定(25±1) °C, 保压10 min, 考察压力水平为0.1、100、200、300、400、500 MPa; 保持压力300 MPa, 考察保压时间为0、5、10、15、20、25 min。将超高压处理后的样品置于75 °C恒温水浴中加热凝胶化30 min, 流水冷却至室温, 置于4 °C冰箱过夜, 待测。

1.3.3 色泽、持水性测定

肉糜的色泽、持水性均参照参考文献[3]进行测定。

1.3.4 盐溶蛋白溶解度测定

参照康壮丽^[15]的方法并稍作修改。取10 g肉糜加入50 mL、2~4 °C的0.6 mol/L氯化钠溶液和20 mol/L磷酸盐缓冲液(pH 7.0)中, 使用匀浆机进行匀浆处理, 将处理好的匀浆经15 000×g离心30 min后取上清液, 使用考马斯亮蓝法测定其蛋白质量浓度。每个样品做3个平行, 结果取平均值。

1.3.5 蒸煮损失率测定

取一定质量鸡胸肉糜灌肠后称质量, 记为 m_1 , 于75 °C水浴30 min。流水冷却至室温后剪去肠衣, 用吸水纸擦干肠衣和肠表面的水分, 再次称质量, 肠衣质量记

为 m_2 , 肠质量记为 m_3 。蒸煮损失率按式(1)计算。每个样品做6个平行, 结果取平均值。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{m_1/g - m_2/g - m_3/g}{m_1/g - m_2/g} \times 100 \quad (1)$$

1.3.6 冻融损失率测定

将熟肉糜于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冻结24 h后称质量, 记为 m_4 , 再将其置于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 解冻12 h, 擦去表面游离水, 称质量记为 m_5 , 冻融损失率按式(2)计算。每个样品做6个平行, 结果取平均值。

$$\text{冻融损失率}/\% = \frac{m_4/g - m_5/g}{m_4/g} \times 100 \quad (2)$$

1.3.7 流变学性质测定

参照翟小波等^[16]的方法并稍作修改。不同压力水平和保压时间处理的肉糜热动态流变使用MCR301型流变仪进行测定。测定过程中使用硅油密封, 防止加热过程中水分挥发。探头为50 mm不锈钢圆形平板探头, 间隙为1.00 mm, 在振荡模式及1%应变的黏弹性线性区域内进行连续剪切。在此过程中测定储能模量(G')和相位角正切值($\tan \delta$)的变化。

1.3.8 质构分析

参照焦文娟等^[17]的方法并稍作修改。将经过水浴并静置过夜的样品从 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱取出, 平衡至室温, 剥去肠衣, 切成 $\phi 2.2\text{ cm} \times 10\text{ mm}$ 薄片。测定参数: TPA模式, 探头型号P36, 压缩比40%, 测前速率5 mm/s, 测中速率1 mm/s, 测后速率10 mm/s, 触发力Auto-5 g, 间隔时间2 s, 数据获取速率200 pps, 测定样品的硬度和弹性。每个样品做6个平行, 结果取平均值。

1.4 数据统计分析

每个实验重复3次, 所有数据采用Excel软件进行整理分析, 实验结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用DPS 7.05软件的单因素方差分析对数据进行差异显著性分析, 当 $P < 0.05$ 时判定组间存在显著差异。采用Origin 8.5软件作图。

2 结果与分析

2.1 超高压处理对LESCB色泽的影响

表1 超高压处理对LESCB色泽的影响

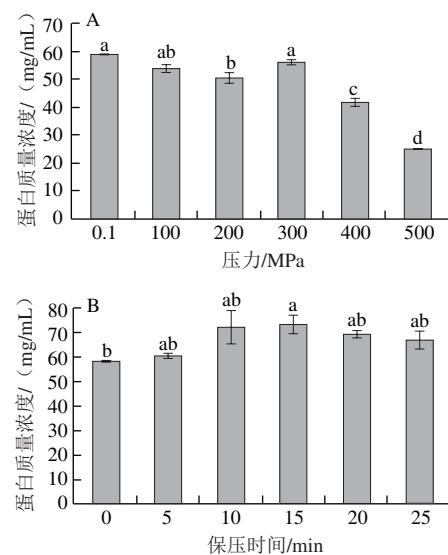
Table 1 Effect of high pressure processing on color of LESCB

压力/MPa	L^*	a^*	W	保压时间/min	L^*	a^*	W
0.1	83.57 ± 0.03^c	2.36 ± 0.27^b	78.42 ± 0.06^c	0	83.57 ± 0.03^a	2.36 ± 0.27^a	78.42 ± 0.06^a
100	83.46 ± 0.05^c	2.48 ± 0.16^b	78.28 ± 0.10^{cd}	5	83.22 ± 0.05^{bc}	2.49 ± 0.29^a	78.40 ± 0.33^a
200	83.24 ± 0.06^d	2.58 ± 0.15^b	78.16 ± 0.03^d	10	83.40 ± 0.20^b	2.58 ± 0.36^a	78.49 ± 0.29^a
300	84.14 ± 0.21^b	2.95 ± 0.14^a	79.25 ± 0.04^b	15	83.21 ± 0.20^{bc}	2.59 ± 0.17^a	78.43 ± 0.20^a
400	84.14 ± 0.10^b	3.02 ± 0.19^a	79.21 ± 0.11^b	20	83.20 ± 0.09^{bc}	2.54 ± 0.49^a	78.10 ± 0.14^a
500	84.46 ± 0.14^a	3.03 ± 0.22^a	79.82 ± 0.12^a	25	83.16 ± 0.07^c	2.76 ± 0.44^a	78.31 ± 0.39^a

注: 同列肩标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$), 下同; L^* : 亮度; a^* : 红度; W : 白度。

L^* 、 a^* 和 W 值是评价肉制品色泽变化的重要指标。由表1可知, 随着压力的增加, LESCB的 L^* 值和 W 值先降低后升高, 200 MPa时达最低值。可能是因为300~500 MPa超高压处理使LESCB中的肌球蛋白和肌红蛋白发生变性, 诱使亚铁血红素被取代或释放, 导致 L^* 值和 W 值升高^[18]。 a^* 值在300 MPa时显著增加($P < 0.05$), 随后变化不显著; 可能是压力大于300 MPa时蛋白质完全变性, 继续升压不会使色泽发生变化。与0 min处理组相比, L^* 值随保压时间延长而降低($P < 0.05$), a^* 值和 W 值无显著变化($P > 0.05$)。

2.2 超高压处理对LESCB盐溶蛋白溶解度的影响



A. 压力水平的影响; B. 保压时间的影响; 下同。同一指标小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$); 图2~4、7同。

图1 超高压处理对LESCB盐溶蛋白溶解度的影响

Fig. 1 Effect of high pressure processing on SSP concentration of LESCB

盐溶蛋白因其可截留水分和增强肉糜团聚性而对肉制品品质具有重要作用^[19]。由图1A可知, 与0.1 MPa处理组相比, 100~300 MPa处理对LESCB盐溶蛋白溶解度无显著影响($P > 0.05$), 300 MPa处理组的蛋白质质量浓度大于200 MPa处理组, 而400~500 MPa处理则显著降低了盐溶蛋白溶解度($P < 0.05$)。这可能是因为压力的增加使蛋白质变性析出, 导致溶液中蛋白质质量浓度下降, 这与邱春强等^[20]研究的超高压和瓜尔豆胶对鸡肉盐溶蛋白凝胶的影响结果相似。图1B显示, 盐溶蛋白溶解度随保压时间的延长先升高后降低($P > 0.05$), 15 min时盐溶蛋白溶解度显著高于0 min处理组($P < 0.05$)。

2.3 超高压处理对LESCB蒸煮损失率的影响

由图2A可知, 与0.1 MPa处理组相比, 100 MPa超高压处理可增加LESCB的蒸煮损失率, 但变化不显著($P > 0.05$); 随着压力的升高(200~500 MPa), LESCB的蒸煮损失率呈先降低后升高的趋势, 300 MPa

时达最低值。这可能是因为超高压能促进蛋白质-蛋白质以及蛋白质-海藻多糖之间的相互作用,同时使海藻多糖参与热凝胶化,形成均匀致密的凝胶网络结构,减少肉糜的蒸煮损失^[21]。而500 MPa时蒸煮损失率升高可能与过大的压力破坏了凝胶网络结构,使水分析出有关。陈建良等^[22]发现,采用过低压力(50 MPa)和过高压力(600 MPa)处理添加了酪氨酸钠的鸡肉肠制品,均在一定程度上增加了其蒸煮损失率。图2B显示,LESCB的蒸煮损失率随保压时间的延长而逐渐减小,20~25 min时的蒸煮损失率与0 min处理组相比显著降低($P<0.05$),但两者之间无显著差异。

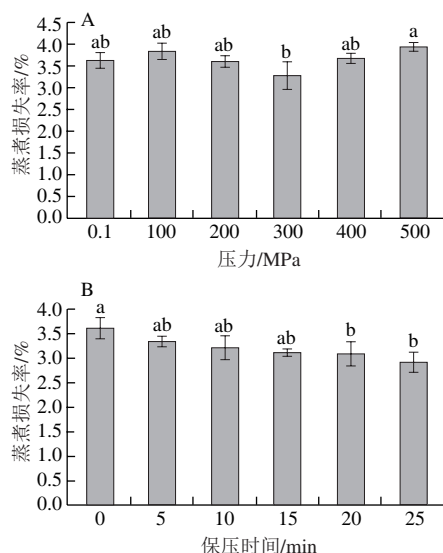


图2 超高压处理对LESCB蒸煮损失率的影响

Fig. 2 Effect of high pressure processing on cooking loss of LESCB

2.4 超高压处理对LESCB持水性的影响

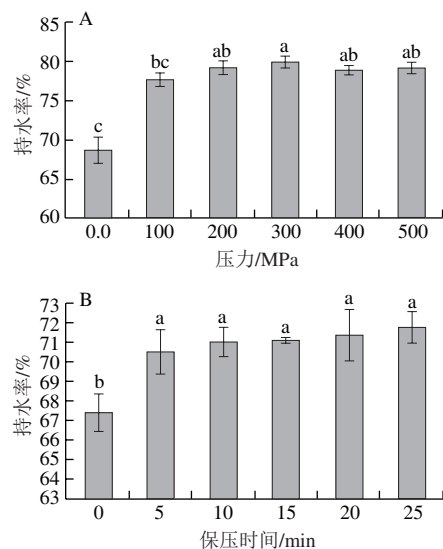


图3 超高压处理对LESCB持水性的影响

Fig. 3 Effect of high pressure processing on water holding capacity of LESCB

由图3A可知,与0.1 MPa处理组相比,100~500 MPa超高压处理对LESCB的持水性产生显著影响($P<0.05$),且随压力的增加而上升;但当压力大于400 MPa时,LESCB持水性呈下降趋势($P>0.05$)。文献[23-24]报道,与未加压处理的样品相比,超高压处理可促进蛋白质分子间氢键的形成以及蛋白质-水之间的相互作用,从而形成更加均匀致密的凝胶微观结构,导致其具有较高的持水性。一方面,超高压处理能使LESCB中水分子发生聚合,缩小水分子间的距离,使自由水填补到氨基酸侧链周围而变成结合水,改变LESCB中水分的流动性,提高其持水性;另一方面,超高压处理能够使蛋白-蛋白和蛋白-海藻多糖间的相互作用加强,间接影响肉糜的持水性。过高压力(400~500 MPa)使肉糜持水性下降,这可能是由于压力的升高导致肌节断裂破碎,肌丝网络空间的水分被迫流向间隙,从而使肉糜的水分流失,持水性下降^[25]。由图3B可知,保压时间对LESCB持水性产生显著影响,但随着时间的延长持水性无显著变化($P>0.05$)。此变化趋势与色泽变化一致。

2.5 超高压处理对LESCB冻融损失率的影响

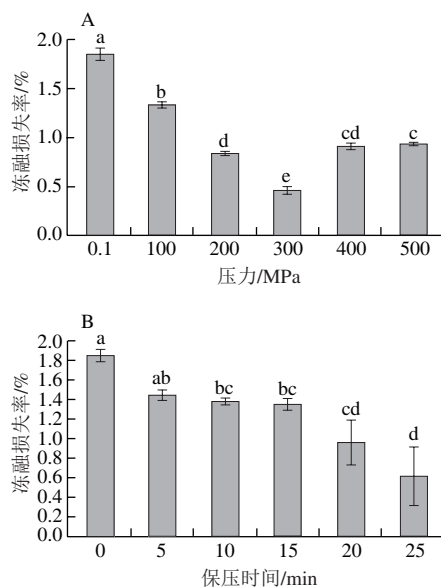
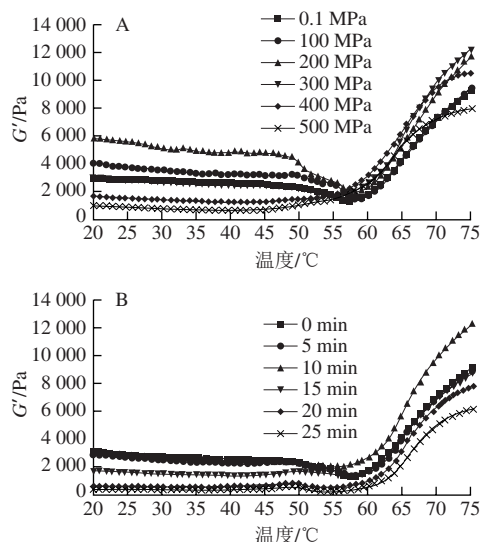


图4 超高压处理对LESCB冻融损失率的影响

Fig. 4 Effect of high pressure processing on freeze-thaw stability of LESCB

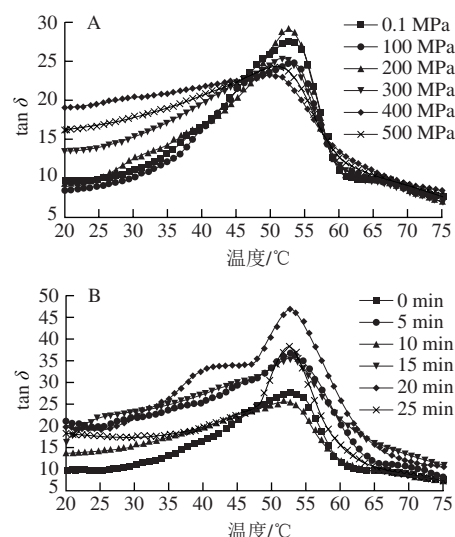
如图4A所示,随着压力的升高,LESCB的冻融损失率呈先降低后增加趋势,300 MPa处理时冻融损失率最低,此变化趋势与蒸煮损失率一致。适当的压力处理能使蛋白质-蛋白质以及蛋白质-海藻多糖之间的相互作用增强,促进肉糜形成稳定的凝胶网络结构,增强肉糜对水的束缚能力,减少解冻时汁液的流失。图4B显示,保压时间(5~20 min)对LESCB的冻融损失率无明显影响,但25 min时冻融损失率显著降低($P<0.05$)。由此可见,加压处理后LESCB冻融损失率的改变归因于压力的变化。

2.6 超高压处理对LESCB流变特性的影响

图5 超高压对LESCB升温过程中 G' 的影响Fig. 5 Change in G' of LESCB during heating process

由图5A可知,在未经加热(20℃)时,100~200 MPa超高压处理能显著增强LESCB的 G' ,说明适当的压力有利于肌原纤维蛋白凝胶化,提高混合体系的凝胶强度;300~500 MPa时,LESCB的 G' 随压力的升高而降低,且300 MPa处理组明显低于100、200 MPa处理组;说明压力破坏了海藻多糖对肉糜的凝胶增强作用,且压力越高破坏越大。加热过程中,LESCB的 G' 随压力的增加呈先上升后下降趋势,300 MPa处理后 G' 逐渐下降,可能因为过高的压力抑制了加热过程中蛋白质的变性和聚集,不利于稳定凝胶网络结构的形成,降低了LESCB体系的热凝胶能力^[13]。这与李月双等^[26]研究的超高压对肌球蛋白-抗性玉米淀粉混合凝胶流变特性的影响相似。0.1~500 MPa处理组的 G' 变化可分为3个阶段:第1阶段(20.0~48.0℃)中,随着温度的升高, G' 呈缓慢下降趋势,这是因为打浆过程中肌原纤维蛋白发生溶解和溶胀,导致加热时蛋白质发生折叠, G' 下降;第2阶段(48.0~57.3℃)中,0.1~300 MPa处理的LESCB G' 迅速下降,这说明随温度升高,蛋白质变性速率加快,变性的肌球蛋白可能会使肉糜流动性上升,并且破坏低温下形成的凝胶网络结构^[15];第3阶段(57.3~75.0℃)中, G' 迅速升高,说明半溶胶体在受热过程中转变成了弹性胶体。

如图5B所示,未经加热(20℃)处理时,5~10 min处理组的 G' 高于0 min处理组,15~25 min处理组的 G' 低于0 min处理组,且随保压时间的延长而逐渐降低。这可能是由于保压时间过长,破坏了蛋白质-蛋白质以及海藻多糖-蛋白质的相互作用。加热过程中, G' 随着保压时间(5~25 min)的延长呈先升高后降低趋势,15 min处理组的 G' 最大,凝胶弹性最好。

图6 超高压处理对LESCB升温过程中 $\tan \delta$ 值的影响Fig. 6 Change in $\tan \delta$ of LESCB during heating process

$\tan \delta$ 值反映了肉糜在加热形成凝胶过程中黏性肌球蛋白溶液向弹性肌球蛋白凝胶的转变。由图6A可知,超高压处理明显改变了升温过程中LESCB的 $\tan \delta$ 值。加热初期(20℃),与0.1 MPa处理组相比,超高压处理降低了100~200 MPa处理组的 $\tan \delta$ 值,增加了300~500 MPa组的 $\tan \delta$ 值。加热过程中各曲线的变化趋势基本一致:20.0~53.6℃间 $\tan \delta$ 值急剧升高,说明LESCB的弹性降低,温度使蛋白质的构象发生了变化,且减弱了蛋白质-蛋白质以及蛋白质-海藻多糖间的相互作用;53.6~75.0℃间 $\tan \delta$ 值迅速下降,表明LESCB的弹性上升,高温增强了蛋白质及海藻多糖的热凝胶性。图6B显示保压时间对肉糜的 $\tan \delta$ 值产生了明显影响。加热初期(20℃),5.0~25.0 min处理组的 $\tan \delta$ 值高于0 min处理组;在47.1~58.3℃范围内,0 min处理组的 $\tan \delta$ 值低于其他组(除15.0 min处理组),说明维持适当的保压时间能够引起更多的蛋白质变性。

2.7 超高压处理对LESCB硬度和弹性的影响

由图7A可知,LESCB的硬度和弹性均随压力的升高呈现先增大后减小的趋势,硬度在200~300 MPa时达最大,且两者间无显著差异,在400~500 MPa时逐渐减小;弹性在300 MPa时显著增加,大于300 MPa后逐渐减小。Boonyaratankornkit等^[23]报道了压力能够导致电荷与极性基团周围溶剂电致伸缩、蛋白质分子内部空穴塌陷和氢键缩短,促使蛋白质可压缩性降低,提高受压凝胶的硬度。才卫川等^[25]认为,适当的压力处理可使肉糜间团聚性增强,从而提高肉糜的硬度,但过高的压力会导致肌原纤维M线消失、A带和I带被破坏,使肌原纤维小片化程度增大、硬度降低。但也有研究认为,超高压(100~400 MPa)处理通过使蛋白质变性,降低热凝胶化过程中的凝胶网络结构间的交联程度,使凝胶硬度下

降^[27-28]。因此,对于不同的受压体系,压力对硬度和弹性的影响均有所不同。图7B中,LESCB的硬度和弹性随保压时间的延长呈增加趋势,但在25 min时突然降低。这可能是因为长时间的高压处理破坏了LESCB的三维网络结构^[29]。

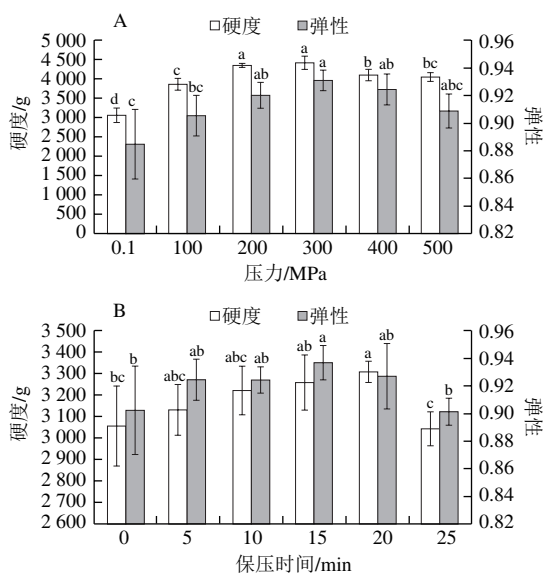


图7 超高压处理对LESCB硬度和弹性的影响

Fig. 7 Effect of high pressure processing on hardness and springiness of LESCB

3 结论

本研究结果表明适当压力和保压时间的超高压处理可改善LESCB的品质。随着压力的升高,肉糜 L^* 值和 W 值先降低后升高,在200 MPa时达最低值, a^* 持续上升;保压时间对肉糜的 a^* 值和 W 值无显著影响, L^* 值随时间的延长逐渐降低。100~300 MPa超高压处理对肉糜盐溶蛋白溶解度无显著影响,大于300 MPa时盐溶蛋白溶解度呈下降趋势;保压时间对盐溶蛋白溶解度无显著影响。随着处理压力的升高,肉糜的蒸煮损失率和冻融损失率呈先降低后升高的趋势,在300 MPa处理时达到最低值,说明适当的压力能促进蛋白质-蛋白质以及蛋白质-海藻多糖间的相互作用;蒸煮损失率和冻融损失率随保压时间的延长而逐渐降低。持水性随压力的升高先增加后降低,在300 MPa时达到最大值;与0 min处理组相比,延长保压时间能显著增强肉糜持水性,但各处理组间无显著差异,与色泽变化基本一致。随着压力的升高,肉糜硬度和弹性先增加后降低,长时间(25 min)处理会破坏肉糜凝胶网络结构。适当的超高压处理能够改善LESCB的 G' 和 $\tan \delta$ 值,提高产品品质。本实验研究超高压对影响LESCB的品质进行了,为提高LESCB品质提供了理论参考。

参考文献:

- [1] PETRACCI M, MUDALAL S, BABINI E, et al. Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat[J]. Italian Journal of Animal Science, 2014, 13(1): 174-175. DOI:10.4081/ijas.2014.3138.
- [2] GIBBS R A, RYMER C, GIVENS D I. Postgraduate symposium long-chain $n-3$ PUFA: intakes in the UK and the potential of a chicken meat prototype to increase them[J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2010, 69(1): 144-155. DOI:10.1017/S0029665109991716.
- [3] SUN J X, WU Z, XU X L, et al. Effect of peanut protein isolate on functional properties of chicken salt-soluble proteins from breast and thigh muscles during heat-induced gelation[J]. Meat Science, 2012, 91(1): 88-92. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.12.010.
- [4] 周纷,谷大海,徐家慧,等.淀粉对鸡胸肉盐溶性蛋白乳化特性的影响[J].食品科学,2016,37(15): 7-12. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201615002.
- [5] 陈洁,张科,杜金平,等.魔芋葡甘聚糖及其衍生物对禽肉重组火腿物性的影响[J].食品科学,2010,31(13): 36-39.
- [6] 史可夫,肖雄,吴双双,等.超高压对肌球蛋白-海藻酸钠-氯化钙混合凝胶特性的影响[J].食品科学,2015,36(23): 33-37. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201523007.
- [7] LI K, KANG Z L, ZOU Y F, et al. Effect of ultrasound treatment on functional properties of reduced-salt chicken breast meat batter[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(5): 2622-2633. DOI:10.1007/s13197-014-1356-0.
- [8] 王希希,李康,黄群,等.刺麒麟菜对鸡胸肉糜凝胶特性和流变特性的影响[J].食品科学,2018,39(5): 76-80. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805012.
- [9] 郭丽萍.超高压结合热处理对猪肉蛋白质氧化、结构及特性的影响[D].绵阳:西南科技大学,2016: 1-6.
- [10] CAO Y Y, XIA T L, ZHOU G H, et al. The mechanism of high pressure-induced gels of rabbit myosin[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012, 16(39): 41-46. DOI:10.1016/j.ifset.2012.04.005.
- [11] 王诗萌,张坤生,任云霞.超高压协同磷酸盐对虾蛄中肌原纤维蛋白凝胶特性的影响[J].食品工业科技,2016,37(2): 234-238. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.02.039.
- [12] VILLAMONTE G, JURY V, JUNG S, et al. Influence of xanthan gum on the structural characteristics of myofibrillar proteins treated by high pressure[J]. Journal of Food Science, 2015, 80(3): C522-C531. DOI:10.1111/1750-3841.12789.
- [13] 潘杰.超高压和氯化镁对鸡胸肉糜凝胶特性的影响及机制[D].合肥:合肥工业大学,2017: 26-33.
- [14] CHEN Xin, LI Peijun, NISHIUMI T, et al. Effects of high-pressure processing on the cooking loss and gel strength of chicken breast actomyosin containing sodium alginate[J]. Food & Bioprocess Technology, 2014, 7(12): 3608-3617. DOI:10.1007/s11947-014-1368-9.
- [15] 康壮丽.斩拌和打浆工艺对猪肉肉糜凝胶特性影响及作用机理[D].南京:南京农业大学,2014: 11-16; 58-68.
- [16] 翟小波,李洪军,贺雅非.薯类淀粉对兔肉肉糜流变性质和凝胶特性的影响[J].食品与发酵工业,2016,42(12): 49-56. DOI:10.133995/j.cnki.11-1802/ts.201612009.
- [17] 焦文娟,张立彦,皮鹤珍.胖大海胶对鸡胸肉糜品质的影响[J].食品工业科技,2014,35(2): 116-119; 123. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.02.079.
- [18] HONG G P, KO S H, CHOI M J, et al. Effect of glucono- δ -lactone and κ -carrageenan combined with high pressure treatment on the physico-chemical properties of restructured pork[J]. Meat Science, 2008, 79(2): 236-243. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.09.007.

- [19] CHAPLEAU N, MANGAVEL C, COMPOINT J P, et al. Effect of high-pressure processing on myofibrillar protein structure[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2004, 84(1): 66-74. DOI:10.1002/jsfa.1613.
- [20] 邱春强, 张坤生, 任云霞. 超高压和瓜尔胶对鸡肉盐溶蛋白凝胶的影响[J]. 核农学报, 2014, 28(3): 433-439. DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2014.03.0433.
- [21] 方红美, 陈从贵, 马力量, 等. 海藻酸钠及超高压对鸡肉凝胶保水和质构的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(32): 14292-14294. DOI:10.3969/j.issn.0517-6611.2008.32.155.
- [22] 陈建良, 芮汉明, 邱志敏. 高静压下添加酪氨酸钠鸡肉肠制品保水性与其质构特性的相关性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(5): 52-57.
- [23] BOONYARATANAKORNKIT B B, PARK C B, CLARK D S. Pressure effects on intra- and intermolecular interactions within proteins[J]. Biochimica et Biophysica Acta, 2002, 1595(1/2): 235-249. DOI:10.1016/S0167-4838(01)00347-8.
- [24] MA F, CHEN C G, ZHENG L, et al. Effect of high pressure processing on the gel properties of salt-soluble meat protein containing CaCl_2 and κ -carrageenan[J]. Meat Science, 2013, 95(1): 22-26. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.04.025.
- [25] 才卫川, 张坤生, 任云霞. TG酶协同超高压处理对鸡肉糜制品品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(18): 22-27. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201418005.
- [26] 李月双, 姚静, 谢婷婷, 等. 超高压对肌球蛋白-抗性玉米淀粉混合凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(3): 1-6. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201703001.
- [27] CHEN X, CHEN C G, ZHOU Y Z, et al. Effects of high pressure processing on the thermal gelling properties of chicken breast myosin containing κ -carrageenan[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 40: 262-272. DOI:10.1016/j.foodhyd.2014.03.018.
- [28] 曹莹莹, 张亮, 王鹏, 等. 超高压结合热处理对肌球蛋白凝胶特性及蛋白二级结构的影响[J]. 肉类研究, 2013, 27(1): 1-7.
- [29] 马亚萍, 康壮丽, 王嘉楠, 等. 卡拉胶结合超高压处理对鸡胸肉糜品质的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(6): 275-279; 286.