

五种开壳方式对牡蛎开壳效率和品质的影响

欧阳杰, 马田田, 沈建

Effects of Five Shucking Methods on Efficiency and Quality of Oyster

OUYANG Jie, MA Tiantian, and SHEN Jian

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021050248>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

不同冻结方式对牡蛎品质的影响

Effects of Different Freezing Methods on the Quality of Oyster

食品工业科技. 2019, 40(7): 243-247

加工对方格星虫肉营养组分及特征风味的影响

Effects of Processing Methods on Nutritional Composition and Flavor Characteristics of *Sipunculus nudus*

食品工业科技. 2018, 39(23): 64-68,75

超高压和高温短时杀菌对NFC橙汁品质的影响

Effects of Ultra-high Pressure and High Temperature Short-time Sterilization on the Quality of NFC Orange Juice

食品工业科技. 2021, 42(6): 1-8,14

解冻方式对近江牡蛎肉感官特征和理化指标的影响

Effects of Thawing Methods on Sensory Characteristics and Physicochemical Indices of Oyster(*Ostrea rivularis* Gould) Meat

食品工业科技. 2020, 41(16): 271-278

五种蛋白酶对牡蛎酶解产物滋味特性的影响

Effects of Five Proteases on the Taste Characteristics of Oyster Hydrolysates

食品工业科技. 2020, 41(21): 53-57,66

超高压联合酶解处理对红枣汁品质的影响

Effect of Ultra-High Pressure Combined with Enzymatic Hydrolysis on the Quality of Red Jujube Juice

食品工业科技. 2021, 42(13): 39-44



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

欧阳杰, 马田田, 沈建. 五种开壳方式对牡蛎开壳效率和品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(7): 43–49. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021050248

OUYANG Jie, MA Tianian, SHEN Jian. Effects of Five Shucking Methods on Efficiency and Quality of Oyster[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(7): 43–49. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021050248

· 研究与探讨 ·

五种开壳方式对牡蛎开壳效率和品质的影响

欧阳杰^{1,2,3}, 马田田^{1,2,3}, 沈建^{1,2,3,*}

(1. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092;

2. 国家水产品加工装备研发分中心, 上海 200092;

3. 大连工业大学海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心, 辽宁大连 116034)

摘要:为了探明不同开壳方式对牡蛎开壳效率和品质的影响, 采用水煮、蒸煮、微波、超高压和电击 5 种开壳方式对牡蛎进行开壳, 以开壳率、张壳大小作为开壳效率的评价指标, 以生鲜度、汁液流失率、闭壳肌蛋白质变性程度作为品质评价指标, 综合对比几种开壳方法的开壳效率和品质, 并分析其应用于牡蛎开壳的可行性。研究结果显示: 微波开壳的效率最快, 30 s 即可使牡蛎全部开壳, 其次是超高压、蒸煮和水煮开壳, 电击可以使部分牡蛎开壳, 但开壳率未达到 100%, 少部分牡蛎自始至终未能开壳; 微波开壳的牡蛎张口最大, 随后依次为蒸煮和水煮, 其张口 5 mm 以上的牡蛎占比分别为 70%、50% 和 20%, 超高压、电击开壳的牡蛎张口较小, 基本都在 2 mm 以下; 分析开壳后牡蛎肉的品质, 发现电击开壳后的牡蛎肉品质最接近生鲜开壳牡蛎肉, 温升最小、汁液流失最少、Ca²⁺-ATP 酶活性最高, 随后依次为超高压、蒸煮、水煮和微波。综合分析开壳效率、张壳大小、品质以及实际可操作性, 研究认为超高压适用于小批量、生食牡蛎的开壳加工; 微波开壳适用于小批量、牡蛎干的开壳加工; 蒸汽蒸煮开壳效率较高, 张口较大, 品质也较好, 可以兼顾效率和品质, 是目前相对最适宜批量化加工的牡蛎开壳方法。

关键词: 牡蛎, 开壳方式, 蒸煮, 水煮, 微波, 超高压, 电击, 开壳效率, 品质

中图分类号: S985.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)07-0043-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021050248

本文网刊:



Effects of Five Shucking Methods on Efficiency and Quality of Oyster

OUYANG Jie^{1,2,3}, MA Tianian^{1,2,3}, SHEN Jian^{1,2,3,*}

(1. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China;

2. National R & D Branch Center for Aquatic Product Processing Equipment, Shanghai 200092, China;

3. Collaborative Innovation Center of Seafood Deep Processing, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

Abstract: In order to explore the impact of different shucking methods on the efficiency and quality of oysters, five methods such as boiling, steaming, microwave, ultra-high pressure, and electric shock were used to open the oysters. The opening rate and the opening size were used as the evaluation indexes of opening efficiency, the freshness, juice loss rate, and the degree of protein denaturation of the occluder muscle were used as the evaluation indexes of quality. The opening efficiency and quality of several opening methods were comprehensively compared, and the feasibility of applying them to the opening of oysters were analyzed. The research results showed that the efficiency of microwave opening was the fastest, and all oysters could be opened in 30 s, followed by ultra-high pressure, steaming and water boiling. Electric shock could open part of oysters, but the opening rate did not reach 100%, a small number of oysters failed to open their shells from beginning to end; microwave-opened oysters had the largest opening size, followed by steaming and boiling. The proportions of opened oysters above 5 mm were 70%, 50% and 20%, respectively. Oysters opened by ultra-high pressure and electric shock had a smaller opening size, basically below 2 mm; the quality of oyster meat after opening the shell was

收稿日期: 2021-05-28

基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助 (CARS-49); 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所基本科研业务费资助项目 (2017YJS003)。

作者简介: 欧阳杰 (1983-), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向: 水产品加工工艺技术, E-mail: ouyangjie@fmiri.ac.cn。

* 通信作者: 沈建 (1971-), 男, 硕士, 研究员, 研究方向: 水产品加工装备技术, E-mail: shenjian@fmiri.ac.cn。

analyzed, and it was found that the quality of oyster meat after electric shock was the closest to that of fresh open-shell oysters, with the smallest temperature rise and the least juice loss, Ca^{2+} -ATPase activity was the highest, followed by ultra-high pressure, steaming, boiling and microwave. Comprehensive analysis of the efficiency, size, quality and practical operability of the shell opening, the study concluded that ultra-high pressure was suitable for the processing of small batches of raw oysters; microwave opening was suitable for processing of small batches of dried oysters; steaming had higher shell opening efficiency, larger opening size, and better quality, which could take into account efficiency and quality and was currently the most suitable method of oyster shelling for batch processing.

Key words: oyster; shucking method; steaming; boiling; microwave; ultra-high pressure; electric shock; shucking efficiency; quality

牡蛎是中国的第一大养殖贝类, 2020 年其养殖产量达 542 万吨, 约占贝类总产量的 1/3^[1]。牡蛎肉质鲜美, 蛋白质及糖原含量丰富, 富含多种维生素及铜、铁、锌、碘等微量元素, 具有很高的营养价值^[2-4]。个体大的牡蛎通常以鲜销为主, 个体较小的牡蛎则部分进行加工后销售, 加工产品主要有鲜牡蛎肉、冻牡蛎肉、牡蛎干、牡蛎罐头以及牡蛎提取物加工成的保健品等, 无论加工成哪种产品, 开壳都是首要且必不可少的一道工序^[5-6]。由于牡蛎的品种多样, 形状及规格差异较大, 同时牡蛎壳厚且重, 表面凹凸不平, 闭壳肌极为发达, 闭壳张力大, 要将牡蛎肉从壳中取出并不容易。目前, 牡蛎开壳主要采用人工的方式, 人工开壳的牡蛎品质好, 保持生鲜状态, 但开壳效率低, 劳动强度大, 需要大量的劳动力。随着人口老龄化的日趋严重及劳动力成本的不断增加, 人工开壳已经无法满足实际生产的需求, 亟需突破机械化开壳技术与装备^[7-8]。

国内外有一些关于牡蛎开壳的研究报道, 刘志杰等^[9]利用高温蒸汽喷射对牡蛎进行开壳, 发现喷射距离 10 cm, 喷射时间 20 s, 加热总时间 60 s 的开壳效果最好, 此时牡蛎肉内部的温度为 38~50 ℃; DANIEL 等^[10]先利用蒸汽进行加热, 再通过氮气、二氧化碳或冰水快速冷却, 可使牡蛎肉脱肉率达 85% 以上; HSU 等^[11]用超高压处理牡蛎, 在 250 MPa 压力下处理 2 min, 可使牡蛎脱壳并保持外观完整; 李学鹏等^[12]采用超高压对牡蛎进行开壳, 并分析了超高压脱壳的工艺参数及对品质的影响, 研究结果表明, 超高压在使牡蛎开壳的同时还能一定程度地杀灭牡蛎肉表面的微生物; 此外, 还有学者研究了超高压处理对牡蛎理化特性^[13-14]、微生物^[15]和货架期^[16]的影响; 有加工企业采用蒸煮加热的方式使牡蛎开壳, 再通过离心、振动等方式使壳和肉分离来制取牡蛎干; 此外还有文献报道采用微波、激光、高压电场、冷冻等、超声波等方式对牡蛎进行开壳或辅助开壳^[17-23]。但以上研究多集中在开壳工艺参数的研究和优化, 对不同开壳方式的开壳效率、品质对比、可行性等的综合分析较少。

为了探明不同开壳方式对牡蛎开壳效率和品质的影响, 采用水煮、蒸煮、微波、超高压和电击 5 种不同开壳方式对牡蛎进行开壳, 以开壳率、张壳大小作为开壳效率的评价指标, 以生鲜度、汁液损失率、

闭壳肌蛋白质变性程度作为品质评价指标, 旨在分析这 5 种开壳方法应用于牡蛎开壳的可行性, 并筛选出适宜的牡蛎开壳方法, 为牡蛎开壳装备的研发提供理论技术和数据支撑。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

鲜活太平洋牡蛎 质量均值(150±10)g, 山东荣成荣金牡蛎养殖合作社(泡沫箱加冰运输至实验室, 为尽量减少样本误差, 挑选活力好, 形状、大小、质量接近的牡蛎备用); 氯化钠 分析纯, 国药集团化学试剂有限公司; 海水晶 潍坊强隆化工有限公司; 超微量 Ca-ATP 酶试剂盒 南京建成生物工程研究所。

RS-ZF08L 蒸煮柜 荣事达; LDZM-40KCS- II 杀菌锅 上海申安医疗器械厂; M1-L213B 微波炉美的集团股份有限公司; HPP.L1-600/5 超高压设备天津华泰森森生物工程技术有限公司; NHWY 高压脉冲电源 济南能华机电设备有限公司; BD-518HD 冰箱 海尔集团公司; XS105 分析天平 梅特勒托利多集团公司; DK-S22 恒温水浴锅 上海精宏实验设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 开壳方法 采用蒸汽蒸煮、水煮、微波、超高压、电击 5 种开壳方式对牡蛎进行开壳, 通过查阅文献和开展预实验, 确定本试验中 5 种开壳方式最适宜的工艺参数(具体条件和参数如下), 每个试验组 10 个牡蛎, 每次试验重复三次, 统计各开壳条件下牡蛎的开壳情况。

1.2.1.1 蒸煮开壳 以蒸汽发生器作为蒸汽源, 蒸汽压力设置为 0.3 MPa, 通过减压阀减压后, 将蒸汽管道接入蒸煮锅, 牡蛎平铺于蒸煮锅内, 蒸汽由下往上直喷, 蒸汽温度 105 ℃ 左右, 蒸煮时间分别设置为

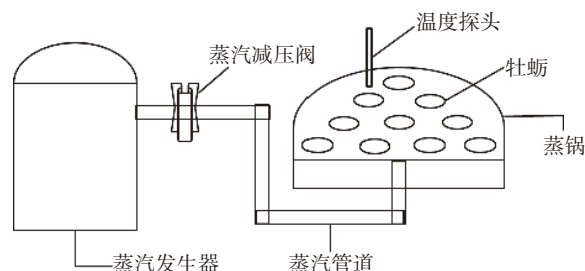


图1 蒸煮试验装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of cooking apparatus

15、30、60、120、180、240 s。蒸煮试验装置示意图如图 1 所示。

1.2.1.2 水煮开壳 将蒸煮锅内的水加热到沸腾后将牡蛎放入,水面覆盖牡蛎超过 2 cm;水煮时间分别设置为 15、30、60、120、180、240 s。

1.2.1.3 微波开壳 根据预实验结果,采用微波炉高火(功率 800 W)对牡蛎进行开壳;微波加热时间分别设置为 15、30、60 s。

1.2.1.4 电击开壳 将牡蛎放置于盐度为 3.2% 的配制海水中,采用高压脉冲电源对牡蛎进行通电电击,电击模式采用间歇通电模式,根据预实验结果,选用电压 300 V,通电 3 s,停顿 2 s,往复操作^[24],每次试验通电时间分别设置为 15、30、60、120、180、240 s。

1.2.1.5 超高压开壳 将牡蛎装入密封袋,放入超高压设备的物料筒,根据预实验结果,设定压力 300 MPa,超高压时间分别为 15、30、60、120、180 s。

1.2.2 指标测定方法

1.2.2.1 开壳率 用厚度为 1.5 mm 的开壳刀具伸入经过处理的牡蛎壳,不需借助外力可自然伸入视为已开壳,不能伸入则为未开壳,统计已开壳的牡蛎数占实验组牡蛎总数的比例。

1.2.2.2 张壳大小 采用游标卡尺测量开壳后的牡蛎张壳最大部位的尺寸,按照 2 mm 以下、2~5 mm、5.1~10 mm、10 mm 以上几种规格进行分类统计并分析。

1.2.2.3 生鲜度 采用感官评价,组成 10 个人的感官评定小组,以人工开壳的鲜活牡蛎作为对照组,感官评分设为 10 分,其他开壳方式的牡蛎以此进行对照感官评定评分标准见表 1^[25]。

1.2.2.4 牡蛎肉温升 将热电偶插入牡蛎肉的中心部位,分别测定开壳前和开壳后牡蛎肉的温度,开壳后温度与开壳前温度的差即为温升。

1.2.2.5 汁液损失率 牡蛎开壳前,用滤纸吸干牡蛎表面的水分,用电子天平称重,重量记为 W,牡蛎开壳处理后,用滤纸吸干牡蛎表面的水分,用电子天平称重,重量记为 W₁,汁液损失率(%) = $\frac{W - W_1}{W} \times 100$

1.2.2.6 蛋白变性程度 通过测定 Ca²⁺-ATPase 活性进行分析,Ca²⁺-ATPase 活性的测定采用南京建成生物工程研究所研制的超微量 Ca-ATP 酶试剂盒进行测定。前处理与测定方法参考试剂盒说明书:取牡蛎肉组织块 0.2 g 放入 5 mL 的匀浆管中,加入 1.8 mL

0.86% 的生理盐水,用组织捣碎机 10000 r/min 研磨制成 10% 组织匀浆,将制备好的 10% 匀浆液用 4 ℃ 冷冻离心机 2500 r/min 离心 15 min,取上清液,加入样本 100 μL 和混合试剂 3 mL,37 ℃ 准确反应 10 min,3500 r/min,离心 10 min,取上清液 150 μL 加入定磷剂,室温静置 2 min,加终止剂 0.5 mL,混匀,室温静置 5 min,采用分光光度计(636 nm 波长,1 cm 光径)比色,测定吸光值^[26]。

1.3 数据处理

上述所有数据均采用 Excel 统计,采用 SPSS 22.0 软件对结果进行单因素方差分析,P<0.05 表示差异显著,P>0.05 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 开壳方式对牡蛎开壳率的影响

开壳率是评价牡蛎开壳快慢的一个重要指标。由图 2 可看出,微波开壳率最高,微波加热 15 s 时,有 60% 的牡蛎开壳,30 s 时 90% 的牡蛎开壳;60 s 时牡蛎全部开壳;在本试验条件下,蒸煮和水煮牡蛎的开壳趋势相似,加热 120 s 后出现部分牡蛎开壳,240 s 后牡蛎全部开壳,在开壳过程中,蒸煮的开壳率最多比水煮高 20% 左右;超高压 60 s 后部分牡蛎开始开壳,180 s 时牡蛎全部开壳;电击开壳时,通电 30 s 后部分牡蛎开始开壳,180 s 时开壳率达到 60%,继续通电到 240 s,牡蛎开壳率仍为 60%,剩余的牡蛎没有进一步开壳。微波开壳效率快可能是因为微波加热时,物料内部的水分子进行不规则的剧烈运动,使物料由内向外同时加热^[27],升温速率快,牡蛎闭壳肌的水分含量比较高,微波加热时,能在较短时间内达到闭壳肌的失活温度,使牡蛎迅速开壳;蒸煮和水煮开壳均属于热力开壳^[28-29],通过加热使牡蛎闭壳肌蛋白变性失活从而实现开壳,蒸汽温度越高,开壳效率越快^[30];超高压开壳是通过高压迫使闭壳肌失活,闭壳力下降,从而使闭壳肌从贝壳上脱落^[31],由于设备的特殊性,目前超高压开壳多为间歇式,每批次的处理量有限,只适用于小批量加工,不能满足大批量加工需求,如能实现连续式高压处理,则应用前景广阔;电击开壳后期开壳率较低的原因可能是由于电击时间过长造成牡蛎电晕或死亡时,闭壳肌尚未完全失活所致,同时,电击开壳作业也存在一定的安全隐患,技术尚未完全成熟,不适用于实际生产^[32]。

2.2 不同开壳方式下牡蛎的张壳大小

由于闭壳肌受到外界条件刺激时,会产生应激

表 1 牡蛎肉感官评价评分标准
Table 1 Scoring standard for sensory evaluation of oyster meat

感官评分(分)	评分标准
9~10	整体呈乳白色,表面湿润,呈透明色,富有光泽,边缘成自然褶皱状,无缩水,肌肉按压弹性小,壳上汁液呈透明色
6~8	整体呈乳白色,略带黄色,表面较湿润,透明中略带乳白色,较有光泽,边缘有轻微缩水,肌肉按压略有弹性,壳上汁液呈透明色略带乳白色
3~5	整体呈黄白色,表面较干涩,贝肉呈椭圆状,缩水较严重,光泽较暗,肌肉按压弹性较好,壳上汁液呈乳白色
0~2	整体呈黄白色,表面干涩,贝肉呈椭圆状,缩水严重,光泽较暗,肌肉按压弹性好,壳上汁液呈乳白色

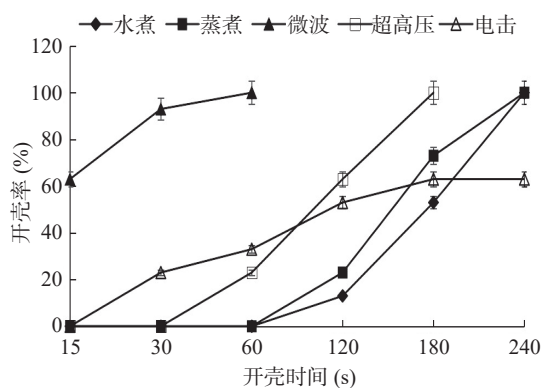


图2 不同开壳条件下牡蛎的开壳率

Fig.2 Opening rate of oyster under different opening conditions

反应或失活,从而使牡蛎张壳,因此,在保障品质的前提下,张壳越大越有利于后续的壳肉分离操作。通过对牡蛎的张壳大小进行统计(图3),发现经微波开壳的牡蛎张壳 5 mm 以上的占 70%;经蒸煮和水煮开壳的牡蛎,张壳 5 mm 以上的占比分别为 50% 和 20%;经超高压开壳的牡蛎 80% 张壳大小在 2 mm 以下;经电击开壳的牡蛎 40% 张壳大小在 2 mm 以下,20% 的张壳大小在 5 mm 以上,还有 40% 未开壳。牡蛎开壳过程中,张壳大小可能与应激反应的剧烈程度有关,微波的传热速率快,闭壳肌的应激反应大,伸缩位移大,因而张壳越大;蒸汽由于温度较水煮高,穿透力大,因而张壳相对较大;超高压开壳的牡蛎张壳小,可能是因为在超高压环境下,闭壳肌受刺激呈收缩状态,超高压保持一段时间后,闭壳肌失活,解除超高压后闭壳肌无法恢复,因而张壳较小^[33-35]。

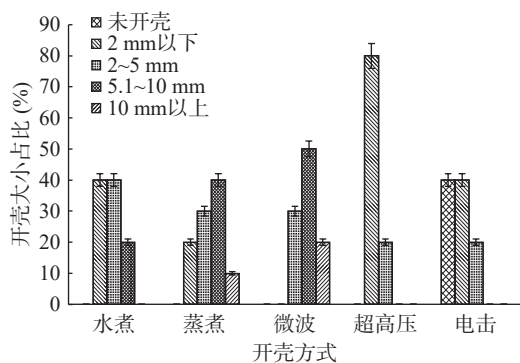


图3 不同开壳条件下牡蛎的张壳大小

Fig.3 Shell size of oyster under different opening conditions

2.3 不同开壳方式下牡蛎肉的感官评分

牡蛎肉的新鲜度是评价开壳后牡蛎品质的重要指标,新鲜度越高,越有利于后续的保鲜贮藏和加工。通过感官评分对牡蛎肉的新鲜度进行评价。由图4可知,电击开壳的牡蛎肉感官评分最高,新鲜度保持最好,接近生鲜开壳牡蛎,其次为超高压开壳,能较好地保持牡蛎肉的新鲜程度,与生鲜开壳的牡蛎无显著差异;水煮开壳的牡蛎感官评分略高于蒸煮开壳,两者无显著差异;微波开壳的牡蛎肉感官评分最低。

通过对开壳前后牡蛎肉的温度进行测定,计算

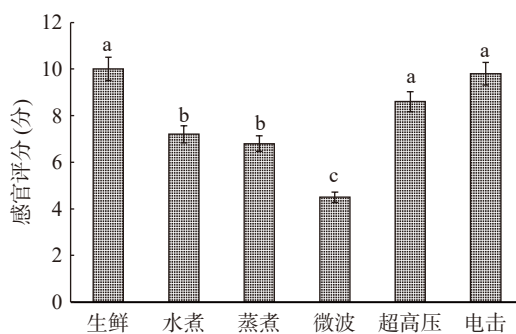


图4 不同开壳条件下牡蛎肉的感官评价

Fig.4 Sensory evaluation of oyster under different opening conditions

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);图5~图7同。

牡蛎肉的升温幅度。由图5可知,水煮开壳的牡蛎肉升温幅度最大,微波和蒸煮开壳的次之,升温幅度在 50 °C 以上,三者无显著差异;超高压开壳温升为 25 °C,电击开壳的牡蛎肉升温幅度最小。表明开壳过程中温度升高可能是导致牡蛎肉熟化、影响感官评分的主要因素之一;水煮开壳的温升略高于蒸煮,感官评分也略高于蒸煮,可能是因为水煮过程中,牡蛎肉与水直接接触,因而水分损失比蒸煮少所致;蒸煮和水煮过程中,牡蛎肉表面与热水或蒸汽接触的部位熟化度相对较高,微波开壳时,牡蛎肉从内部加热,所以导致整个牡蛎肉的熟化和较多的水分流失,造成微波开壳的牡蛎肉感官评分最低。因此,微波开壳的牡蛎适合于加工牡蛎干等本身需要热加工的产品,不适合于生鲜牡蛎肉和冷冻牡蛎肉等的加工^[36-37]。

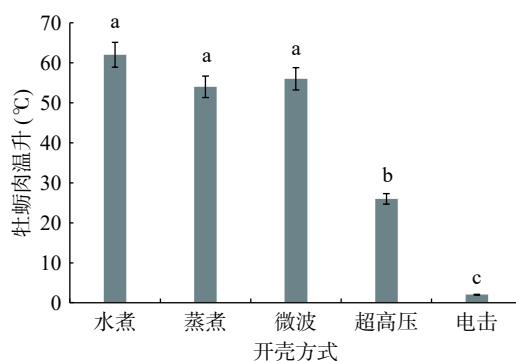


图5 不同开壳条件下牡蛎肉的温升

Fig.5 Temperature rise of oyster under different opening conditions

2.4 不同开壳方式下牡蛎肉的汁液流失率

牡蛎肉汁液中含有丰富的水溶性蛋白和呈味氨基酸,因此,汁液流失是造成牡蛎鲜度下降的主要原因之一(图6)。实验发现微波开壳的牡蛎汁液流失率最大,达到 4.12%,其次为蒸煮与水煮,分别为 2.87% 和 2.56%,超高压开壳、电击开壳的牡蛎汁液流失率显著小于前三种热力开壳($P<0.05$),说明温度升高造成细胞破坏可能是导致汁液流失的主要原因;超高压开壳的汁液流失大于电击开壳,经试验测定,超高压开壳过程中,牡蛎肉会有 20~30 °C 左右的温升,会使

部分细胞破裂失水而导致汁液流失^[38]。分析开壳过程中汁液流失与感官评分的相关性,发现其变化趋势基本一致,说明汁液流失与感官评分密切相关。

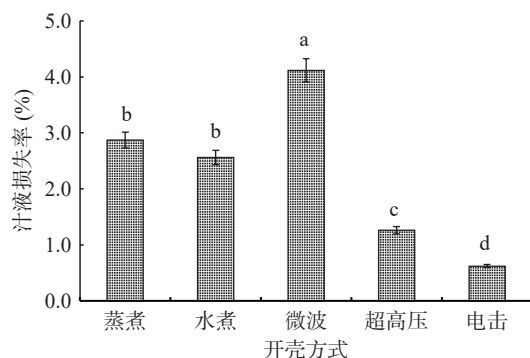


图 6 不同开壳方式下牡蛎肉的汁液流失率

Fig.6 Juice loss rate of oyster under different opening conditions

2.5 不同开壳方式下的牡蛎肉蛋白变性程度

Ca^{2+} -ATP 酶活性来源于肌球蛋白,表征其头部 S-1(subfragment 1,由两个球状的头部和颈部形成的调节结构区域)的性质。 Ca^{2+} -ATP 酶活性损失越大,说明肌球蛋白变性越严重。实验对比牡蛎闭壳肌开壳后 Ca^{2+} -ATP 酶活性发现(图 7):超高压和电击开壳方式下的牡蛎闭壳肌的 Ca^{2+} -ATP 酶活性显著($P<0.05$)高于其他开壳方式,与生鲜开壳的接近,表明肌球蛋白变性程度越低;蒸煮、水煮、微波三种开壳方式下的牡蛎闭壳肌 Ca^{2+} -ATP 酶活性在开壳后大幅降低,说明闭壳肌蛋白质变性程度高^[39]。蒸煮、水煮、微波均属于热力开壳的范畴,其原理均是通过温度的升高迫使闭壳肌蛋白变性而失活,其开壳与闭壳肌的蛋白变性密切相关,而超高压、电击开壳较少导致闭壳肌蛋白变性,其开壳机理还有待进一步研究,可能与闭壳肌的质构有关。

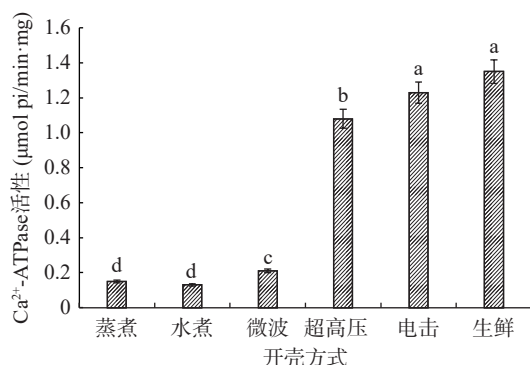


图 7 不同开壳条件下牡蛎 Ca^{2+} -ATPase 活性

Fig.7 Ca^{2+} -ATPase activity of oyster under different opening conditions

3 结论

热力开壳是可以使牡蛎快速开壳的有效方法,微波开壳的效率最快,30 s 即可使牡蛎全部开壳,张壳 5 mm 以上的牡蛎占比为 70%,有利于后续的壳肉分离,但经微波开壳的牡蛎肉生鲜度低,汁液流失

大,适用于牡蛎干产品的开壳,不适用于生鲜牡蛎肉产品的开壳;蒸煮开壳的效率高于水煮开壳,水煮开壳的品质略优于蒸煮开壳,两者无显著差异($P>0.05$);超高压开壳所需时间短,温升较小,品质保持较好,可以实现牡蛎的生鲜开壳,但受装备的限制,处理能力较小,且为间歇式作业,需解决连续开壳问题;电击开壳后的牡蛎肉品质最接近生鲜开壳牡蛎肉,温升最小、汁液流失最少、 Ca^{2+} -ATP 酶活性最高,但开壳率比较低,开壳牡蛎的张壳很小,设备的安全性也有问题,不适用于实际生产。综合分析开壳效率、张壳大小、品质以及实际可操作性,本研究认为超高压开壳适用于小批量、生食牡蛎的开壳加工;微波开壳适用于小批量、牡蛎干制品等的开壳加工;蒸汽蒸煮开壳效率较高,张口较大,品质也较好,可以兼顾效率和品质,是目前相对最适宜批量化加工的牡蛎开壳方法。

参考文献

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局. 2021 年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021: 17-24. [Fisheries and Fisheries Administration of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China Fishery Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021: 17-24.]
- [2] 苏明月, 岳敏, 毛振杰, 等. 蒸煮牡蛎肉的蛋白酶解特性及风味特征的研究[J]. 食品科技, 2019, 45(5): 128-134. [SU Mingyue, YUE Min, MAO Zhenjie, et al. Enzymatic properties and flavor characteristics of cooked oyster (*Crassostrea gigas*)[J]. Food Technology, 2019, 45(5): 128-134.]
- [3] 沈建, 章超桦, 秦小明. 牡蛎清洗试验研究与清洗设备设计[J]. 渔业现代化, 2011, 38(4): 45-48, 69. [SHEN Jian, ZHANG Chao-hua, QIN Xiaoming. Oyster cleaning test research and cleaning equipment design[J]. Fishery Modernization, 2011, 38(4): 45-48, 69.]
- [4] 李龙飞, 秦小明, 周翠平, 等. 低温流通牡蛎肉贮藏期品质变化及货架期预测[J]. 渔业现代化, 2014, 41(5): 39-43. [LI Long-fei, QIN Xiaoming, ZHOU Cuiping, et al. Analysis of quality changes and shelf-life of low temperature distribution oyster meat[J]. Fishery Modernization, 2014, 41(5): 39-43.]
- [5] 陈铮, 朱蓓薇, 李冬梅, 等. 热处理过程中牡蛎闭壳肌肌原纤维蛋白部分理化特性的变化[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(7): 53-57. [CHEN Zheng, ZHU Beiwei, LI Dongmei, et al. Physicochemical changes of myofibrillar protein from oyster adductor muscle during heat treatment[J]. Food and Fermentation Industry, 2012, 38(7): 53-57.]
- [6] 余炼, 颜栋美, 侯金东. 牡蛎微波干燥特性及动力学研究[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 111-115. [YU Lian, YAN Dongmei, HOU Jindong. Characteristics and kinetics of microwave drying for oyster[J]. Food Science, 2012, 33(11): 111-115.]
- [7] 欧阳杰, 张军文, 谈佳玉, 等. 贝类开壳技术与装备研究现状及发展趋势[J]. 肉类研究, 2018, 32(5): 64-68. [OUYANG Jie, ZHANG Junwen, TAN Jiayu, et al. Current status and future perspectives of shellfish shucking technology and equipment[J]. Meat Research, 2018, 32(5): 64-68.]

- [8] 欧阳杰, 沈建, 郑晓伟, 等. 水产品加工装备研究应用现状与发展趋势[J]. 渔业现代化, 2017, 44(5): 73-78. [OUYANG Jie, SHEN Jian, ZHENG Xiaowei, et al. Research and application status and development tendency of aquatic products processing equipment[J]. Fishery Modernization, 2017, 44(5): 73-78.]
- [9] 刘志杰, 周素珊. 牡蛎蒸汽开壳试验研究[J]. 福建农机, 2006(3): 46-49. [LIU Zhijie, ZHOU Sushan. Experimental study on steam opening of oysters[J]. Fujian Agricultural Machinery, 2006(3): 46-49.]
- [10] DANIEL E M, JOHN S, JEREMY T, et al. Development and testing of a heat-cool methodology to automate oyster shucking[J]. Aquacultural Engineering, 2007, 37(1): 53-60.
- [11] HSU K C, HWANG J S, CHI H Y, et al. 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.
- [12] 李学鹏, 周凯, 王祺, 等. 牡蛎超高压脱壳效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(15): 210-214. [LI Xuepeng, ZHOU Kai, WANG Qi, et al. The effect of ultra high pressure treatment on the shucking of oysters[J]. Food Industry Technology, 2014, 35(15): 210-214.]
- [13] CRUZ R M, SMIDDY M, HILL C, et al. Effects of high pressure treatment on physiochemical characteristics of fresh oysters (*Crassostrea gigas*)[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2004, 5(2): 161-169.
- [14] CRUZ R 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.
- [15] YI Junjie, XU Qian, HU Xiaosong, et al. Shucking of bay scallop (*Argopecten irradians*) using high hydrostatic pressure and its effect on microbiological and physical of adductor muscle[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2013, 18(2): 57-64.
- [16] HE H, ADAMS R M, FARKASE F, et al. Use of high pressure processing for oyster shucking and shelf life extensor[J]. Journal of Food Science, 2002, 67: 640-645.
- [17] 芦新春, 孙星钊, 王伟. 双壳贝类脱壳预处理技术现状及发展趋势[J]. 当代农机, 2015(9): 74-76. [LU Xinchun, SUN Xingzhao, WANG Wei. The status and development trend of pretreatment technology for bivalve shelling[J]. Contemporary Agricultural Machinery, 2015(9): 74-76.]
- [18] 张馨丹, 王慧慧, 芦金石, 等. 贝类预煮加工设备结构设计及运动仿真[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 69-71. [ZHANG Xindan, WANG Huihui, LU Jinshi, et al. Structure design and motion simulation of shellfish precooked processing equipment[J]. Food and Machinery, 2016, 32(7): 69-71.]
- [19] 弋景刚, 吴红雷, 姜海勇, 等. 蒸汽式扇贝开壳装置工作参数优化[J]. 农业工程学报, 2014, 30(18): 70-77. [YI Jinggang, WU Honglei, JIANG Haiyong, et al. Optimization of operating parameters on steam-shelling device for scallop[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(18): 70-77.]
- [20] 巩雪, 常江. 超高压技术在贝类脱壳加工中的应用[J]. 食品工业科技, 2016, 37(15): 394-396. [GONG Xue, CHANG Jiang. Application of ultra high pressure technology in the processing of shellfish shell[J]. Food Industry Technology, 2016, 37(15): 394-396.]
- [21] 王锐. 电击开蚌机: 中国, 201110438291.9[P]. 2011-12-24. [WANG Rui. Electric shock scallop shelling machine: China, 201110438291.9[P]. 2011-12-24.]
- [22] 徐文其, 沈建. 中国贝类前处理加工技术研究进展[J]. 南方水产科学, 2013, 9(2): 76-80. [XU Wenqi, SHEN Jian. Research progress in shellfish pre-processing techniques in China[J]. Southern Fisheries Science, 2013, 9(2): 76-80.]
- [23] 欧阳杰, 沈建. 中国贝类加工装备应用现状与展望[J]. 肉类研究, 2014, 28(7): 28-31. [OUYANG Jie, SHEN Jian. Application status and prospect of shellfish processing equipment in China[J]. Meat Research, 2014, 28(7): 28-31.]
- [24] 欧阳杰, 倪锦, 沈建, 等. 冷冻大黄鱼通电加热解冻工艺参数研究[J]. 渔业现代化, 2016, 43(3): 55-59. [OUYANG Jie, NI Jin, SHEN Jian, et al. Study on process parameters of ohmic heating thawing for frozen *Pseudosciaena crocea*[J]. Fishery Modernization, 2016, 43(3): 55-59.]
- [25] 牛改改, 游刚, 张晨晓, 等. 真空包装牡蛎肉在冷藏和冷冻过程中的品质变化[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 7-14. [NIU Gaigai, YOU Gang, ZHANG Chenxiao, et al. Quality changes of vacuum-packed oyster meat during cold and frozen storage[J]. Food Research and Development, 2020, 41(18): 7-14.]
- [26] BENJAKUL S, VISESSANGUAN W C, THONGKAEW M T. Comparative study on physicochemical changes of muscle proteins from some tropical fish during frozen storage[J]. Food Research International, 2003, 36(8): 787-795.
- [27] 张静, 弋景刚, 张海勇, 等. 蒸汽式扇贝柱脱壳技术优化[J]. 广东农业科学, 2013, 40(14): 120-122. [ZHANG Jing, YI Jinggang, ZHANG Haiyong, et al. Shelling technique optimization of scallop by steam[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013, 40(14): 120-122.]
- [28] 段伟文, 罗伟, 段振华, 等. 贻贝的加工利用研究进展[J]. 渔业现代化, 2013, 40(3): 51-55. [DUAN Weiwen, LUO Wei, DUAN Zhenhua, et al. Advances on the research in the processing and exploitation of mussel[J]. Fishery Modernization, 2013, 40(3): 51-55.]
- [29] 王继涛. 热处理对扇贝闭壳肌肌球蛋白生化性质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(2): 22-26. [WANG Jitao. Effects of heat treatment on biochemical properties of actomyosin from adductor muscle of scallop[J]. Food and Fermentation Industry, 2012, 38(2): 22-26.]
- [30] 大连经济技术开发区正水设备厂. 一种贝类蒸煮加工自动生产线: 中国, 201110229295.6[P]. 2011-08-11. [Dalian Economic and Technological Development Zone Zhengshui Equipment Factory. Automatic production line for shellfish cooking and processing: China, 201110229295.6[P]. 2011-08-11.]
- [31] 杨绮云, 鲍振东, 孟爽. 食品超高压设备对贝类脱壳机理的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2015, 31(3): 291-294. [YANG Qiyun, BAO Zhendong, MENG Shuang. Study

- on mechanism of shell of shellfish by food-UHP equipment[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Natural Sciences Edition), 2015, 31(3): 291-294.]
- [32] DANIEL E M, STEVEN G H. Oyster shucking technologies: Past and present[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2006, 41: 223-232.
- [33] 高喜银, 吴红雷. 基于人机工程学的双壳贝类自动开壳设备设计[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 378-380. [GAO Xiyin, WU Honglei. Design of automatic opening equipment for bivalve shellfish based on ergonomics[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(4): 378-380.]
- [34] 李秋实, 王家忠, 弋景刚, 等. 海湾扇贝闭壳肌剥离设备的发展现状与展望[J]. 广东农业科学, 2013(10): 198-201. [LI Qiu-shi, WANG Jiazhong, YI Jinggang, et al. Development state and prospect of bayscallop's adductor splitting sevice[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013(10): 198-201.]
- [35] 孔德刚, 弋景刚, 姜海勇, 等. 海湾扇贝开壳取贝柱工艺方案的研究[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(2): 230-234. [KONG Degang, YI Jinggang, JIANG Haiyong, et al. Research on the process scheme to the bay scallop of shellfish opening for adductor[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2014, 35(2): 230-234.]
- [36] 易俊洁, 董鹏, 丁国微, 等. 鲍鱼超高压脱壳工艺的优化及品质研究[J]. 高压物理学报, 2014, 28(2): 239-246. [YI Junjie, DONG Peng, DING Guowei, et al. Process optimization of abalone shucking by high hydrostatic pressure processing and quality assessment[J]. *Chinse Journal of High Pressure Physics*, 2014, 28(2): 239-246.]
- [37] 向雅芳, 熊光权, 乔宇, 等. 不同热处理方式对鲈鱼品质的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(21): 127-135. [XIANG Yafang, XIONG Guangquan, QIAO Yu, et al. Effects of different heat treatments on the quality of largemouth bass[J]. *Food Science*, 2019, 40(21): 127-135.]
- [38] 关志强, 宋小勇, 李敏, 等. 冻藏条件对蛤的蛋白质冷冻变性的影响及其改善的实验研究[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 166-169. [GUAN Zhiqiang, SONG Xiaoyong, LI Min, et al. Effects of frozen storage on freeze denaturation of clam protein and the study of improvment[J]. *Food Science*, 2005, 26(9): 166-169.]
- [39] INGLIS S D, KRISTMUNDSSON Á, FREEMAN M A, et al. Graymeat in the Atlantic sea scallop, *Placopecten magellanicus*, and the identification of a known pathogenic scallop apicomplexan[J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2016, 141: 66-75.