

南美白对虾即食虾仁加工工艺和贮藏研究

崔宏博, 薛 勇, 宿 玮, 薛长湖*
(中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003)

摘 要: 为了获得贮藏期长的即食南美白对虾制品, 对其关键加工工艺进行研究, 并对其贮藏过程中质构、蛋白质、游离氨基酸、虾青素含量、TBA 值以及微观结构的变化进行测定。经蒸汽蒸制加工, 腌渍调味, 115℃ 高压蒸汽灭菌处理的虾仁, 40℃ 条件可贮藏 30d 以上。贮藏过程中虾仁质构下降明显, 其质构变化与蛋白质的降解、肌纤维的结构破坏有关, 脂肪的氧化引起虾青素的降解和虾仁色泽的变化。

关键词: 南美白对虾; 即食虾仁; 质构; 蛋白质降解; 加工工艺

Processing Technologies for Ready-to-Eat *Litopenaeus vannamei* and Changes in Its Properties during Storage

CUI Hong-bo, XUE Yong, SU Wei, XUE Chang-hu*
(College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Key processing techniques for producing long lasting ready-to-eat *Litopenaeus vannamei* products were investigated. In addition, the changes in texture properties, the contents of protein, free amino acids and astaxanthin, TBA, and microstructure of ready-to-eat *Litopenaeus vannamei* were measured during storage. The storage life of ready-to-eat *Litopenaeus vannamei* produced by steaming, curing and high pressure steam sterilization at 115 °C was up to more than 30 days at 40 °C. The texture of *Litopenaeus vannamei* deteriorated obviously during storage and the changes were associated with the decomposition of proteins and structural damage of muscle fibers. Moreover, lipid oxidation could cause the decomposition of astaxanthin and changes in the color of *Litopenaeus vannamei*.

Key words: *Litopenaeus vannamei*; ready-to-eat shrimp; texture; protein degradation; processing technologies

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)04-0257-05

南美白对虾(*Litopenaeus vannamei*)是一种营养丰富、味道鲜美的海味食品, 其蛋白质含量高于 90% (干基)、脂肪含量仅为 1% 左右(干基), 并富含多种矿物质^[1], 深受国内外消费者喜爱, 是世界养殖产量最高的三大优良虾种之一, 也是目前世界上三大养殖对虾中单产量最高的虾种^[2]。我国南美白对虾资源丰富, 2006 年南美白对虾产量达到 50 万 t^[3]。近年来, 我国对虾产量大幅提高, 而对虾出口却遭遇贸易壁垒, 因此出现了对虾供过于求, 价格下跌的局面, 开发对虾调理食品和即食食品逐渐成为产业发展新出路。

即食南美白对虾由于微生物等作用贮藏期较短, 影响贮藏过程中品质变化的因素较多, 包括水分含量、贮藏温度、包装方式、pH 值等^[4-5]。国内文献报道即食南美白对虾产品开发也已较多^[6-8], 多经过干燥降低水分活度, 延长其货架期。蛋白质是食品中最重要的成分,

它不仅具有营养上的重要意义, 而且还往往决定着食品的质构和风味, 具有很多特殊的机能特性, 决定其咀嚼性等指标^[9]。蛋白质是对虾的主要组成成分, 在酶和微生物的作用下, 虾蛋白质在贮藏过程中发生降解^[10], 影响虾仁的质构。虾青素是南美白对虾的主要色素成分, 其含量变化影响即食虾仁产品的色泽, 有必要对其变化进行探究, 分析各变化之间的联系, 为虾仁贮藏中质量品质控制提供理论补充。

本实验开发一种即食虾仁产品, 并探究即食对虾虾仁贮藏过程中质构和色素的变化, 通过 SDS-PAGE 分析蛋白质的分子质量分布变化, 扫描电镜法观察虾仁微观结构的变化, 为改善即食虾仁贮藏过程中的品质提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

收稿日期: 2011-01-07

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201105029); 国际科技合作项目(2010DFA31330)

作者简介: 崔宏博(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产品加工。E-mail: chbb770748@yahoo.com.cn

* 通信作者: 薛长湖(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为水产品化学。E-mail: xuech@ouc.edu.cn

南美白对虾: 购买自青岛南山水产市场, 样品采样时间: 9~11 月份, 用水袋活运至实验室, 弃去死亡个体。去壳后虾仁平均质量(7.35 ± 0.20)g。

茚三酮 上海迈坤化工有限公司; 十二烷基硫酸钠、羟脯氨酸 美国 Sigma 公司; 硫代巴比妥酸 国药集团化学试剂有限公司; 其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

TMS-Pro 物性测试仪 美国 F.T.C. 公司; HPS-250 生化培养箱 哈尔滨东明医疗仪器厂; WJF7200 型分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司; Air Tech 超净工作台 苏净集团安泰公司; GL-20G-II 冷冻离心机 上海安亭科学仪器; JSM-840 扫描电子显微镜。

1.3 方法

1.3.1 南美白对虾即食虾仁产品制备

基本的制作工艺: 鲜活南美白对虾→去头、去肠线→清洗→蒸汽蒸制→去壳→冷却、沥干→拌料调味 30min→冷风干燥 2h→真空包装→灭菌→流水冷却→40℃ 条件贮藏。

对不同蒸制时间(2、5、8、10min)、调味液的组成、灭菌条件(70℃ 孵化 15min, 85℃ 灭菌 30min; 100℃ 灭菌 30min, 115℃ 灭菌 5min, 121℃ 灭菌 5min)进行选择, 获得货架期长的即食虾仁产品。

1.3.2 游离氨基酸测定^[11]

称取充分研碎的即食虾仁 3g, 加入 50mL 蒸馏水, 沸水浴浸提 20min, 趁热抽滤, 滤液定容至 100mL。茚三酮法测定氨基酸含量, 取样品 1mL, 加水 2mL, 磷酸缓冲液(pH7.4)0.5mL, 茚三酮 0.5mL, 沸水浴 15min, 定容至 25mL, 10min 后 570nm 处比色, 以羟脯氨酸为标准氨基酸。平行测定 3 次, 取平均值。

1.3.3 TPA 质构分析

采用 TMS-Pro 物性测试仪对样品的 TPA(texture profile analysis)特性中的硬度、弹性、黏聚性和咀嚼性进行测试。选用 P/0.5 柱形探头, 测试速度 1mm/s, 测试形变量 50%。测试至少 5 个平行样。

硬度: 样品达到一定变形所必须的力; 弹性: 变形样品在去除变形力后恢复到变形前的条件下的高度或体积比率; 黏聚性: 该值可以模拟表示样品内部黏合力; 咀嚼性: 该值模拟表示将固体样品咀嚼吞咽时的稳定状态所需的能量。

1.3.4 肌纤维蛋白提取^[12]

称取充分研磨的即食虾仁 5g, 按质量体积比 1:5 加入 0.03mol/L 的 pH 值为 6.5 磷酸缓冲液, 4℃ 低温振荡提取 5min, 10000r/min 离心 20min, 弃掉上清液, 重复洗涤 3 次。最后将沉淀按照质量体积比 1:4 与 0.1mol/L pH6.5 磷酸缓冲液(含有 0.7mol/L 碘化钾和质量分数 0.02%

叠氮钠)混合均匀, 4℃ 低温振荡提取 5min, 同温度 10000r/min 离心 20min, 取上清液, 分子质量 10000D 超滤离心管 4℃、6000r/min 离心脱盐, 截留液低温贮藏备用。

肌纤维蛋白溶液的蛋白含量: 采用 Folin- 酚法测定^[13]; SDS-PAGE 凝胶电泳法^[14]: 以分子质量范围在 10~200kD 的标准蛋白作为对照, 采用十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺 SDS-PAGE 凝胶电泳(分离胶质量分数 12%, 浓缩胶质量分数 5%)分析即食南美白对虾贮藏过程中蛋白质。

1.3.5 虾青素含量测定

参照 Chalida 等^[15]的方法, 在其基础上进行改进。称取 5g 左右即食虾仁样品, 40mL 丙酮萃取, 6000r/min 高速匀浆 2min。匀浆液在 4℃ 条件 4000r/min, 离心 5min。萃取 3 次后, 为分离水不溶物, 离心后的丙酮层转移至 250mL 分液漏斗中, 加入 100mL 0.5% NaCl 溶液和 40mL 石油醚。摇匀后避光静置 1h 后, 将上层石油醚转移至 50mL 量筒中, 记录体积。以石油醚为空白对照, 可见分光光度计测定 472nm 处的吸光度。每组测定 3 次, 结果取平均值。

1.3.6 TBA 值测定^[16]

称取 1.0g 即食虾仁样品, 加入 3mL TBA 储备液(0.375% 硫代巴比妥酸, 15% TCA, 0.25mol/L HCl 溶液), 沸水浴 10min 后, 迅速自来水冲洗冷却, 4300r/min 离心 10min, 取上清液, 532nm 处测定吸光度, 平行测定 3 次, 取平均值, 计算 TBA 值。

$$TBA/(mg/kg) = \frac{A_{532}}{Kb} \times \frac{0.003L}{1.0g} \times 72.07g/mol \times 10^6 mg/kg$$

式中: K 为吸光系数, 取值 156000L/(mol·cm); b 为比色皿厚度(1cm); 0.003L 为体系体积; 72.07g/mol 为丙二醛摩尔质量。

1.3.7 菌落总数检测^[17]

按国标 GB/T 4789.2—2008《食品卫生微生物学检验菌落总数测定》进行测定。

1.3.8 扫描电镜观察微观结构^[18]

将不同贮藏期的即食虾仁样品用 JSM-840 扫描电子显微镜观察微观结构。将 $5 \times 5 \times 5$ mm 的块状样品置于体积分数 2.5% 戊二醛溶液(0.2mol/L 磷酸盐缓冲液 pH7.2)中在 4℃ 固定 2h, 然后用蒸馏水漂洗 1h, 依次用 50%、70%、80%、90% 和 100% 乙醇梯度脱水, 将干样品用离子溅射仪喷金后, 扫描电镜观察。

1.3.9 感官评价

由 10 名以上专业人员品尝, 采用“盲法”对即食虾仁产品的色泽、口感和质地、风味指标进行打分, 以 1~5 之间的分值表示。色泽包括虾的颜色及光泽:

1 分为无光泽、颜色浅; 5 分为光泽明亮、颜色鲜亮。风味包括虾鲜、香味及异味: 1 分为虾鲜、香味淡, 异味突出; 5 分为虾鲜、香味浓, 无异味。口感和质地指虾肉组织特性, 包括虾肉的硬度、咀嚼性、弹性等信息: 1 分为组织浮软、无弹性、口感差或粗糙、过硬; 5 分为虾肉硬度适中, 有弹性, 口感良好。

2 结果与分析

2.1 即食虾仁工艺的确定

2.1.1 蒸制时间的确定

即食产品的加工需要对原料进行熟制, 一般采用蒸煮方式, 但蒸煮加工在熟制和降低水分含量的同时, 也造成了营养物质的流失^[19-20]。特别是南美白对虾营养丰富, 含有丰富的氨基酸和微量元素等, 这些营养成分在蒸煮过程中容易流失。蒸汽蒸制是一种常用的熟制方式, 将该方式应用于即食虾仁加工有利于减少营养物质流失, 得到原滋原味的虾仁制品。该研究采用蒸汽蒸制, 经拌料调味后, 进行感官评价、蒸煮损失和 TPA 测定, 如表 1 所示, 蒸煮时间过长使得感官评分下降, 弹性下降; 时间过短口感较差, 硬度太小, 综合得出最佳的蒸制时间为 5min。

表 1 不同蒸制时间对虾仁指标的影响

Table 1 Effect of steaming time on sensory and texture properties of *Litopenaeus vannamei*

时间/min	色泽	口感	风味	感官平均分	蒸煮损失率/%	硬度/gf	弹性
2	3.5	4.0	3.5	3.7	11.8	120	0.60
5	4.4	4.8	4.5	4.6	18.4	450	0.81
8	4.6	4.5	4.6	4.6	23.4	480	0.77
10	4.7	4.3	4.2	4.4	26.6	490	0.79

2.1.2 调味配方确定

表 2 即食虾仁调味正交试验表

Table 2 Orthogonal array design and results for optimization of seasoning formulation for *Litopenaeus vannamei*

试验号	A 盐/%	B 糖/%	C 美味 Q/%	D I&G/%	感官平均分
1	1	1	0.05	0.05	3.9
2	1	1.5	0.1	0.1	4.0
3	1	2	0.2	0.2	3.8
4	1.5	1	0.1	0.2	4.8
5	1.5	1.5	0.2	0.05	3.6
6	1.5	2	0.05	0.1	4.2
7	2	1	0.2	0.1	3.4
8	2	1.5	0.05	0.2	4.6
9	2	2	0.1	0.05	3.5
均值 1	3.900	4.033	4.067	3.667	
均值 2	4.200	3.900	4.100	3.867	
均值 3	3.667	3.833	3.600	4.233	
极差	0.533	0.200	0.500	0.566	

为了确定最佳的调味配方, 采用正交试验法, 以 $L_9(3^4)$ 正交表设计 9 组试验, 对影响味道的 4 个主要因素进行筛选, 从而确定最佳配方, 结果见表 2。

由表 2 得出影响综合评分的顺序为: $B < C < A < D$, 最佳组合为 $A_2B_1C_2D_3$, 即 1.5% 盐, 1% 糖, 0.1% 美味 Q, 0.15% I&G。腌制液中含有的食盐、糖、酸味调节剂具有改善食品可食性, 使其口感柔和、多汁, 提高风味, 并具有延长食品货架期的作用^[21]。腌制液在虾加工中的应用研究也较多^[22-23]。

2.1.3 杀菌方式的选择

本研究对 4 种杀菌方式进行考察: 70℃ 孵化 15min, 85℃ 灭菌 30min; 100℃ 灭菌 30min; 115℃ 灭菌 5min; 121℃ 灭菌 5min。

表 3 不同杀菌方式的即食虾仁指标的影响

Table 3 Effect of different sterilization methods on sensory and texture properties of *Litopenaeus vannamei*

杀菌方式	感官评分		硬度/gf		弹性		40℃放置 4 周后 菌落总数
	灭菌后	40℃放置 4 周	灭菌后	40℃放置 4 周	灭菌后	40℃放置 4 周	
70℃孵化 15min, 85℃灭菌 30min	4.4	—	420	—	0.65	—	多不可计
100℃灭菌 30min	4.3	—	600	—	0.71	—	多不可计
115℃灭菌 5min	4.2	3.8	750	400	0.84	0.58	< 10
121℃灭菌 5min	2.6	—	50	—	0.42	—	< 10

低温杀菌分两步进行, 首先孵化虾仁中的芽孢, 再进行杀菌, 不能完全杀灭微生物, 贮藏期过短; 121℃ 杀菌严重破坏虾仁的质构; 115℃ 杀菌是较为合适的杀菌方式, 根据文献报道, 在 40℃ 贮藏 30d 感官和菌落总数均符合 GB10144—2005《动物性水产干制品卫生标准》, TBA 值 ≤ 0.60 , 可预测常温条件下(25℃)贮藏期达 5 个月以上。水产动物食品在受热过程中, 蛋白质的变化是造成其硬度、弹性等质构特性发生变化的主要原因^[24-25]。在剧烈的加热条件下(120~150℃), 蛋白质发生的主要变化有: 异肽键形成; 与还原糖反应(美拉德终期反应); 水解; 离解、缔合、复合物形成; 组成氨基酸的分解和反应。即食虾仁的加工过程中, 热烫和灭菌过程都是加热处理, 引起蛋白质的变性和水解等变化^[26], 这既是食品的必要加工手段, 也会引起虾仁产品质构的变化。曹荣^[27]研究了不同煮制时间和灭菌过程对虾仁质构的影响, 得出煮制盐度 2%, 煮制时间 5min 为最佳条件, 121℃ 灭菌处理后, 虾仁硬度、弹性和咀嚼性发生明显劣化。这与本实验的结果类似, 采用 115℃ 灭菌处理, 在保证杀灭微生物, 延长贮藏期的前提下, 降低热处理对虾仁质构的破坏。

2.2 贮藏过程中虾仁的质构变化

并可对结果进行准确的数量化处理。以量化的指标来客观全面的评价成品。从而避免了人为因素对食品品质评价结果的主观影响。即食南美白对虾虾仁在 40℃ 条件下贮藏 40d, 其 TPA 测定结果如图 1 所示, 即食虾仁的质构发生明显的变化, 图 1(a)可以看出, 随着贮藏时间的延长, 虾仁肌肉变的松软, 硬度和咀嚼性均明显下降, 贮藏的前 10d 硬度和咀嚼性下降迅速, 图 1(b)可以看出凝聚性和弹性随着贮藏时间的延长发生劣变, 而且随时间进行线性下降, 虾仁的主要成分是蛋白质, 其质构变化与蛋白质的降解有关。

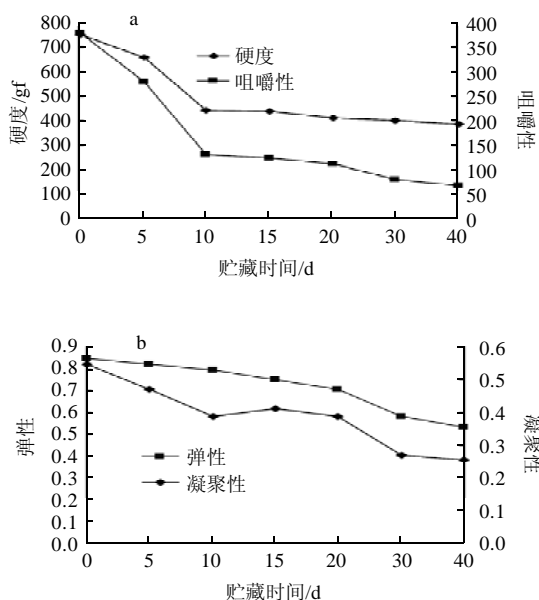
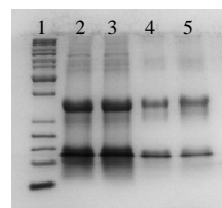


图 1 40℃ 条件贮藏过程中即食南美白对虾虾仁 TPA 测定结果
Fig.1 Changes in TPA parameters of *Litopenaeus vannamei* during storage

2.3 贮藏过程中蛋白质的变化

由 2.1 节可知即食虾仁在贮藏过程中质构发生劣变, 而蛋白质是南美白对虾的主要成分, 决定了其质构特性, 蛋白质能发生自动降解, 蛋白质链发生断裂。图 2 是不同贮藏期南美白对虾即食虾仁肌纤维蛋白 SDS-PAGE 电泳结果, 分子质量为 160kD 的条带强度随着贮藏期延长减弱, 贮藏期 20d 之后, 条带消失, 前 20d, 15kD 条带/40kD 值随贮藏期延长而增大, 由 0.49 增加为 0.60, 表明在贮藏过程中蛋白质发生了降解, 蛋白链发生了断裂, 而 40d 该比值又下降为 0.52, 可能因为随着蛋白质的进一步降解, 蛋白质链进一步断裂为更小分子质量的蛋白。



1.Marker; 2~4.分别为 40℃ 条件下贮藏 0、10、20、40d 样品。

图 2 不同贮藏期南美白对虾即食虾仁肌纤维蛋白 SDS-PAGE 电泳结果

Fig.2 SDS-PAGE of myofibrillar proteins from *Litopenaeus vannamei* at different storage time points

2.4 游离氨基酸含量

即食南美白对虾在贮藏过程中虽然没有微生物和酶的存在, 在贮藏过程中依然观察到了蛋白质的降解。由图 3 可知, 随着贮藏期的延长游离氨基酸的含量发生明显的增加, 这与蛋白质的降解有关, 随着贮藏进一步进行, 氨基酸含量开始下降, 这可能与氨基酸发生脱羧基反应产生生物胺等原因消耗游离氨基酸所致。

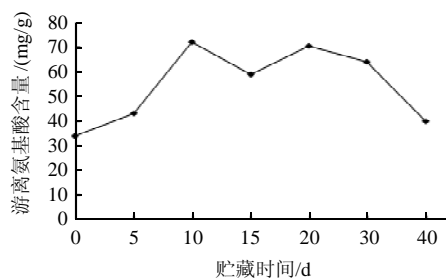


图 3 40℃ 贮藏过程中即食虾仁游离氨基酸含量的变化

Fig.3 Changes in free amino acid content in *Litopenaeus vannamei* during storage

2.5 虾青素含量和 TBA 值的变化

对虾呈鲜红色是由于含有虾青素, 随着贮藏的进行对虾感官上由光泽明亮、颜色鲜红变为色泽暗淡, 如图 4 所示, 虾青素含量随着贮藏期的延长而下降。虾青素是一种脂溶性色素, 在光照等因素的作用下, 会发生自由基氧化而发生降解。TBA 值的高低表明脂肪二级氧化产物即最终生成物的量^[16], 随着脂质氧化程度的不断加深, 其氧化的次级产物不断增加, TBA 值不断增大。由图 4 可知, 随着贮藏时间的增加, TBA 值不断增大, 说明脂肪氧化程度加深, 这与虾青素的含量变化相符, 由于虾青素的氧化降解, 含量下降, 引起贮藏过程中的色泽变化。

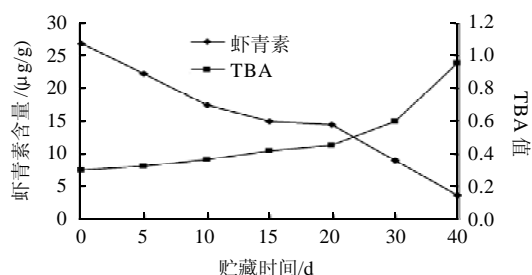


图4 40℃贮藏过程中即食虾仁TBA值和虾青素含量的变化

Fig.4 Changes in TBA and astaxanthin content in *Litopenaeus vannamei* during storage

2.6 微观结构变化

贮藏过程中,即食南美白对虾虾仁的扫描电镜观察结果如图5所示,5000倍数下观察可见不同贮藏期的虾仁样品,其微观结构不同,随着贮藏期的延长结构变得杂乱,纤维发生明显断裂,这可能与贮藏过程中蛋白质的降解有关。

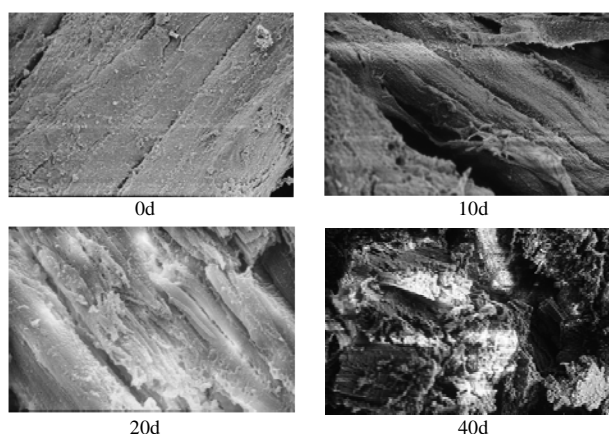


图5 不同贮藏期(40℃)即食虾仁扫描电镜图(5000倍)

Fig.5 Scanning electron micrographs of *Litopenaeus vannamei* at different storage time points

3 结 论

南美白对虾即食虾仁制品的制作工艺流程:鲜活南美白对虾→去头、去肠线→清洗→蒸汽蒸制5min→去壳→冷却、沥干→拌料调味30min→冷风干燥2h→真空包装→115℃高温蒸汽灭菌5min→成品。经蒸汽蒸制、腌制调味和115℃高温杀菌的对虾虾仁在保持质构特性的同时,延长其保质期,贮藏期(40℃)达30d以上,预测常温条件(25℃)保质期达5个月。在贮藏过程中发生蛋白质的降解,引起质构特性的裂变以及微观结构的变化,色素含量由于脂肪的氧化而降低,引起即食虾仁的色泽变化。

参考文献:

- [1] 谢乐生, 杨瑞金, 朱振乐. 熟制对虾仁超高压杀菌主要参数探讨[J]. 水产学报, 2007, 31(4): 525-531.
- [2] 崔宏博, 刘鑫, 薛勇. 南美白对虾壳软化及其制品的研究[J]. 食品发酵与工业, 2010, 36(5): 52-56.
- [3] 蔡生力. 对虾养殖最新研究和进展第三届华人虾类养殖研讨会综述[J]. 渔业现代化, 2002(2): 3-6.
- [4] 林进, 杨瑞金, 张文斌, 等. 动力学模型预测即食南美白对虾货架寿命[J]. 食品科学, 2009, 30(22): 361-365.
- [5] 石红, 郝淑贤, 李来好, 等. 即食半干虾仁加工技术研究[J]. 南方水产, 2010, 6(2): 41-45.
- [6] 林进, 杨瑞金, 张文斌. 栅栏技术在即食南美白对虾食品制作中的应用[J]. 食品发酵与工业, 2010, 36(5): 45-51.
- [7] 林进. 南美白对虾即食调理食品的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [8] 谢乐生. 常温即食南美白对虾食品的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2006.
- [9] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 105.
- [10] 沈月新. 水产食品学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 214.
- [11] 王文平. 植物样品中游离氨基酸总量测定方法的改进[J]. 北京农学院学报, 1998, 13(3): 9-13.
- [12] 江玉霞, 李兴民, 闫文杰. 金华火腿加工过程中蛋白质降解情况的研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(6): 52-54.
- [13] LOWRY O H, ROSEBROUGH N J, FARR A L. Protein measurement with the Folin phenol reagent[J]. Biol Chem, 1951, 193(1): 265-275.
- [14] LEAMMLI U K. Cleavage of structure protein during the assembly of the head bacteriophage of T4[J]. Nature, 1970, 227: 680-685.
- [15] CHALIDA N, SAKAMON D, SOMCHART S. Kinetics of astaxanthin degradation and color changes of dried shrimp during storage[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 87(4): 591-600.
- [16] KARIN A, DAREN C. Comparison of spice-derived antioxidants and metal chelators on fresh beef color stability[J]. Meat Science, 2010, 85(4): 613-619.
- [17] GB/T 4789.2—2008 食品卫生微生物学检验菌落总数测定[S].
- [18] JONES K W, MANDIGO R W. Effect of chopping temperature on the microstructure of meat emulsions[J]. Journal of Food Science, 1982, 47(6): 1930-1934.
- [19] ERDOGGDU F, BALABAN M O. Thermal processing effects on the textural attributes of previously frozen shrimp[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2000, 9(4): 61-84.
- [20] MURAKAMI E G. Thermal processing affects properties of commercial shrimp and scallops[J]. Journal of Food Science, 1994, 59(2): 237-241.
- [21] SHEARD P R, NUTE G R, RICHARDSON R I, et al. Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from Large White and Hampshire-sired pigs[J]. Meat Science, 2005, 70(4): 699-707.
- [22] CADUN A, CAKL S, KISLA D A. Study of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) and its shelf life[J]. Food Chemistry, 2005, 90(1/2): 53-59.
- [23] DAGAL M M, BAZARAA W A. Extension of shelf life of whole and peeled shrimp with organic acid salts and bifidobacteria[J]. Journal of Food Protection, 1999, 62(1): 51-56.
- [24] 邱澄宇. 尼罗罗非鱼肌肉热变性特点的研究[J]. 水生生物学报, 2000, 24(3): 293-295.
- [25] 吴燕燕, 邱澄宇. 草鱼加热过程中肌肉蛋白质的热变性[J]. 水产学报, 2005, 29(1): 133-136.
- [26] 须山三千三, 鸿巢章二. 水产食品学[M]. 上海: 上海科学技术出版社.
- [27] 曹荣. 对虾生物保鲜及其熟制品保藏技术的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.