



DOI: 10.13364/j.issn.1672-6510.20230139

数字出版日期: 2024-04-18; 数字出版网址: <http://link.cnki.net/urlid/12.1355.n.20240416.1725.009>

## 变温条件下不同保鲜剂对南美白对虾的保鲜效果

马 莉, 马家移, 焦耀明, 陈怡冰, 徐仰仓

(天津科技大学海洋与环境学院, 天津 300457)

**摘 要:** 为探究不同保鲜剂对长时间贮藏南美白对虾(*Penaeus vannamei*)的保鲜效果, 选择了壳聚糖、茶多酚、4-己基间苯二酚、虾鲜宝及柚子精油 5 种保鲜剂, 研究它们在变温环境下对南美白对虾的保鲜效果。结果表明: 壳聚糖处理可以显著抑制对虾贮藏过程中菌落总数增长( $P<0.05$ ), 柚子精油对腥臭味物质的抑制作用最强; 4-己基间苯二酚处理显示出较强的抗氧化能力, 显著延缓了对虾贮藏过程中的黑变, 但对微生物引起的腐败变质无显著影响。综合分析感官评价、微生物指标和理化指标, 5 种保鲜剂均能降低对虾的腐败速率, 其中壳聚糖和柚子精油处理对长时间贮藏南美白对虾的保鲜效果最好, 4-己基间苯二酚对对虾的黑变抑制效果最佳。

**关键词:** 贮藏温度; 南美白对虾; 保鲜剂; 腐败; 黑变

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1672-6510(2024)04-0032-07

## Preservation Effect of Different Preservatives on *Penaeus vannamei* under Variable Temperature Conditions

MA Li, MA Jiayi, JIAO Yaoming, CHEN Yibing, XU Yangcang

(College of Marine and Environmental Sciences, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** In order to explore the preservation effect of different preservatives on the long-time transportation of *Penaeus vannamei*, five kinds of preservatives (chitosan, tea polyphenols, 4-hexylresorcinol, shrimp fresh treasure and grapefruit essential oil) were selected to study their preservation effect on *Penaeus vannamei* under variable temperature conditions. The results showed that chitosan could inhibit the growth of total bacterial count ( $P<0.05$ ) during shrimp storage, and grapefruit essential oil had the strongest inhibitory effect on odorous substances. The 4-hexylresorcinol treatment group showed strong antioxidant capacity, which significantly delayed the formation of melanosis, but had no significant effect on the spoilage caused by microorganisms. According to the comprehensive evaluation of sensory indexes, microbial indexes, physical and chemical indexes, all the five kinds of preservatives could delay the spoilage rate of shrimp, among which chitosan and grapefruit essential oil treatment had the best preservation effect on long-time transportation, and 4-hexylresorcinol had the best effect on inhibiting melanosis of *Penaeus vannamei*.

**Key words:** storage temperature; *Penaeus vannamei*; preservative; spoilage; melanosis

### 引文格式:

马莉, 马家移, 焦耀明, 等. 变温条件下不同保鲜剂对南美白对虾的保鲜效果[J]. 天津科技大学学报, 2024, 39(4): 32–38.

MA L, MA J Y, JIAO Y M, et al. Preservation effect of different preservatives on *Penaeus vannamei* under variable temperature conditions[J]. Journal of Tianjin university of science & technology, 2024, 39(4): 32–38.

南美白对虾(*Penaeus vannamei*), 亦称凡纳滨对虾, 是我国经济效益较大的主要水产品之一, 与斑节

对虾(*Penaeus monodon*)、罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*)并列为世界三大养殖虾类<sup>[1]</sup>。南美白对虾

收稿日期: 2023-07-12; 修回日期: 2023-10-31

基金项目: 天津市科技兴海项目(KJXH2012-14)

作者简介: 马 莉(1999—), 女, 山西霍州人, 硕士研究生; 通信作者: 徐仰仓, 教授, [xuyc@tust.edu.cn](mailto:xuyc@tust.edu.cn)

壳厚肉鲜,作为一种高蛋白、低脂肪且富含不饱和脂肪酸的优质水产品,深受消费者的喜爱,但是其存在含水量高、捕捞后极易腐败变质的不足<sup>[2]</sup>。南美白对虾的供应存在季节性和地区性的不平衡。京东、顺丰等电商企业已实现了非养殖季节和非养殖区域的冷链供应<sup>[3]</sup>。然而,冷链运输成本高,消费者的接受度并不是很高。目前有些养殖户捕捞对虾后,用保温箱配合冰袋通过普通快递运输,还有些企业把旺季的对虾贮存到淡季再通过保温箱快递到养殖区域外。这些供应方式部分解决了对虾的集中供应和区域内供应的问题,但是只能快递到周边地区,并不能解决长时间贮藏的问题。传统保鲜材料为塑料类制品,此类材料对腐败菌及蛋白质氧化并没有较高的抑制能力,保持水产品鲜度的效果有限。因此,需要将保鲜材料与其他保鲜技术相结合,从而解决长时间贮藏的问题。

对虾常用的保鲜技术有辐照保鲜、化学保鲜、气调保鲜和生物保鲜<sup>[4]</sup>等,其中生物保鲜因具有绿色、无污染的优点而被广泛使用。常见的天然保鲜剂如壳聚糖、茶多酚、乳酸链球菌素、百里酚等,在水产品的保鲜方面得到了较为深入的研究<sup>[5]</sup>。本团队利用柚子皮包裹鲫鱼<sup>[6]</sup>与南美白对虾后发现柚子皮具有一定的保鲜效果,进而将柚子皮进行汽爆处理<sup>[7]</sup>后,提取柚子皮中的主要成分柚子精油<sup>[8]</sup>,并应用于南美白对虾,发现经柚子精油处理后的南美白对虾的腐败变质速率降低,且对南美白对虾腥臭味物质的产生具有较好的抑制作用,较大程度提高了南美白对虾的感官品质。

本实验对柚子精油与市面上流通且保鲜效果较好的几种保鲜剂进行比较,旨在为进一步开发利用保鲜剂提供一定的数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

鲜活南美白对虾(*Penaeus vannamei*)购自天津市滨海新区北塘海鲜市场,平均质量( $15 \pm 5$ )g,装入保温箱中运输到实验室,用无菌水冲洗后加冰猝死。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 保鲜液的制备

茶多酚溶液(2%)、4-己基间苯二酚溶液(2.5%)、虾鲜宝(2%,瑞祥生物科技有限公司)均使用蒸馏水配制。壳聚糖溶液(1%)用 1% 乙酸溶液配制。柚子精

油(1%)先用无水乙醇溶解后再用蒸馏水配制。

#### 1.2.2 样品处理方法

挑选大小质量均一、品质较好的南美白对虾,分别浸泡于不同保鲜液中,以蒸馏水浸泡为对照组,浸泡时间为 30 min。取出后吸干对虾表面的水分,放置于用 75% 酒精棉片擦拭后的塑料保鲜盒中,密封后贮藏于装有一定数量冰袋且大小相同的保温箱中(每个保温箱内贮藏 36 只对虾,每种保鲜剂 6 只对虾,冰袋数量为 8 个),用胶带密封保温箱后置于室温(20℃)下贮藏,每隔 12 h 监测箱体内环境温度的变化,表 1 为保温箱内的温度变化。分别在 0、1、2、3、4 d 取样,测定各项指标。

表 1 保温箱内的温度变化

Tab. 1 Temperature changes in the incubator box

| 时间/h | 0  | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 | 84 | 96 | 108 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 温度/℃ | -4 | 0  | 2  | 4  | 10 | 18 | 20 | 20 | 20 | 20  |

#### 1.2.3 感官评价

参照吴亮亮<sup>[9]</sup>的方法,根据表 2 的评价标准,由 5 人独立对南美白对虾的感官品质进行综合评定,感官评价分数为 3 项的总分。

表 2 南美白对虾感官评价标准

Tab. 2 Sensory evaluation standards for *Penaeus vannamei*

| 分数 | 体表色泽                     | 肌肉组织             | 气味     |
|----|--------------------------|------------------|--------|
| 3  | 有光泽,虾体透明,头胸甲与体节紧密连接      | 纹理清晰,有弹性,肉与壳连接紧密 | 虾固有的气味 |
| 2  | 稍有光泽,头部内脏轻微红色或黄色,头尾部出现黑斑 | 弹性略差,肌肉与壳的连接稍松弛  | 稍有氨气味  |
| 1  | 无固有色泽,头部内脏黄色加深,体表出现大面积黑斑 | 弹性较差,肌肉与壳连接松弛    | 氨气味较强  |
| 0  | 灰暗,甲壳与虾体分离               | 组织松软,没弹性,肉质发黄    | 强烈氨气味  |

#### 1.2.4 质构分析

采用二次挤压质构分析法(TPA)测定南美白对虾的各项质构指标。测定参数:取对虾腹部第二节肌肉,P/50 平底柱形探头,测试前后速率为 2 mm/s、测试速率为 1 mm/s,样品压缩形变量为 40%。参考陆云飞等<sup>[10]</sup>的方法并略有修改,每组测试 6 个平行样品,取平均值。

#### 1.2.5 汁液损失率的测定

称量处理后的对虾样品质量( $m_1$ ),样品定期取出,用滤纸吸干表面水分后称质量( $m_2$ ),汁液损失率( $R_L$ )按照式(1)计算。

$$R_L = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

1.2.6 多酚氧化酶酶活力的测定

多酚氧化酶粗酶液的制备:取 5 g 对虾头部,添加 pH 7.2、0.05 mol/L  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaH}_2\text{PO}_4$  磷酸盐缓冲液 20 mL,将虾头在冰水浴中研磨均匀。静置后,将上清液分装入离心管中,4℃、10 000 r/min 离心 10 min,上清液即为粗酶液。

多酚氧化酶酶活力测定:取 0.4 mL 儿茶酚溶液(0.05 mol/L)预先置于 38℃恒温水浴锅中,取 0.4 mL 粗酶液、4.4 mL 磷酸盐缓冲溶液,38℃孵化 2 min。在 510 nm 波长处测定吸光度。每毫克酶液每分钟引起吸光度改变 0.001 为一个酶活力单位。

1.2.7 菌落总数的测定

参照 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》<sup>[11]</sup>测定菌落总数。准确称取虾肉 5.0 g,加入 45 mL 无菌生理盐水,均质 20 min,进行梯度(梯度的选取由实验情况选定)稀释。取适宜稀释度样品均质液 80  $\mu\text{L}$  置于平板计数琼脂培养基(PCA)上,(34±1)℃培养 24 h 后计数。

1.2.8 电子鼻的测定

称取 2.0 g 虾肉置于 25 mL 顶空瓶中,通过 PEN3 电子鼻(德国 AIRSENSE 公司)采用直接顶空吸气法进行测定。测定条件:样品进样流量 400 mL/min,载气流量 400 mL/min,清洗时间为 60 s,检测时间为 120 s。电子鼻传感器对不同物质的响应类型见表 3<sup>[12]</sup>。

表 3 电子鼻传感器对不同化学物质的响应类型

Tab.3 Response types of chemical sensors to different substances

| 阵列序号 | 传感器名称 | 性能描述          |
|------|-------|---------------|
| 1    | W1C   | 对芳香成分灵敏       |
| 2    | W5S   | 对氮氧化合物灵敏      |
| 3    | W3C   | 对氨气、芳香成分灵敏    |
| 4    | W6S   | 对氢化物灵敏        |
| 5    | W5C   | 对烷烃、芳香成分灵敏    |
| 6    | W1S   | 对甲烷灵敏         |
| 7    | W1W   | 对无机硫化物灵敏      |
| 8    | W2S   | 对醇类、醛类、酮类物质灵敏 |
| 9    | W2W   | 对有机硫化物灵敏      |
| 10   | W3S   | 对长链烷烃灵敏       |

1.2.9 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

将 10.0 g 虾肉均质后,添加 0.6 mol/L 的高氯酸溶液至总体积为 40 mL,混匀。过滤混合液后取上清液,参照 Kjeltac 8400 型全自动凯氏定氮仪使用说明中测定肉类产品 TVB-N 含量的方法进行测定。所有样品均重复实验 3 次。

1.3 数据处理

采用 SPSS 26.0 软件进行实验数据分析。电子鼻数据采用 PEN3 自带软件 WinMuster 进行分析。

2 结果与分析

2.1 感官评价

选择体表完整、光泽鲜度较高的南美白对虾进行实验以保证实验准确性。根据表 1 对不同贮藏时间及不同处理条件下的南美白对虾的感官品质进行评分,结果如图 1 所示,其中不同小写字母表示组间差异显著( $P<0.05$ )。

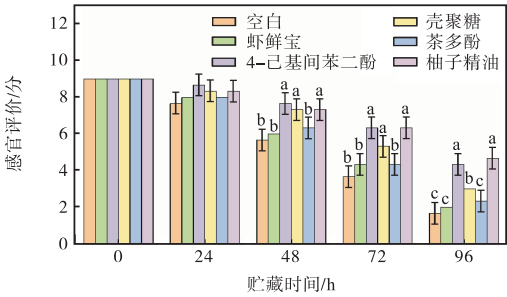


图 1 不同处理对南美白对虾感官品质的影响

Fig.1 Effect of different treatments on sensory quality of *Penaeus vannamei*

新鲜对虾甲壳光泽鲜亮,呈青灰色,节间紧密,肌肉紧密有弹性。随着贮藏时间的增加,各处理组对虾的感官评价均呈下降趋势,对虾甲壳失去光泽,虾体呈红褐色,节间较为松弛,头尾部出现不同程度的黑变。各处理组对虾贮藏 48 h 的感官评价均在可接受范围内;在贮藏 72 h 时,对照组、鲜鲜宝及茶多酚处理组的感官评价低于可接受的 6 分,而 4-己基间苯二酚、壳聚糖、柚子精油在贮藏 96 h 时才低于可接受的 6 分。在整个实验贮藏期内,4-己基间苯二酚和柚子精油处理组的感官评价接近,且明显高于其他处理组,说明这两种保鲜剂对南美白对虾的保鲜作用较好。

2.2 质构特性

硬度、弹性和咀嚼性等质构特性指标对评价水产品的肌肉品质和消费者可接受度具有十分重要的意义。蛋白质变化是造成水产品的硬度、弹性及咀嚼性等质构特性发生变化的主要原因<sup>[12]</sup>。在贮藏过程中,肌肉蛋白的分解会导致其组织结构发生相应的变化。不同保鲜剂对南美白对虾硬度、弹性和咀嚼性的影响如图 2—图 4 所示,其中不同小写字母表示组间差异显著( $P<0.05$ )。

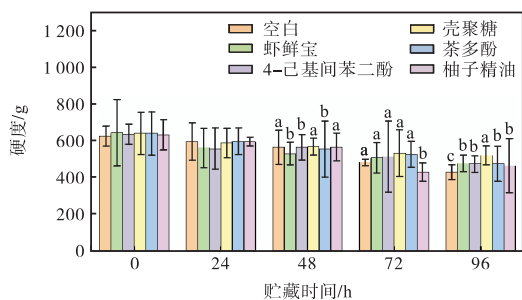


图 2 不同保鲜剂对南美白对虾硬度的影响

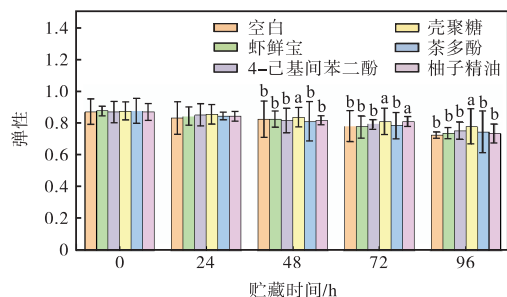
Fig. 2 Effect of different treatments on the hardness of *Penaeus vannamei*

图 3 不同保鲜剂对南美白对虾弹性的影响

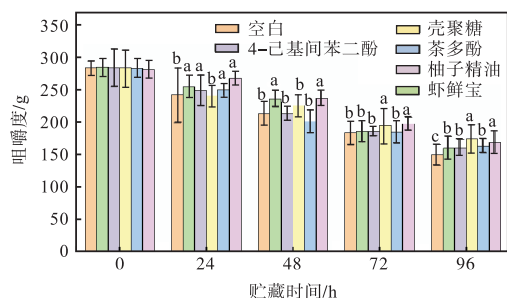
Fig. 3 Effect of different treatments on the springiness of *Penaeus vannamei*

图 4 不同保鲜剂对南美白对虾咀嚼度的影响

Fig. 4 Effect of different treatments on the chewiness of *Penaeus vannamei*

新鲜对虾的硬度为 640 g, 随着贮藏时间的延长, 不同处理组对虾的硬度均呈现下降趋势 ( $P < 0.05$ ), 且随着贮藏时间的延长, 箱体内温度升高速率加快, 质构参数的变化也加快。此结果与李桢桢等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。南美白对虾硬度下降是因为在贮藏过程中, 内源酶、特定腐败微生物及其分泌物的作用使对虾蛋白质降解、肌肉细胞间结合力逐渐下降, 从而引起对虾肌肉组织崩解及汁液流失<sup>[14]</sup>。空白组在 96 h 时的硬度比处理组(除壳聚糖)低 50 g。经壳聚糖浸泡处理后, 对虾的硬度显著高于其他处理组 ( $P < 0.05$ )。壳聚糖中游离氨基的存在使其具有成膜性, 该膜能够阻止氧气渗透, 阻碍蛋白质氧化和水分

的流失<sup>[15]</sup>, 从而保护了对虾的肉质。其他各处理组对虾的硬度无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 但效果都优于对照组。因此, 壳聚糖处理能够延缓对虾虾肉的劣化。

对虾中蛋白质含量丰富, 蛋白质能与其水化层作用形成空间网状结构, 这种网状结构具有一定抵抗外力的能力, 形成这种抵抗力对外的表现是弹性<sup>[16]</sup>。新鲜对虾肉质坚实、有弹性; 随着贮藏时间的延长, 各处理组对虾肉的弹性逐渐降低, 与硬度的变化趋势相吻合。肉质弹性下降是因为在贮藏过程中, 在水解酶对蛋白质的分解作用下, 肌肉组织空间结构发生改变, 失去固有弹性<sup>[16]</sup>。长时间贮藏过程中环境温度波动幅度较大, 水解酶的活性较强, 弹性下降较快, 从而影响对虾的质地。经壳聚糖浸泡处理后, 对虾的弹性高于其他处理组, 因此用壳聚糖处理对虾可以减缓对虾弹性的下降。

随着贮藏时间的增加, 对虾的咀嚼度呈现下降趋势。在贮藏 96 h 时, 壳聚糖组与柚子精油组的处理效果显著优于其他处理组 ( $P < 0.05$ ), 而其他处理组的咀嚼度均无显著差异。因此, 用壳聚糖与柚子精油处理对虾可以减缓对虾虾肉咀嚼度的下降。

### 2.3 汁液损失率

不同保鲜剂对南美白对虾汁液损失率的影响如图 5 所示, 其中不同小写字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 不同大写字母表示组间差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

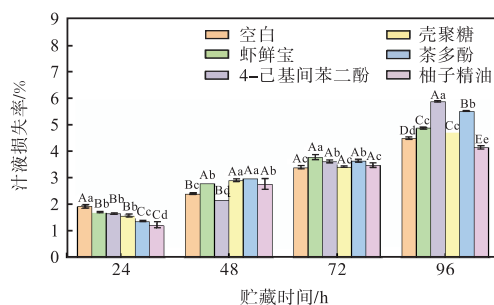


图 5 不同保鲜剂对南美白对虾汁液损失率的影响

Fig. 5 Effect of different treatments on the drip loss of *Penaeus vannamei*

根据水的流动性, 虾肉中的水分可以分为结合水、束缚水、自由水。由于细胞外的水在贮藏期间比细胞内的水更容易丢失, 因此细胞的结构和细胞内外水分分布的变化影响肌肉的持水能力, 从而影响对虾的品质<sup>[17]</sup>。对虾虾肉流失的汁液是肌肉中最弱的结合水, 随着贮藏时间的延长, 对虾汁液损失率均出现增大趋势, 各处理组(除柚子精油)对虾的汁液损失率



均高于对照组,柚子精油处理组汁液损失率较低。柚子精油具有一定的保水作用,使贮藏期间对虾体内的水分不易流失。

## 2.4 多酚氧化酶的酶活力

对虾黑变是由于虾死亡后,体内色源物质在多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)的作用下发生了一系列的氧化反应和聚合反应,生成了黑色的大分子物质<sup>[18]</sup>。不同保鲜剂对南美白对虾 PPO 酶活力的影响如图 6 所示,其中不同小写字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示组间差异极显著( $P < 0.01$ )。随着贮藏时间的延长,虾体黑变程度增加且逐渐遍布整个虾体。在贮藏过程中,各处理组的酶活力显著低于对照组( $P < 0.05$ )。在贮藏中后期,柚子精油、茶多酚、壳聚糖与虾鲜宝处理组之间的酶活力无显著差异,4-己基间苯二酚的酶活力显著低于其他处理组,抑制黑变效果最好。4-己基间苯二酚的结构与酪氨酸相似,后者是 PPO 的作用底物,4-己基间苯二酚可与酪氨酸竞争而抑制 PPO 的酶活力<sup>[16]</sup>。经 4-己基间苯二酚处理后的对虾在变温条件下贮藏 96 h 的黑变程度较低,可以有效减少因黑变而引起的感官品质下降。

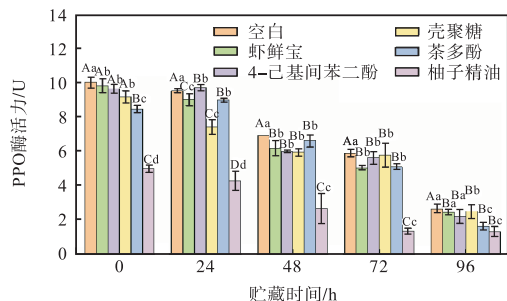


图 6 不同保鲜剂对南美白对虾 PPO 酶活力的影响

Fig. 6 Effect of different treatments on PPO activities of *Penaeus vannamei*

## 2.5 菌落总数

菌落总数为  $N$ , 单位为 CFU/mL, 则不同保鲜剂对南美白对虾菌落总数的影响如图 7 所示, 其中不同小写字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ ), 不同大写字母表示组间差异极显著( $P < 0.01$ )。

不同处理组的菌落总数均呈现先下降后上升的趋势, 贮藏前期环境温度骤降, 导致部分细菌死亡。随着贮藏时间的延长, 箱体内温度升高, 微生物大量繁殖; 同时对虾不断失水, 包装盒内存留的对虾汁液富含大量营养, 更易滋生细菌, 最终总菌落数不断上升。新鲜对虾的菌落总数为  $6.77 \times 10^2$  CFU/mL, 在贮藏时间为 96 h 时, 对照组的菌落总数达到  $2.81 \times 10^6$

CFU/mL, 超过二级鲜度值。结果表明, 5 种保鲜剂对对虾微生物的繁殖均有一定的抑制作用, 其中壳聚糖处理组在贮藏 96 h 时菌落总数为  $1.86 \times 10^5$  CFU/mL, 抑菌效果优于其他处理组。王娟娟等<sup>[18]</sup>的研究结果表明, 壳聚糖可以使冷藏南美白对虾的货架期延长 3~4 d。这说明在变温及恒温条件下壳聚糖均有一定的抑菌能力。茶多酚是一种天然的抗氧化剂, 作为食品添加剂可以有效抑制食品中腐败菌的生长以及不饱和脂肪酸的氧化<sup>[19-20]</sup>, 在贮藏 96 h 时菌落总数为  $2.04 \times 10^5$  CFU/mL。壳聚糖抑菌效果最佳, 茶多酚与柚子精油的趋势接近, 说明两者的保鲜效果相当, 且这 3 种保鲜剂都可以在变温条件下发挥抑菌作用。综上所述, 不同保鲜剂处理组与对照组相比较, 微生物的数量都有减少, 其中壳聚糖抑菌效果显著优于其他处理组( $P < 0.05$ ), 茶多酚和柚子精油处理对对虾微生物的抑制效果优于虾鲜宝和 4-己基间苯二酚。

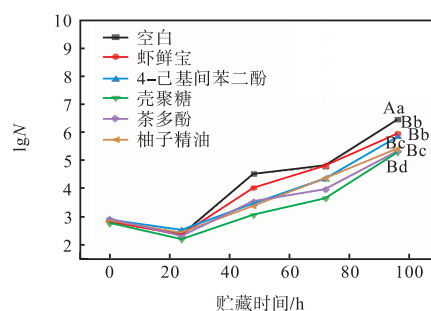


图 7 不同保鲜剂对南美白对虾菌落总数的影响

Fig. 7 Effect of different treatments on the total bacterial count of *Penaeus vannamei*

## 2.6 电子鼻分析

采用电子鼻对样品的气味组成进行检测和识别, 可以较为客观地反映其中挥发物的整体情况。PEN3 电子鼻包括 10 个传感器, 每个传感器可以分析不同类别的风味物质。不同保鲜剂对南美白对虾气味信号雷达的影响如图 8 所示。随着贮藏时间的延长, 南美白对虾中的挥发性风味物质逐渐释放, 因此主要对贮藏后期南美白对虾的风味物质进行分析。

随着贮藏时间的延长, 各处理组的 W5S(对氮氧化物灵敏)和 W1W(对无机硫化物灵敏)两个传感器的响应值均增加, 说明随着贮藏时间的延长, 对虾的挥发性成分在不断增多, 尤其是使对虾产生腥臭味的挥发性成分氮氧化物和无机硫化物等, 呈现出显著增长的趋势( $P < 0.05$ )。贮藏 96 h 时, 对照组的 W5S 传感器的响应值为 20.054, 壳聚糖与柚子精油处理组该传感器的响应值分别为 12.954 和 12.991,

显著低于对照组;对照组的 W1W 传感器响应值为 45.839, 处理组响应值均显著低于对照组, 其中壳聚糖与柚子精油处理组的响应值分别为 35.809 和 41.672, 显著低于对照组。壳聚糖作为一种高效抑菌且具有成膜性的物质, 通过抑制腐败菌的生长以及蛋白质的氧化降低腥臭味物质的产生。柚子精油是存在于柚子表皮油泡层中的一类具有芳香气味并且在常温下能挥发的油状液体物质的总称<sup>[21]</sup>。柚子精油可以抑制南美白对虾在贮藏期间腥臭味物质的产生, 减少对虾因贮藏而产生的恶臭味对对虾品质的影响。结果表明, 壳聚糖与柚子精油处理组对对虾腥臭味物质的产生具有一定的抑制作用, 可以有效改善对虾的风味。

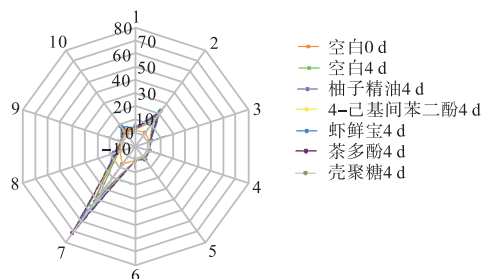


图 8 不同保鲜剂对南美白对虾气味信号雷达的影响  
Fig. 8 Effect of different treatments on the signal radar of *Penaeus vannamei*

## 2.7 TVB-N 含量

动物性食品由于酶和细菌的作用, 在腐败过程中使蛋白质分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质。此类物质具有挥发性, 其含量越高, 表明氨基酸被破坏得越多, 对虾的营养价值就越低<sup>[22]</sup>。不同保鲜剂对南美白对虾 TVB-N 含量的影响如图 9 所示, 其中不同小写字母表示组间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 不同大写字母表示组间差异极显著 ( $P < 0.01$ )。新鲜南美白对虾的 TVB-N 含量为 13.7 mg/100 g, 虾体鲜度较高, 处于国家标准规定的一级鲜度内。随着贮藏时间的延长, 对虾中的蛋白质分解产生的碱类物质增多, TVB-N 含量增加。贮藏 96 h 后, 对照组南美白对虾的 TVB-N 含量为 66.9 mg/100 g, 经不同保鲜剂处理后, 南美白对虾的 TVB-N 含量均降低, 但都已超过国家标准规定的鲜度, 达到不可食用的状态。贮藏 96 h 时贮藏环境温度较高, 已达到室温, 微生物繁殖和样品自身酶活力较高, 导致 TVB-N 含量迅速升高。因此, 长时间贮藏过程中环境温度的变化对 TVB-N 含量影响较大, 温度越高, 越能使内源酶和细菌分解蛋白质产生挥发性氮以及三甲胺等低级胺类

化合物, 影响对虾的品质。

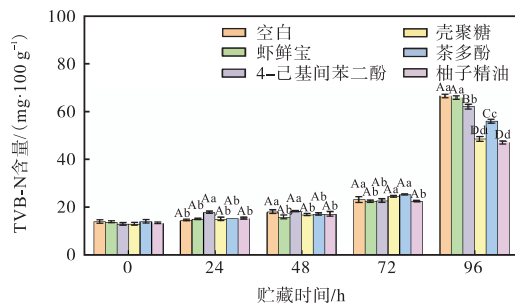


图 9 不同保鲜剂对南美白对虾 TVB-N 含量的影响  
Fig. 9 Effect of different treatments on the total volatile basic nitrogen of *Penaeus vannamei*

## 3 结 论

在模拟 96 h 长时间贮藏过程中, 保温箱内温度不断升高, 对虾各项鲜度指标变化较快。壳聚糖、茶多酚、4-己基间苯二酚、虾鲜宝及柚子精油是几种常用的保鲜剂, 但其保鲜效果是基于恒温贮藏环境得出的。5 种恒温保鲜剂对变温条件下贮藏的南美白对虾也有一定的保鲜作用, 但各有侧重。壳聚糖对细菌增殖的抑制能力最优, 且对对虾的质构特性有较好的保持作用。4-己基间苯二酚是目前商业上使用的防黑变效果较好的黑变抑制剂, 但其仅通过抑制 PPO 酶活性发挥防黑变作用, 对微生物引起的腐败变质没有影响。茶多酚虽然具有一定的保鲜效果, 但是在长时间贮运条件下优势较低, 成本与其他保鲜剂相比也较高。柚子精油作为腥味抑制剂, 抑制腥臭味的能力最强, 另外柚子精油也具有一定的抑菌及抗氧化作用。虾鲜宝是市面上使用的虾类加工助剂之一, 可以保持虾蟹等甲壳水产品贮存过程中色泽良好不黑变, 成本较低, 仅对对虾的黑变起到一定的抑制作用, 且效果不及 4-己基间苯二酚。

综上所述, 5 种保鲜剂均能减缓对虾的腐败速率, 其中壳聚糖、4-己基间苯二酚与柚子精油在变温条件下的保鲜效果较好, 最佳保鲜时长可达 96 h。按成本比较, 壳聚糖成本最低, 其次是柚子精油, 4-己基间苯二酚成本相对较高, 但用量少, 且这 3 种保鲜剂的保鲜效果均优于市面上流通的虾鲜宝。近年来水产品的保鲜研究趋势是将复合保鲜剂与其他保鲜技术联合使用, 因此本文研究结果为复合保鲜剂的开发提供数据支持。

## 参考文献:

- [1] 刘金昉, 刘红英, 齐凤生, 等. 复合生物保鲜剂结合冰

- 温贮藏对南美白对虾的保鲜效果[J]. 食品科学, 2014, 35(20): 286-290.
- [2] ZHENG Z, LI R W, AWEYA J, et al. The PirB toxin protein from *Vibrio parahaemolyticus* induces apoptosis in hemocytes of *Penaeus vannamei*[J]. Virulence, 2021, 12(1): 481-492.
- [3] 耿瑞, 王宇光, 马林, 等. 电商视角下中国水产品物流发展现状及趋势[J]. 农业展望, 2020(6): 103-109.
- [4] 励建荣, 刘永吉, 李学鹏, 等. 水产品气调保鲜技术研究进展[J]. 中国水产科学, 2010, 17(4): 869-877.
- [5] 高乾坤, 杜贺超, 赵云飞, 等. 不同生物保鲜剂对带鱼冷藏保鲜效果的比较[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22): 270-275.
- [6] 梁广钰. 基于柚子皮的鲫鱼保鲜技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2020.
- [7] 邸珍涛, 王永妍, 马莉, 等. 汽爆柚皮对南美白对虾的保鲜效果[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(8): 2448-2456.
- [8] 刘婧婧, 邸珍涛, 马莉, 等. 柚子皮挥发性物质对冷藏南美白对虾货架期的影响[J]. 天津科技大学学报, 2022, 37(4): 16-22.
- [9] 吴亮亮. 海水虾防黑变抑制剂的复配及抑制机理研究[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2012.
- [10] 陆云飞, 张宾, 祝剑嫒, 等. 褐藻胶寡糖对南美白对虾虾仁品质特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(18): 267-271.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [12] 刘建林, 孙学颖, 张晓蓉, 等. GC-MS 结合电子鼻/电子舌分析发酵羊肉干的风味成分[J]. 中国食品学报, 2021, 21(5): 348-354.
- [13] 李桢桢, 尹明雨, 王锡昌. 冷链流通中温度波动对冷冻南美白对虾持水性及质构特性的影响[J/OL]. 食品与发酵工业: 1-12[2023-05-26]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.034947>.
- [14] 孙志利, 张洁玲, 陈小宝, 等. 温度波动对冻藏南美白对虾品质的影响[J/OL]. 食品与发酵工业: 1-9[2023-07-27]. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.034324>.
- [15] 周倩倩, 谢晶. 含有壳聚糖的保鲜剂在水产品保鲜中应用的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(1): 341-345.
- [16] 冯家敏, 张宾, 蒋林珍, 等. 流化冰结合防黑剂、抑菌剂对南美白对虾的保鲜效果[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 244-249.
- [17] 房吉伟. 高压均质化壳聚糖涂膜对冷藏草鱼的保鲜作用研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2019.
- [18] MONTERO P, MARTINEZ-ALVAREZ O, GOMEZ-GUILLEN M C. Effectiveness of onboard application of 4-hexylresorcinol in inhibiting melanosis in shrimp (*Parapenaeus longirostris*) [J]. Journal of food science, 2004, 69(8): 643-647.
- [19] 王娟娟. 南美白对虾虾壳中甲壳素的提取及其所羧甲基化衍生物的应用[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017.
- [20] 王丽, 许奇, 徐顺, 等. 茶多酚对微生物生长影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 29(7): 1737-1741.
- [21] 李颖畅, 张笑, 仪淑敏, 等. 茶多酚对水产品的保鲜机理及其应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 29(8): 365-368.
- [22] 张永杰, 潘明, 张薇. 柚皮精油食品包装材料的制备及性能[J]. 食品工业, 2022, 43(1): 139-143.
- [23] 韩昕苑, 樊震宇, 从娇娇, 等. 冷冻水产品冷链流通过程中品质变化及调控技术研究进展[J]. 食品科学, 2021, 42(15): 293-299.

责任编辑: 郎婧