

轻度热处理牡蛎肉在冷藏过程中品质变化

岳 敏, 苏明月, 姜岁岁, 曾名湧, 赵元晖, 董士远*
(中国海洋大学食品科学与工程学院, 青岛 266003)

摘要: 研究以新鲜牡蛎肉(CK)为对照, 首次分析轻度热处理牡蛎肉(Bo)、轻度热处理结合柠檬酸浸泡牡蛎肉(Bo+Ca)冷藏过程中品质变化。结果发现, 在贮藏过程中, 其感官评分下降速度依次为: CK>Bo>Bo+Ca, 分别在第11、18、21天达到不可接受限值; Bo和Bo+Ca组的汁液流失率增加速度低于CK组, 在贮藏的第6天, 仅达到CK组的35%; 同时, Bo+Ca组的菌落总数和挥发性盐基氮(TVB-N)含量增长速度显著低于Bo组($P<0.05$)和CK组($P<0.05$)。综合评定发现: CK、Bo和Bo+Ca组的货架期分别为9、15 d和21 d。利用电子鼻分析CK、Bo与Bo+Ca组在冷藏过程中气味变化, 其中Bo+Ca组在贮藏过程中的气味变化较小。因此, 轻度热处理结合柠檬酸浸泡能较好地保持冷藏牡蛎的品质与风味。

关键词: 牡蛎肉; 轻度热处理; 柠檬酸; 货架期; 气味

中图分类号: TS 254.4 文献标志码: A 文章编号: 1005-9989(2019)07-0179-06

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2019.07.028

Quality changes of oyster meat with mild heat treatment during chilled storage

YUE Min, SU Mingyue, JIANG Suisui, ZENG Mingyong, ZHAO Yuanhui, DONG Shiyuan*

(College of Food Science & Technology, Ocean University of China, Qingdao 266003)

Abstract: This research was firstly conducted to analyze the quality changes of oyster meat with mild heat treatment (Bo) and oyster meat with mild heat treatment combined with citric acid soaking (Bo+Ca) during chilled storage when compared with fresh oyster meat (CK). The results showed that the sensory score of CK, Bo and Bo+Ca decreased with storage time and reached the unacceptable limit on the 11th, 18th and 21st day, respectively. The rate of increase of drip loss (%) of Bo and Bo+Ca was lower than that of CK, and both reached 35% of CK at the 6th day of storage. Simultaneously, the growth rate of total colony count and volatile basic nitrogen (TVB-N) content of Bo+Ca was significantly lower than that of Bo ($P<0.05$) and CK ($P<0.05$) during chilled storage. The shelf-life of CK, Bo and Bo+Ca was 9, 15 and 21 days, respectively. The electronic nose was used to analyze the flavor changes of oyster during chilled storage. Compared with CK and Bo, the smell changes of Bo+Ca were relatively slight during chilled storage. Overall, the combination of mild heat treatment combined with citric acid soaking can effectively extend

the shelf-life of oysters and maintain their smell.

Key words: oyster meat; mild heat treatment; citric acid; shelf life; smell

牡蛎(*Crassostrea gigas*), 又称海蛎子, 生存于海水和淡水交界处的双壳贝类, 是世界上产量最大的养殖贝类, 也是我国四大养殖贝类之一。牡蛎营养成分丰富, 除含量丰富的蛋白质、维生素和糖原之外, 还富含大量的锌、牛磺酸以及对人体有益的氨基酸, 是第一批被纳入“药食同源”的保健品^[1-2]。国内常见的牡蛎加工方式有加热、超高压、烘烤和干制等, 其中加热处理是家庭烹饪和工厂加工常用的方式。有研究证明, 与未处理牡蛎相比, 轻度热处理牡蛎能够减少副溶血弧菌总数($5 \sim 6 \log \text{cfu}$)^[3]和李斯特菌总数^[4], 提高牡蛎食用的安全性。由于牡蛎本身具有高水分活性、中性pH值和自溶酶, 通常比其他肌肉食物更快变质^[5]。低温贮藏通过抑制微生物的生长和酶的活性, 使牡蛎的品质得到保持, 贮藏期得以延长^[6]。曹荣等^[7]曾将一种自制天然复合保鲜剂应用到牡蛎肉的低温贮藏中, 货架期延长了近1倍。

与高温加热相比^[8], 轻度热处理能够改善牡蛎肉风味。然而, 目前关于轻度热加工处理牡蛎肉在贮藏过程中变化的研究仍然较少。前期研究发现, 在80℃条件下加热20 min的牡蛎肉风味较好。另外, 柠檬酸被广泛应用于延长食品的货架期。鉴于此, 本论文通过测定新鲜牡蛎肉(CK)、轻度热处理牡蛎肉(Bo)和轻度热处理结合柠檬酸浸泡牡蛎肉(Bo+Ca)在冷藏过程中的感官品质、微生物、挥发性盐基氮含量, 评价轻度热处理结合柠檬酸浸泡对4℃贮藏过程中牡蛎肉品质的影响, 为新型牡蛎产品的开发提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

太平洋牡蛎(5~8月): 市售, 活牡蛎30 min内运到实验室。选择大小相近、外壳完整的牡蛎, 自来水洗去外表面附带的泥沙等杂物, 沥干备用。

1.2 仪器与设备

DS-1型组织搅碎机、FJ-200型高速分散均质机: 上海标本模型厂; GL-21M型高速冷冻离心机: 上海湘仪离心机仪器有限公司; UV-2550型紫外分光光度计: 日本Shimadzu公司; PHS-2F型

pH计: 上海精密科学仪器有限公司; Milli-Q超纯水系统: 美国Millipore公司; PEN3型便携式电子鼻: 德国Asrinese公司。

1.3 实验方法

1.3.1 样品的制备 牡蛎手工开壳取肉, 制备3种样品。CK: 新鲜牡蛎肉无菌水洗净, 拭干, 真空包装; Bo: 新鲜牡蛎肉无菌水洗净, 隔袋加热(80℃)20 min, 拭干, 真空包装; Bo+Ca: 新鲜牡蛎肉无菌水洗净, 隔袋加热(80℃)20 min, 浸泡保鲜剂(0.5%柠檬酸溶液, 使用无菌水配制)2 min, 沥干, 真空包装。6只牡蛎一个真空包装袋, 每组处理30袋置于4℃下贮藏, 按时取样进行感官评定, 并进行汁液流失率、TVB-N值、pH值、TBARs值、菌落总数和电子鼻的测定。

1.3.2 感官评定 根据ISO 8586—1的方法从气味、颜色、黏液状态和整体接受程度4个方面对牡蛎肉进行感官评定。选定8名感官评定员, 20~25岁, 在进行短期的感官评定培训后对牡蛎肉进行感官评定。评价标准见表1, 总分10分, 以6分作为不可接受点(货架期终点)。样品随机编号, 评价后取平均值。

表1 牡蛎肉感官评分指标

项目	评分标准	分数
气味(30%)	腥臭味严重, 无牡蛎香味	0~1
	有腥臭味, 牡蛎香味减弱	1~2
	无腥味或有牡蛎香味	2~3
颜色(10%)	颜色暗淡, 无光泽	0~0.3
	颜色变暗, 光泽弱	0.4~0.7
	颜色鲜亮, 有光泽	0.8~1
黏液状态(30%)	有较多黏液, 黏液浑浊	0~1
	黏液增多, 黏液微浊	1~2
	黏液少, 黏液清澈	2~3
整体可接受程度(30%)	难以接受	0~1
	尚可接受	1~2
	接受度高	2~3

1.3.3 汁液流失率 将牡蛎肉用清水洗净, 并用滤纸拭干, 称质量, 记为 m_1 ; 贮藏后, 取出牡蛎肉, 拭干表面水分, 称质量, 记为 m_2 。计算贮藏过程中的汁液流失率:

汁液流失率(%)=(m_1-m_2)/ m_1 ×100

1.3.4 pH值 参照Chouhan等^[9]的方法测定牡蛎的pH值,略有改动。取5.00 g牡蛎碎肉,加入45 mL蒸馏水,均质5 min,静置30 min,使用pH计测定。

1.3.5 TVB-N值 参考Goulas与Kontominas^[10]的方法测定挥发性盐基氮含量,略有改动。取牡蛎肉10.00 g,加入90 mL 5%的高氯酸溶液,打浆10 min。过滤,滤液待用。取5 mL滤液,按半微量凯氏定氮法测定。

1.3.6 硫代巴比妥酸反应物质(TBARs)测定 参考Kirk与Sawyer^[11]的方法测定TBARs值,略有改动。称量牡蛎肉5.00 g,加入50 mL三氯乙酸混合液,均质2 min,于50 ℃恒温摇床摇荡30 min,取出冷却,过滤,取滤液待用。取5 mL滤液,置于25 mL具塞比色管,加入5 mL硫代巴比妥酸(TBA)水溶液,加塞混匀,于沸水中反应30 min取出,冷却至室温,于532 nm波长处测定吸光度。用1,1,3,3-四乙氧基丙烷作为标准品,通过标准曲线计算,结果用mg MDA/kg样品表示。

1.3.7 菌落总数 参考Chouhan等^[9]的方法测定菌落总数。于28 ℃培养箱中培养24 h后,计数并以菌落总数的对数表示。

1.3.8 电子鼻分析 电子鼻测定:牡蛎肉从冰箱中取出后恒温30 min,并使之达到顶空平衡后使用电子鼻检测。电子鼻数据采集时间70 s,清洗时间100 s。

电子鼻信号数据处理方法:运用电子鼻配套的WinMuster软件对电子鼻测定数据进行主成分分析(PCA)。PC1和PC2包含了在PCA转换中得到的第一主成分和第二成分的方差贡献率。方差贡献率越大,说明此主要成分可以较好地反映原来多指标的信息。一般情况下,总贡献率超过70%~85%的方法即可使用。本次实验选取第70 s的测量数据进行主成分分析。

1.4 数据处理

每个实验重复3次,数据用“平均值±标准差”表示,用SPSS 19.0软件中Duncan's s对实验数据进行统计分析,作图采用Origin 9.0软件。

2 结果与分析

2.1 感官评定

不同处理方式牡蛎肉在冷藏过程中的感官评

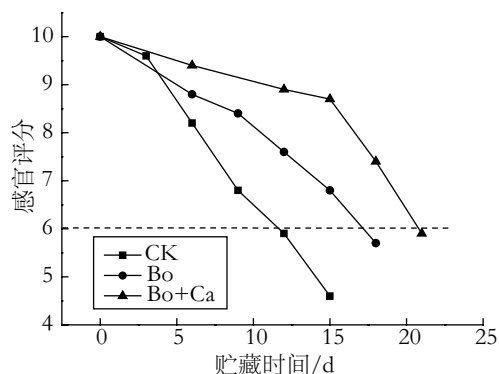


图1 不同处理方式牡蛎肉在4 ℃贮藏中的感官评分变化

分如图1所示。随着贮藏时间延长,CK组、Bo和Bo+Ca组的感官评分均显著下降($P<0.05$)并分别在第11、18天和21天达到不可接受限值。在牡蛎肉劣变过程中,其劣变速度依次为CK组>Bo组>Bo+Ca组,说明轻度热处理结合柠檬酸浸泡牡蛎肉在4 ℃下能够较好地保持牡蛎肉感官品质。何瑞琪等^[12]证明,2%柠檬酸溶液作为保鲜剂,能够使冰鲜鸡在0~4 ℃环境下贮藏7 d仍保持较好的感官品质。综上所述,柠檬酸浸泡牡蛎肉在贮藏过程中能够较好地保持其感官品质。

2.2 汁液损失率

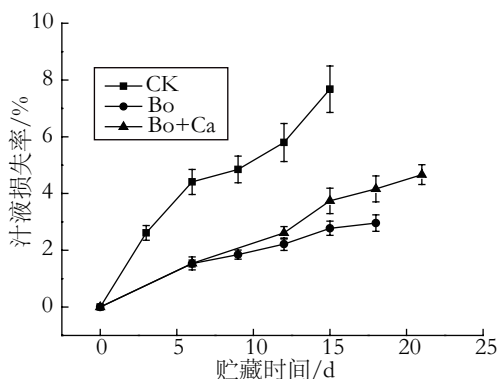


图2 不同处理方式牡蛎肉在4 ℃贮藏中的汁液损失率变化

在低温贮藏过程中,牡蛎蛋白质易变性而导致结构松散,其汁液渗出增加^[13]。汁液流失会导致营养物质损失和细菌滋生^[14],常被作为评价牡蛎肉保鲜品质指标。不同处理方式牡蛎肉在冷藏过程中的汁液损失率变化如图2所示。随着贮藏时间延长,CK、Bo组和Bo+Ca组的汁液损失率均明显增长。其中,Bo+Ca和Bo组的汁液损失率增长速度低于CK组,在贮藏的第6天,均仅达到CK组的35%。这可能是由于加热处理使牡蛎肉的部分蛋白质变性,因此在贮藏过程中牡蛎肉的蛋白质变性较少,汁液损失率较低。

2.3 TVB-N值

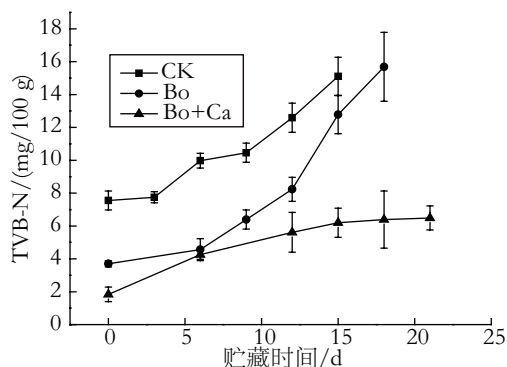


图3 不同处理方式牡蛎肉在4℃贮藏中的TVB-N变化

在贮藏过程中,牡蛎蛋白质会在微生物和酶的作用下分解,产生氨及胺类等挥发性盐基氮,从而导致牡蛎肉腐败变质^[6]。因此挥发性盐基氮的含量常被作为评价牡蛎保鲜品质指标。不同处理方式牡蛎肉在冷藏过程中的TVB-N值变化如图3所示。在贮藏0 d, Bo和Bo+Ca组的TVB-N值均明显低于CK组,分别为3.70、1.84 mg/100 g和7.55 mg/100 g,这可能是由于加热处理导致牡蛎肉汁液流失,部分胺类化合物逐渐溶出,导致TVB-N值下降。在贮藏过程中,CK组和Bo组的TVB-N值均显著增大($P<0.05$),贮藏第6天后其增长速率明显增大,这可能与微生物增殖有关。而Bo+Ca组的TVB-N值在贮藏过程中一直保持较低的水平且增加速度缓慢。这可能是由于加热处理抑制牡蛎体内的酶类活性导致其劣变速率下降;同时,牡蛎肉表面的柠檬酸处理,使生成的胺类物质与酸发生中和作用,抑制其TVB-N值的增加。在贮藏过程中,CK组、Bo和Bo+Ca组的TVB-N值均未超过30 mg/100 g^[15]劣变界限,这可能是由于牡蛎体内的高含量糖原转化为乳酸。因此,牡蛎肉腐烂时TVB-N值相对较低。

2.4 pH值

不同处理方式牡蛎肉在冷藏过程中的pH值变化如表2所示,在贮藏0 d, Bo组的pH值高于CK组,而Bo+Ca组的pH值低于CK组。Li D等^[16]对草鱼加热的结果发现加热使鱼肉的pH值升高,这可能是由于温度破坏了稳定蛋白质结构的化学键(如氢键、疏水作用等),使蛋白质中酸性基团减少,从而使pH值升高。同时,柠檬酸处理后,Bo+Ca组的pH值显著性降低($P<0.05$)。

在贮藏过程中,CK组的pH值呈现先下降后增

表2 不同处理方式牡蛎肉在4℃贮藏中的pH值变化

贮藏时间/d	CK组	Bo组	Bo+Ca组
0	6.27±0.10 ^c	6.62±0.05 ^b	6.19±0.01 ^d
3	6.13±0.01 ^b		
6	6.04±0.01 ^{ab}	6.61±0.03 ^b	5.96±0.03 ^c
9	6.03±0.01 ^{ab}	6.60±0.01 ^b	
12	5.98±0.02 ^a	6.57±0.03 ^b	5.94±0.01 ^{bc}
15	6.02±0.04 ^{ab}	6.55±0.02 ^b	
18		6.46±0.02 ^a	5.94±0.02 ^{bc}
21			5.91±0.02 ^{ab}
24			5.87±0.01 ^a

注:同一列不同上标字母表示数据存在显著性差异($P<0.05$)。下表同。

大的趋势,而Bo和Bo+Ca组的pH值均呈现缓慢的降低趋势。牡蛎肉中有较多的糖原,糖原发生分解生成乳酸,使得牡蛎肉的pH值下降,之后牡蛎肉中的蛋白质逐渐分解,生成胺类物质,导致pH值逐渐增大^[17]。而Bo+Ca组的pH值不断下降,可能与牡蛎肉表面柠檬酸的不不断渗入有关。

2.5 TBARs值

表3 不同处理方式牡蛎肉在4℃贮藏中的TBARs (mg MDA/kg)值变化

贮藏时间/d	CK组	Bo组	Bo+Ca组
0	1.68±0.02 ^a	2.84±0.42 ^a	1.98±0.31 ^a
3	2.26±0.26 ^b		
6	2.67±0.19 ^c	5.79±0.07 ^{cd}	4.29±0.33 ^b
9	2.81±0.08 ^c	6.35±0.69 ^d	
12	3.03±0.31 ^c	5.66±0.30 ^{cd}	5.46±0.08 ^d
15	3.39±0.17 ^d	5.19±0.25 ^c	
18		4.03±0.13 ^b	4.84±0.11 ^c
21			4.49±0.13 ^{bc}
24			4.15±0.23 ^b

硫代巴比妥酸值(TBARs)是判断水产品脂肪氧化程度的重要指标。不同处理方式牡蛎肉在冷藏过程中的TBARs值变化如表3所示。在贮藏0 d, Bo和Bo+Ca组的TBARs值均高于CK组($P<0.05$), Bo组的TBARs值显著高于Bo+Ca组($P<0.05$)。随着贮藏时间延长,CK组、Bo和Bo+Ca组的TBARs值呈增加趋势。其中, Bo组的TBARs值显著增加,并在贮藏第9天达到6.35 mg/kg,含量超过Bo+Ca和CK组。轻度热处理牡蛎肉TBARs值的显著增加可能与脂肪受热氧化直接相关,加热处理导致



牡蛎不饱和脂肪酸氧化, TBARS值升高。朱军莉等^[18]采用0.15%茶多酚及0.05%茶多酚复合5 mmol/L柠檬酸处理秘鲁鱿鱼丝发现, 茶多酚及复合柠檬酸处理能够延缓鱿鱼丝在贮藏过程中的脂肪氧化, 改善鱿鱼丝在贮藏过程中的品质变化。因此, 柠檬酸浸泡能够降低贮藏过程中牡蛎肉的脂肪氧化程度, 降低TBARS值。

2.6 菌落总数

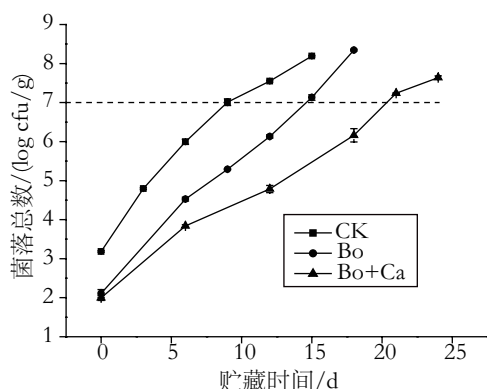


图4 不同处理方式牡蛎肉在4℃贮藏中的菌落总数变化

在贮藏过程中, 水产品中的营养物质被其体内的酶转化成小分子物质, 促进微生物生长, 通常把菌落总数7 log cfu/g^[19]作为劣变界限。不同处理方式牡蛎肉在冷藏过程中的菌落总数变化情况如图4所示。在贮藏0 d, 与CK组(3.19 log cfu/g)相比, Bo和Bo+Ca组(2.11 log cfu/g和2.10 log cfu/g)的菌落总数均减少了约1 log cfu/g, 这可能是由于加热处理能杀灭细菌或者影响细菌体内酶的活性, 进而影响代谢, 导致其繁殖缓慢^[9]。CK组的菌落总数在贮藏第9天后为7.01 log cfu/g, 而Bo(7.13 log cfu/g)和Bo+Ca(7.24 log cfu/g)组分别在贮藏的第15天和第21天达到限值。李栋^[20]以柠檬酸为保鲜剂处理冷鲜猪肉发现, 2%和3%柠檬酸处理组在冷藏的第10天低于7 log cfu/g, 这可能是由于牡蛎肉表面的柠檬酸进入体内改变细菌生长的酸碱环境, 抑制菌落总数的增长。因此, 牡蛎肉经过加热处理能够有效杀灭微生物; 同时, 柠檬酸浸泡能够增强灭菌效果。

综合评定发现, CK、Bo和Bo+Ca组的货架期分别为9、15 d和21 d。

2.7 电子鼻分析

图5是不同处理方式牡蛎肉在冷藏过程中的电子鼻PCA分析结果, 图中每个椭圆代表各组样品

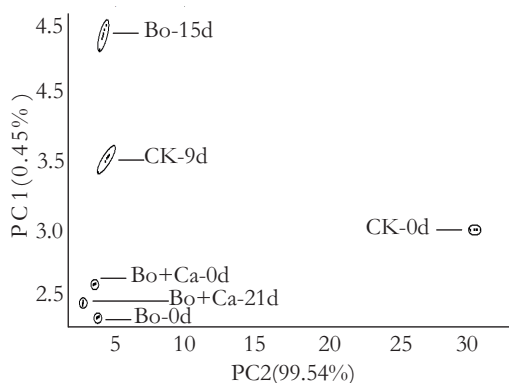


图5 电子鼻主成分分析图

的数据采集点。经分析可得, PC1、PC2的方差贡献率分别为99.54%和0.45%, PC1、PC2的总贡献率为99.99%, 所以电子鼻可用于区分CK组、Bo和Bo+Ca组的气味。各组样品在PCA分析图中呈现一定的聚类特性, CK-0d、Bo-0d和Bo+Ca-0d分布在不同的位置, 说明不同处理方式牡蛎肉的气味发生了明显变化。

与贮藏CK-0d对比, CK-9d在第一主成分的贡献率下降。而与贮藏Bo-0d对比, Bo-15d在第二主成分的贡献率上升。Bo+Ca-0d和Bo+Ca-21d在PCA分析图上相距较近, 说明在贮藏过程中, 与CK和Bo组对比, Bo+Ca组的气味变化较小。

Discrimination Power	CK-0d	CK-9d	Bo-0d	Bo-15d	Bo+Ca-0d	Bo+Ca-21d
CK-0d	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
CK-9d	1.000	0.967	0.998	0.943	0.968	0.968
Bo-0d	1.000	0.967	0.997	0.956	0.994	0.994
Bo-15d	1.000	0.998	0.997	0.994	0.993	0.993
Bo+Ca-0d	1.000	0.943	0.956	0.994	0.994	0.994
Bo+Ca-21d	1.000	0.968	0.994	0.993	0.994	0.994

图6 PCA分析的识别度

图6为PCA分析的识别度(差异度, 取值范围为0~1), 从图中可以看出, Bo+Ca-0d和Bo+Ca-21d的差异度较小, 可见, 轻度热处理结合柠檬酸浸泡牡蛎肉在贮藏过程中能够较好地保持其气味。

3 结论

实验研究了轻度热处理对牡蛎肉在冷藏过程中品质变化的影响, 发现轻度热处理牡蛎肉可以改善牡蛎肉贮藏过程中品质的变化, 降低牡蛎肉的pH值, 从而有效降低牡蛎肉的TVB-N和菌落总数的生成。轻度热处理结合柠檬酸浸泡牡蛎肉在贮藏过程中具有差异度小、气味变化小的特点。综上考虑, 轻度热处理结合柠檬酸浸泡牡蛎肉可以延长牡蛎肉的货架期至21 d, 并在贮藏过程中

能够较好地维持其感官品质。

参考文献:

- [1] 穆欣,周苗苗,任蓁,等.药食同源物品中5种抗高血压病中药的研究进展[J].中国医药导报,2016,13(14):29-32.
- [2] Tran N K, Kwon, et al. *Crassostrea gigas* oyster shell extract inhibits lipogenesis via suppression of serine palmitoyltransferase[J]. Natural product communications, 2015,10(2):349-352.
- [3] DePaola A, Jones, et al. Survey of postharvest-processed oysters in the United States for levels of *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*[J]. J Food Prot,2009,72:2110-2113.
- [4] Lekjing S, Karrila S, Siripongvutikorn S. Thermal Inactivation of *Listeria monocytogenes* in Whole Oysters (*Crassostrea belcheri*) and Pasteurization Effects on Meat Quality[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology,2017,26(9).
- [5] Azandégbé A, Poly F, Andrieux-Loyer, et al. Influence of oyster culture on biogeochemistry and bacterial community structure at the sediment-water interface[J]. FEMS microbiology ecology,2012,82(1):102-117.
- [6] 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.
- [7] 曹荣.太平洋牡蛎在冷藏和冻藏过程中细菌菌相及品质变化[D].青岛:中国海洋大学,2006.
- [8] 赵峰,袁超,刘远平,等.超高压处理对牡蛎(*Crassostrea gigas*)杀菌及贮藏品质的影响[J].渔业科学进展,2016,37(5):157-161.
- [9] Chouhan A, Kaur B P, Rao P S. Effect of high pressure processing and thermal treatment on quality of hilsa (*Tenualosa ilisha*) fillets during refrigerated storage[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies,2015,29:151-160.
- [10] Goulas A E, Kontominas M G. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes[J]. Food chemistry,2005,93(3):511-520.
- [11] Kirk S, Sawyer R. Pearson's composition and analysis of foods (No.Ed.9)[J]. Longman Group Ltd,1991.
- [12] 何瑞琪,符小燕,郭善广,等.柠檬酸对冰鲜鸡保鲜效果研究[C].中国肉类科技大会,2010.
- [13] Mohan C O, Ravishankar C N, Lalitha K V, et al. Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage[J]. Food Hydrocolloids,2012,26(1):167-174.
- [14] Maqsood S, Abushelaibi A, Manheem K, et al. Characterisation of the lipid and protein fraction of fresh camel meat and the associated changes during refrigerated storage[J]. Journal of Food Composition and Analysis,2015,41:212-220.
- [15] Cao Rong, Liu Qi, Yin B-Z, et al. Combined effect of ozonated water and chitosan on the shelf-life of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*)[J]. Innovative Food Science&Emerging Technologies,2010,11(1):108-112.
- [16] Li D, Zhang J, Song S, et al. Influence of heat processing on the volatile organic compounds and microbial diversity of salted and vacuum-packaged silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during storage[J]. Food Microbiology,2018,72:73.
- [17] Abdollahi M, Rezaei M, Farzi G. Influence of chitosan/clay functional bionanocomposite activated with rosemary essential oil on the shelf life of fresh silver carp[J]. International journal of food science & technology,2014,49(3):811-818.
- [18] 朱军莉,孙丽霞,董靓靓,等.茶多酚复合柠檬酸和氯化钙对秘鲁鱿鱼丝贮藏品质的影响[J].茶叶科学,2013,33(4):377-385.
- [19] Kim Y M, Paik H D, Lee D S. Shelf-life characteristics of fresh oysters and ground beef as affected by bacteriocin-coated plastic packaging film[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2002,82(9):998-1002.
- [20] 李栋.柠檬酸对冷鲜猪肉保鲜效果的研究[J].吕梁学院学报,2016,6(2):39-41.