

文章编号:1000-8551(2019)08-1551-08

不同处理方式对虾蛄脱壳效率及肌肉品质的影响

李高尚 陈燕婷 宣仕芬 杨文鸽* 徐大伦 楼乔明 张进杰

(宁波大学食品与药学院/浙江省动物蛋白食品精深加工技术重点实验室,浙江 宁波 315211)

摘要:为研究超高压、热烫、冻藏3种不同的前处理方式对虾蛄脱壳效率及肌肉品质的影响,通过对脱壳时间、虾蛄仁得率、汁液流失率、虾蛄仁质构、色泽和肌原纤维蛋白含量等进行分析,以确定合适的虾蛄脱壳前处理方式。结果表明,与热烫、冻藏处理相比,超高压前处理能较好的缩减虾蛄脱壳时间,降低汁液流失率,提高虾蛄仁得率及其完整性,同时超高压处理能较好的提升虾蛄仁的硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性。当压强为350 MPa、保压时间为8 min时,超高压处理对虾蛄脱壳效率及肌肉质构的提升效果最好;超高压处理后虾蛄仁pH值和水分含量略有增加,而其肌原纤维蛋白含量有不同程度的下降。综合考虑,350 MPa保压8 min的超高压前处理,能在提高虾蛄脱壳效率的同时较好的保持其肌肉品质。本研究结果为辅助虾蛄高效脱壳及超高压技术在水产品加工中的应用提供了依据。

关键词:超高压;热烫;虾蛄;脱壳;肌肉品质

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2019.08.1551

虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)又称琵琶虾,广泛分布于我国东南沿海地区,资源丰富,近几年我国虾蛄的年捕捞量近300万t,约占海虾捕捞总量的20%^[1-2]。虾蛄肉质鲜嫩肥美、营养丰富,深受人们的青睐^[3],除鲜销外,其主要加工成干虾蛄肉或冻煮虾蛄(肉),但由于其外壳坚硬,加上尾部和两侧的利刺,脱壳取肉较难,生产中常将虾蛄蒸煮或速冻后解冻,再手工脱壳,但得肉率低、完整性差,且蒸煮或速冻易对虾蛄肉的品质产生不良影响。随着微波的商业化应用,许多研究者将微波加热应用于贝类脱壳,但处理后仍需要手工脱壳,或需将微波集中辐射预先定位好的闭壳肌处,因此难以扩大生产^[4]。而超高压(ultra-high pressure, UHP)技术作为一种非热加工技术,具有杀菌、灭酶、提高脱壳效率或消减致敏性等效果,能改善食品品质及其贮藏特性,对食品的天然风味、色泽和营养价值具有独特的保护作用,同时对甲壳类水产品的脱壳也具有显著效果^[5-7]。目前,超高压技术已被用于虾类、牡蛎、泥蚶等水产品脱壳,陈少华等^[8]研究了超高压对南美白对虾脱壳及加工性能的影响,认为超高压处理能显著缩短对虾脱壳时间、提高虾仁得肉率及持水性、

降低其汁液流失;李学鹏等^[9]用300 MPa处理牡蛎1 min,发现与手工、热烫脱壳相比,超高压处理在提高脱壳效率的同时能改善牡蛎肉的持水性、杀灭部分微生物,使牡蛎肉达到生食水产品卫生标准;王国栋^[10]认为超高压能有效避免速冻虾在脱壳时的断尾现象,提高虾仁产率6%~8%,更好地保持虾仁的完整性,并降低劳动强度。目前,主要通过热烫后对虾蛄进行脱壳,有关比较超高压、热烫和冻藏3种前处理方式对虾蛄脱壳效率影响的报道尚鲜见,故本试验在对比分析超高压、热烫及冻藏处理对虾蛄脱壳效果的基础上,进一步比较不同超高压参数对虾蛄肉品质及其肌原纤维蛋白含量的影响,旨在确定合适的虾蛄脱壳工艺,为虾蛄加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

鲜活虾蛄(*Oratosquilla oratoria*),每只质量 22 ± 3 g,体长 12 ± 2 cm,购自浙江省宁波市路林水产交易市场。

收稿日期:2018-09-28 接受日期:2018-11-11

基金项目:浙江省公益技术研究计划(LGN18C200020),国家自然科学基金面上项目(31371793),宁波市重大科技专项(2015C110002),浙江省教育厅一般科研项目(Y201839330)

作者简介:李高尚,男,主要从事水产品加工与质量控制研究。E-mail:1543584537@qq.com

* 通讯作者:杨文鸽,女,教授,主要从事水产品保鲜加工与高值化利用研究。E-mail: yangwenge@nbu.edu.cn

1.2 主要仪器与设备

MA35M-000230V1 水分测定仪,德国 Sartorius 有限公司;CQC2L-600 超高压设备,北京速原中天股份有限公司;Spectra Max i3 酶标仪,美国 Molecular Devices 公司;CR-400 色差仪,日本柯尼卡美能达公司;ST3100 实验室 pH 计,奥豪斯仪器(常州)有限公司;TA.XT Plus 质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;XF-D 型内切式匀浆机,宁波新芝生物科技有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 脱壳前处理 选取长度、颜色、质量差异较小的鲜活虾蛄 90 只,清洗干净后随机分组,其中对照组、热烫组、冻藏组各 9 只;超高压组共 63 只。对照组:未经处理直接脱壳的虾蛄;超高压组:聚乙烯(polyethylene,PE)袋密封包装虾蛄,再超高压处理后进行脱壳,每个 PE 袋含 3 只虾蛄和 100 mL 水,63 只虾蛄共包装成 21 袋,随机均分成 7 份,在 7 个不同的参数条件(300 MPa 下分别处理 8、10 min,350 MPa 下分别处理 5、8、10 min,400 MPa 下分别处理 5、8 min,依次标记为 300-8、300-10、350-5、350-8、350-10、400-5、400-8)下进行超高压处理,每个超高压参数条件下均处理 3 袋虾蛄;热烫组:采用预试验优化后的热烫条件,虾蛄在沸水中蒸煮 50 s,冷却至室温后进行脱壳;冻藏组:经 PE 袋包装并于-20℃冻藏过夜,再于室温自然解冻后进行脱壳。

1.3.2 虾蛄脱壳效率指标的测定 取 9 只虾蛄,从虾蛄背部第四节外壳依次往下,之后对前三节和头部进行脱壳,最后进行尾部和腹部脱壳,记录每只虾蛄脱壳所用时间,并测定虾蛄仁得率和汁液流失率。用滤纸吸去虾蛄表面水分,称量各试验组带壳虾蛄、虾蛄仁和废料(包括虾壳与虾头等)质量,按照公式分别计算虾蛄仁得率和汁液流失率^[11]:

$$\text{虾蛄仁得率} = \frac{m_1}{m} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{汁液流失率} = \frac{m - m_1 - m_2}{m} \times 100\% \quad (2)$$

式中: m 为带壳虾蛄质量,g; m_1 为虾蛄仁质量,g; m_2 为虾蛄壳与虾蛄头等废料质量,g。

1.3.3 虾蛄仁质构测定 取虾蛄第五、第六节肌肉,利用质构仪对其进行质地多面分析^[12](texture profile analysis,TPA),测定其硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性。测试参数:P/36R 探头,测前速度 $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$,测试和测后速度均为 $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$,应变为 50%。

1.3.4 虾蛄仁色泽测定 取虾蛄第五、第六节肌肉,

利用色差仪 Lab 模型测定虾蛄肉腹部和背部的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值,每只虾蛄仁重复测定 3 次。按照公式计算色泽的总体变化值 $\Delta E^{[13]}$ 。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3)$$

式中: ΔL^* 值、 Δa^* 值、 Δb^* 值分别为各处理组 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值与对照组 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值之差。

1.3.5 虾蛄仁水分含量及 pH 值测定 称取 2 g 虾蛄肉,采用水分测定仪测定水分含量;参照 GB 5009.237-2016^[14]测定虾蛄 pH 值。

1.3.6 肌原纤维蛋白提取及其含量的测定 依据林焱萍等^[15]的方法并稍作调整。取 1 g 虾蛄仁,加入 10 mL 预冷 Tris-maleate 缓冲液(20 mmol·L⁻¹,pH 值 7.0,含 0.05 mol·L⁻¹ KCl)并匀浆,10 000 r·min⁻¹ 离心 10 min,再于沉淀加入 10 mL 预冷 Tris-maleate 缓冲液(20 mmol·L⁻¹,pH 值 7.0,含 0.6 mol·L⁻¹ KCl)并匀浆,静置 1 h 后 10 000 r·min⁻¹ 离心 10 min,所得上清液即为肌原纤维蛋白溶液,福林酚法测定肌原纤维蛋白含量。提取过程均在 4℃ 条件下进行。

1.4 数据处理

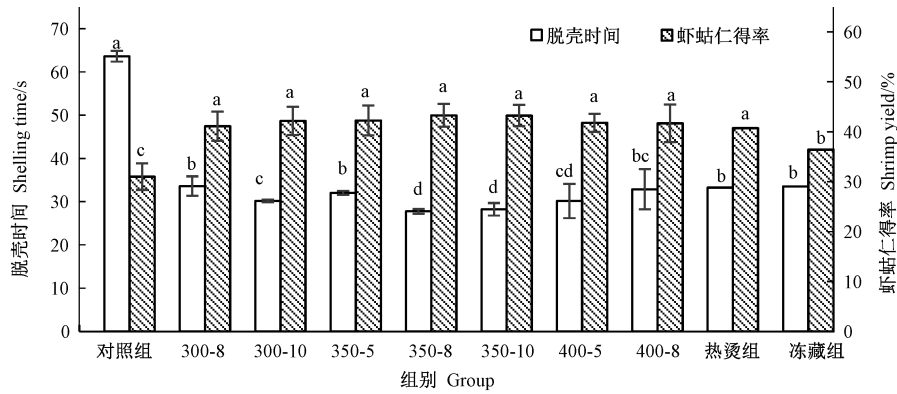
脱壳效率试验设 9 次平行,其余试验均设 3 次平行,试验数据以平均值±标准差表示。采用 SAS 8.1 软件对试验数据进行分析并通过 ANOVA 进行单因素方差分析,Duncan 多重比较分析数据间的显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同处理方式对虾蛄脱壳效率的影响

2.1.1 不同处理方式对虾蛄脱壳时间及产虾蛄仁率的影响 脱壳时间和虾蛄仁得率是评价虾蛄脱壳效率的重要指标。脱壳时间反映了虾仁脱壳的难易程度,并直接影响生产效率;虾蛄仁得率反映了虾蛄肉得率,关系到生产经济效益。由图 1 可知,与对照组相比,超高压组、热烫组及冻藏组虾蛄脱壳时间均显著缩短($P < 0.05$)。当压强分别为 300 MPa 和 350 MPa 时,虾蛄脱壳时间随保压时间的增加而减少,350 MPa 保压时间 8 min 的脱壳时间最短;当压强为 400 MPa 时,脱壳时间随保压时间的增加而延长,原因在于超高压处理使虾蛄肌肉组织与外壳分离,有利于脱壳,但过高的压力会导致虾蛄肉破碎,350 MPa 处理 8 min 时,虾蛄肉组织与壳分离程度达到最大,且肌肉未出现破碎,因此脱壳时间最短。热烫和冻藏处理也明显缩短了脱壳时间,但其脱壳速度均低于 350-8 组。

与对照组相比,虾蛄经热烫、冻藏及不同超高压参数处理的虾蛄仁得率均显著提升($P < 0.05$),而各超



注:同一指标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下同。
Note: Different lowercase letters in the same index indicate significant difference at 0.05 level. The same as following.

图1 处理方式对脱壳时间及虾蛄仁得率的影响

Fig.1 Effect of treatments on shelling time and yield of *O. oratoria* meat

高压组与热烫组之间差异不显著,其中 350-8 组虾蛄仁得率最高,达到 43.29%;冻藏组虾蛄仁得率显著低于超高压组;与 350 MPa 组相比,在同样保压时间下 300 MPa 和 400 MPa 组的虾蛄仁得率略有降低。350 MPa 处理虾蛄可以在最短的时间内进行脱壳,同时得到更多的虾蛄肉。

2.1.2 不同处理方式对虾蛄脱壳后汁液流失率的影响 由图 2 可知,与对照组相比,超高压组、热烫组虾蛄的汁液流失率显著减小,而冻藏组无显著变化。压强在 300 ~400 MPa 时,汁液流失率在某一压强下随保压时间的增加而减小;在相同保压时间下,300 MPa 组和 400 MPa 组虾蛄汁液流失率均大于 350 MPa 组,且当压强为 350 MPa,保压时间为 10 min 时,虾蛄汁液流失率达最小值。

与对照组和冻藏组相比,超高压和热烫处理均能显著降低虾蛄剥壳时的汁液流失,提高虾蛄仁得率,且

脱壳时间较短。因此,后续选择不同参数超高压和热烫处理,结合肌肉品质进一步优化脱壳工艺。

2.2 超高压和热烫处理对虾蛄肌肉品质的影响

2.2.1 超高压和热烫处理对虾蛄仁质构的影响 质构是评价虾蛄肌肉品质的一个重要指标,直接影响虾蛄肌肉的口感。由图 3、图 4 可知,与对照相比,超高压前处理能显著提高虾蛄肌肉硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性,不同超高压参数对硬度、弹性和咀嚼性的影响无显著差异。350 MPa 保压 8 min 时,虾蛄肌肉的硬度达到最大,保压 10 min 时,弹性、咀嚼性和黏聚性达到最大,而压强为 400 MPa 时,虾蛄肌肉硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性有所下降;热烫处理使虾蛄肌肉硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性增加,但其硬度和咀嚼性小于超高压组,弹性和黏聚性则大于超高压组。

2.2.2 超高压和热烫处理对虾蛄仁色泽的影响 由表 1、表 2 可知,超高压处理均使虾蛄仁背、腹部的 L^*

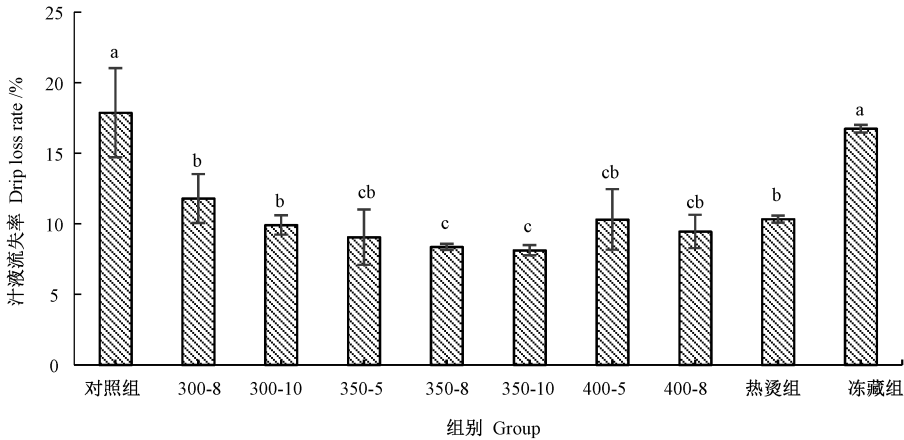


图2 处理方式对虾蛄仁汁液流失率的影响

Fig.2 Effect of treatments on drip loss rate of *O. oratoria* meat

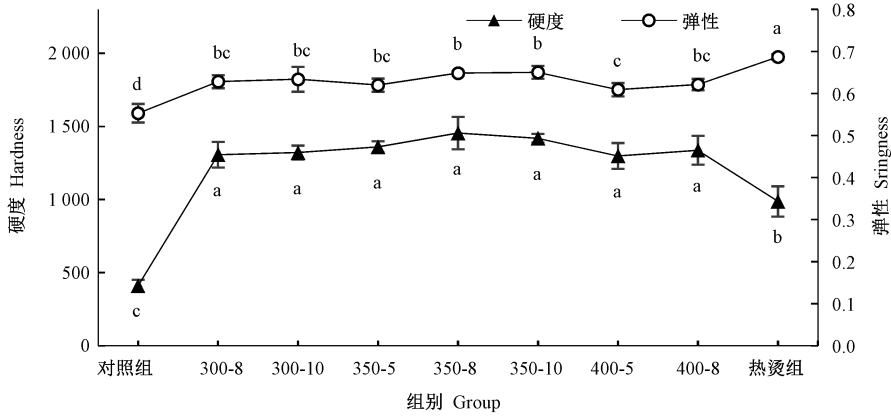


图 3 超高压和热烫处理对虾蛄仁硬度和弹性的影响

Fig.3 Effect of UHP and blanching treatment on hardness and springiness of *O. oratoria* meat

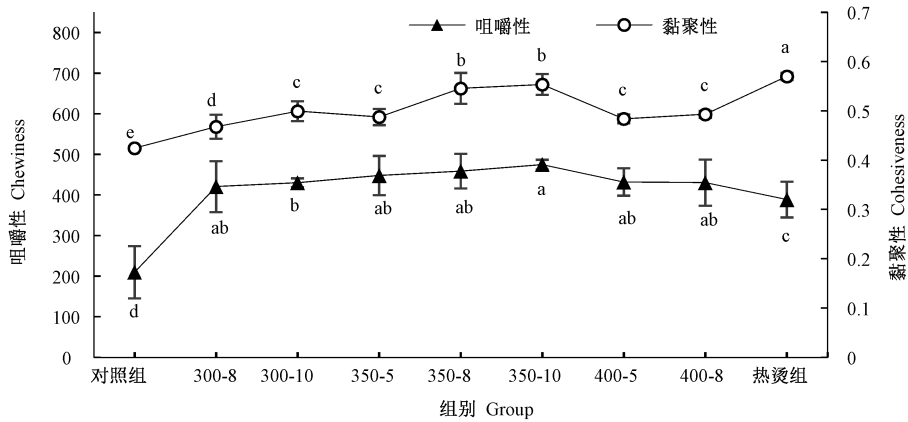


图 4 超高压和热烫处理对虾蛄仁咀嚼性和黏聚性的影响

Fig.4 Effect of UHP and blanching treatment on chewiness and cohesiveness of *O. oratoria* meat

值增大,背部 L^* 值基本上随着压强和保压时间的增加而增加,而 a^* 值和 b^* 值均下降且为负值,即虾蛄肌肉变白,呈现发绿和发蓝趋势,但肉眼观察,肌肉颜色的变化均在可以接受的范围之内。热烫处理使虾蛄仁背部的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值都增大,腹部 L^* 值和 b^* 值均增大, a^* 值略有减少,呈熟化状态,肉色发红,总体色差 ΔE 值远大于超高压组,并呈熟化状态。

2.2.3 超高压和热烫处理对虾蛄仁水分含量及 pH 值的影响 pH 值是水产品新鲜度的一个重要指标,水分含量对产品的质地和口感有重要影响。由图 5 可知,超高压组虾蛄肉的 pH 值在 7.0~7.6 之间,显著高于对照组,超高压组和对照组水分含量保持在 80%~83% 之间,350-8 组达到最大,与 350-5、350-8 组相比,400-5 组虾蛄肉水分含量略下降,且 400-8 组虾蛄肉的水分含量显著低于对照组。热烫组 pH 值大于对照组和超高压组,水分含量低于对照组,但大于 400-8 组。与热烫处理相比,超高压处理能够更好地维持虾蛄肉的保水性及其 pH 值的稳定性。

2.2.4 超高压和热烫处理对虾蛄肌原纤维蛋白含量的影响 虾蛄肉富含肌原纤维蛋白,超高压或加热处理均会影响虾蛄肌肉蛋白的结构及其性质,影响其肌原纤维蛋白的溶解度。由图 6 可知,与对照组相比,超高压组虾蛄肌原纤维蛋白含量都有所降低,且随着压强和保压时间的增加,肌原纤维蛋白含量逐渐减少;300 MPa 组、350 MPa 组间肌原纤维蛋白含量无显著性差异,但与 300 MPa 相比,400 MPa 组肌原纤维蛋白含量显著下降;热烫组虾蛄肌原纤维蛋白含量则低于 10%。超高压处理降低了肌原纤维蛋白的溶解度,热烫处理破坏了蛋白结构,从而使蛋白含量下降,但相较于热烫处理,超高压处理能够减少虾蛄肌原纤维蛋白的损失。

3 讨论

3.1 不同处理方式对虾蛄脱壳效率的影响

本研究中,超高压处理使虾蛄肌肉表面蛋白结构

表 1 超高压和热烫处理对虾蛄仁背部色泽的影响					
Table 1 Effect of UHP and blanching treatment on back color of <i>O. oratoria</i> meat					
组别 Groups	<i>L</i> * 值 <i>L</i> * value	<i>a</i> * 值 <i>a</i> * value	<i>b</i> * 值 <i>b</i> * value	ΔE 值 ΔE value	
对照组 Control group	52.19±1.18e	1.09±0.55b	2.32±0.77b		
300-8 组 300-8 group	55.27±1.10cd	-0.88±1.35c	-3.13±2.08cd	6.64±1.97c	
300-10 组 300-10 group	54.89±0.90d	-0.73±0.76bc	-4.69±0.59d	7.78±0.52bc	
350-5 组 350-5 group	56.77±1.11cd	-0.87±0.62c	-4.57±1.62d	8.61±1.00bc	
350-8 组 350-8 group	58.17±1.92c	-1.03±0.36c	-3.77±0.91cd	8.91±1.07bc	
350-10 组 350-10 group	57.33±0.36cd	-1.00±0.15c	-5.39±1.12d	9.53±0.63bc	
400-5 组 400-5 group	61.13±3.25b	-0.94±0.57c	-2.92±1.82cd	10.72±2.47b	
400-8 组 400-8 group	61.51±2.53b	-0.40±0.68bc	-1.42±2.78c	10.60±0.70b	
热烫组 Blanching group	67.18±1.27a	4.34±2.25a	10.44±0.66a	17.49±0.53a	

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same line indicate significant difference at 0.05 level. The same as following.

表 2 超高压和热烫处理对虾蛄仁腹部色泽的影响					
Table 2 Effect of UHP and blanching treatment on belly color of <i>O. oratoria</i> meat					
组别 Groups	<i>L</i> * 值 <i>L</i> * value	<i>a</i> * 值 <i>a</i> * value	<i>b</i> * 值 <i>b</i> * value	ΔE 值 ΔE value	
对照组 Control group	56.41±1.64e	0.41±0.32a	4.28±0.44b		
300-8 组 300-8 group	62.96±1.98d	-2.35±1.20d	-2.16±2.10cd	9.72±2.01bc	
300-10 组 300-10 group	61.73±1.62d	-1.62±0.92bcd	-1.01±2.89c	7.96±2.22c	
350-5 组 350-5 group	66.74±1.42bc	-2.56±0.10d	-2.80±2.04cd	12.97±1.19b	
350-8 组 350-8 group	66.83±0.50c	-2.49±0.11d	-1.31±1.61c	12.25±0.29b	
350-10 组 350-10group	65.34±3.35bcd	-2.54±0.33d	-4.84±2.92d	13.53±1.34b	
400-5 组 400-5 group	66.46±2.87bc	-1.90±0.19c	-2.83±1.08cd	12.61±2.06b	
400-8 组 400-8 group	68.33±2.92b	-1.82±0.20c	-0.88±1.16c	13.21±2.44b	
热烫组 Blanching group	80.55±1.62a	-1.17±0.47b	9.63±0.70a	24.79±1.39a	

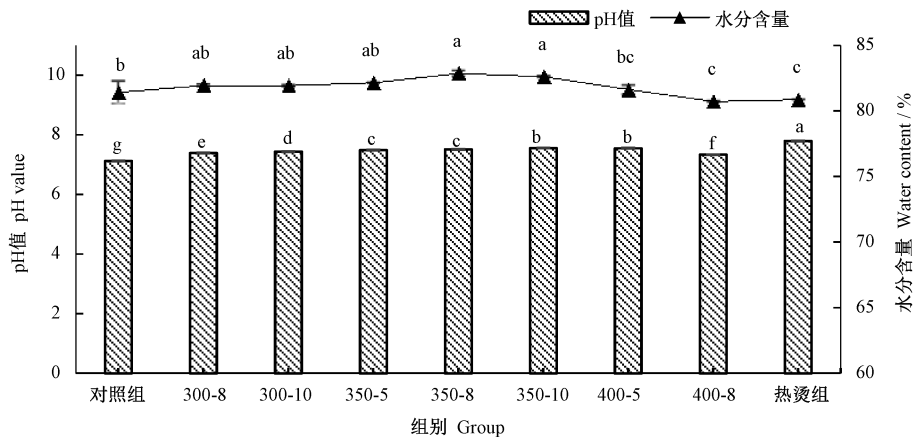


图 5 超高压和热烫处理对虾蛄仁 pH 值和水分含量的影响

Fig.5 Effect of UHP and blanching treatment on pH value and water content of *O. oratoria* meat

发生变化,疏水性增加,粘连性降低,从而导致虾蛄脱壳时间显著下降,这与王芝妍等^[16]研究超高压辅助中华管鞭虾脱壳时的结果一致;但是压力大于 350 MPa 时,虾蛄脱壳时间反而增加,这可能是由于过高压下保压时间过长,导致虾蛄肉结缔组织及其蛋白发生变性,虾蛄肉容易破碎、断裂,使脱壳时间延长,虾蛄仁得

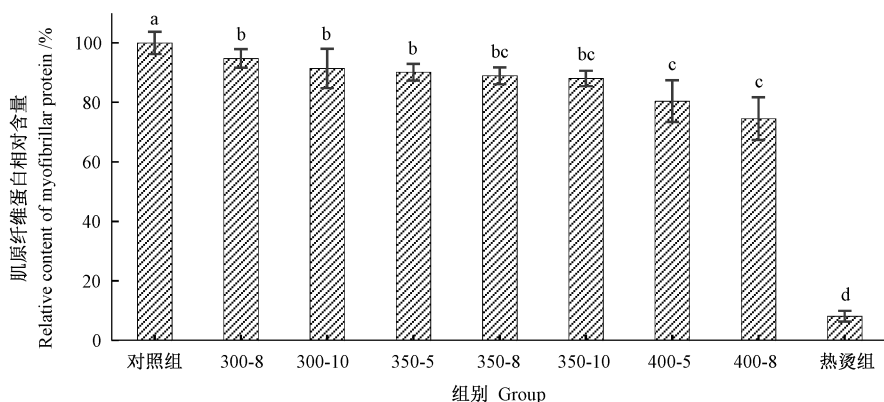


图6 超高压和热烫处理对虾蛄肌原纤维蛋白相对含量的影响

Fig.6 Effect of UHP and blanching treatment on relative content of myofibrillar protein from *O. oratoria* meat

率降低^[17-18]。热烫和冻藏处理对虾蛄脱壳时间的降低效果不如超高压处理,这与汪兰等^[19]研究小龙虾脱壳时的结果一致。冻藏处理对虾蛄产虾蛄仁率的提升效果不如超高压和热烫处理,原因在于冻藏不能较好的破坏虾蛄肉与壳之间的粘连,导致剥离虾蛄肉时造成部分损失。

超高压处理虾蛄是以水为介质,随着保压时间的延长,部分水会进入虾蛄肌肉组织内,同时蛋白质结构发生改变,形成网状结构,使汁液流失率下降。热烫处理使虾蛄汁液流失率下降,是由于虾蛄肌肉蛋白通过热诱导形成凝胶,进而形成坚定稳固的三维网状结构^[20],从而阻止水分外流,在剥壳时减少汁液的流失。冻藏处理的虾蛄解冻时表层肌肉容易失水,加上冻结时形成的冰晶体会破坏其组织结构,导致解冻时虾蛄汁液流失^[21-22]。

3.2 超高压和热烫处理对虾蛄仁肌肉品质的影响

超高压处理使肌球蛋白分子变性发生聚合,巯基形成二硫键并相互交联,使分子结构更加稳定,肌肉结构更加紧密^[23],同时超高压处理减少了虾蛄肉的汁液流失率,使肌肉中的汁液增多,从而增加了虾蛄肌肉硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性。本试验结果表明,350 MPa 保压 8 min 时,虾蛄肌肉的硬度达到最大,保压 10 min 时,弹性、咀嚼性和黏聚性达到最大,这与王志江等^[24]研究压力对熟制鸡肉的弹性、硬度等影响的结果一致。而当压强为 400 MPa 时,对虾蛄肌肉质构的提升效果又略有减弱,估计与压力过大导致的肌肉蛋白结构变性加剧和汁液流失有关。热烫处理使虾蛄肌原纤维蛋白发生变性,巯基氧化为二硫键增强分子间网状结构,使蛋白质形成空间结构复杂的凝胶,因此对虾蛄肉弹性和黏聚性的提升效果大于超高压组,但温度过高时会使凝胶出现劣化,导致虾蛄硬度和咀嚼性有

所降低^[25]。

本试验结果表明,超高压处理造成虾蛄 a^* 值和 b^* 值的下降,原因可能与超高压促进虾青素的游离,使虾蛄肉中虾青素含量及其存在状态发生变化有关^[26]。热烫处理使大部分色素分解,未被分解的虾红素使虾蛄肉色发红。此外,超高压处理使肌肉蛋白发生水解、变性,蛋白质被分解为小分子的胺类物质,从而造成虾蛄肌肉 pH 值轻微增大^[10]。超高压使蛋白质中的部分盐桥消失,离子强度增大,蛋白质与水的结合能力增强,加上超高压促使部分水分进入虾蛄肌肉组织,肌肉蛋白持水性增加而使水分含量相应增大,这与易俊洁等^[27]、Cruz-Romero 等^[13]的研究结果类似。同时,肌肉蛋白大量疏水基团暴露在分子表面而减小了肌原纤维蛋白的盐溶性,从而使肌原纤维蛋白含量略有降低^[28],然而过大压力下长时间的保压又会破坏肌肉组织,加剧蛋白变性,降低蛋白质结合水分子的能力,进而造成虾蛄水分流失和水分含量的下降,蛋白变性加剧,使肌原纤维蛋白含量显著减少。热烫处理可能是由于热烫使蛋白质变性,导致肌原纤维蛋白含量降到 10% 以下,这与魏荣男等^[29]研究热处理对南极磷虾品质影响的结论一致,且肽链中的酸性基团被包埋而导致 pH 值增加,肌肉组织结构发生改变,导致水分流失^[10,18]。

4 结论

不同超高压参数、热烫、冻藏处理后均能缩减虾蛄脱壳时间,提高虾蛄仁得率,降低汁液流失率,其中超高压处理对虾蛄脱壳效率的影响总体上优于热烫和冻藏处理,当压强为 350 MPa、保压时间为 8 min 时,对降低虾蛄脱壳时间和汁液流失率、提高虾蛄仁得率的效

果最好,获得的虾蛄仁硬度最高,同时具有较好的咀嚼性、弹性和黏聚性。此外,超高压对虾蛄仁的色泽具有一定的保护作用。综合考虑,350 MPa 压强、8 min 保压时间处理虾蛄,能达到较好的脱壳效果,并保持其良好的肌肉品质。本研究为虾蛄脱壳提供了技术支持,有利于虾蛄产品开发及超高压技术在水产品加工中的应用。

参考文献:

[1] 刘修泽,郭栋,王爱勇,王彬,董婧. 辽东湾海域口虾蛄的资源特征及变化[J]. 水生生物学报, 2014, 38(3): 602-608

[2] 农业部渔业渔政管理局. 2017 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017

[3] 吴强,陈瑞盛,黄经献,张传涛,王俊,金显仕. 莱州湾口虾蛄的生物学特征与时空分布[J]. 水产学报, 2015, 39(8): 1166-1177

[4] 王敏. 超高压对贻贝脱壳及品质的影响研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012

[5] Szerman N, Barrio Y, Schroeder B, Martinez P, Sancho A M, Sanow C, Vaudagna S R. Effect of high hydrostatic pressure treatments on physicochemical properties, microbial quality and sensory attributes of beef carpaccio[J]. Procedia Food Science, 2011, 1: 854-861

[6] 崔珊珊,木泰华,孙红男,杨海燕. 超高压下酶解处理对甘薯蛋白乳化特性的影响[J]. 核农学报, 2016, 30(6): 1117-1125

[7] Yi J J, Xu Q, Hu X S, Dong P, Liao X J, Zhang Y. Shucking of bay scallop (*Argopecten irradians*) using high hydrostatic pressure and its effect on microbiological and physical quality of adductor muscle[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2013, 18(2): 57-64

[8] 陈少华,胡志和,吴子健,薛璐. 超高压技术对南美白对虾脱壳及加工性能的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 11-16

[9] 李学鹏,周凯,王祺,励建荣,季广仁,李薇霞. 牡蛎超高压脱壳效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(15): 210-214

[10] 王国栋. 超高压处理对食品品质的影响[D]. 大连: 大连理工大学, 2013

[11] 杨徽. 基于超高压技术的虾脱壳工艺与品质检测研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011

[12] 梁辉,戴志远. 物性分析仪在食品质构测定方面的应用[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(4): 119-121

[13] Cruz-Romero M, Kelly A L, Kerry J P. Effects of high-pressure and heat treatments on physical and biochemical characteristics of oysters (*Crassostrea gigas*) [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2007, 8(1): 30-38

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009. 237-2016 食品安全国家标准 食品 pH 值的测定[S]. 北京: 中国标

准出版社, 2016

[15] 林娴萍,揭珍,束玉珍,杨文鸽,徐大伦,严小军. 鲈鱼肉酶解物添加量对带鱼鱼糜蛋白抗冻效果的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(5): 940-945

[16] 王芝妍,杨文鸽,周果,徐大伦,楼乔明,张进杰,崔燕. 超高压辅助中华管鞭虾脱壳及其肌肉品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(7): 43-48

[17] Hsu K C, Hwang J S, Chi H Y, Lai K M. Effect of different high pressure treatments on shucking, biochemical, physical and sensory characteristics of oysters to elaborate a traditional Taiwanese oyster omelette[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(3): 530-535

[18] Angsupanich K, Ledward D A. High pressure treatment effects on cod (*Gadus morhua*) muscle[J]. Food Chemistry, 1998, 63(1): 39-50

[19] 汪兰,何建军,贾喜午,俞静芬,熊光权,凌建刚. 超高压增压次数对小龙虾脱壳及虾仁品质影响的研究[J]. 食品工业, 2017, 38(5): 49-52

[20] 朱潘红,齐慧红,李婷,周春霞,洪鹏志. 不同盐浓度下罗非鱼肌球蛋白热诱导凝胶的形成及机理[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(1): 1-9

[21] 章宇瑛,邵海燕,陈杭君,黎云龙,徐孝方. 不同解冻方式对速冻蓝莓果实品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 320-324, 339

[22] 邹明辉,李来好,郝淑贤,杨贤庆,石红,魏涯,岑剑伟. 凡纳滨对虾虾仁在冻藏过程中品质变化研究[J]. 南方水产, 2010, 6(4): 37-42

[23] Angsupanich K, Edde M, Ledward D A. Effects of high pressure on the myofibrillar proteins of cod and turkey muscle[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(1): 92-99

[24] 王志江,郭善广,蒋爱民,潘柯伊,杨公明,何文新. 超高压处理对熟制鸡肉品质的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 78-82

[25] 艾明艳,熊素英,李小华,陈志川,陆健康. 加工条件对卡拉库尔羊肉热诱导凝胶质构特性的影响[J]. 食品科技, 2015, 40(5): 145-149

[26] 潘玲,周兵,郭晓倩,张璐瑶,胡小松,张燕. 热和高静压杀菌对糟卤虾仁货架期及品质的影响[J]. 高压物理学报, 2016, 30(5): 434-437

[27] 易俊洁,丁国微,胡小松,董鹏,李瑶,廖小军,张燕. 南美白对虾脱壳工艺比较及其对虾仁品质的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 287-292

[28] Alberto G, Karsten O, Tomas B, Asmund R, Lars H Ø, Vibeke O. The effect of high pressure on the functional properties of pork myofibrillar proteins[J]. Food Chemistry, 2016, 196(1): 1005-1015

[29] 魏荣男,沈建,谈佳玉,欧阳杰,傅润泽. 热处理对南极磷虾品质特性及虾粉得率的影响[J]. 海洋渔业, 2018, 40(2): 235-241

Effect of Different Treatments on the Shelling Efficiency and Muscle Quality of *Oratosquilla oratoria*

LI Gaoshang CHEN Yanting XUAN Shifen YANG Wenge* XU Dalun LOU Qiaoming ZHANG Jinjie

(College of Food and Pharmaceutical Sciences, Ningbo University/Key Laboratory of Animal Protein Food

Deep Processing Technology of Zhejiang Province, Ningbo, Zhejiang 315211)

Abstract: To obtain an appropriate shelling method for *Oratosquilla oratoria*, the effects of three pre-treatment methods on the shelling efficiency and muscle quality of *Oratosquilla oratoria* were studied. The shelling time, shrimp meat yield, drip loss rate, texture, color and the relative content of myofibrillar protein were analyzed after ultra-high pressure (UHP), blanching and frozen storage pre-treatments. Compared with blanching and frozen storage, UHP pretreatment was the most appropriate shelling method for *O. oratoria*, which could reduce the shelling time and drip loss rate, increase the shrimp meat yield and its integrity, as well as improve the texture quality of hardness, elasticity, chewiness and cohesiveness. When the pressure was 350 MPa and the duration time was 8 min, the shelling efficiency and muscle quality of *O. oratoria* were improved the most. After high pressure treatment, the pH value and water content of *O. oratoria* meat slightly increased while the content of myofibrillar protein decreased in some extent. To summarize, the processing condition of UHP with 350 MPa and 8 min can improve the shelling efficiency and maintain its good muscle quality of *O. oratoria*. The results provide a theoretical basis for the efficient shelling of *O. oratoria* and the application of UHP technology in the processing of aquatic products.

Keywords: ultra-high pressure, blanching, *Oratosquilla oratoria*, shelling, muscle quality