

# 溶氧量及 pH 对太平洋牡蛎类 A 型组织血型抗原表达的影响研究

刘 萌<sup>1,2</sup>, 刘 慧<sup>2</sup>, 赵 峰<sup>2</sup>, 马玉洁<sup>2</sup>, 周德庆<sup>2\*</sup>

(1. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 青岛 266100; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋药物与生物制品功能实验室, 青岛 266071)

**摘要: 目的** 研究环境因素溶氧量及 pH 对太平洋牡蛎类 A 型组织血型抗原表达的影响。**方法** 分离提取太平洋牡蛎中的类组织血型抗原, 利用人体组织血型抗原抗体进行分型, 采用 ELISA 方法对类 A 型组织血型抗原进行检测, 计算 P/N 值, 通过人工模拟改变牡蛎养殖条件海水溶氧量及 pH, 检测太平洋牡蛎内脏及鳃中类 A 型组织血型抗原的含量变化, 分析溶氧量及 pH 对类 A 型组织血型抗原的影响。**结果** 通过对牡蛎不同组织的类组织血型抗原进行分型, 选定了牡蛎内脏及鳃中类 A 型组织血型抗原作为后续实验的主要研究型别, 人工模型实验结果显示高溶氧量利于牡蛎内脏中类 A 型组织血型抗原的表达, 高 pH 利于牡蛎鳃中类 A 型组织血型抗原的表达。**结论** 实验结果与诸如病毒疫情暴发期为冬春季节的现象吻合, 表明了诸如病毒疫情暴发的季节性与其类 A 型组织血型抗原的表达量存在一定的相关性。

**关键词:** 太平洋牡蛎; 类组织血型抗原; 溶氧量; pH; 表达变化

## Effects of dissolved oxygen and pH on the expression of A type HBGA-like in pacific oyster

LIU Meng<sup>1,2</sup>, LIU Hui<sup>2</sup>, ZHAO Feng<sup>2</sup>, MA Yu-Jie<sup>2</sup>, ZHOU De-Qing<sup>2\*</sup>

(1. College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Yellow Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Laboratory for Marine Drugs and Bioproducts of Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266071, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the effects of dissolved oxygen and pH on the expression of A type HBGA-like in pacific oysters. **Methods** The HBGAs-like in the pacific oysters were isolated and extracted, and the human HBGAs were used for typing. The A type HBGAs was detected by ELISA method, and the P/N value was caculated. The content changes of A type HBGA-like in the guts and gills of pacific oysters were detected by changing the dissolved oxygen content and pH of seawater under artificial simulation conditions. **Results** The HBGA-like of different tissues of oysters were classified, and the A type HBGA-like of gut and gill were selected as the main research type of subsequent experiments; the artificial simulation experiment results showed that the high pH could improve the expression of A type HBGA-like in pacific oysters gills, and the high dissolved oxygen can also improve

基金项目: 国家自然科学基金项目(31471663)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31471663)

\*通讯作者: 周德庆, 博士, 研究员, 主要研究方向为水产品质量安全。E-mail: zhoudq@sfri.ac.cn

\*Corresponding author: ZHOU De-Qing, Ph.D, Professor, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, No.106, Nanjing Road, Qingdao 266071, China. E-mail: zhoudq@sfri.ac.cn

the expression of A-type HBGA-like in pacific oysters guts. **Conclusion** The results were consistent with the phenomenon that the norovirus outbreak usually occur in winter and spring, indicating that the seasonality of norovirus outbreak was correlated with the expression of A type HBGAs-like in oyster.

**KEY WORDS:** pacific oyster; HBGAs-like; dissolved oxygen; pH; expression change

## 1 引言

诺如病毒(noroviruses, NoVs)是一种引发人类非细菌性急性胃肠炎的主要病原体, 全球范围内 68%~90%的急性胃肠炎是由诺如病毒引起的, 常通过被污染的环境、水及食物而引起急性胃肠炎疫情暴发<sup>[1,2]</sup>。2017 年, 我国 21 个省份共报告 NoVs 感染暴发疫情 308 起, 报告病例 13964 例, 在全国报告中其他感染性腹泻暴发疫情中占比为 91%, 高发季节为 11 月至次年 3 月<sup>[3]</sup>。2015 年, 由 NoVs 引起的急性胃肠炎事件造成了美国高达 23 亿美元的经济负担<sup>[4]</sup>。近年来的研究发现, 组织血型抗原(histo-blood group antigens, HBGAs)是人类结合 NoVs 的受体, 该发现对 NoVs 的研究具有重大的意义。HBGAs 是一类具有高度多态性的糖类抗原<sup>[5]</sup>, 在肠道上皮细胞上表现为 ABO、分泌型和 Lewis 型。牡蛎作为 NoVs 传播的重要媒介, 在全球范围内, 每年均有因食用牡蛎而引发 NoVs 感染的事件发生。在牡蛎体内存在类似人 HBGAs 的多糖类物质, 这些类 HBGAs 可以和人 HBGAs 抗体进行结合并进行分型。已有研究表明, 牡蛎中的类 HBGAs 可能作为 NoVs 的受体介导了牡蛎与 NoVs 的结合<sup>[6-9]</sup>。

NoVs 又被称为“胃肠炎流感病毒(gastric flu)”<sup>[10]</sup>, 进化模式类似于流感病毒, 具有明显的季节性, 冬季常为暴发高峰期。Tao 等<sup>[11]</sup>对 2015 年至 2016 年北京、青岛市场中零售牡蛎受诺如病毒污染的情况进行了调查研究, 结果表明 2 月及 3 月的牡蛎中 NoVs 检出率较高, 分别为 49.12%及 55.36%。Le 等<sup>[6]</sup>的研究证实了牡蛎对 GI.1 型 NoVs 的生物富集效率和其消化组织中类 HBGAs 的表达存在明显的季节变化。Greer 等<sup>[12]</sup>的研究表明低温和强降水可以促进牡蛎中 NoVs 的暴发, 这说明环境因子(如温度、盐度、PH 和溶氧量等)对牡蛎中 NoVs 的暴发及类 HBGAs 的表达均存在一定的影响。本实验室前期进行了牡蛎养殖条件海水温度和盐度对牡蛎主要型别类组织血型抗原表达的影响, 结果表明, 低温和高盐均能促进牡蛎内脏中类 A 型组织血型抗原的表达<sup>[13]</sup>, 这与诺如病毒疫情暴发的季节性相吻合<sup>[14-16]</sup>, 同时间接表明 NoVs 疫情暴发的季节性与牡蛎类 HBGAs 的表达量存在一定的相关性。本研究在前期工作的基础上, 对可能影响 NoVs 暴发和类 HBGAs 表达的环境因子溶氧量和 pH 进行研究, 通过改变牡蛎养殖条件海水溶氧量和 pH, 运用 ELISA 法对牡蛎内脏和鳃中主

要型别的类 HBGAs 的表达量进行检测, 分析溶氧量和 pH 的变化对牡蛎类 HBGAs 表达的影响, 探讨其与 NoVs 季节暴发的相关性, 以期在今后进一步解析环境因子对牡蛎类 HBGAs 表达的影响提供了基础。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

本研究所用牡蛎为太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*), 购自青岛市红岛牡蛎养殖区。

### 2.2 主要仪器与试剂

T18 型匀浆机(德国 IKA 公司); HH-4A 数显恒温水浴锅(常州国华电器有限公司); D-37520 台式高速冷冻离心机(美国 Thermo 公司); ST70-2 微孔板恒温振荡器(杭州米欧仪器有限公司); Multiskan GO 全波长酶标仪(美国 Thermo 公司)。

Precursor、A、B、H、Le<sup>a</sup>、Le<sup>b</sup>、Le<sup>x</sup>、Le<sup>y</sup> 型 HBGAs 的单克隆抗体(美国 Covance 公司); 33'55'-四甲基联苯胺(33'55'-Tetramethylbenzidine, TMB, 天根生化科技(北京)有限公司); 辣根过氧化物酶标记羊抗鼠 IgM(天津三箭生物技术有限公司); 辣根过氧化物酶标记羊抗鼠 IgG(武汉博士德生物工程有限公司); 脱脂奶粉(伊利公司); 吐温-20(北京索莱宝科技有限公司); 96 孔酶标板(日本 Costar 公司)。

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 太平洋牡蛎中类 HBGAs 的提取

牡蛎内脏中类 HBGAs 的提取方法为称取牡蛎内脏 5 g, 加入 2.1 倍超纯水, 4 °C 匀浆 2 min, 63 °C 水浴 127 min, 冷却后 10000×g 离心 10 min, 取上清; 对牡蛎鳃中类 HBGAs 的提取方法为称取牡蛎鳃 5 g, 加入 3.5 倍的超纯水, 4 °C 匀浆 2 min, 78 °C 水浴 15 min, 冷却后 10000×g 离心 10 min, 取上清。

#### 2.3.2 太平洋牡蛎类 HBGAs 的分型

取本批次的牡蛎 25 份, 每份 5 只, 对牡蛎内脏及鳃中的类 HBGAs 进行提取, 参照马丽萍等<sup>[17]</sup>的 ELISA 检测方法分别对其进行 8 种型别类 HBGAs 的检测, 计算阳性/阴性值(P/N 值), 以阴性 OD 值<0.1, P/N>2.1 为判定标准。

#### 2.3.3 溶氧量对太平洋牡蛎类 HBGAs 表达的影响

将在实验室暂养一周的牡蛎分别置于溶氧量为 (2.2±0.4) mg/kg (DO-1)、(4.1±0.4) mg/kg (DO-2)、(6.2±0.4) mg/kg (DO-3)、(11.4±0.2) mg/kg (DO-4) 的海水中养殖, DO-3

为对照组,每个溶氧量点养殖30只牡蛎。实验用养殖箱中加入40 L海水,以保鲜膜及养殖箱盖密封,低氧组通过充入氮气和空气调节溶氧量,对照组充入空气,高氧组通过充入氧气调节溶氧量。养殖箱中海水盐度为31‰,温度为(16±0.5)℃,pH为8.08。在不同的养殖时间点(6、12、24、48、72 h)分别随机取牡蛎5只,提取牡蛎内脏及鳃中的类HBGAs,具体提取方法同2.3.1,ELISA法检测,取5个样品的平均值,研究其表达量的差异。

### 2.3.4 pH对太平洋牡蛎类HBGAs表达的影响

将在实验室暂养一周的牡蛎分别置于pH为7.30、7.70、8.08、8.50、8.90的海水中养殖,pH 8.08为对照组,每个pH点养殖30只牡蛎。本实验以1 mol/L的氢氧化钠溶液及1 mol/L的氯化氢溶液调节海水的pH,养殖海水盐度为31‰,温度为(17±0.5)℃,溶氧量为(6.21±0.50) mg/kg,养殖海水每隔24 h更换1次。在不同的养殖时间点(6、12、24、48、72 h)分别随机取牡蛎5只,提取牡蛎内脏及鳃中的类HBGAs,具体提取方法同2.3.1,ELISA法检测,取5个样品的平均值,研究其表达量的差异。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同型别类HBGAs在太平洋牡蛎中的分布

随机选取25份牡蛎样品,对其内脏及鳃中类HBGAs进行分型,结果如图1所示,由图1可以看出牡蛎内脏中类A型HBGAs的检出率为100%,未检测到类Pre型(前体)HBGAs,其他6种型别的HBGAs的检出率均低于50%;牡蛎鳃中类Lewis b型HBGAs的检出率为96%(24/25),类A型HBGA的检出率为88%(22/25),未检测到类Pre型(前体)及Lewis y型HBGAs,其他4种型别HBGAs的检出率均低于30%。

由牡蛎内脏和鳃中类HBGAs的分型结果分析可知,

牡蛎内脏及鳃中类A型HBGAs的检出率较高,均大于80%,在牡蛎内脏中的检出率甚至达到100%,表明类A型HBGAs在内脏和鳃中均相对稳定表达。故在后续研究养殖条件海水溶氧量和pH对太平洋牡蛎类HBGAs表达影响实验中,选择内脏和鳃中的类A型HBGAs来进行。

### 3.2 溶氧量对太平洋牡蛎类HBGAs表达的影响

溶氧量对牡蛎鳃中类A型HBGAs表达量的影响如图2-a所示,在最初的12 h左右,所有组别HBGAs的表达量显著高于对照组,在24 h左右,HBGAs的表达量显著低于对照组,这一段时间HBGAs表达量受溶氧量变化的刺激产生起伏,之后便趋于平稳,可能是由于牡蛎鳃是直接接触海水的部位,在最初的一段时间受海水中溶氧量变化影响较大。

相较于对照组,不同的溶氧量组别中牡蛎内脏类A型HBGAs的表达量存在显著性差异,结果如图2-b所示,在高氧组DO-4中,牡蛎内脏类A型HBGAs的表达量显著高于对照组( $P<0.01$ ),而低氧组DO-1及DO-2中,牡蛎内脏类A型HBGAs的表达量显著低于对照组( $P<0.01$ ),表明高氧的环境利于牡蛎内脏中类A型HBGAs的表达,这与冬季是NoVs疫情高发期的报道相吻合<sup>[14-18]</sup>。

### 3.3 pH对太平洋牡蛎类A型HBGAs表达的影响

牡蛎鳃中类A型HBGAs的表达受海水pH的影响结果如图3-a所示,可以看出,相较于海水pH为8.08的对照组,海水pH为7.30及8.90的实验组中牡蛎鳃中类A型HBGAs的表达量变化浮动较大,无明显规律性,这可能是由牡蛎鳃直接接触pH剧烈变化的海水导致的。此外,在pH为7.70的海水中养殖的牡蛎鳃中类A型HBGAs的表达量显著低于对照组( $P<0.01$ ),而在pH为8.50的海水中养殖的牡蛎鳃中类A型HBGAs的表达量显著高于对照组( $P<0.01$ )。

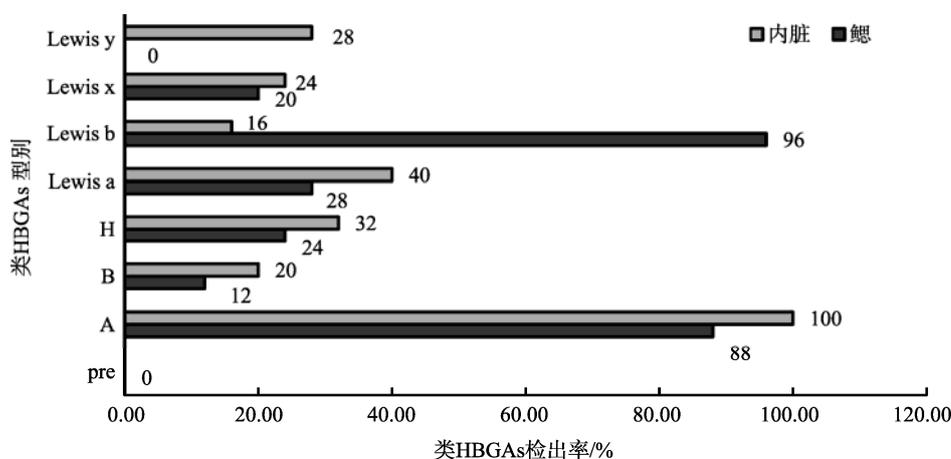
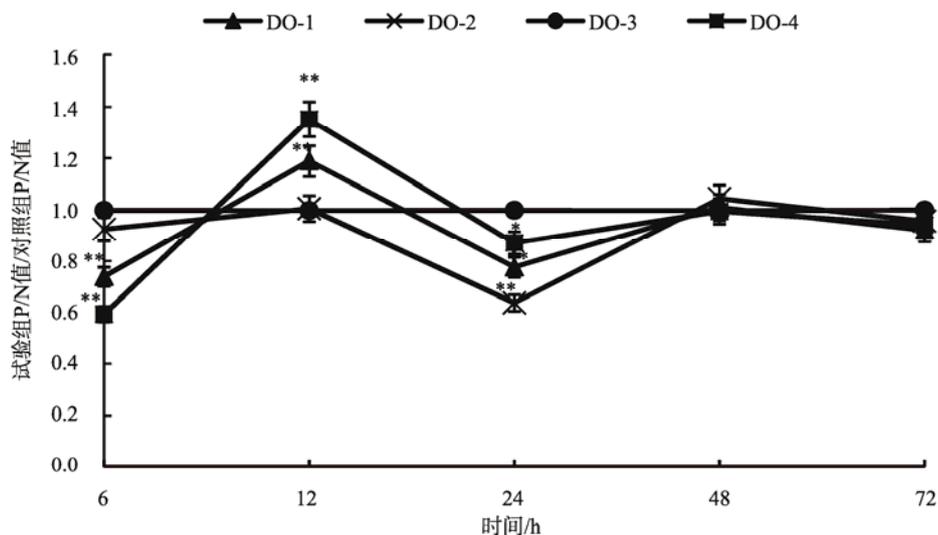
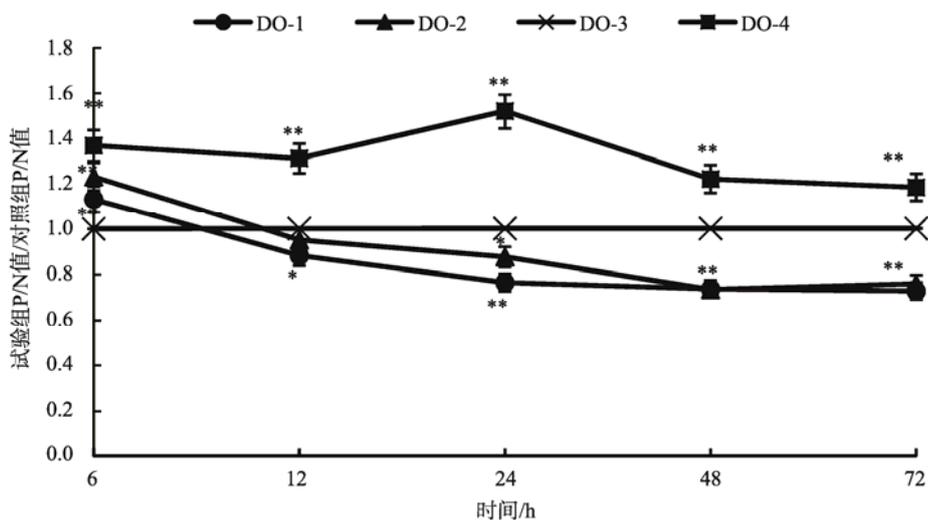


图1 太平洋牡蛎内脏与鳃中类HBGAs的分型

Fig.1 Classification of HBGA-like in oyster gut and gill



a. 溶氧量对鳃类A型HBGA表达的影响



b. 溶氧量对内脏类A型HBGA表达的影响

注: DO-3 为对照组, 同一列中实验组与对照组 DO-3 相比, \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ ), \*表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图 2 溶氧量对牡蛎类 HBGA 表达的影响

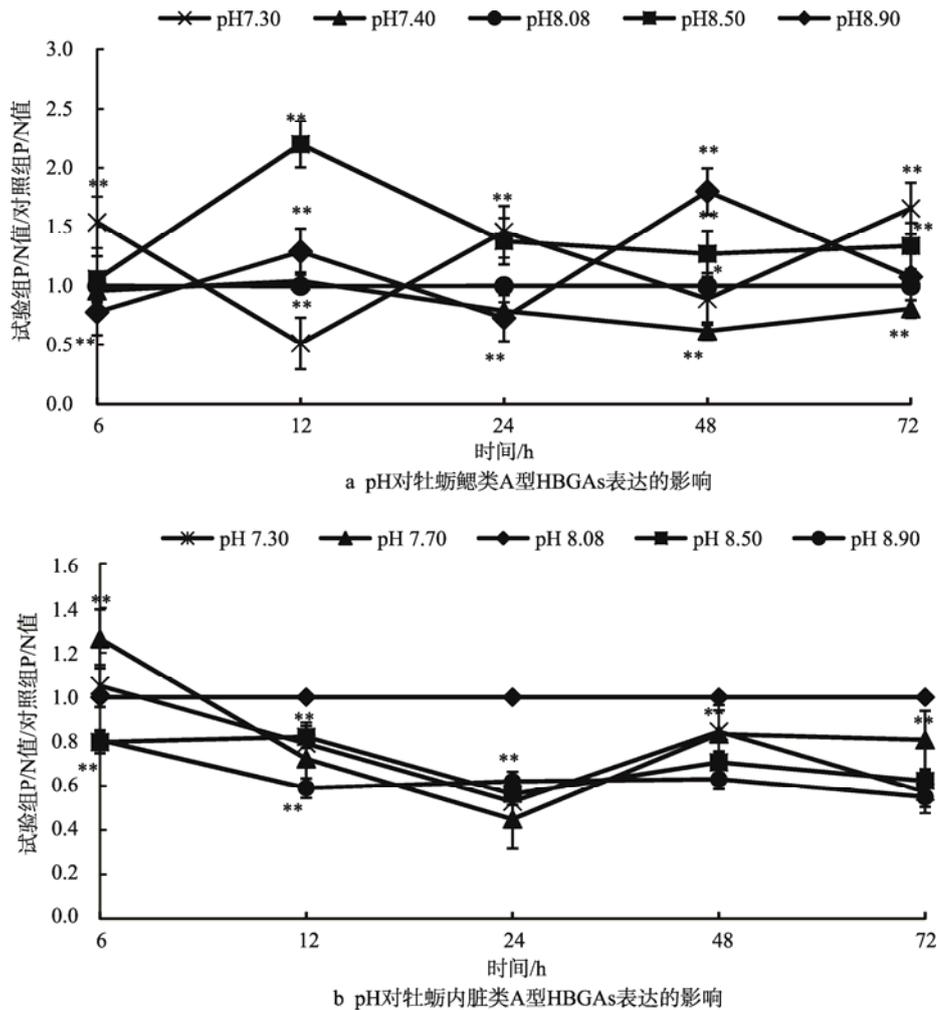
Fig.2 Effect of DO on the expression of HBGA-like in oyster

牡蛎内脏类 A 型 HBGA 的表达受海水 pH 的影响结果如图 3-b 所示, 自海水 pH 调整的第 12 h 开始, 每个时间点对应的牡蛎内脏中类 A 型 HBGA 检测的 P/N 值均低于对照组, 即在低 pH 及高 pH 海水中养殖的牡蛎内脏中类 A 型 HBGA 的表达量均低于对照组类 A 型 HBGA 的表达量, 这表明升高 pH 或降低 pH 均会降低牡蛎内脏中类 A 型 HBGA 的表达。这与牡蛎鳃中类 A 型 HBGA 表达的结果有所不同, 表明牡蛎不同部位类 A 型 HBGA 的表达受 pH 的影响有所差异。

### 4 结论与讨论

自 Hutson 等<sup>[19]</sup>提出 NoVs 的感染与 ABO 血型抗原相

联系的假说后, NoVs 受体的定位一直是国际上该领域的热点。目前已确认人肠道黏膜上的 HBGA 是 NoVs 的受体, 该发现是 NoVs 研究的突破<sup>[20]</sup>。近年来的研究显示 NoVs 能够与牡蛎消化道中的多糖类物质特异结合, 类似人类 HBGA 与 NoVs 的结合机制<sup>[7]</sup>。Tian 等<sup>[8]</sup>利用 NoVs-VLPs, 通过免疫组化和 ELISA 方法证实了 NoVs-VLPs 能够与牡蛎胃肠组织中的多糖结合, 而非蛋白部分, 这间接证实了牡蛎中确实存在类似 HBGA 的物质介导了其富集病毒粒子的过程。马丽萍等<sup>[17]</sup>运用 ELISA 的检测方法对长牡蛎消化道组织中的类 HBGA 进行检测分型, 发现长牡蛎消化道组织中存在类 A、H1、Lewis a 和 Lewis y4 种组织血型抗原, 说明了长牡蛎消化道内类 HBGA 的多态性。本研究采集了 25 份



注: pH 8.08 为对照组, 同一列中实验组与对照组 pH 8.08 相比, \*\*表示差异极显著( $P < 0.01$ ), \*表示差异显著( $P < 0.05$ )。

图3 pH对牡蛎类HBGAs表达的影响

Fig.3 Effect of pH on the expression of HBGA-like in oyster

2017年11月份青岛市红岛牡蛎养殖区的牡蛎, 对其内脏和鳃中类HBGAs进行检测分型, 发现牡蛎内脏中存在类A、B、H、Lewis a、Lewis b、Lewis x和Lewis y 7种HBGAs, 其中类A型HBGAs的检出率为100%; 牡蛎鳃中存在类A、B、H、Lewis a、Lewis b和Lewis x 6种HBGAs, 其中以类A型及类Leb型HBGAs为主, 这与本课题组前期的检测分型结果基本一致, 表明太平洋牡蛎内脏和鳃中的类HBGAs也存在多态性的特点, 并且不同组织的类HBGAs型别存在差异性, 这可能是不同基因型的NoVs富集在牡蛎不同组织的原因。

NoVs疫情的暴发显示了非常强的季节性, 在不同的地区、海域, NoVs疫情暴发的季节不同, 美国的最高峰发生在12月到次年3月, 欧洲的最高峰在每年的4月及5月, 这可能是由于NoVs的暴发受到多种环境因素的影响<sup>[14]</sup>。骆海朋等<sup>[15]</sup>通过对牡蛎的6个月的检测表明, NoVs的检出

与季节的关系非常紧密, 1、2月份的检出率最高。国内外科人员针对不同地域的牡蛎进行NoVs污染检测实验, 结果均表明GI型NoVs往往引起群体性疫情, 且检出最多的是GI.1型NoVs<sup>[21-28]</sup>。Maalouf等<sup>[29]</sup>的研究表明在冬末春初NoVs与牡蛎消化道组织、鳃和外套膜的结合能力显著加强, 呈现明显的季节性。本研究通过改变牡蛎养殖条件海水溶氧量及pH, 探讨牡蛎中类HBGAs表达的变化, 分析NoVs污染牡蛎的高发期与牡蛎类HBGAs表达的关系, 研究结果表明牡蛎鳃中类A型HBGAs的表达量与pH的变化呈现一定的相关性, 表现为高pH的环境利于鳃中类A型HBGAs的表达, 同时, 牡蛎内脏中类A型HBGAs的表达量与溶氧量的变化也呈现一定的相关性, 高溶氧量的环境利于内脏中类A型HBGAsA的表达。石强等<sup>[18]</sup>的研究表明, 近年来, 海域周围大气二氧化碳浓度逐渐增大、酸雨增多, 导致冬季海水pH相对较低, 但冬季降水量较低,

所以 pH 相较于夏季会升高。另外, 冬季海水溶氧量随水温和降低而相对较高, 这与 NoVs 疫情暴发的季节吻合, 间接表明了 NoVs 疫情暴发的季节性与牡蛎类 HBGAs 的表达量存在一定的相关性。

综合本课题组前期温度、盐度对牡蛎类 HBGAs 表达的影响结果<sup>[13]</sup>及本研究的结果分析, 牡蛎内脏中类 A 型 HBGAs 在相对低温、高盐、高溶氧量展现为较高的表达量, 类 HBGAs 作为牡蛎富集 NoVs 的受体, 较高的表达量预示着牡蛎富集 NoVs 的能力增强, 富集诺如病毒的量将会增多, 上述实验条件变化同冬春季海水的条件相类似, 表明诺如病毒高发季同环境因素相关。pH 变化会影响牡蛎体内 A 型 HBGAs 的表达量, 而冬春季海水 pH 受各种环境因素如酸雨、周围环境二氧化碳浓度升高的影响, pH 波动变化明显。牡蛎类 HBGAs 的表达是多种环境因子交互作用的结果, 其在 NoVs 疫情暴发高发季表达量高、非高发季表达量低的趋势需进一步以实际牡蛎养殖环境因素的综合变化进行研究, 后期也将会针对 4 种环境因子(温度、盐度、pH、溶氧量)对牡蛎类 A 型 HBGAs 表达调控路径及关键基因合成的影响进行进一步的研究。

#### 参考文献

- [1] Lee H, Kim M, Lee JE, *et al.* Investigation of norovirus occurrence in groundwater in metropolitan Seoul, Korea [J]. *Sci Total Environ*, 2011, 409(11): 2078–2084.
- [2] Le GFS, Bon F, Demedici D, *et al.* Detection of multiple noroviruses associated with an international gastroenteritis outbreak linked to oyster consumption [J]. *J Clin Microbiol*, 2006, 44(11): 3878–3882.
- [3] 耿梦杰, 曾令佳, 孙捷, 等. 2017-2018 年全国冬春季重点传染病疫情形势分析[J]. *疾病监测*, 2018, 33(3): 9–13.  
Geng MJ, Zeng LJ, Sun J, *et al.* Analysis of the situation of major infectious diseases in winter and spring in 2017-2018 [J]. *Disease Surveill*, 2018, 33(3): 9–13.
- [4] Chenar SS, Deng Z. Development of genetic programming-based model for predicting oyster norovirus outbreak risks [J]. *Water Res*, 2017, 128: 20–37.
- [5] Ravn V, Dabelsteen E. Tissue distribution of histo-blood group antigens [J]. *Apmis*, 2000, 108(1): 1–28.
- [6] Le GFS, Fabienne L, Atmar RL, *et al.* Norwalk virus-specific binding to oyster digestive tissues [J]. *Emerg Infect Diseases*, 2006, 12(6): 931–936.
- [7] Mandrell R. Norovirus binds to blood group a-like antigens in oyster gastrointestinal cells [J]. *Lett Appl Microbiol*, 2010, 43(6): 645–651.
- [8] Tian P, Engelbrektsen AL, Jiang X, *et al.* Norovirus recognizes histo-blood group antigens on gastrointestinal cells of clams, mussels, and oysters: A possible mechanism of bioaccumulation [J]. *J Food Prot*, 2007, 70(9): 2140.
- [9] Maalouf H, Schaeffer J, Parnaudeau S, *et al.* Strain-dependent norovirus bioaccumulation in oysters [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2011, 77(10): 3189–3196.
- [10] Lopman B, Zambon M, Brown DW. The evolution of norovirus, the “Gastric Flu” [J]. *PLoS Med*, 2008, 5(2): e42.
- [11] Jiang T, Han C, Eacute, *et al.* Norovirus contamination in retail oysters from Beijing and Qingdao, China [J]. *Food Control*, 2018, 86: 415–419.
- [12] Greer AL, Drews SJ, Fisman DN. Why “winter” vomiting disease? seasonality, hydrology, and norovirus epidemiology in Toronto, Canada [J]. *Eco Health*, 2009, 6(2): 192–199.
- [13] 刘慧. 长牡蛎中诺如病毒受体类 HBGAs 的分离鉴定及环境对其表达的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017.  
Liu H. Separation, Identification and environment influence of norovirus receptor HBGAs-like in *Crassostrea gigas* [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2017.
- [14] Wang J, Deng Z. Detection and forecasting of oyster norovirus outbreaks: Recent advances and future perspectives [J]. *Marine Environ Res*, 2012, (80): 62–69.
- [15] 骆海鹏, 高飞, 于海瑶, 等. 北京市市售贝类、蔬菜、浆果、即食海产品中诺如病毒污染状况监测及检测方法探析[J]. *中国食品卫生杂志*, 2017, 29(2): 218–222.  
Luo HP, Gao F, Yu HY, *et al.* Analysis of detection and detection methods of norovirus contamination in shellfish, vegetables, berries and ready-to-sea products in Beijing [J]. *Chin J Food Hyg*, 2017, 29(2): 218–222.
- [16] Tian P, Engelbrektsen AL, Mandrell RE. Seasonal tracking of histo-blood group antigen expression and norovirus binding in oyster gastrointestinal cells [J]. *J Food Prot*, 2008, 71(71): 1696–1700.
- [17] 马丽萍, 苏来金, 赵峰, 等. 长牡蛎中类 HBGAs 的分型及诺如病毒 P 粒子结合特性研究 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(10): 3970–3975.  
Ma LP, Su LJ, Zhao F, *et al.* Classification of HBGAs in *Crassostrea gigas* and their binding characteristics to norovirus P-particles [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, 6(10): 3970–3975.
- [18] 石强, 杨东方. 渤海夏季海水 pH 值年际时空变化[J]. *中国环境科学*, 2011, 31(s): 58–68.  
Shi Q, Yang DF. Interannual temporal and spatial variation of seawater pH in the Bohai Sea [J]. *China Environ Sci*, 2011, 31(s): 58–68.
- [19] Hutson AM, Atmar RL, Graham DY, *et al.* Norwalk virus infection and disease is associated with ABO histo-blood group type [J]. *J Infect Diseases*, 2003, 188(1): 176–177.
- [20] Huang P, Farkas T, Séverine M, *et al.* Noroviruses bind to human ABO, lewis, and secretor histo-blood group antigens: Identification of 4 distinct strain-specific patterns [J]. *J Infect Diseases*, 2003, 188(1): 19–31.
- [21] Mandrell R. Norovirus binds to blood group a-like antigens in oyster gastrointestinal cells [J]. *Lett Appl Microbiol*, 2010, 43(6): 645–651.
- [22] Tian P, Engelbrektsen AL, Jiang X, *et al.* Norovirus recognizes histo-blood group antigens on gastrointestinal cells of clams, mussels, and oysters: A possible mechanism of bioaccumulation [J]. *J Food Prot*, 2007, 70(9): 2140.
- [23] Nishida T, Nishio O, Kato M, *et al.* Genotyping and quantitation of noroviruses in oysters from two distinct sea areas in Japan [J]. *Microbiol Immunol*, 2007, 51(2): 177–184.
- [24] Lowther JA, Kathleen H, Lees DN. Determination of norovirus contamination in oysters from two commercial harvesting areas over an

extended period, using semi-quantitative real-time reverse transcription PCR [J]. *J Food Prot*, 2008, 71(7): 1427–1433.

- [25] Lowther JA, Avant JM, Gizynski K, *et al.* Comparison between quantitative real-time reverse transcription PCR results for norovirus in oysters and self-reported gastroenteric illness in restaurant customers [J]. *J Food Prot*, 2010, 73(2): 305.
- [26] Gentry J, Vinje J, Guadagnoli D, *et al.* Norovirus distribution within an estuarine environment [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2009, 75(17): 5474.
- [27] Le GFS, Parnaudeau S, Schaeffer J, *et al.* Detection and quantification of noroviruses in shellfish [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2009, 75(3): 618–624.
- [28] Woods JW, Burkhardt W. Occurrence of norovirus and hepatitis A virus in U.S. oysters [J]. *Food Environ Virol*, 2010, 2(3): 176–182.
- [29] Maalouf H, Zakhour M, Le PJ, *et al.* Distribution in tissue and seasonal variation of norovirus genogroup I and II ligands in oysters [J]. *Appl*

*Environ Microbiol*, 2010, 76(16): 5621–5630.

(责任编辑: 武英华)

### 作者简介



刘 萌, 硕士, 主要研究方向为水产品质量安全。

E-mail: 857967781@qq.com



周德庆, 博士, 研究员, 主要研究方向为水产品质量安全。

E-mail: zhoudq@sfri.ac.cn

## “茶学研究”专题征稿函

茶叶源于中国, 与咖啡、可可并称为世界三大饮料。茶叶可鲜食, 也可以加工精制备用, 具有降压、提神等多种保健功能, 且含有多种有机化学成分和无机矿物元素。国内外对茶叶市场需求稳定增长, 我国的茶产业增长潜力巨大, 茶已成为社会生活中不可缺少的健康饮品和精神饮品。

鉴于此, 本刊特别策划了“茶学研究”专题, 由福建农林大学孙威江教授和云南农业大学周红杰教授共同担任专题主编, 主要围绕茶叶的贮藏保鲜、精深加工、品质评价、生物化学和功能性成分、香气成分分析、污染物分析检测、茶树生长代谢、茶叶资源的质量标准化等方面展开论述和研究, 本专题计划在 2019 年 6 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊主编吴永宁研究员及专题主编孙威江教授和周红杰教授特别邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2019 年 5 月 10 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [jfoodsqa@126.com](mailto:jfoodsqa@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部