

# 真空包装牡蛎肉在冷藏和冻藏过程中的品质变化

牛改改<sup>1</sup>, 游刚<sup>1\*</sup>, 张晨晓<sup>1</sup>, 宁毅<sup>2</sup>, 蔡秋杏<sup>1</sup>, 贾真<sup>1</sup>, 郭德军<sup>1</sup>

(1. 北部湾大学 食品工程学院, 钦州市特色果蔬发酵重点实验室, 广西高校北部湾特色海产品资源开发与高值化利用重点实验室, 广西 钦州 535011; 2. 钦州市科学技术情报研究所, 广西 钦州 535000)

**摘要:**为研究真空包装牡蛎肉在4℃冷藏和-18℃冻藏过程中品质的变化规律,以感官评分、白度、亮度 $L^*$ 、蒸煮损失率、pH值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、菌落总数为评价指标,分析其新鲜度。结果表明:真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏贮藏条件下,感官评分、白度和 $L^*$ 均随贮藏时间的延长而降低,其中冻藏牡蛎肉的变化趋势较缓慢;TVB-N值随着贮藏时间的延长而升高,且冷藏组显著高于冻藏组( $p < 0.05$ )。TBA值和pH值均不能独立反映牡蛎的新鲜度,需结合其它指标对牡蛎品质进行综合评价。冷藏牡蛎肉的菌落总数随贮藏时间延长而增加,冻藏组随贮藏时间延长而减少。相关性分析表明,除pH值外,其它检测指标均可作为冷藏、冻藏牡蛎肉新鲜度评价的有效指标。

**关键词:**牡蛎;真空包装;冷藏;冻藏;品质

## Quality Changes of Vacuum-packed Oyster Meat during Cold and Frozen Storage

NIU Gai-gai<sup>1</sup>, YOU Gang<sup>1\*</sup>, ZHANG Chen-xiao<sup>1</sup>, NING Yi<sup>2</sup>, CAI Qiu-xing<sup>1</sup>, JIA Zhen<sup>1</sup>, GUO De-jun<sup>1</sup>

(1. College of Food Engineering, Beibu Gulf University, Qinzhou Key Laboratory of Characteristic Fruits and Vegetables Fermentation, Guangxi Colleges and Universities Key Laboratory of Development and High-value Utilization of Beibu Gulf Seafood Resources, Qinzhou 535011, Guangxi, China; 2. Scientific and Technical Information Institution of Qinzhou City, Qinzhou 535000, Guangxi, China)

**Abstract:** In order to study the quality changes of vacuum-packed fresh oyster meat stored at 4 °C (cold storage group) and -18 °C (frozen storage group), several evaluation indicators in terms of sensory score, whiteness, brightness  $L^*$ , cooking loss rate, pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N), thibaburic acid (TBA) value and total bacterial count were used to assess the freshness changes. Results showed that the sensory score, whiteness and  $L^*$  of vacuum packaged oyster meat stored at 4 °C and -18 °C decreased with the prolongation of storage time, with the frozen storage group changing slowly. TVB-N of oyster meat increased with the prolongation of storage time at both temperatures, showed significantly higher values in refrigerated group than that in frozen group. The TBA and pH used to evaluate quality changes of oyster needed to combine other indexes as they couldn't independently reflect the freshness changes of oysters. Total bacterial count of oyster meat increased at 4 °C, but decreased at -18 °C with prolongation of storage time. The correlation analysis showed that all indicators except for pH could be used as effective indexes to evaluate the freshness of oyster meat by cold and frozen storage.

**Key words:** oyster; vacuum packing; cold storage; frozen storage; quality

基金项目:广西高校中青年骨干教师基础能力提升项目(2017KY0810、2017KY0801);广西自然科学基金项目(2016GXNSFDA380009);北部湾大学校级科研项目(2018KYQD59);广西自然科学基金青年基金项目(2018GXNSFBA294015)

作者简介:牛改改(1989—),女(汉),讲师,硕士,研究方向:水产品加工与利用。

\*通信作者:游刚(1989—),男(汉),讲师,博士,研究方向:水产品加工与利用。

引文格式:

牛改改,游刚,张晨晓,等.真空包装牡蛎肉在冷藏和冻藏过程中的品质变化[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

牡蛎(oyster)因富含蛋白质,有“海洋牛奶”之称。目前市场上销售的牡蛎以开壳牡蛎肉为主,牡蛎肉开壳后易破肚、滋生微生物、色泽变暗发生腐败变质,直接影响销售。低温保鲜可有效抑制水产品肌肉组织中内源酶的活性和表面微生物的生长繁殖<sup>[1]</sup>,其中冷藏与冻藏技术在水产品保鲜中应用较多。

冷藏是低温保鲜中应用最广泛的技术,但不能将微生物完全抑制,货架期较短,难以满足长途运输与大规模生产的需要<sup>[2]</sup>。冻藏保鲜是将水产品的中心温度降至-10℃以下,组织内约80%水分被冻结<sup>[3-4]</sup>。冻藏环境可有效降低水产品内的化学和生化反应,阻碍微生物的生长代谢,减缓食品的劣变,延长货架期。因此冻藏保鲜可以较长时间保持水产品的感官品质和营养价值,广泛应用于水产品的保鲜、加工、运输和销售中。

目前关于低温贮藏对水产品品质影响的研究较多,如周果等<sup>[5]</sup>研究了鲜活梭子蟹在4℃海水冷藏过程中营养物质的变化规律;佟懿等<sup>[6]</sup>研究了不同贮藏温度下鲜带鱼的品质变化,并建立了菌落总数、总挥发性盐基氮和鲜度指标(K值)与贮藏时间及贮藏温度之间的动力学模型。KACHELE等<sup>[7]</sup>研究了真空包装鲢鱼在4℃冷藏条件下品质的变化规律,结果显示30kPa的真空包装与4℃的冷藏环境相结合,可显著减少鲢鱼肉的菌落总数、延缓了脂质氧化、改善感官特性、延长保质期。曹荣<sup>[8]</sup>分别研究了太平洋牡蛎在冷藏(0、5、10℃)过程中感官评分、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)、细菌总数的变化情况,在微冻(-3℃)与冻藏(-20℃)过程中细菌菌相的变化情况,侧重于牡蛎肉初始菌相与贮藏过程中细菌菌相的变化,但没有系统地对比分析不同贮藏条件下牡蛎肉鲜度评价指标的变化情况。

本试验以感官评分、白度、亮度 $L^*$ 、蒸煮损失率、pH值、TVB-N、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值和菌落总数为鲜度评价指标,研究真空包装牡蛎肉在4℃冷藏、-18℃冻藏过程中品质的变化规律,通过相关性分析,研究牡蛎肉品质评价指标之间的相关性,以期在生产、贮藏、运输和销售过程中牡蛎肉品质监控提供一定的理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

去壳新鲜近江牡蛎[个体大小相近,每个质量(60±5)g,初始含水率为(78.27±1.50)%]:钦州市东风市场;2-硫代巴比妥酸:南京奥多福尼生物科技有限公司;平板计数琼脂:宿迁华夏生化科技有限公司;1,1,3,3-四乙氧基丙烷:上海阿拉丁生化科技股份有限公司;浓盐酸、硼酸、氧化镁、三氯乙酸(分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

pH计(ST3100):奥豪斯仪器(常州)有限公司;全自动凯氏定氮仪(KN580):济南阿尔瓦仪器有限公司;色差仪(NR110):深圳市三恩驰科技有限公司;紫外-可见分光光度计(Evolution201):赛默飞世尔科技(中国)有限公司;恒温培养箱(GALLI):德国赫尔纳(大连)公司;立式压力蒸汽灭菌器(SQ510C):重庆雅马拓科技有限公司;真空包装机(XT-500D):上海星田机械有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 牡蛎预处理

新鲜去壳牡蛎用无菌水清洗干净后,用无菌蒸煮袋真空包装(每袋10个~20个)。将真空包装牡蛎随机均分为2组,一组4℃冷藏,另一组先于-35℃速冻后-18℃冻藏。定期取2袋样品进行各指标的测定,其中冻藏样品在测定指标前采用流水迅速解冻。测定时间分别为:冷藏(第3、6、9、12、15、18、21天),冻藏(第3、6、9、15、21、27、45、75、78天),以新鲜样品为对照。

#### 1.2.2 感官评定

牡蛎肉的感官评定标准<sup>[9]</sup>如表1所示。经过筛选、培训且具有感官评定经验的10名评价员(5男5女,年龄21岁~24岁,食品专业本科生)分别对牡蛎的色泽、气味和组织状态进行评定,采取3位数随机编码样品,同一样品编3个不同号码,保证评价员在3次重复试验中拿到的样品编号不重复,且以随机顺序呈送送行感官评分。

#### 1.2.3 色泽的测定

采用色差仪测定冷藏牡蛎与解冻后冻藏牡蛎的色泽参数:亮度 $L^*$ 、红绿值 $a^*$ (负值为绿色,正值为红色)、黄蓝值 $b^*$ (负值为蓝色,正值为黄色)和白度(牡蛎

表1 牡蛎肉的感官评价标准

感官评分	色泽(10分)	气味(10分)	组织状态(10分)
9~10	呈乳白色或奶白色,富有光泽	具有牡蛎应有的气味,无异味	稍压牡蛎,明显凹陷,放手则迅速恢复原状,肉质结实
6~8	略呈淡黄色,色泽稍有暗淡	具有牡蛎应有的气味	稍压牡蛎,明显凹陷,放手则较慢恢复原状,肉质较结实
3~5	略呈乳黄色,色泽暗淡	牡蛎应有气味较淡,稍带腥味	稍压牡蛎,明显凹陷,放手不能完全恢复原状,肉质绵软
0~2	呈黄色或黄褐色,无光泽	牡蛎应有气味无,腥味明显	稍压牡蛎,明显凹陷,放手不能恢复原状,肉质趋于糊状

肉表面白色的程度),其中白度的计算公式<sup>[10]</sup>见式(1),结果以3次测定的平均值表示。

$$\text{白度} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (1)$$

#### 1.2.4 蒸煮损失率的测定

参考文献[11]的方法,并稍作修改。用吸水纸吸去冷藏牡蛎与解冻后冻藏牡蛎表面的水分,称其质量为  $m_1$ (g),放入蒸煮锅中蒸煮5 min后,冷却至室温( $20 \pm 2$ ) $^{\circ}\text{C}$ ,擦去表面游离水,称重为  $m_2$ (g),蒸煮损失率的计算公式见式(2)。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

#### 1.2.5 pH值的测定

参照 GB 5009.237-2016《食品安全国家标准 食品 pH值的测定》和 SUKRIYE 等<sup>[12]</sup>的方法,并稍作修改。称取 10.00 g 绞碎的牡蛎肉,加入 100 mL 新煮沸后冷却的水,摇匀静置 30 min 后离心,取 50 mL 上清液于 100 mL 烧杯中,用 pH 计测定。

#### 1.2.6 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)的测定

根据 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》中的自动凯氏定氮仪法进行测定。

#### 1.2.7 硫代巴比妥酸(thiobarbituric Acid, TBA)值的测定

参考 GOMES 等<sup>[13]</sup>的方法,并略微改进。称取 10.00 g 绞碎的牡蛎肉,分别加入蒸馏水与 5% 三氯乙酸各 25 mL,摇匀,静置 30 min 后过滤,滤液用 5% 三氯乙酸定容至 50 mL。分别取 5 mL 定容液和 TBA 溶液混合均匀,于 80  $^{\circ}\text{C}$  下水浴 40 min,冷却,在 532 nm 处测定吸光值。TBA 值用丙二醛(malondialdehyde, MDA)的质量分数表示,单位为 mg MDA/kg 牡蛎肉。

#### 1.2.8 菌落总数的测定

依据 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微

生物学检验 菌落总数的测定》测定样品中的菌落总数。

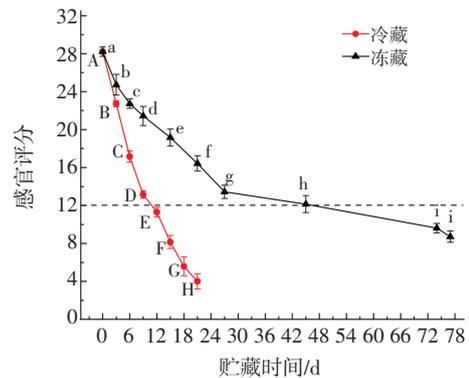
### 1.3 数据处理

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析、相关性分析,统计值使用平均值 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示;采用 Duncan 多重比较进行差异显著性分析, $p < 0.05$  表示差异显著, $p < 0.01$  表示差异极显著;采用 origin 9.0 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 感官评分的变化

感官分析被广泛应用于水产品新鲜度的评价,虽具有一定的主观因素,但对于牡蛎品质的综合评价有一定的参考价值。真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中感官评分的变化见图 1。



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

图1 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中感官评分的变化

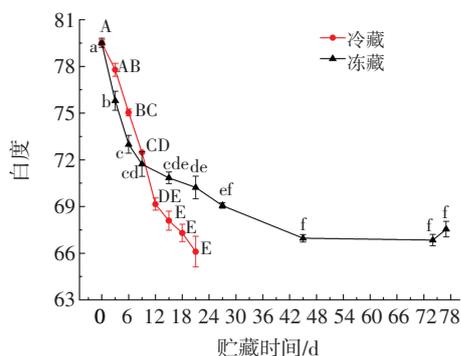
Fig.1 Changes in sensory scores of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage

由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,冷藏与冻藏牡蛎肉的感官评分均呈显著降低趋势( $p < 0.05$ ),其中冷藏组牡蛎肉品质的下降速度显著高于冻藏组( $p < 0.05$ )。新鲜牡蛎肉呈乳白色,牡蛎特有的鲜味明显,肉质结实有弹性,感官评分为 28.2 分,接近满分;当感官评分低于 12 分时,牡蛎肉略呈乳黄色,色泽变暗,开始产生异味,且肉质绵软,说明牡蛎肉开始腐败变质,被认为感官不可接受;在贮藏期内,冷藏与冻藏试验数据经过线性拟合后,感官评分与贮藏时间的线性回归方程分别为: $y = -1.127x + 25.613, R^2 = 0.952, p < 0.01$ ;  $y = -0.215x + 23.607, R^2 = 0.825, p < 0.01$ ;以 12 分作为感官可接受的最低分值,代入公式,近似得出冷藏、冻藏牡蛎肉的货架期分别为 12.1 d 和 54.0 d,说明冻藏与冷藏相比可将真空包装牡蛎肉的保质期延长 41.9 d。

### 2.2 色泽的变化

色泽参数是反映牡蛎肉腐败变质的重要指标。牡蛎生长过程中摄食的藻类植物富含红色胡萝卜素,在贮藏过程中由于细菌和自身酶的作用,牡蛎肉腐败变

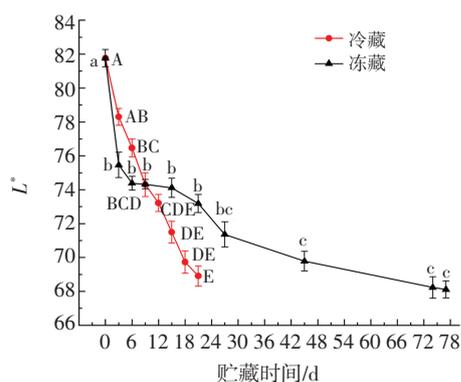
质,组织崩溃,体内的红色胡萝卜素从蛋白质复合体渗出,使肉体呈黄色<sup>[4]</sup>。真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中白度和 $L^*$ 的变化见图2~图3。



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

图2 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中白度的变化

Fig.2 Changes in whiteness of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

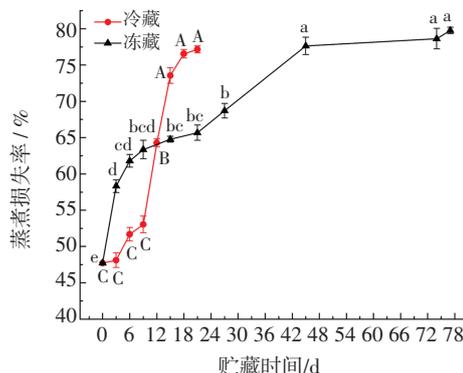
图3 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中 $L^*$ 的变化

Fig.3 Changes in  $L^*$  of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage

由图2~图3可知,随着贮藏时间的延长,冷藏/冻藏牡蛎肉的白度和 $L^*$ 均呈下降趋势,说明贮藏过程中牡蛎肉腐败变质,汁液流失,色泽变暗<sup>[10]</sup>;HWANG等<sup>[15]</sup>的研究表明色泽参数亦受光学特性、蛋白质变性、聚合及交联程度、凝胶成分等影响。冷藏牡蛎肉每3 d的白度值和 $L^*$ 均差异不显著( $p > 0.05$ ),而冻藏牡蛎肉的白度值在前6 d差异显著( $p < 0.05$ ),6 d后每3 d的白度值差异不显著( $p > 0.05$ )。在贮藏初期(0~9 d),冷藏牡蛎肉的白度与 $L^*$ 均大于冻藏组,但差异不显著( $p > 0.05$ ),这可能是由于冻藏牡蛎解冻引起的色泽变暗;贮藏后期(9 d后),冻藏牡蛎白度与 $L^*$ 均显著大于冷藏组( $p < 0.05$ ),说明牡蛎肉在4℃冷藏条件下牡蛎肉的腐败速率较大,色泽变化较快,远远大于冻藏及解冻引起的色泽变化。

### 2.3 蒸煮损失率的变化

蒸煮损失率指肉质在蒸煮过程中由于水分损失等原因而发生的质量减少量,可用于牡蛎肉的新鲜度评价。真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中蒸煮损失率的变化见图4。



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

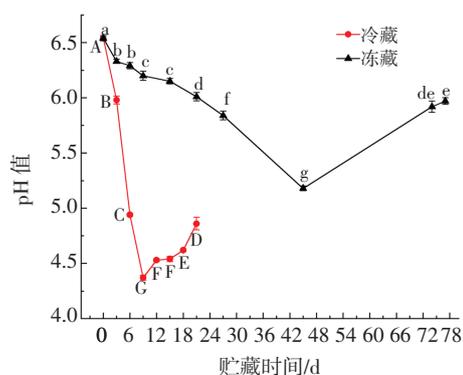
图4 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中蒸煮损失率的变化

Fig.4 Changes in cooking loss rate of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage

由图4可知,冷藏、冻藏牡蛎肉的蒸煮损失率随着贮藏时间的延长而增大,冻藏组增长趋势相对较缓。在贮藏初期(0~9 d),冻藏牡蛎肉的蒸煮损失率显著大于冷藏组( $p < 0.05$ ),这是由于冻藏牡蛎体内产生的冰晶对其肌肉组织造成了损伤,蛋白质冷冻变性,对水分的束缚力降低,使得蒸煮过程中水分损失增多<sup>[16]</sup>。在贮藏后期(12 d后),冷藏牡蛎肉的蒸煮损失率显著大于冻藏组( $p < 0.05$ ),这可能是由于4℃冷藏牡蛎肉腐败变质的速度较快,蛋白质降解,肉质绵软,蒸煮引起的水分损失量远远大于冻藏组蛋白质冷冻变性引起的减少量。

### 2.4 pH值的变化

真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中pH值的变化见图5。



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

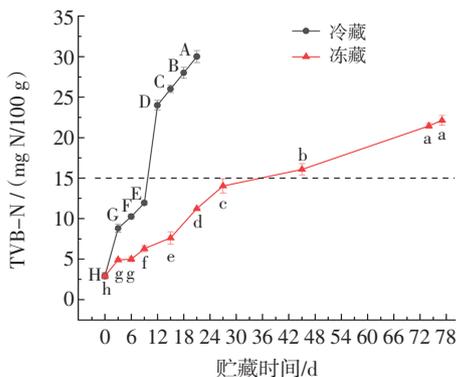
图5 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中pH值的变化

Fig.5 Changes in pH of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage

由图 5 可知,冷藏、冻藏组牡蛎肉的 pH 值均随着贮藏时间的延长先降低后升高,呈“V”字型,CRUZ-ROMERO 等<sup>[17]</sup>的研究结果显示牡蛎肉的 pH 值在 2 ℃贮藏过程中先减小后增加,与本研究 pH 值的变化规律一致;这主要是由于在贮藏初期,牡蛎体内的糖原和三磷酸腺苷(denosine triphosphate, ATP)降解生成乳酸和磷酸等酸性物质,使 pH 值降低,随着贮藏时间延长,微生物大量繁殖,蛋白质被分解为氨、三甲胺、组胺等碱性物质,pH 值升高<sup>[18]</sup>。新鲜牡蛎的初始 pH 值为 6.54, Rong 等<sup>[19]</sup>的研究测出新鲜牡蛎的 pH 值为 6.30±0.12,与本研究结果相近。随着贮藏时间的延长,冷藏/冻藏组 pH 值均显著降低( $p < 0.05$ ),冷藏牡蛎在第 9 天降到最低值 4.37,显著低于冻藏组(第 45 天)pH 值的最低值 5.18( $p < 0.05$ );随后又显著升高( $p < 0.05$ ),说明冻藏可明显减缓 pH 值的变化速率,有效延缓牡蛎肉的腐败变质。但是单一的 pH 值不能反映牡蛎的新鲜度,需结合其它指标对牡蛎品质进行综合评价,因为不能确定所测 pH 值是下降阶段的值还是上升阶段的值。

## 2.5 挥发性盐基氮的变化

TVB-N 主要指的是腐败微生物分解蛋白质而产生的氨以及胺类等碱性含氮化合物。真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中 TVB-N 的变化见图 6。



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

图 6 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中 TVB-N 的变化

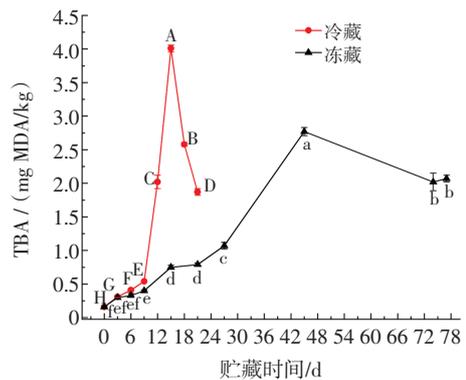
Fig.6 Changes in TVB-N of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage

由图 6 可知,新鲜牡蛎的 TVB-N 值为 2.925 mg N/100 g,随着贮藏时间的延长,冷藏与冻藏牡蛎的 TVB-N 值均显著增加( $p < 0.05$ ),冻藏组的增加速度缓慢,在相同贮藏期内,冷藏牡蛎肉的 TVB-N 值均显著大于冻藏组( $p < 0.05$ )。对数据进行线性拟合发现,牡蛎肉的 TVB-N 值与贮藏时间呈极显著正相关,姜杨等<sup>[20]</sup>的研究发现草鱼的 TVB-N 含量与贮藏时间呈显著正相关,支持了本研究结果。根据 GB 2733-2015《食品安

国家标准 鲜、冻动物性水产品》,冷冻贝类的 TVB-N 值应不大于限量值 15 mg/100 g;冷藏组在 9 d 时的 TVB-N 值为 11.935 mg/100 g,接近限量值,冻藏组在 27 d 的 TVB-N 值为 14.035 mg/100 g,45 d 的 TVB-N 值为 16.085 mg/100 g,超出限量值,牡蛎已经开始腐败变质。冻藏组产生的 TVB-N 较冷藏组少,这可能是由于冻藏的低温环境抑制微生物繁殖代谢,降低了细菌对非蛋白氮化合物氧化脱氨的能力;此外,蛋白质在冻藏条件下发生冷冻变性,阻碍了蛋白质中含氮物质的释放<sup>[1]</sup>。

## 2.6 TBA 值的变化

食品中不饱和脂肪酸氧化降解产物丙二醛与 TBA 反应可生成稳定的红色化合物,因此 TBA 值可反映水产品脂类物质氧化程度;TBA 值越大,脂肪氧化程度就越高,产生的醛、酮、酸等小分子物质越多,水产品腐败变质越严重<sup>[2]</sup>。真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中 TBA 值的变化见图 7。



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

图 7 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中 TBA 值的变化

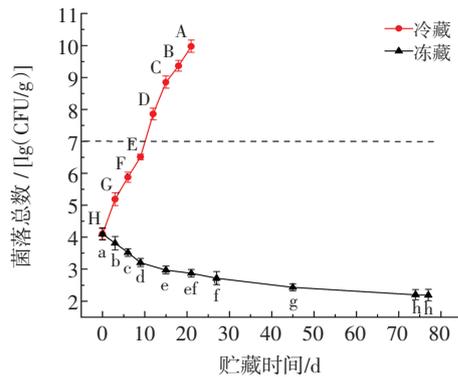
Fig.7 Changes in TBA value of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage

由图 7 可知,随着贮藏时间的延长,冷藏与冻藏牡蛎肉的 TBA 值均呈先增加后减小的趋势,马超峰<sup>[21]</sup>发现冻藏罗非鱼片在贮藏期内 TBA 值先升高后降低,与本研究结果一致;这是由于在贮藏初期脂肪氧化产生大量的醛类物质,使 TBA 值增加,在贮藏后期,部分醛类物质被分解而含量降低,进而 TBA 值减小。牡蛎肉的初始 TBA 值为 0.16 mg MDA/kg,在贮藏初期(0~9 d),冷藏组的 TBA 值与冻藏组差异不显著( $p > 0.05$ ),贮藏 9 d 后,冷藏组的 TBA 值显著大于冻藏组( $p < 0.05$ ),在贮藏 15 d 时,冷藏牡蛎肉的 TBA 值达到最大 4.01 mg MDA/kg,冻藏组在贮藏 45 d 时最大为 2.77 mg MDA/kg,显著小于冷藏组( $p < 0.05$ ),说明冷冻低温保藏可有效延缓且降低脂肪氧化程度。TBA 值的可接受限值是 2 mg MDA/kg<sup>[22]</sup>,又有文献结果表明

TBA 值达到 1 mg MDA/kg~2 mg MDA/kg 时鱼肉便产生难以接受的气味<sup>[23]</sup>;因此,TBA 值的限定范围与样品的种类、营养组成、组织状态等相关。此外,AUBOURG<sup>[24]</sup>的研究表明 TBA 值不能准确反应脂肪氧化程度,因为丙二醛也能与食品中的核苷酸、胺类、蛋白质等发生反应。由于牡蛎肉在贮藏期内 TBA 值先增加后减小,无法准确判断牡蛎的新鲜度。

### 2.7 菌落总数的变化

菌落总数可以直接反映水产品的腐败变质情况,作为牡蛎新鲜度评价的重要指标。真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中菌落总数的变化见图 8。



图中标注不同大写或小写字母表示同组数据间差异显著( $p < 0.05$ )。

图 8 真空包装牡蛎肉在冷藏与冻藏过程中菌落总数的变化

Fig.8 Changes in colony count of vacuum-packed oyster meat during cold storage and frozen storage

由图 8 可知,冷藏条件下,牡蛎肉中菌落总数随着贮藏时间的延长显著增加( $p < 0.05$ );李龙飞等<sup>[25]</sup>的研究发现牡蛎肉在 4 °C 条件下菌落总数随贮藏时间延长逐渐增加,支持了本研究结果。冻藏条件下,牡蛎肉的菌落总数呈下降趋势,贮藏初期下降趋势明显,后期趋于缓和,这是由于冻藏初期部分菌株在低温环境中不生长甚至死亡,引起细菌总数快速减少,随着贮藏

时间的延长,一些耐受低温的菌株适应了低温环境,但不能生长繁殖,造成菌落总数趋于稳定<sup>[26]</sup>;曹荣<sup>[8]</sup>的研究显示太平洋牡蛎肉菌落总数在-20 °C 冻藏条件下的变化趋势与本研究结果相似,但菌落总数数据上存在一定的差异,这可能与牡蛎原料的品种、产地和初始菌数等相关。SONGSAENG 等<sup>[27]</sup>的研究表明牡蛎肉在-20 °C 冻藏 12 个月过程中,菌落总数一直呈下降趋势,与本研究结果一致。在相同贮藏期内,冷藏牡蛎肉的菌落总数均显著大于冻藏的菌落总数( $p < 0.05$ ),说明 4 °C 条件下微生物繁殖代谢较快。新鲜牡蛎的菌落总数为 4.10 lg (CFU/g),SONGSAENG 等<sup>[27]</sup>的研究与本结果相近。KIM 等<sup>[28]</sup>认为牡蛎肉的可接受菌落总数限值是 7 lg (CFU/g),冷藏 9 d 时牡蛎肉菌落总数为 6.51 lg (CFU/g),接近限定值;冻藏牡蛎在整个贮藏期内(0~78 d),菌落总数均不超过 7 lg (CFU/g),说明-18 °C 冻藏条件可有效抑制微生物的生长代谢,这可能是由于冷冻环境减弱了微生物细胞膜的流动性,降低了其物质代谢速率<sup>[29]</sup>。对数据进行线性拟合发现,冷藏牡蛎肉的菌落总数与贮藏时间呈极显著正相关( $p < 0.01$ ),冻藏牡蛎肉的菌落总数与贮藏时间呈极显著负相关( $p < 0.01$ )。

### 2.8 冷藏/冻藏期间各理化指标之间的相关性分析

牡蛎在冷藏/冻藏期间,各指标间的相关系数见表 2~表 3。

由表 2 可知,4 °C 冷藏期间,贮藏时间与感官评分、白度和  $L^*$  均呈极显著负相关,与蒸煮损失率、菌落总数和 TVB-N 均呈极显著正相关,这与前文研究结果相吻合;贮藏时间与 pH 值呈显著负相关,与 TBA 呈显著正相关;其中菌落总数与贮藏时间的相关性最大(相关系数  $r = 0.995$ ),其次为  $L^*$ 、白度、感官评分、TVB-N、蒸煮损失率、TBA 和 pH 值;姜杨等<sup>[20]</sup>的研究

表 2 牡蛎在 4 °C 冷藏期间各指标之间的 Pearson 相关系数

Table 2 Pearson correlation coefficients of evaluation indexes of oyster meat stored at 4 °C

指标	贮藏时间	感官评分	白度	$L^*$	蒸煮损失率	pH 值	菌落总数	TVB-N	TBA
贮藏时间	1.000	-0.972**	-0.981**	-0.987**	0.962**	-0.728*	0.995**	0.970**	0.756*
感官评分		1.000	0.985**	0.993**	-0.900**	0.868**	-0.969**	-0.941**	-0.739*
白度			1.000	0.982**	-0.948**	0.810*	-0.987**	-0.977**	-0.807*
$L^*$				1.000	-0.927**	0.811*	-0.985**	-0.957**	-0.749*
蒸煮损失率					1.000	-0.610	0.975**	0.973**	0.864**
pH 值						1.000	-0.732*	-0.699	-0.586
菌落总数							1.000	0.987**	0.811*
TVB-N								1.000	0.842**
TBA									1.000

注:\*表示显著相关( $p < 0.05$ );\*\*表示极显著相关( $p < 0.01$ )。

表3 牡蛎在-18℃冻藏期间各指标之间的Pearson相关系数

Table 3 Pearson correlation coefficients of evaluation indexes of oyster meat stored at -18℃

指标	贮藏时间	感官评分	白度	$L^*$	蒸煮损失率	pH值	菌落总数	TVB-N	TBA
贮藏时间	1.000	-0.919**	-0.800**	-0.859**	0.902**	-0.574	-0.897**	0.979**	0.869**
感官评分		1.000	0.951**	0.950**	-0.966**	0.748*	0.987**	-0.971**	-0.874**
白度			1.000	0.960**	-0.965**	0.799**	0.973**	-0.863**	-0.824**
$L^*$				1.000	-0.984**	0.725*	0.945**	-0.902**	-0.820**
蒸煮损失率					1.000	-0.777**	-0.970**	0.930**	0.897**
pH值						1.000	0.751*	-0.663*	-0.875**
菌落总数							1.000	0.919**	0.881**
TVB-N								1.000	0.883**
TBA									1.000

注:\*表示显著相关( $p < 0.05$ );\*\*表示极显著相关( $p < 0.01$ )。

结果显示草鱼冷藏过程中菌落总数与贮藏时间的相关性较其它指标大,与本研究结果一致。除pH值与蒸煮损失率、TVB-N和TBA相关性较差,均不显著外,各测定指标间均显著相关。

由表3可知,-18℃冻藏期间,贮藏时间除与pH值的相关性不显著外,与其它指标均极显著相关,其中TVB-N与贮藏时间的相关性最大(相关系数 $r = 0.979$ ),其次为感官评分、蒸煮损失率、菌落总数、TBA、 $L^*$ 和白度;其它测定指标间均两两显著相关。由此可见,冷藏与冻藏条件下,牡蛎肉的新鲜度与贮藏时间显著相关,其中菌落总数(冷藏)和TVB-N(冻藏)可作为牡蛎肉评价的主要指标。pH值与鲜度评价指标的相关性较差,其它检测指标之间均显著相关;试验研究的指标(pH值除外)均可用于牡蛎新鲜度评价。

### 3 结论

真空包装牡蛎肉在4℃与-18℃贮藏条件下感官评分、白度和 $L^*$ 均随贮藏时间的延长而降低,冻藏牡蛎肉的变化趋势较缓;冷藏/冻藏牡蛎肉感官评分与贮藏时间的线性拟合结果估算其货架期分别为12.1d和54.0d,冻藏与冷藏相比可将真空包装牡蛎肉的保质期延长41.9d。TVB-N值随着贮藏时间的延长而升高,冷藏组数据均显著大于冻藏组( $p < 0.05$ )。冷藏/冻藏牡蛎肉的TBA值均随贮藏时间的延长先增加后减小,pH值随贮藏时间的延长先减小后增加,这两个指标不能单独反映牡蛎的新鲜度,需结合其它指标对牡蛎品质进行综合评价。冷藏牡蛎肉的菌落总数随贮藏时间延长而增加,冻藏组随贮藏时间延长而减少。相关性分析显示菌落总数(冷藏)、TVB-N(冻藏)与贮藏时间的相关系数较其他指标与贮藏时间的相关系数更高,可作为牡蛎肉鲜度评价的主要指标;pH值与鲜度评价指标的相关性较差,其它检测指标(pH值除外)之间均显著

相关,可作为冷藏/冻藏牡蛎肉新鲜度评价的有效指标。

### 参考文献:

- [1] 刘明爽,李婷婷,马艳,等.真空包装鲈鱼片在冷藏与微冻贮藏过程中的新鲜度评价[J].食品科学,2016,37(2):210-213
- [2] 陈思,李婷婷,李欢,等.白鲢鱼片在冷藏和微冻条件下的鲜度和品质变化[J].食品科学,2015,36(24):297-301
- [3] He Q, Zhu L, Shen Y, et al. Evaluation of the effects of frozen storage on the microstructure of *Tilapia* (Perciformes: Cichlidae) through fractal dimension method[J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 64(2): 1283-1288
- [4] Tolstorebrov I, Eikevik T M, Bantle M. Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish[J]. International Journal of Refrigeration, 2016, 63: 37-47
- [5] 周果,崔燕,杨文鸽,等.冰温贮藏对梭子蟹品质影响及其货架期模型的建立[J].核农学报,2017,31(4):719-727
- [6] 佟懿,谢晶.鲜带鱼不同贮藏温度的货架期预测模型[J].农业工程学报,2009,25(6):301-305
- [7] Kachele R, Zhang M, Gao Z X, et al. Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4℃[J]. LWT, 2017, 80: 163-168
- [8] 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
- [9] 李锐,任彬,徐长友,等.不同保鲜方式对牡蛎品质及烹饪效果影响研究[J].食品工业,2018,39(10):75-78
- [10] 杨贤庆,张晓丽,马海霞,等.稳定态二氧化氯对罗非鱼鱼丸品质变化的影响[J].食品工业科技,2017,38(10):337-340
- [11] 曹荣,卞瑞皎,赵玲,等.解冻方式对三疣梭子蟹感官特征和理化指标的影响[J].食品安全质量检测学报,2017,8(5):1704-1708
- [12] Arashisar S, Hisar O, Kaya M, et al. Effects of modified atmosphere and vacuum packaging on microbiological and chemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 97(2): 209-214
- [13] de Azevedo Gomes H, da Silva E N, do Nascimento M R L, et al. Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechanically deboned *Gamma* irradiated

- chicken meat[J]. Food Chemistry, 2003, 80(3): 433-437
- [14] 陈慧斌,王梅英,王则金. 牡蛎贮藏品质变化及保鲜技术研究进展[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2006,27(3): 71-75, 109-110
- [15] Hwang J S, Lai K M, Hsu K C. Changes in textural and rheological properties of gels from *Tilapia* muscle proteins induced by high pressure and setting[J]. Food Chemistry, 2007, 104(2): 746-753
- [16] 宋丽丽,毛金林,陈杭君,等. 冻藏对斑点叉尾鲷鱼片蛋白质冷冻变性和肌原纤维超微结构的影响[J]. 中国食品学报, 2013,13(1): 61-67
- [17] Cruz-Romero M, Kerry J P, Kelly A L. Changes in the microbiological and physicochemical quality of high-pressure-treated oysters (*Crassostrea gigas*) during chilled storage[J]. Food Control, 2008, 19(12):1139-1147
- [18] 刘远平,史田,王富龙,等. 超高压处理对冷藏牡蛎保鲜效果及品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2016,37(15): 325-328
- [19] Cao R, Xue Ch H, Liu Q, et al. Microbiological, chemical, and sensory assessment of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) stored at different temperatures[J]. Czech Journal of Food Sciences, 2009, 27(2): 102-108
- [20] 姜杨,李婷婷,晋高伟,等. 草鱼冷藏过程中新鲜度的综合评价[J]. 食品科学, 2014,35(20): 281-285
- [21] 马超锋. 气调包装和涂膜工艺对冻藏罗非鱼片品质的影响[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2017
- [22] Wenjiao F, Yongkui Z, Pan D, et al. Effects of chitosan coating containing antioxidant of bamboo leaves on qualitative properties and shelf life of silver carp during chilled storage[J]. Czech Journal of Food Sciences, 2013, 31(5): 451-456
- [23] 丁婷,李婷婷,励建荣. 0℃冷藏三文鱼片新鲜度综合评价[J]. 中国食品学报, 2014,14(11): 252-259
- [24] Aubourg S P. Interaction of malondialdehyde with biological molecules—new trends about reactivity and significance[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2007, 28(4): 323-335
- [25] 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
- [26] 郑瑞生,王则金,童金华,等. 鲍鱼冻藏过程生化及感官指标变化研究[J]. 中国食品学报, 2012,12(11): 170-177
- [27] Songsaeng S, Sophanodora P, Kaewsrithong J, et al. Quality changes in oyster (*Crassostrea belcheri*) during frozen storage as affected by freezing and antioxidant[J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 286-290
- [28] 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
- [29] Ray M K, Seshu Kumar G, Shivaji S. Phosphorylation of membrane proteins in response to temperature in an Antarctic *Pseudomonas syringae*[J]. Microbiology, 1994, 140(12): 3217-3223

收稿日期:2019-09-26

人民有信仰，  
民族有希望，  
国家有力量。