

# 超高压处理对牡蛎(*Crassostrea gigas*)杀菌及贮藏品质的影响\*

赵 峰<sup>1</sup> 袁 超<sup>1,2</sup> 刘远平<sup>3</sup> 宿志伟<sup>1,2</sup> 李钰金<sup>3</sup> 周德庆<sup>1①</sup>

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 上海海洋大学食品学院 上海 201306;  
3. 荣成泰祥食品股份有限公司 荣成 264300)

**摘要** 以牡蛎(*Crassostrea gigas*)为研究对象,研究了不同超高压处理条件对牡蛎体内微生物的消减作用,分析了冷藏过程中挥发性盐基氮(TVB-N)和 pH 值的变化情况,对比了热加工和超高压处理对牡蛎滋味的影响。结果显示,经 300 MPa 处理 15 min、400 MPa 处理 10、15 min 和 500 MPa 处理 5、10 和 15 min 后,牡蛎体内的菌落总数均有 2 个对数以上的减少,表明超高压处理能有效消减牡蛎体内的微生物;牡蛎经 300 MPa 处理 15 min、400 MPa 处理 10 min 和 500 MPa 处理 5 min,在 4℃ 冷藏条件下保存,货架期延长至 15 d;超高压处理能有效抑制牡蛎在 4℃ 贮藏过程中挥发性盐基氮的产生,牡蛎经 300 MPa 处理 15 min,冷藏 20 d 后 TVB-N 值仍小于 10 mg/100 g,符合生鲜牡蛎要求;滋味方面,与加热处理相比,超高压处理后牡蛎更接近生鲜牡蛎,尤其 300 MPa 处理 15 min 的牡蛎同生鲜牡蛎最为接近。研究表明,选取 300 MPa 处理 15 min 作为牡蛎加工的最佳处理条件,即能有效消减牡蛎体内的微生物,同时能很好地保持牡蛎品质。

**关键词** 牡蛎;超高压处理;杀菌;生食;品质

**中图分类号** S985 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)05-0157-05

牡蛎(*Crassostrea gigas*),俗称海蛎子,富含大量的锌、牛磺酸以及对人体有益的氨基酸,是一种优质的海产贝类,具有较高的营养和经济价值,有“海底牛奶”之称(王晓谦等,2015a)。中国是牡蛎养殖大国,2014 年我国牡蛎养殖量为 435.20 万 t(中华人民共和国农业部渔业渔政管理局,2015)。牡蛎属于滤食性贝类,生长位置比较固定,易受环境污染而富集有害微生物,牡蛎肉体组织较软,易损伤和腐败变质,传统的贮藏方式以冷冻为主,但部分细菌仍可以在低温条件下繁殖,造成牡蛎品质下降和营养损失(Cruz-Romero *et al.*, 2008)。

食品超高压处理是将食品置于压力系统中,以水或其他液体作为传压介质,采用 100 MPa 以上的压力处理,以达到杀菌、钝酶或改善食品功能特性的目的

(邓立等,2007)。研究表明,超高压处理既能够有效杀灭食品中存在的致病微生物(励建荣等,2002;姜斌等,2009)。超高压处理已经在果汁、饮料、肉类食品和乳制品中得到广泛应用(赵玉生等,2008;朱晓红等,2012;田晓琴等,2006)。在水产品加工方面,Kural 等(2008)研究表明,超高压处理对牡蛎中致病副溶血弧菌有很好的消减效果。Hsu 等(2010)研究了超高压在牡蛎开壳及品质保障方面的优势。

目前,国内外对牡蛎超高压杀菌技术已有研究,分析了不同超高压处理条件对牡蛎的脱壳效果、对微生物的消减作用等(李学鹏等,2014;王晓谦等,2015a、b;张晓等,2015),但对不同条件超高压处理后或牡蛎贮藏过程中品质变化方面的研究较少。本研究探讨了不同压力条件处理对牡蛎体内微生物的消

\* 国家科技支撑计划课题(2015BAD17B01)和国家自然科学基金(31201372)共同资助。赵 峰, E-mail: zhaofeng2011@ysfri.ac.cn

① 通讯作者:周德庆,研究员, E-mail: zhoudeqing@ysfri.ac.cn

收稿日期:2015-07-29, 收修改稿日期:2015-10-29

减效果,分析了超高压处理后在 4℃ 冷藏过程中牡蛎体内微生物的生长变化规律和品质的变化情况,获得能有效消减牡蛎体内微生物、延长货架期,同时能较好保持牡蛎品质的最佳工艺条件,以期为牡蛎的超高压保鲜工艺的建立提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

牡蛎购自山东省青岛市水产批发市场,购买时选取 10 cm 左右的鲜活样品,用自来水清洗干净贝壳表面,再用纯净水冲洗 3 遍,沥干。单只带壳牡蛎置于聚乙烯塑料袋中,加入 20 ml 无菌海水,热封口后备用。

### 1.2 主要仪器与设备

HPP.L2-500/2 型超高压仪器(天津华泰森森生物工程技术有限公司);ASTREE 电子舌(法国 Alpha M.O.S 公司)。

### 1.3 实验方法

**1.3.1 样品处理** 生牡蛎去壳后,用无菌水冲洗,取 6 只牡蛎为 1 组。超高压处理:取包装好的牡蛎分别在 100、200、300、400 和 500 MPa 条件下,处理 5、10 和 15 min;热处理:取包装好的牡蛎在 100℃ 热水中煮 10 min。处理后于 4℃ 冰箱贮藏。

**1.3.2 菌落总数测定** 样品经超高压处理后,按照 GB 4789.2-2010 方法测定其菌落总数。

**1.3.3 TVB-N 值** 按照 SC/T3032-2007《水产品中挥发性盐基氮的测定》方法进行挥发性盐基氮(TVB-N)的测定,以未经超高压处理的样品作为对照,实验结果取 3 次测量的平均值。

**1.3.4 pH 测定** 按照 GB/T 5009.45-2003《水产品卫生标准的分析方法》中酸度计法,取 10.0g 左右的绞碎样品,加入新煮沸后冷却的水至 100 ml,摇匀,静置 30 min 后离心,取约 50 ml 滤液于 100 ml 烧杯中,用 pH 计测量,以未经超高压处理的样品作为对照,实验结果取 3 次测量的平均值。

**1.3.5 滋味测定** ASTREE 电子舌,配 7 根化学选择性传感器,参比电极为 Ag/AgCl, 802 型搅拌器。使用氯化钠、谷氨酸钠以及盐酸标准液对电子舌进行校正。传感器每秒采集 1 次数据,选取每根传感器在第 120 秒的响应值进行数据分析。以未经超高压处理的样品和沸水蒸煮样品作为对照。

**1.3.6 数据分析** 采用 SPSS 17.0 进行 Duncan's 多重性检验,  $P < 0.05$  代表差异性显著,  $P > 0.05$  代表差

异性不显著,数值以“均值±标准差”表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 超高压处理对牡蛎的杀菌效果

不同超高压压力和作用时间对微生物的消减效果不同。图 1 为经不同压力和保压时间处理后牡蛎体内菌落总数的变化情况,其中,0 MPa 为未经超高压处理样品中的菌落数,作为初始菌落数。由图 1 可知,牡蛎体内的微生物随压力增大和保压时间延长而减少。300 MPa 处理 15 min, 400 MPa 处理 10 min 和 15 min, 500 MPa 处理 5、10 和 15 min 后,菌落总数均有超过 2 个对数的下降,其中,经 500 MPa 处理 10 和 15 min 后,牡蛎体内微生物达到未检出水平。考虑到设备使用的承受能力和实际生产中成本控制的要求,根据实验结果,选取 300 MPa 处理 15 min、400 MPa 处理 10 min 和 500 MPa 处理 5 min 作为后续实验条件,对比不同压力条件处理后的牡蛎在贮藏过程中的品质变化情况。

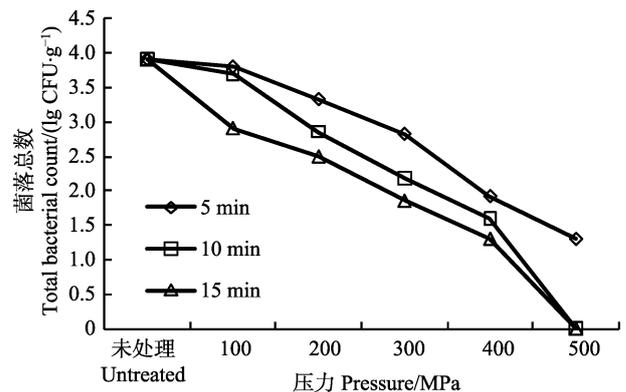


图 1 不同压力和时间对牡蛎杀菌效果

Fig.1 Microbial inactivation of oysters under different pressure and duration of time

### 2.2 超高压处理后牡蛎在 4℃ 贮藏过程中菌落总数的变化情况

不同超高压条件处理后的牡蛎在 4℃ 贮藏 20 d 的过程中菌落总数变化情况见图 2。结果显示,随着贮藏时间的延长,未经超高压处理的牡蛎体内微生物大量繁殖,在贮藏 5 d 后菌落总数达到  $5.8 \times 10^5$  CFU/g,超过水产品新鲜度限量标准规定的  $5.0 \times 10^5$  CFU/g (中华人民共和国农业部, 2006)。经 300 MPa 处理 15 min、400 MPa 处理 10 min 和 500 MPa 处理 5 min,贮藏 15 d 菌落总数分别为  $9.3 \times 10^3$ 、 $6.5 \times 10^3$  和  $8.5 \times 10^3$  CFU/g,低于我国水产品生食标准规定的  $10^4$  CFU/g (中华人民

共和国农业部, 2006; 北京市质量技术监督局, 2008), 贮藏 20 d 后菌落总数分别为  $3.39 \times 10^5$ 、 $4.17 \times 10^5$  和  $3.89 \times 10^5$  CFU/g, 仍符合水产品新鲜度限量标准  $5.0 \times 10^5$  CFU/g。研究表明, 超高压处理能杀灭样品中的大部分微生物。

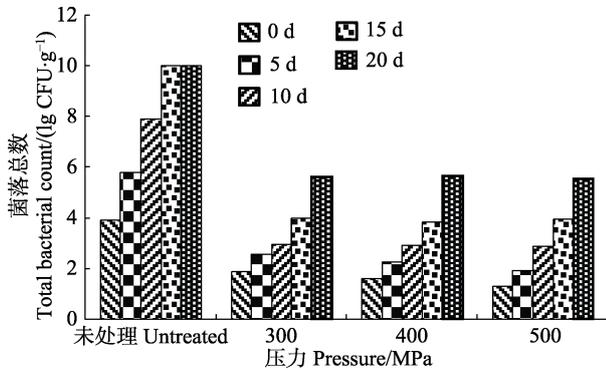


图 2 不同处理条件下牡蛎 4℃ 贮藏过程中菌落总数变化  
Fig.2 Aerobic plate counts in oysters in 4℃ storage after high-pressure treatment under different conditions

超高压具有良好的杀菌作用, 杀菌效果与压力的大小有关(Kruk *et al.*, 2011)。随着贮藏时间的延长, 牡蛎体内菌落总数与压力增大和保压时间延长呈负相关, 这可能是因为: 一方面, 超高压处理能够破坏细菌的细胞壁和细胞膜蛋白, 导致细胞膜的通透性增大, 引起细菌的死亡(童钰等, 2012); 另一方面, 超

高压直接影响细菌体内酶的活力, 进而影响代谢, 导致其繁殖缓慢。

### 2.3 超高压处理对牡蛎挥发性盐基氮的影响

在贮藏过程中, 蛋白质会因微生物作用而分解产生氨及胺类等碱性易挥发物质, 导致牡蛎的品质下降。不同压力处理条件的牡蛎在 4℃ 贮藏过程中 TVB-N 值的变化情况见表 1。牡蛎经超高压处理后, TVB-N 值显著降低( $P < 0.05$ ), 未经超高压处理的牡蛎在贮藏 10 d 后的 TVB-N 值达到 12.10 mg/100 g, 超过我国生鲜牡蛎新鲜度标准( $< 10$  mg/100 g) (GB-2733-2005), 而经 300 MPa 处理 15 min、400 MPa 处理 10 min 和 500 MPa 处理 5 min, 在贮藏 20 d 后, TVB-N 值分别为 9.81、9.68 和 7.15 mg/100 g, 仍然符合新鲜度标准, 说明超高压处理能有效抑制牡蛎 TVB-N 值增加, 延长保质期。

### 2.4 超高压处理对牡蛎 pH 值的影响

pH 值的大小能够反映牡蛎肉中游离氢离子和氢氧根离子浓度的变化情况, 通常作为一项重要的指标来评价水产品的品质。表 2 为不同压力处理条件下的牡蛎在贮藏期间 pH 值的变化情况。牡蛎经超高压处理后, pH 显著升高( $P < 0.05$ )。牡蛎经超高压处理后 pH 升高可能与其在超高压过程中持水量相对增加有关(Hsu *et al.*, 2010)。

表 1 不同处理条件对冷藏牡蛎 TVB-N 值的影响

Tab.1 Effects of different treatment on TVB-N of oysters during storage at 4℃ (unit: mg/100 g)

贮藏时间 Storage time (d)	未处理 Untreated	300 MPa 15 min	400 MPa 10 min	500 MPa 5 min
0	9.06±0.09 <sup>a</sup>	5.56±0.22 <sup>c</sup>	4.48±0.17 <sup>d</sup>	3.05±0.18 <sup>e</sup>
5	9.78±0.34 <sup>a</sup>	6.06±0.24 <sup>d</sup>	4.51±0.23 <sup>e</sup>	3.75±0.06 <sup>f</sup>
10	12.10±0.47 <sup>a</sup>	6.56±0.41 <sup>d</sup>	5.96±0.12 <sup>e</sup>	4.30±0.05 <sup>f</sup>
15	16.40±0.27 <sup>a</sup>	7.08±0.15 <sup>d</sup>	7.05±0.07 <sup>d</sup>	5.93±0.13 <sup>e</sup>
20	20.75±0.09 <sup>a</sup>	9.81±0.08 <sup>d</sup>	9.68±0.20 <sup>d</sup>	7.15±0.41 <sup>e</sup>

注: 同一行不同上标字母表示数据存在显著性差异( $P < 0.05$ ), 下同

Note: Data in the same line with different superscripts were significantly different ( $P < 0.05$ ), the same as below

表 2 不同处理条件对冷藏牡蛎 pH 值的影响

Tab.2 Effects of different treatment on the pH of oysters during storage at 4℃

贮藏时间 Storage time (d)	未处理 Untreated	300 MPa 15 min	400 MPa 10 min	500 MPa 5 min
0	6.48±0.03 <sup>d</sup>	6.73±0.02 <sup>b</sup>	6.81±0.03 <sup>a</sup>	6.83±0.03 <sup>a</sup>
5	6.23±0.03 <sup>f</sup>	6.71±0.02 <sup>c</sup>	6.79±0.01 <sup>b</sup>	6.81±0.02 <sup>a</sup>
10	6.29±0.03 <sup>e</sup>	6.63±0.04 <sup>b</sup>	6.74±0.02 <sup>a</sup>	6.74±0.03 <sup>a</sup>
15	6.57±0.02 <sup>c</sup>	6.61±0.02 <sup>b</sup>	6.62±0.01 <sup>b</sup>	6.76±0.01 <sup>a</sup>
20	6.74±0.03 <sup>a</sup>	6.59±0.02 <sup>c</sup>	6.52±0.03 <sup>d</sup>	6.68±0.02 <sup>b</sup>

未经超高压处理的牡蛎随贮藏时间的延长,牡蛎 pH 呈先降低后升高的趋势,在贮藏期间 pH 值变化较大,在第 5 天达到最低 pH 值(6.23),而经 300 MPa 处理 15 min、400 MPa 处理 10 min 和 500 MPa 处理 5 min 的牡蛎 pH 值减少较缓慢,在贮藏 20 d 后 pH 仍未上升。已有研究表明,水产品贮藏初期 pH 值降低是因为糖原酵解产生乳酸,ATP 和磷酸肌酸等物质分解产生磷酸等酸性物质(章银良等,2007)。随着贮藏时间的延长,pH 值升高是由于微生物大量繁殖分解蛋白质而产生胺及氨类等碱性物质(Goulas *et al*, 2007)。本研究结果表明,牡蛎经超高压处理后,其 pH 值变化趋势与对照组显著不同( $P < 0.05$ ),说明超高压能有效延缓微生物的繁殖,延长牡蛎的货架期,这一结果与 TVB-N 值测定结果相一致。

### 2.5 超高压处理对牡蛎滋味的影响

新鲜风味是牡蛎深受消费者欢迎的主要原因,而在风味系统中,滋味是最重要也是最根本的因素。利用电子舌可以对不同滋味的样品进行有效区分,从而判定牡蛎在处理过程中滋味的改变情况。超高压处理对牡蛎滋味的影响见图 3。第一主成分与第二主成分贡献率之和为 84.24%,区分度良好,说明不同处理条件和压力对牡蛎的滋味有不同影响。牡蛎经超高压处理后,滋味分布比较集中,与生鲜牡蛎的滋味接近,与热处理的牡蛎的滋味较远,其中,300 MPa 处理 15 min,牡蛎滋味最接近生鲜牡蛎。实验结果显示,与热处理相比,超高压处理对牡蛎滋味的影响较小,即能更好地保持牡蛎原有的生鲜滋味。

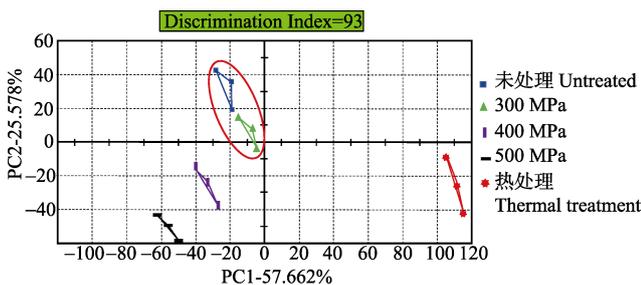


图3 超高压和热处理对牡蛎滋味的影响

Fig.3 Effects of high-pressure treatment and thermal treatment on the taste of oysters

## 3 结论

在 4℃ 贮藏条件下,与对照组相比,300 MPa 处理 15 min、400 MPa 处理 10 min 和 500 MPa 处理 5 min 的超高压条件能使牡蛎的 TVB-N 值处于较低水平,pH 值变化缓慢,表明超高压能有效延缓牡蛎腐败变

质,具有较好的保质、保鲜效果。电子舌分析结果显示,超高压处理对牡蛎原有滋味影响较小,在有效杀灭微生物的前提下,保持了牡蛎生鲜的口感,其中,300 MPa 处理 15 min 的牡蛎口感同生鲜牡蛎最为相近。综合考虑,经 300 MPa 处理 15 min 可作为牡蛎超高压处理的佳工艺条件,在这一条件下,牡蛎贮藏期可达 20 d,同时牡蛎的品质也得到了较好的保障。

## 参 考 文 献

- 王晓谦,秦小明,郑惠娜,等. 基于 HS-SPME-GC-MS 法的超高压处理牡蛎肉中挥发性成分分析. 食品与发酵工业, 2015a, 41(5): 160-166
- 王晓谦,钟赛义,秦小明,等. 基于神经网络平台的牡蛎肉超高压杀菌工艺条件优化. 食品工业科技, 2015b, 36(6): 257-261
- 中华人民共和国农业部. SC/T 3117-2006 生食金枪鱼. 北京: 中国农业出版社, 2006
- 中华人民共和国农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2015
- 邓立,朱明. 食品工业高新技术设备和工艺. 北京: 化学工业出版社, 2007
- 北京市质量技术监督局. DB11/519-2008 生食水产品卫生要求. 北京, 2008
- 田晓琴,宋社果. 超高压对鲜牛奶杀菌效果研究. 安徽农业科学, 2006, 34(17): 4397-4398
- 朱晓红,姚中峰,贾琛,等. 超高压技术在酱牛肉保鲜中的应用. 食品工业科技, 2012(2): 80-84
- 李学鹏,周凯,王祺,等. 牡蛎超高压脱壳效果的研究. 食品工业科技, 2014, 35(15): 210-214
- 励建荣,夏道宗. 食品超高压杀菌技术. 广州食品工业科技, 2002, 18(3): 45-47
- 张晓,王永涛,李仁杰,等. 我国食品超高压技术的研究进展. 中国食品学报, 2015, 15(5): 157-165
- 赵玉生,姚二民,赵俊芳. 超高压处理对猕猴桃汁品质的影响. 食品科学, 2008, 29(1): 60-63
- 姜斌,胡小松,廖小军,等. 超高压对鲜榨果蔬汁的杀菌效果. 农业工程学报, 2009, 25(5): 234-238
- 章银良,夏文水. 超高压对腌鱼保藏的影响. 安徽农业科学, 2007, 35(9): 2636-2638
- 童钰,陆海霞,励建荣. 超高压处理对副溶血性弧菌细胞膜组成成分的影响. 微生物学报, 2012, 52(10): 1244-1250
- Cruz-Romero M, Kelly AL, Kerry JP. Effects of high-pressure treatment on the microflora of oysters (*Crassostrea gigas*) during chilled storage. Innov Food Sci Emerg Technol, 2008, 9(4): 441-447
- Cruz-Romero M, Smiddy M, Hill C, *et al*. Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of fresh oysters (*Crassostrea gigas*). Innov Food Sci Emerg Technol, 2004, 5(2): 161-169
- Goulas AE, Kontominas MG. Effect of modified atmosphere

- packing and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Eur Food Res Technol*, 2007, 224(5): 545–553
- Hsu KC, Hwang JS, Chi HY, *et al.* Effect of different high pressure treatments on shucking, biochemical, physical and sensory characteristics of oysters to elaborate a traditional Taiwanese oyster omelet. *J Sci Food Agricult*, 2010, 90(3): 530–535
- Kruk ZA, Yun H, Rutley DL, *et al.* The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. *Food Control*, 2011, 22(1): 6–12
- Kural AG, Shearer AEH, Kingsley DH, *et al.* Conditions for high pressure inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in oysters. *Int J Food Microbiol*, 2008, 127(1–2): 1–5

(编辑 冯小花)

## Effects of High-Pressure Treatment on Microbial Inactivation and the Quality of Oyster (*Crassostrea gigas*)

ZHAO Feng<sup>1</sup>, YUAN Chao<sup>1,2</sup>, LIU Yuanping<sup>3</sup>, SU Zhiwei<sup>1,2</sup>, LI Yujin<sup>3</sup>, ZHOU Deqing<sup>1①</sup>

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071;

2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;

3. Rongcheng Taixiang Food Products Co., Ltd., Rongcheng 264300)

**Abstract** Oyster (*Crassostrea gigas*) is popular seafood with delicious taste and rich nutrients. The produce of oyster in China was as large as 4,352,000 tons in 2014. In this study we investigated the effects of high pressure processing (HPP) and cold storage on microbial inactivation, the total volatile basic nitrogen (TVB-N), and the pH of oysters. Tastes of oysters after HPP and heat processing were compared. It was found that there was an over 2-lg reduction in the total number of bacterial colonies after 300 MPa processing for 15 min. Similar results were observed under conditions such as 400 MPa for 10 min or 15 min, and 500 MPa for 5 min, 10 min or 15 min. Particularly when treated at 500 MPa for 10 min, no colony in oysters could be detected. The results above indicated that HPP treatment could effectively suppress the microorganisms in oysters. The shelf life of raw-eaten oysters could be extended to 15 days when stored at 4°C after HPP treatments such as 300 MPa for 15 min, 400 MPa for 10 min, and 500 MPa for 5 min. TVB-N was also effectively inhibited by HPP treatments. The TVB-N level remained <10 mg/100 g in 20 days when stored at 4°C after HPP at 300 MPa for 15 min. Oysters treated with HPP had significantly higher pH value and hardness compared to the untreated ( $P<0.05$ ), and the springiness was also increased. The electric nose test detected no significant difference in taste between HPP-treated and the untreated oysters. However, the taste of heat-treated oysters was apparently different from those of HPP-treated and the untreated. These results indicated that HPP treatment might be an effective non-thermal processing technology. HPP with proper conditions could efficiently extend the shelf life of raw-eaten oysters and improve their quality.

**Key words** Oyster; High-pressure processing; Microbial inactivation; Raw-eaten; Quality

① Corresponding author: ZHOU Deqing, E-mail: zhoudq@ysfri.ac.cn