

南美白对虾即食虾仁常温贮藏品质变化与货架期研究

Quality changes and shelf life of ready-to-eat *Penaeus vannamei* stored in ambient temperature

郭全友¹ 王晓晋^{1,2} 姜朝军¹

GUO Quan-you¹ WANG Xiao-jin^{1,2} JIANG Chao-jun¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; 2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

摘要:为确定南美白对虾即食虾仁常温贮藏货架期及残留菌种类,采用感官、理化、微生物和电子鼻等分析其品质变化及货架期,并使用 16S rRNA 测序法鉴定残留菌。结果表明,初始感官品质良好,物理和化学指标均符合标准;常温贮藏中水分含量、水分活度、pH、盐分和色泽(红度和黄度)前 4 个月无显著性差异,之后水分含量和水分活度降低,盐分和 pH 升高,红度和黄度存在波动;咀嚼性、硬度和弹性前 3 个月无显著差异,之后先升后降,而贮藏期间内聚性有波动性。常温贮藏 9 个月内 TVBN 和 TBA 均符合限量要求,菌落总数低于 10^3 CFU/g,个别胀袋虾中残留菌为地衣芽孢杆菌与枯草芽孢杆菌。综合感官、化学和微生物等评定指标,结合电子鼻对即食南美白对虾虾仁品质进行区分,确定其货架期为 9 个月。

关键词:南美白对虾;即食;货架期;品质;残留菌

Abstract: The shelf life and survival bacterial species of ready-to-eat *Penaeus vannamei* during ambient temperature storage were studied. The quality changes and shelf life were observed by the sensory, physico-chemical, microbiological evaluation and electronic nose analysis, the bacteria species were identified by 16S rRNA sequencing. The results showed that initial sensory quality, physical and chemical indicators was pretty good. In the first 4 months, the water content, water activity, pH, salinity and color (red degree and yellow degree) had no significant differences, and then, the water content and Aw decreased, but pH and salinity increased, while the red degree and

yellow degree fluctuated; The chewiness, hardness and elasticity had no significant difference in the first 3 months, and then increased firstly and decreased secondly, which kept fluctuating in cohesive force in the storage. TVBN and TBA did not exceed the limited value during the 9 months ambient temperature storage, with the total colony lower than 1 000 CFU/g; *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* were found to be residue in individual expansion bags. In conclusion, through previous criteria of sensory, physicochemical and microbiological evaluation, the shelf life of *Penaeus vannamei* was 9 months.

Keywords: *Penaeus vannamei*; ready-to-eat; shelf life; quality; residual bacteria

南美白对虾(*Penaeus vannamei*)原产于中、南美洲太平洋沿岸的温暖水域,年产 8.93×10^5 t,与斑节对虾和中国对虾合称世界三大养殖虾类^[1]。新鲜南美白对虾富含蛋白质,具有良好的氨基酸比例^[2],主要以鲜活、冷冻和熟制品等流通为主,但鲜活虾的运输条件严苛,成本昂贵^[3],冷冻虾贮藏耗能大,且会造成持水率下降,影响口感^[4]。熟制即食南美白对虾虾仁经脱壳、去肠线、调味、低温干燥、温和杀菌和真空包装等制作而成,具有质地柔软、口感好和无需冷冻等特点,具有良好的市场前景。但由于南美白对虾富含蛋白质,在加工、贮藏和运输中易受微生物和酶等物理化学因素的影响,易于腐败变质^[5]。因此,采用高效杀菌方法和抑菌手段,对控制微生物及延长货架期十分必要。

为保证熟制品食品品质和安全,常采用新型杀菌(如微波和红外线等)或栅栏技术来杀灭和抑制目标微生物的生长,实现延长产品货架期和品质损失最小化的统一。例如采用微波(750 W, 80 s)处理后的带鱼段与未经过微波处理相比,常温贮藏货架期可延长 4 倍^[6]; Huang 等^[7]采用红外线

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(东海水产研究所)资助项目(编号:2016M04);上海市自然科学基金项目(编号:16ZR1444900)

作者简介:郭全友(1974—),男,中国水产科学研究院东海水产研究所副研究员。E-mail: dhsguoqy@163.com

收稿日期:2017-12-28

对热狗表面进行杀菌,80℃、3 min或85℃、2 min处理后菌落总数分别下降了6.4,6.7 lg CFU/g,且处理前后感官品质无显著差异。针对不同产品的目标微生物,采用高效抑菌因子和强度,可有效保障产品品质 and 安全性,如刘晓莉等^[8]采用涂抹柑橘提取物可有效延缓冰藏南美白对虾质量恶化,鲁淑彦等^[9]通过控制水分含量和水分活度等因子优化了软烤对虾质构。

水产品鲜度品质和货架期评价常采用感官、微生物、理化及电子鼻等进行综合分析,如Le等^[10]采用感官评价、TVBN和三甲胺等腐败指标,确定0℃贮藏中国对虾的货架期为8 d;Mohana等^[11]采用菌落总数和过氧化物分析,得出采用可食用膜包装的牛肉10,4℃货架期分别为22,32 d;郭森等^[12]采用TVBN、质构和电子鼻能有效预测新鲜金鲳鱼货架期。熟制水产品 在加工和贮藏过程中,由于杀菌不均和贮藏不当,可能会发生胀袋变质,娄永江等^[13]采用PCR测序法确认真空包装即食海蜇的优势腐败菌为芽孢杆菌、假单胞菌和腐败希瓦氏菌等。因此,需采用感官、色泽、质构、风味、化学和微生物等多项指标对即食南美白对虾货架期和残留菌确认进行研究。

本试验拟采用感官、理化、微生物和电子鼻等确定南美白对虾即食虾仁(简称即食虾仁)贮藏期品质变化和货架期,并采用16S rRNA序列鉴定残留菌种类,为进一步优化产品改进配方等提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜南美白对虾:宁德闽东水产品批发市场,低温致死,冰鲜虾运达宁德市某水产公司进行试制;

HCl标准溶液:0.01 mol/L,深圳市博材达科技有限公司;

营养琼脂:AR级,上海市国药集团化学试剂有限公司;
水分活度仪:LAB-Touch型,瑞士NOVASINA公司;
水分含量测定仪:PMB35型,英国艾德姆衡器公司;
pH测定仪:pHS-3C型,仪电科学仪器股份有限公司;
自动定氮仪:KDN-103F型,上海纤检仪器有限公司;
洁净工作台:SW-CJ-1FB型,上海博讯实业有限公司医

疗设备厂;
高精密度低温培养箱:MIR-153型,上海一恒科学仪器有限公司;
电子鼻:PEN 3型,德国Airsense公司;
色差仪:CR-400型,日本CHROMA METER公司;
质构仪:TMS-Pro型,美国Food Technology公司;
真空快速冷却机:FD-50L型,上海福帝包装机械有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

冰鲜虾→预煮(一次杀菌)→脱壳去肠线→调味(乳酸、盐和糖等)→干燥(微波干燥85℃、15 min)→拉伸膜真空包装(PA/EVOH/PE膜,绝对压力≤200 Pa)→二段杀菌(微波95℃、25 min;红外线80℃、5 min)→真空快速冷却,成品放入高精度培养箱(25±1)℃贮藏

1.2.2 感官评价 依据SC/T 3305—2003《烤虾》标准的感官要求,合格品分为3个等级,并参考文献[14]制定感官评价标准(表1)。由10名专业人员组成感官评价小组,对样品形态、色泽、风味及滋味和组织进行评价,单项指标均采用10分制,单个指标权重相等,综合评分10分为品质最好,4分为可接受点,<4分为感官拒绝,1分为最差,单项评分和综合评分用平均值±标准偏差表示。

1.2.3 菌落总数(Total viable count, TVC)测定 按GB 4789.2—2016执行。

1.2.4 理化指标

- (1)水分含量:采用水分分析仪测定。
- (2)水分活度:采用水分活度仪测定。
- (3)pH值:采用酸度计测定。
- (4)盐分:按GB/T 12457—2008执行。
- (5)挥发性盐基氮(Ttotal volatile basic nitrogen, TVBN)测定:按SC/T 3032—2007执行;
- (6)硫代巴比妥酸(Thiobarbituric acid, TBA)的测定:参照文献[15]。
- (7)色差值测定:采用CR-400型色差仪,以标准白板为基准,对样品进行测定。按式(1)计算色差值。

表 1 即食虾仁感官评价标准

Table 1 The sensory evaluation standard of ready-to-eat shrimp

等级	分值	形态	色泽	滋味及气味	组织
一级品	9~10	虾体完整,大小均匀,虾体无粘结	固有红色,色泽均匀,光泽度好	鲜美,咸甜适宜,固有浓郁虾香味,无异味	组织紧密,弹性良好,有嚼劲
二级品	6~8	虾体基本完整,大小均匀,虾体无粘结	固有红色,色泽基本均匀,光泽度较好	鲜美,虾香味变浅,无异味	组织紧密,弹性良好,较鲜嫩,有嚼劲
三级品	4~5	虾体较完整,大小均匀,虾体无粘结	固有红色,色泽基本均匀,有偏黄现象,光泽度一般	气味正常,无异味	组织紧密,弹性变差,基本有嚼劲
不合格品	1~3	虾体不完整,大小均匀,虾体有粘结	色泽变白或变黄,色泽不均匀,光泽度差	虾腥味重,氨味重,有异味	组织软糯,口感差,无嚼劲

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (1)$$

式中：
 L^* ——黑白(亮)度；
 a^* ——红绿度($a+$ ，红色； $a-$ ，绿色)；
 b^* ——黄蓝度($b+$ ，黄色； $b-$ ，蓝色)。

(8) 电子鼻分析:取待测样品 10 g 剪碎,分装于顶空近样瓶,置于 25 ℃,气味富集 10 min 后电子鼻检测,取进样的第 59 s 气味数据作为有效数据,采用主成分分析法,线性判别法和传感器区别贡献率分析法作为主要区别分析方法。电子鼻各传感器性能描述见表 2。

表 2 传感器性能描述

Table 2 The discription of sensor performance

阵列序号	传感器名称	性能描述
1	W1C	芳香成分
2	W5S	对氮氧化物很灵敏
3	W3C	对芳香成分灵敏
4	W6S	主要对氢气有选择性
5	W5C	烷烃芳香成分
6	W1S	对甲烷灵敏
7	W1W	对硫化物灵敏
8	W2S	对乙醇灵敏
9	W2W	对有机硫化物灵敏
10	W3S	对烷烃灵敏

(9) 质构测定:采用 TMS-Pro 型物性分析仪测定,以 TPA 1000N P/5 柱形探头,剪切力 1 000 N 模式进行测试,参数设置参考文献[9]并稍加修改:测试探头挤压速度 50 mm/min,形变量 50%,触发类型自动 0.2 N,回缩距离 20 mm。TPA 1 000 N 感应源探头对虾仁第二腹节测定样品硬度和弹性等指标,结果以“平均值±标准偏差”形式表示。

1.2.5 货架期评定 参照 SC/T 3305—2003 和感官评价(<4 分为感官拒绝点),结合 TVBN ≤ 40 mg/100 g、菌落总数 ≤ 3×10⁴ CFU/g 等指标综合判定货架期。

1.2.6 残留菌的分离与鉴定

(1) 残留菌的分离与纯化:取货架期终点个别发生胀袋的即食对虾,无菌室开袋称量 10 g 加入 90 mL 生理盐水,加塞密封,震荡 5 min,10 倍稀释至合适梯度,涂布于营养琼脂平板上。(30±1) ℃ 恒温培养(72±3) h,选取菌落分布均匀的平板,依据菌落形态特征分组,纯化培养,参照《常见细菌系统鉴定手册》并采用 16S rRNA 序列对菌株进行鉴定。

(2) 16S rRNA 序列测定:挑取菌落于营养肉汤中 25 ℃ 过夜培养。取该菌液 1.5 mL 于 EP 管中,5 000 r/min 离心 5 min,按照 TIANGEN 细菌 DNA 提取试剂盒步骤提取菌株 DNA,并进行 PCR 序列扩增,将扩增序列送往生工生物工程(上海)股份有限公司进行测序。

1.2.7 数据处理 采用 Oringin 8.0 对数据结果进行统计分析,采用 SPSS 18.0(PASW Statistics, inc)进行差异性分析。

2 结果与讨论

2.1 常温贮藏品质变化

2.1.1 感官评价 感官评价是食品评价最直观的手段,可通过虾的形态、色泽、气味及滋味和组织综合评价产品品质,确认货架期^[15]。由图 1 可见,即食虾仁形态、色泽、气味及滋味和组织随贮藏时间的延长,色泽由固有红色变成偏黄色,光泽度下降,但是虾色泽均匀;气味由浓郁虾香味变浅变淡,滋味和鲜嫩度下降,组织由嚼劲变为基本有嚼劲。第 9 个月时,气味及滋味和组织评分分别为(4.3±0.30),(4.5±0.2)分,接近拒绝点。综合评分随着贮藏时间的延长而降低,第 9 个月时,综合评分为(5.8±0.2)分,考虑气味及滋味和组织接近感官拒绝点,综合各项指标判定产品为货架期终点。综合显示,即食虾仁贮藏期气味及滋味劣变较质地和色泽出现的早,与王焕庆等^[14]对高水分虾常温贮藏时外观劣变明显早于色泽、风味和质地不同,可能与杀菌手段和包装材料等差异有关。

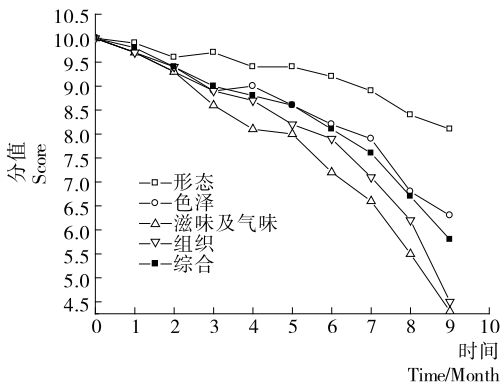


图 1 即食虾仁贮藏期间感官评价
Figure 1 The Sensory evaluation of ready-to-eat shelled shrimp stored at ambient temperature

2.1.2 色差评价 颜色评价是感官评价食品质量的一个因素,且它是消费者评价食品的首要质量参数,在产品验收中是至关重要的^[16]。由图 2 可知,即食对虾的 L^* 、 a^* 、 b^* 和 ΔE^* 值在贮藏 4 个月前不存在显著性差异($P>0.05$),4 个月 after a^* 、 b^* 、 L^* 和 ΔE^* 存在较大波动,但贮藏前后差异性不显著。与感官评价相比,色差值在贮藏 4 个月时发生波

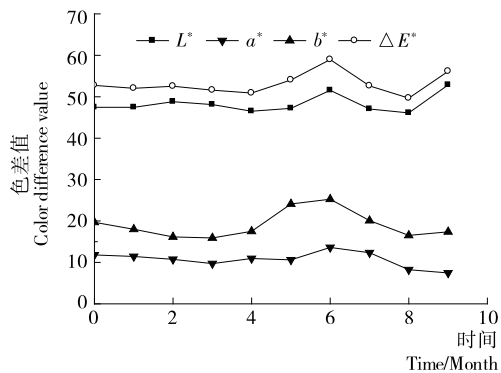


图 2 即食虾仁常温贮藏色差变化
Figure 2 The color changes of ready-to-eat shelled shrimp stored at ambient temperature

动,在贮藏的第 9 个月亮度呈增高趋势,红度呈降低趋势,可能是虾青素或者其它色素结合蛋白降解导致的。Niamnuy 等^[17]研究表明虾颜色的变化与虾青素的氧化分解和异构化存在良好相关性,虾青素的氧化导致虾的红度和黄度的降低。可见如果延长贮藏时间,将会失去其原有色泽,影响销售。但感官评价中色泽直到贮藏 6 个月才发生显著性变化。说明色差仪的灵敏性高于肉眼,可及时反映即食对虾品质变化。

2.1.3 气味分析 电子鼻对挥发性气味物质有较高灵敏度,可通过指纹识别和特定算法区分不同贮藏期食物新鲜度^[18-19]。图 3 为电子鼻对不同贮藏期的即食对虾仁气味的主成分分析,可见贮藏 1,5,9 个月的主成分分布在坐标轴的不同位置,不存在重叠,由此可见电子鼻可区分不同贮藏期对虾。图 4 为电子鼻传感器贡献率分析图,传感器阵列进行主成分分析得到的主成分 1 和主成分 2 的贡献率分别为 99.896%,0.103%,二者贡献率之和接近 100%,说明两主成分具有代表性。图 4 可见气味差异重点表现在 W1W(硫化物),与新鲜南美白对虾腐败过程中硫化物贡献值一致,可能与蛋氨酸分解有关^[20]。

2.1.4 质构分析 质构特性是评价食品品质的重要因素,可客观反映食品质地并区分食物等级^[21]。由图 5 可知,即食虾仁咀嚼性、硬度在贮藏 3 个月内无显著差异($P>0.05$),3 个月后,咀嚼性和硬度分别由起初的 (146.81 ± 5.02) kJ、

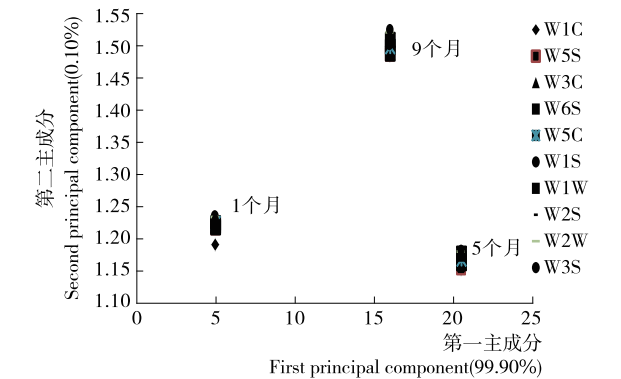


图 3 即食虾仁常温贮藏电子鼻主成分分析
Figure 3 Principle component analysis of ready-to-eat shrimp stored at ambient temperature

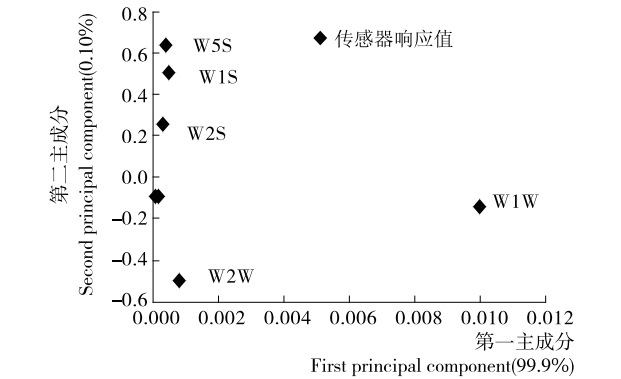


图 4 即食虾仁常温贮藏传感器贡献率分析
Figure 4 Sensor contribution rate of ready-to-eat shrimp stored at ambient temperature

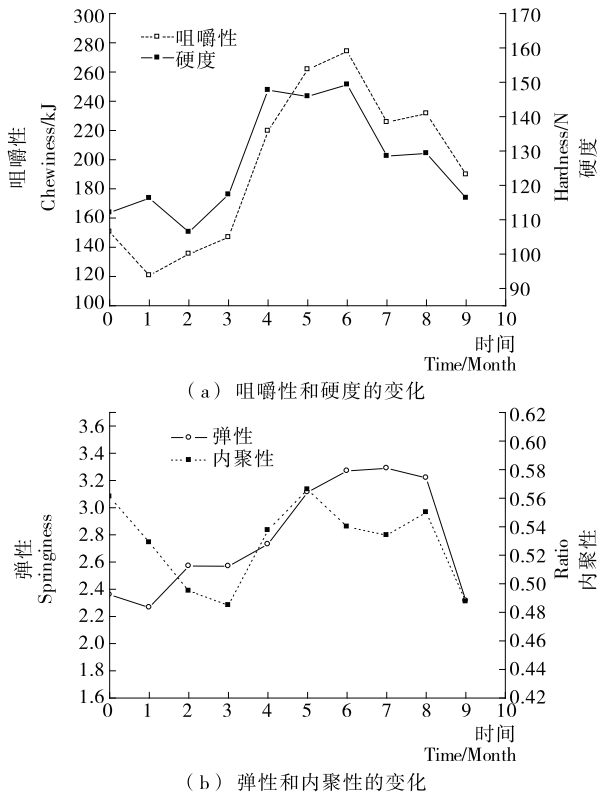


图 5 即食虾仁常温贮藏质构特性变化
Figure 5 The texture changes of ready-to-eat shelled shrimp stored at ambient temperature

(117.32 ± 6.56) N 增长为 (219.62 ± 7.07) kJ、 (147.725 ± 3.270) N,6 个月后呈明显下降趋势。同时弹性也呈先升高后下降的趋势,但内聚性存在较大波动。这是因为随着贮藏时间的延长,水分散失组织变紧密等。6 个月后咀嚼性、硬度和弹性下降是因为蛋白氧化分解,组织变软等,而内聚性受影响因素较多,存在波动性^[22]。

2.1.5 TVBN 和 TBA 变化 TVBN 和 TBA 是食物腐败的重要指标,TVBN 主要指氨、胺类物质,TBA 主要是脂肪二级氧化物,TVBN 和 TBA 越高,食物腐败程度越高^[23-24]。图 6 为贮藏期即食虾仁 TBA 和 TVBN 的变化。由图 6 可见,TBA 和 TVBN 在前 4 个月内无显著差异,4 个月后分别由起初的 (0.028 ± 0.002) 、 (10.48 ± 0.03) mg/100 g 增长到

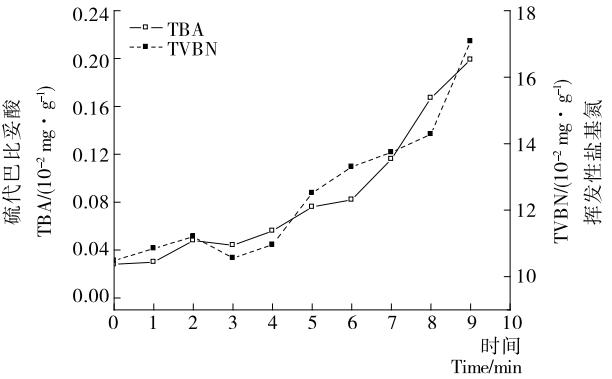


图 6 即食虾仁常温贮藏 TBA 和 TVBN 的变化
Figure 6 The changes in TBA, TVBN and pH of ready-to-eat shelled shrimp stored at ambient temperature

(0.199 ± 0.001), (17.08 ± 0.10) mg/100 g, 可能是包装材料具有一定通透性, 使得脂肪和蛋白质发生氧化分解; TVBN 低于 20 mg/100 g, 达到二级制品水平; 即食对虾在贮藏 9 个月 后 TBA 值仍处于高品质阶段(TBA 值 <0.3 mg/100 g^[25]), 可能与包装材料 PA/EVOH/PE 膜的封闭性和水分活度低 于 0.93 不适于芽孢杆菌生长等有关^[26]。

2.2 微生物特征及抑菌栅栏

2.2.1 菌落总数与残留菌鉴定 表 3 为即食虾仁菌落总数 变化, 可见各贮藏阶段 TVC 存在一定波动, 但均 $<3\times 10^4$ CFU/g, 符合 SC/T 3305—2003 限量要求, 表明该产品处 在安全范围内。研究^[27]表明: TVC 能有效指示食品的质量, TVC $<10^6$ CFU/g 时, 不存在高风险, 香港、澳大利亚、新西兰 和英国的 TVC 限量范围为 $10^3\sim10^7$ CFU/g, 但不能直接进行 安全评估, 货架期内 TVC 升高, 表明存在潜在安全问题。

从胀袋即食虾仁中仅分离出 2 种菌 S1 (65%) 和 S2 (35%), 见图 7。16S rRNA 系统发育树显示, S1、S2 与地衣

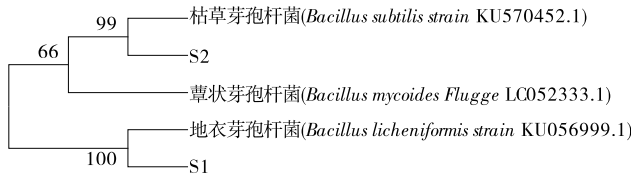


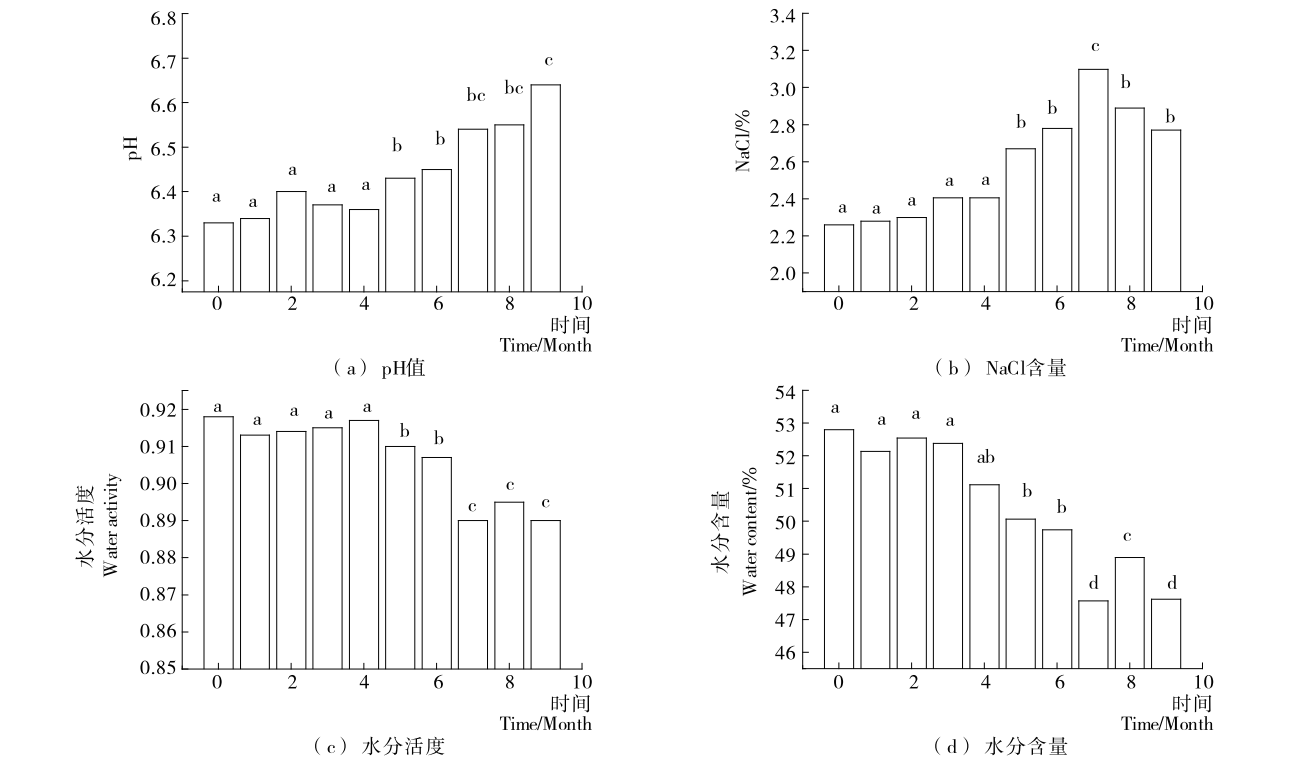
图 7 即食虾仁中残留菌 16S rRNA 序列系统发育树
Figure 7 Phylogenetic tree of 16S rRNA sequences of the residue bacteria in ready-to-eat shelled shrimps

芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌的同源性分别为 100% 和 99%。芽孢杆菌常存在于即食品中^[28], 可能是芽孢杆菌抗逆性 强, 难以将其彻底杀灭。

2.2.2 抑菌栅栏效应 合理的选择栅栏因子和强度可有效 抑制腐败菌生长, 多种栅栏因子协同抑菌效果较好。pH、盐 分和水分活度是控制货架期的重要栅栏因子, 水分活度越 高, 货架期越短, 水分活度 <0.95 时, 多数细菌不能生长, 水 分活度 <0.83 时, 多数霉菌不能生长^[29]。图 8 为贮藏期即 食虾仁的栅栏因子 pH、盐分、水分活度和水分含量的变化状 况。图 8 可见, pH、盐分、水分活度和水分含量在前 4 个月 无显著差异, 4 个月后均呈显著性变化, pH 和盐分显著性增 加, 分别由 (6.36 ± 0.10)%, (2.41 ± 0.03)% 增长到 (6.64 ± 0.11)%, (2.77 ± 0.10)%; 水分含量和水分活度显著性降低, 分别由 (49.12 ± 0.30)%, (0.918 ± 0.01)% 下降到 (47.62 ± 0.21)%, (0.90 ± 0.01)%。水分活度 <0.93 时, 可有效抑制 芽孢杆菌的增值, 即食虾仁初始水分活度为 0.918 低于 0.93, 可有效控制芽孢杆菌的生长, 且在低水分活度时, 芽孢杆菌 更易灭活^[30-31]。

表 3 即食虾仁常温贮藏菌落总数变化
Table 3 The TVC changes of ready-to-eat shrimp stored at ambient temperature

时间/月	TVC/(CFU·g ⁻¹)	时间/月	TVC/(CFU·g ⁻¹)
0	$<10^2$	5	2.2×10^2
1	<10	6	<10
2	<10	7	<10
3	<10	8	<10
4	<10	9	<10



不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上存在显著差异
图 8 即食虾仁常温贮藏栅栏因子的变化
Figure 8 The changes in hurdle factors of ready-to-eat shrimp stored at ambient temperature

2.3 货架期确认

综合感官、化学和微生物等评定指标,即食虾仁在贮藏期间 TVBN、TBA 和菌落总数值未超过限定值,感官评价中气味、滋味和组织的分值到第 9 个月时接近感官拒绝点,确定其货架期为 9 个月。

3 结论

南美白对虾即食虾仁在二次杀菌和真空、Aw 及 pH 抑菌因子等作用下,蛋白质、脂肪、灰分和能量符合食用标准,具有高蛋白、低脂肪的特点;重金属、微生物、生物胺的含量均未超过相关限量标准。在常温贮藏过程中产品 TBA、TVBN 和 TVC 等存在变化,但均未超过限定值,综合感官、理化和微生物指标确定即食虾仁货架期为 9 个月。个别发生胀袋的即食虾仁优势腐败菌为芽孢杆菌(枯草芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌),耐高温,抗逆性强,是其得以残存的主要原因。常温贮藏期间,即食虾仁质构和色泽发生变化时间一致,且气味变化早于质构和色泽。通过电子鼻测试得出硫化物为主要变化气体成分,通过质构仪可得出不同贮藏期色差、弹性、硬度等指标的变化,但感官评价难以判断出气体成分、色差和质构的细微变化。可见,结合感官、质构仪、色差仪和其他手段评价即食虾仁货架期和品质十分必要,为深入开展低温杀菌、靶向抑菌和优化配方等提供支撑。

参考文献

[1] 赵兴武,崔利锋,刘新中,等. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 32-33.

[2] 张高静,韩丽萍,孙剑锋,等. 南美白对虾营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 254-260.

[3] 唐兴本. 商品活虾运输技术[J]. 水产养殖, 2014, 35(6): 45-46.

[4] 白冬,郑炜,郑佳,等. 海藻糖类抗冻保水剂对冻藏南美白对虾(*Litopenaeus vannamei*)品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018 (6):286-307.

[5] MONTET D, RAY R C. Aquaculture microbiology and biotechnology[J]. Crc Press, 2011, 1: 101-102.

[6] 李桂芳, 娄永江. 微波能对带鱼杀菌保鲜的研究[J]. 中国水产, 2001(3): 64-66.

[7] HUANG Li-han, SITES J. Elimination of listeria monocytogenes on hotdogs by infrared surface treatment[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(1): 27-31.

[8] LIU Xiao-li, JIA Yang-yang, HU Yan-xin, et al. Effect of Citrus wilsonii Tanaka extract combined with alginate-calcium coating on quality maintenance of white shrimps (*Litopenaeus vannamei* Boone)[J]. Food Control, 2016, 68: 83-91.

[9] 鲁淑彦,迟海,李学英,等. 含水量对软烤虾制品品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 86-90.

[10] LE N T, DOAN N K, NGUYEN B T, et al. Towards improved quality benchmarking and shelf life evaluation of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*)[J]. Food Chemistry, 2017, 235: 220-226.

[11] MOHAN C C, RAKHAVAN K R, KRISHNAN K R, et al. Development of predictive preservative model for shelf life parameters of beef using response surface methodology[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 72(10): 239-250.

[12] 郭森, 惠国华. 金鲳鱼货架期品质快速检测方法研究[J]. 中国

食品学报, 2015, 15(12): 195-202.

[13] 娄永江, 柳丽. 即食海蜇中特定腐败菌的分离及 PCR 检测[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 207-209.

[14] 王焕庆, 李学英, 杨宪时, 等. 水分含量对烤虾品质和贮藏性的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(8): 901-904.

[15] 马丽珍, 南庆贤, 戴瑞彤. 不同气调包装方式对冷却猪肉在冷藏过程中的理化及感官特性的影响[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 156-160.

[16] SREENATH P G, ABHILASH S, RAVISHANKAR C N, et al. Standardization of process parameters for ready-to-eat shrimp curry in tin-free steel cans [J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2008, 32(2): 247-269.

[17] NIAMNUY C, DEVAHASTIN S, SOPONRONNARIT S, et al. Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(4): 591-600.

[18] JIA Wen-shen, LIANG Gang, WANG Ya-lei, et al. Electronic noses as a powerful tool for assessing meat quality: a mini review[J]. Food Analytical Methods, 2018(10): 1-9.

[19] HONG Zhen-xue, WANG jun, ZHENG Hai. Discrimination and prediction of multiple beef freshness indexes based on electronic nose[J]. Sensors & Actuators B Chemical, 2012, 161(1): 381-389.

[20] 郭美娟, 柴春祥, 鲁晓翔, 等. 南美白对虾腐败过程中挥发性成分的测定[J]. 食品与机械, 2013(4): 153-156.

[21] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 利用内聚性和咀嚼性对火腿肠等级的判别分析研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 95-97.

[22] 刘娜, 翁佩芳, 朱亚珠, 等. 贮藏温度对中国毛虾(*Acetes chinensis*)品质变化影响的研究[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(4): 838-844.

[23] GONÇALVES A A. Development of Quality Index Method (QIM) scheme for spiny lobster (*Panulirus argus* , Latreille, 1804) stored in ice[J]. Food Control, 2015, 47(1): 237-245.

[24] ZHANG Bin, MA Lu-kai, DENG Shang-gui, et al. Shelf-life of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere packaging[J]. Food Control, 2015, 51(11): 114-121.

[25] 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): 1 139-1 147.

[26] BUCKOW R, SIKES A, TUME R. Effect of High Pressure on Physicochemical Properties of Meat[J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 2013, 53(7): 770.

[27] 徐进, 庞璐. 即食食品微生物限量标准比较分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(5): 474-478.

[28] 高鹏, 王艳, 黄敏, 等. 16S rDNA 和 PCR-DGGE 技术分析水晶肘花胀袋的微生物原因[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 356-360.

[29] 邱岑. 栅栏技术对即食鲜海参保鲜的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016: 10-11.

[30] AOUDHI C, ROUISSI Z, KMIHA S, et al. Effect of sporulation conditions on the resistance of *Bacillus sporothermodurans* spores to nisin and heat[J]. Food Microbiology, 2016, 54(10): 6-10.

[31] YOUNG R F, YOSHIMORI R N, MURRAY D L, et al. Post-operative neurosurgical infections due to bacillus species[J]. Surgical Neurology, 1982, 18(4): 271-273.