

文章编号: 1000-0615(2007)04-0525-07

熟制对虾虾仁超高压杀菌主要参数探讨

谢乐生¹, 杨瑞金², 朱振乐³

(1. 江南大学食品科学与安全教育部重点实验室, 江苏 无锡 214036;
2. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214036; 3. 江苏省赣榆县海洋与渔业局, 江苏 赣榆 222100)

摘要: 实验通过不同的压力和保压时间处理虾仁, 以此考察超高压的杀菌效果以及对产品品质的影响。结果表明, 压力是影响杀菌效果的主要因素, 当压力为 600 MPa, 保压时间为 20 min 时, 虾仁中接种的大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌和枯草芽孢杆菌总数分别下降 7.1、7.0、7.2 和 4.3 个 log。枯草芽孢杆菌对高压最不敏感。超高压处理对产品的理化性质有一定影响, 随着压力增大, 水分含量有所减小, 但幅度不大, 色泽 L 值减小, 红度 a 值无显著影响, 硬度、弹性和咀嚼度都增大。在 4 ℃ 低温保藏过程中, 虾仁硬度有所增大, 弹性无明显变化, 而色泽红度呈现先缓慢增大后下降的趋势。感官评定结果表明, 经 600 MPa 保压 15 min 的样品在 4 ℃ 保藏 60 d 后最被喜爱, 120 d 后仍可被接受。

关键词: 高压; 对虾; 货架期; 杀菌; 质构

中图分类号: TS 254.4 **文献标识码:** A

Sterilization of pre-cooked peeled shrimp using high pressure

XIE Le-sheng¹, YANG Rui-jin², ZHU Zhen-le³

(1. Key Laboratory of Food Science & Safety, Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China;
2. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China;
3. Ganyu Ocean & Fishery Administration of Jiangsu Province, Ganyu 222100, China)

Abstract: The influences of high pressure (HP) on the texture, color, moisture content and microbiological activity of pre-cooked peeled products were evaluated. The results of sterilization and the impact on quality of product by HP were evaluated through varied pressure levels and holding pressure time. The results show that reduction of *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *salmonella* and *Bacillus subtilis* inoculated in shrimps was achieved about 7.1, 7.0, 7.2 and 4.3 logs, respectively at 600 MPa for 20 min. The color of shrimp products is one of the most important sensorial characteristics for its acceptance by consumers. High pressure has effect on the physical and chemical properties of pre-cooked peeled products. As the applied pressure increased, the moisture content and the color L values decreased, and the a value did not change a lot, while the hardness, springiness and chewiness increased significantly. During storage at 4 ℃, the hardness of HP-treated sample increased somewhat and springiness almost remained unchanged, while the a value increased slowly and then decreased

收稿日期: 2006-07-24

资助项目: 国家自然科学基金项目(20436020); 江苏省“十五”科技攻关项目(BE2004321)

作者简介: 谢乐生(1982-), 男, 江西萍乡人, 硕士研究生, 从事食品非热加工技术研究。E-mail: robustxie@163.com

通讯作者: 杨瑞金, Tel: 0510-83405839, E-mail: vicyang@tom.com

significantly. Sensory tests were practiced after the pre-cooked peeled products with the treatment at 600 MPa for 15 min stored at 4 °C for 120 days, the result showed that the samples stored for 60 days were most favorable, and those stored for 120 days were still acceptable.

Key words: high pressure; shrimp; shelf-life; sterilization; texture

凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 俗称南美白对虾, 是一种深受消费者喜爱的营养价值很高的水产品, 其蛋白质含量在 20% 左右、脂肪含量 1% 左右, 另外还含有丰富的矿物质^[1]。我国南美白对虾养殖技术已经相当成熟, 发展极其迅速。由于对虾是一种极易腐烂的产品, 其货架期以及在冷藏和运输期间的安全状况受到酶和微生物的严重影响^[2]。

熟食虾仁保鲜方法的研究是对虾调理食品生产的基础。食品超高压技术 (high pressure processing, HPP) 可以破坏细胞膜, 使酶失活, 导致细胞形态的改变, 细胞膜破坏被认为是高压致死细菌的主要原因^[3-4]。与热处理方法相比较, 超高压技术对食品作用均一、迅速且无体积和形状的限制, 对风味物质、色素等小分子物质的天然结构无影响, 能较好地保持食品的原汁、原味及营养成分等^[5-8]。

目前国内外对食品超高压的研究主要集中在果汁果酱, 鱼和肉制品, 大豆蛋白, 牛奶, 酿酒等。Juan 等^[9]研究了高压对金枪鱼肉货架期的影响, 结果表明经 275 MPa, 4 min 处理的金枪鱼肉的货架期在 4 °C 下可延长 22 d。高压对鸡肉和沙文鱼中微生物的影响, 结果都表明高压对致死微生物效果明显, 大大延长了产品的货架期^[10-11]。鱼等水产品主要被 G⁻ 所腐败, 而 G⁻ 对高压又更加敏感, 因此对于水产品来说, 超高压是一项很有价值的加工技术。

本研究的目的是探讨超高压应用于即食调理虾仁食品生产的可行性, 优化工艺条件, 考察超高压对熟制虾仁食品的效果, 以及它们在延长保藏期的同时对产品的感官、化学、微生物、风味、质构、色泽等的影响。

1 材料与方法

1.1 样品制备

鲜活凡纳滨对虾 (购于本地市场) → 去头、肠腺 → 清洗 → 沸水热烫 2 min → 去壳 → 复合保鲜液 (本试验小组研究成果) 浸泡 30 s → 双层真空包装

(三层复合包装袋为江阴豪盛包装厂提供)。包装后的样品立即进行超高压处理。

1.2 微生物接种

实验用大肠杆菌由胰蛋白大豆琼脂 (tryptic soya agar, TSA) 斜面移至胰蛋白大豆肉汤 (tryptic soya agar, TSB), 37 °C 摇床培养 18 h, 菌体浓度达到 $10^7 \sim 10^8 \text{ mL}^{-1}$ 。将灭至无菌的虾仁样品浸泡于菌悬液 5 min, 沥干后用经紫外灭菌的包装袋真空包装。沙门氏菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌的接种方法同上。

1.3 高压处理

将样品置于高压处理设备 (内蒙古包头科发新型高技术食品机械有限公司研制, 型号: UHPF-800 MPa-3 L, 高压介质: 癸二酸二辛酯) 容器中, 所有样品的处理温度均为室温, 压力上升的速度大约为 $4 \text{ MPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 卸压速度约 $200 \text{ MPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。经一定压力和时间处理后的样品立即进行分析, 需保藏实验的置于 4 °C 冰箱中。

1.4 微生物检测

微生物接种的样品经超高压处理后, 根据 GB/T4789.2-2003 方法检测其菌落总数, 取未经超高压处理的样品作为对照。4 °C 保藏下的样品每 6 天测定一次细菌总数, 直到总菌数达 $7.0 \sim 7.2 \log \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[11]。

1.5 色差分析

色差用 WSC-S 测色色差计 (上海精密仪器公司) 测定。其中: L 值表亮度, L 值越大亮度越大; a 值表示有色物质的红绿偏向, 正值越大偏向红色的程度越大, 负值越大偏向绿色的程度越大; b 值表示有色物质的黄蓝偏向, 正值越大偏向黄色的程度越大, 负值越大偏向蓝色的程度越大。所有测试至少 3 个平行样。

1.6 质构分析

采用 TA-XT2I (英国 Stable Microsystems 公司) 物性测试仪进行测试。测试时选取的参数值, 测前速度: $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 测试速度: $3 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 测试加速度: $5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 测试深度 (应变): 50%, 时间: 5 s。采用 P 0.5 探头对虾进行分析。该探头可以

测试果胶、人造黄油、肉类等物质的硬度、弹性等感官指标。直接读取所需数据,所有测试至少3个平行样。

1.7 感官评价

由20名感官评定员采用7分法(3~ -3)对8组经超高压处理的熟制南美白对虾虾仁进行评价,评分结果以样品平均分显示(样品平均分=总评分/评价员数)。

2 结果与讨论

2.1 超高压处理对微生物的影响

超高压处理时间对大肠杆菌杀灭效果的影响图1显示的是在压力400 MPa,保压时间分别为0.5、10、15和20 min时,超高压对接种大肠杆菌的杀灭效果。当保压时间5 min时,接种的大肠杆菌菌落数下降近4个log值。保压时间继续延长,大肠杆菌的杀灭效果并无显著增强,当保压时间延长至15 min时,菌落数仅进一步下降了0.6个log。保压时间达到一定值后,进一步延长,杀菌效果并不明显增加,甚至毫无影响,这与大多研究者的结果一致^[12-14]。

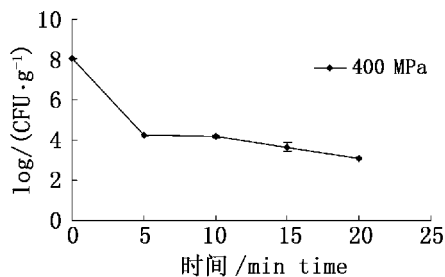


图1 超高压处理时间对大肠杆菌杀灭效果的影响

Fig.1 Effect of HP-treatment time on sterilization of *E. coli*

超高压处理对不同微生物的杀灭效果 大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌是水产品中常见的致病菌。保压时间为20 min,压力分别为200、400和600 MPa时,随着压力的增大,杀菌效果增强,当压力为200 MPa时,金黄色葡萄球菌、大肠杆菌和沙门氏菌的菌落总数仅分别下降0.59、0.19、0.1个log,随着压力继续增大,杀菌效果显著增强,当压力为600 MPa时,这3种细菌的菌落总数下降可达6~7个log。而枯草芽孢杆菌在压力为200 MPa时却下降了近3个log,随压力的继续增大,杀灭效果反而减弱,其原因可能是芽

孢杆菌在低压(100~300 MPa)下促使芽孢发芽,而发芽的芽孢对高压环境敏感,当压力继续增大时,孢子的发芽受到抑制,因而杀菌效果反而趋缓。大多研究表明G对高压更敏感^[10,15],而在此金黄色葡萄球菌表现出与大肠杆菌和沙门氏菌同样的高压敏感性,其原因可能与细菌的生长阶段、生长温度和生长介质(虾仁)有关^[15](图2)。

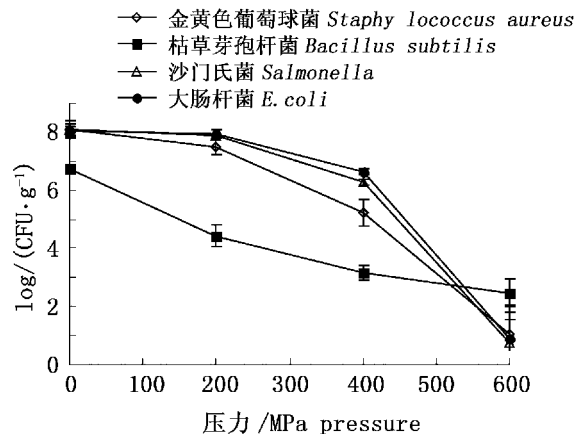


图2 压力对细菌杀灭效果的影响

Fig.2 Effect of pressure level on sterilization of bacteria

2.2 超高压处理对南美白对虾产品水分含量的影响

水分含量对产品的质地口感有重要的影响。保压时间15 min,压力分别为200、400和600 MPa时,随着压力的增大,产品的水分含量略微减小,其原因可能是由于高压影响了蛋白质的水合作用,一部分水分从组织中游离出来^[9](图3)。但是,总的来说,水分含量下降幅度并不很大。

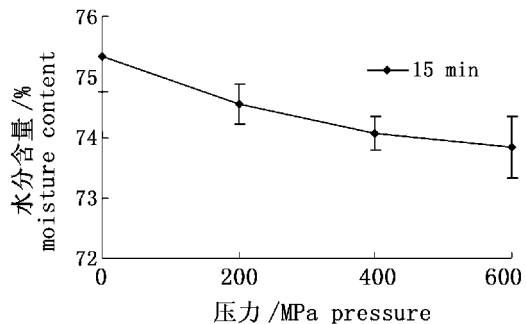


图3 超高压处理对南美白对虾虾仁产品水分含量的影响

Fig.3 Effect of HP-treatment on moisture content of shrimp product

2.3 超高压处理对南美白对虾产品质构的影响

随着压力和保压时间的增大,虾仁的硬度、弹性和咀嚼度也增大(图4)。当压力为600 MPa保压20 min时,对虾产品硬度和弹性都明显增大,从2450 g、0.76分别提高到3200 g、0.86,咀嚼度增加稍弱,但也从830 g·s⁻¹提高到1050 g·s⁻¹(图5)。增加一定保压时间,对虾产品硬度、弹性、咀嚼度增加趋势并不明显,当保压时间达到20 min时,其硬度、弹性、咀嚼度都显著提高(图6)。高压对对虾质构的这种影响可能是由于肌球蛋白分子在高压作用下聚合而引起的,在更高的压力时,二硫键的相互作用也可能是原因之一^[9]。

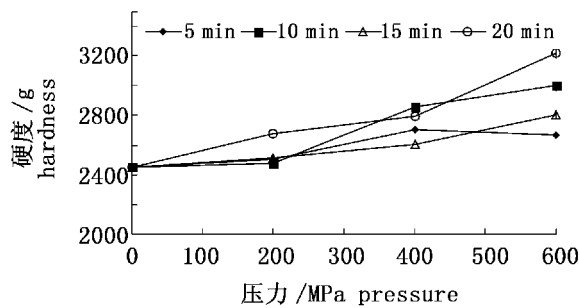


图4 超高压处理对南美白对虾产品硬度的影响
Fig.4 Effect of HP-treatment on hardness of shrimp product

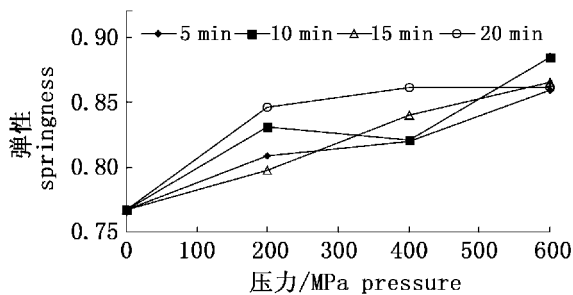


图5 超高压处理对南美白对虾产品弹性的影响
Fig.5 Effect of HP-treatment on springiness of shrimp product

2.4 超高压对南美白对虾产品色泽的影响

产品的色泽对于消费者的可接受性是至关重要的。随着压力和保压时间增大,对虾产品的亮度L值显著减小,当压力为600 MPa保压20 min时,L值从62.7下降至58.8,虾仁变得更加透明(图7);而对虾红度a值随压力和保压时间的变化并无明显变化(图8),产品更易被接受。

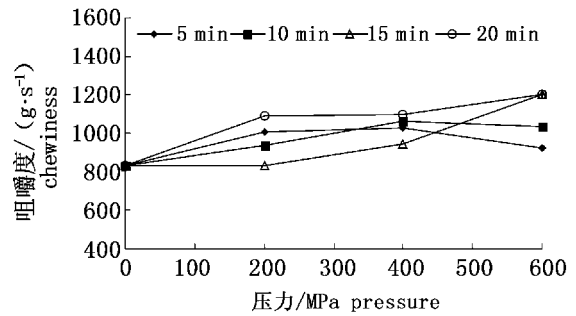


图6 超高压处理对南美白对虾产品咀嚼度的影响
Fig.6 Effect of HP-treatment on chewiness of shrimp product

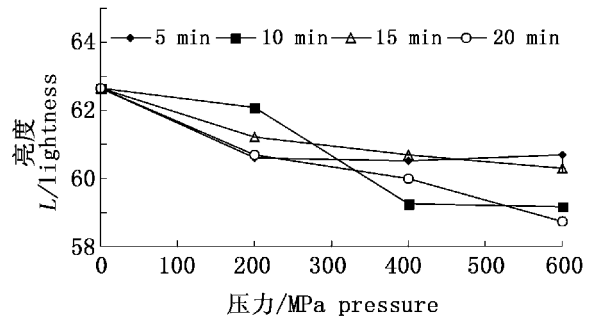


图7 超高压处理对南美白对虾产品色差的影响
Fig.7 Effect of HP-treatment on L-value of shrimp product

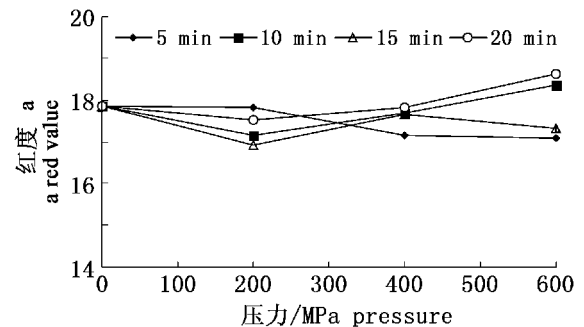


图8 超高压处理对南美白对虾产品色差a值的影响
Fig.8 Effect of HP-treatment on a value of shrimp product

2.5 超高压处理南美白对虾虾仁产品在4℃低温保藏过程中的变化

总菌数的变化 表1显示的是保压时间15 min,不同压力处理的产品在4℃低温保藏过程中总菌数的变化。压力增大对微生物影响越大。当压力为200 MPa时,与未经高压处理的产品相比其总菌数先有一定下降,在4℃低温保藏12 d后,两者菌落总数已相当,均超过对虾二级鲜

度微生物指标,无继续考察必要。经 400 和 600 MPa 处理的虾仁,低温保藏 120 d 后仍未检测出细菌。因此,对虾产品要获得稳定的保藏期压力应至少达 400 MPa。

质构的变化 超高压处理的南美白对虾

仁产品在 4 ℃ 低温保藏过程中,弹性无明显变化,一直处于 0.8~0.9 之间(图 9),而硬度略有增大(图 10),这可能是低温保藏过程中蛋白质间的氢键增加所致^[9]。经 600 MPa 处理的产品的硬度和弹性均相对高于 400 MPa 处理的产品。

表 1 不同压力处理样品总菌数在 4 ℃ 低温保藏过程中的变化

Tab.1 Changes in total number of bacteria of HP-treated shrimp samples during storage at 4 ℃

处理压力(MPa)	总菌落数/g ⁻¹ total number of bacteria				
pressure	6 d	12 d	30 d	60 d	120 d
0	8.61 × 10 ⁴	2.24 × 10 ⁷			
200	1.46 × 10 ³	1.29 × 10 ⁶			
400	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
600	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

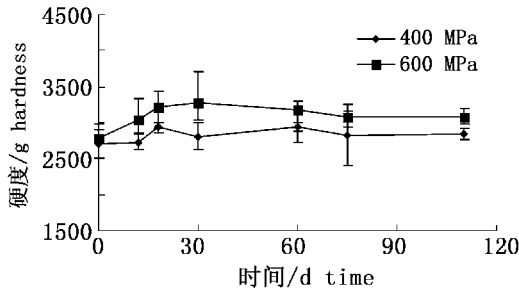


图 9 超高压处理对南美白对虾产品在低温保藏过程中硬度的变化
Fig.9 Changes in hardness of HP-treated shrimp product during storage at 4 ℃

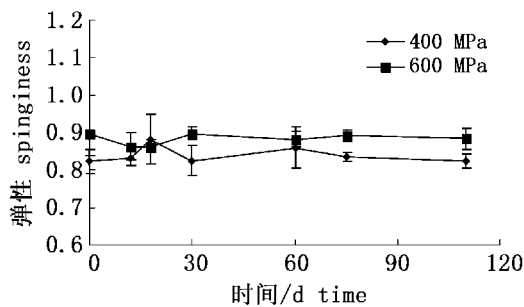


图 10 超高压处理对南美白对虾产品在低温保藏过程中弹性的变化
Fig.10 Changes in a value of HP-treated of shrimp product during storage at 4 ℃

色泽的影响 超高压处理的南美白对虾虾仁产品在 4 ℃ 低温保藏过程中色泽有一定的变化。L 值和 b 值(结果未显示)在保藏中并无显著变化,而 a 值先缓慢增加到 60 d 左右后下降,且经 600 MPa 处理的虾仁 a 值下降得比 400 MPa 的

要快。天然的虾青素是一种超强的抗氧化剂,虾青素的氧化将导致虾仁退色,a 值的下降可能与此有关,且随压力增大虾青素的氧化敏感性也增强。而红度的升高可能是虾青色素扩散到虾肉中引起的(图 11)。

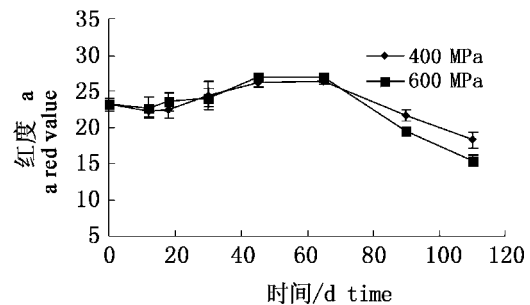


图 11 超高压处理对南美白对虾产品在低温保藏过程 a 值的变化
Fig.11 Changes in a value of HP-treated of shrimp product during storage at 4 ℃

2.6 超高压处理南美白对虾产品的感官评价

由 20 名感官评定员采用 7 分法(3 ~ -3)对 8 组经不同压力处理(保压时间均为 15 min)和在 4 ℃ 保藏不同时间的熟制南美白对虾虾仁进行了评价,评分结果以样品平均分显示(样品平均分 = 总评分/评价员数)。

由表 2 可知,经超高压处理的虾仁肌肉质地得到改善,具有更可接受性,这与高压处理增加了虾仁的弹性和咀嚼度的试验结果一致(图 5 和图 6)。保藏 60 d 后样品色泽更可被接受,这是由于虾仁红度有所增大的缘故,与图 11 的结果相吻合,而保藏 120 d 后,样品的接受性下降,同样与

红度的下降有关。经 600 MPa 保压 15 min 的虾仁保藏 60 d 后评分较高,仅次于 5 号样(400 MPa 保藏 60 d),120 d 后虽然各指标分值有所下降,但仍处于可被接受的范围。

表 2 超高压样品的感观评价结果

Tab.2 The sensory scores of HP-treated sample

序号 no.	样品处理 sample treatment	色泽 color	滋味 flavor	肌肉质地 texture	总分 total scores
1	未高压处理,对照 control	1.15	1.90	1.50	4.55
2	200 MPa 保藏 0 d stored for 0 day	1.20	1.85	2.15	5.20
3	400 MPa 保藏 0 d stored for 0 day	1.05	2.00	1.85	4.90
4	600 MPa 保藏 0 d stored for 0 day	1.25	1.95	2.25	5.45
5	400 MPa 保藏 60 d stored for 60 days	2.10	1.60	2.10	5.80
6	600 MPa 保藏 60 d stored for 60 days	2.20	1.45	1.85	5.50
7	400 MPa 保藏 120 d stored for 120 days	0.30	0.80	1.95	3.05
8	600 MPa 保藏 120 d stored for 120 days	- 1.15	0.65	2.05	1.55

注:评分尺度: -3 = 很不好; -2 = 不好; -1 = 不太好; 0 = 一般; 1 = 较好; 2 = 好; 3 = 很好

Notes: grade criterion: -3 = dislike very much; -2 = dislike; -1 = dislike little; 0 = general; 1 = like little; 2 = like; 3 = like very much

3 结论

超高压处理对熟制虾仁具有明显的杀菌效果,压力大小是影响杀菌效果的主要因素,在保压一定时间后,继续延长保压时间对杀菌效果影响不明显。随着压力增大,杀菌效果越明显,当压力 600 MPa,保压时间为 20 min 时(温度为室温),大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌的菌落总数下降可达 6~7 个 log,枯草芽孢杆菌对高压最不敏感。超高压处理导致对虾水分含量有所下降,但幅度并不很大,其硬度、弹性和咀嚼度显著提高,色泽 L 值明显减小,虾仁变得更加透明,但对红度并无明显影响。从感官评定的结果显示这种变化表现为更可接受性。超高压样品在低温保藏过程中,其硬度略有增大,弹性无明显变化;其色泽红度呈现先缓慢增大后下降的趋势,在保藏 60 d 左右的色泽最被喜爱,继续保藏色泽红度有所下降,且随压力的增大下降越显著,但仍处于可被接受的范围。因此平衡考虑各因素,虾仁产品经 600 MPa 处理 15 min 为理想加工条件,产品货架期至少为 120 d。

参考文献:

- [1] 潘英,王如才,罗永巨,等.海水和淡水养殖南美白对虾肌肉营养成分的分析比较[J].青岛海洋大学学报,2001,31(6):828-834.
- [2] Ouattara B, Sabato S F, Lacroix M. Combined effect of

antimicrobial coating and gamma irradiation on shelf life extension of pre-cooked shrimp [J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 68:1-9.

- [3] Hoover, Metrick, Papineau. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms[J]. Food Technology, 1989,43: 99-107.
- [4] Mackey B M, Forestiere K, Isaacs N S. The effect of high hydrostatic pressure on Salmonella thompson and Listeria monocytogenes examined by electron microscopy [J]. Letters in Applied Microbiology, 1994,19: 429-432.
- [5] Farr D. High pressure technology in the food industry [J]. Trends in Food Science and Technology, 1990, 1:14-16.
- [6] Knorr D. Novel approaches in food-processing technology: New technologies for preserving foods and modifying function [J]. Current Opinion in Biotechnology, 1999,10: 485-491.
- [7] Farkas D F, Hoover D G. High pressure processing supplement kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies[J]. Journal of Food Science, 2000,65: 47-64.
- [8] Smelt J P P M. Recent advances in the microbiology of high pressure processing [J]. Trends in Food Science and Technology, 1998, 9:152-158.
- [9] Juan C Ramirez-Suarez, Michael T M. Effect of high pressure processing (HPP) on shelf life of albacore tuna (*Thunnus alalunga*) minced muscle [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2006, 12: 156-165.

- [10] Linton M, McClements J M J. Changes in the microbiological quality of vacuum-packaged, minced chicken treated with high hydrostatic pressure [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2004, 5: 151 - 159.
- [11] Amanatidou A, Schluter O, Lemkauw K. Effect of combined application of high pressure treatment and modified atmospheres on the shelf life of fresh Atlantic salmon [J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2000, 1: 87 - 98.
- [12] 曾庆梅, 潘见. 超高压灭活枯草芽孢杆菌(AS1.140)的参数优化[J]. *农业工程学报*, 2005, 4(21): 158 - 162.
- [13] Erkmene O. Kinetic analysis of *Escherichia coli* inactivation by high hydrostatic pressure in broth and foods [J]. *Food Microbiology*, 2004, 21: 181 - 185.
- [14] Osman E. Kinetic analysis of *Listeria monocytogenes* inactivation by high pressure carbon dioxide [J]. *Journal of Food Engineering*, 2001, 47: 7 - 10.
- [15] Laura W M. High pressure processing of shellfish: A review of microbiological and other quality aspects [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2005, 6: 257 - 270.

上海水产大学招收在职人员攻读食品工程硕士简介

上海水产大学是上海高校中唯一拥有食品类二级学科博士点的高校。食品科学与工程为一级学科硕士点,是上海市重点学科,也是学校的优势和特色学科之一,具有悠久的办学历史。从二十世纪 80 年代初,我校就开展了食品学科研究生的培养,已为国家培养了大批硕士、博士研究生。

目前拥有一支师资队伍完整,人员结构合理的学术队伍,现有教授 16 名,副教授 22 名,长期以来在食品保藏与加工、食品安全检测、食品生物技术、废弃物的综合利用,以及海洋药物和生理活性成分等方面进行了深入的研究,取得了大量的研究成果。

我校是上海地区拥有食品领域工程硕士授予权的单位,现面向社会招收攻读食品工程硕士专业学位研究生。招生对象:在职食品工程技术或管理人员;在学校从事食品工程技术与教学管理的教师。

报考条件:获得学士学位后具有 3 年以上工程实践经验;或获得学士学位后工作经历虽未达到 3 年,但具有 4 年以上工程实践经验;或具有国民教育系列大学本科毕业学历,且具有 4 年以上工程实践经验。

工程硕士采取进校不离岗的培养方式,利用业余时间上课。

欢迎广大在职人员前来报考!

咨询电话:021 - 65710727 许巍

详情访问:<http://yjs.shfu.edu.cn/zhaosheng/jianzhang.htm>