

熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏条件下的品质变化

吴晨燕¹, 王晓艳¹, 王 洋², 马丽珍^{1,*}

(1.天津农学院食品科学与生物工程学院, 国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(天津), 天津市水产品加工及质量安全校企协同创新实验室, 天津 300384; 2.天津农学院水产学院, 天津市水产生态及养殖重点实验室, 天津 300384)

摘 要: 研究熟制麻辣小龙虾在冷藏和冻藏条件下的品质变化, 将小龙虾油炸后拌料入味, 真空包装并进行沸水烹制杀菌(沸水煮制20 min后快速冷却), 分别在4 ℃和-18 ℃条件下贮藏, 通过感官评分、菌落总数、大肠杆菌数量、总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)值、pH值及食盐含量测定对麻辣小龙虾的品质变化进行研究。结果表明: 从感官评定结果、菌落总数和TVB-N值综合评判, 4 ℃冷藏和-18 ℃冻藏的麻辣小龙虾能够保持最佳品质的贮藏时间分别为4周和4个月; 在保质期内, 麻辣小龙虾的菌落总数<4.7 (lg(CFU/g)), TVB-N值<30 mg/100 g, pH值在弱碱性范围内变化; 4 ℃冷藏小龙虾贮藏前3周的食盐含量呈逐渐升高趋势(达1.99%), 贮藏3周后变化不显著($P>0.05$), 而-18 ℃冻藏小龙虾的食盐含量变化缓慢, 保持在1.6%~1.8%范围内。经感官评定, 保质期内的麻辣小龙虾风味鲜美、品质优良。

关键词: 小龙虾; 熟制; 冷藏; 冻藏; 品质变化

Quality Change of Cooked Spicy Crayfish during Refrigerated and Frozen Storage

WU Chenyan¹, WANG Xiaoyan¹, WANG Yang², MA Lizhen^{1,*}

(1.National R&D Branch Center for Conventional Freshwater Fish Processing (Tianjin), Tianjin Collaborative Innovation Laboratory of Aquatic Product Processing and Quality Safety between Schools and Enterprises, College of Food Science and Biotechnology, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China; 2.Tianjin Key Laboratory of Aquatic Ecology and Aquaculture, College of Fisheries, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Abstract: This work aimed to study the quality changes of cooked spicy crayfish at refrigerated and frozen temperatures. Crayfish were deep fried, seasoned, vacuum packaged, pasteurized in boiling water for 20 minutes, quickly cooled down, and then stored at 4 ℃ or -18 ℃. Sensory evaluation, total bacterial count, *E. coli* count, total volatile base nitrogen (TVB-N) value, pH value and salt content were determined. Results showed that the optimal storage time of spicy crayfish was 4 weeks and 4 months at 4 ℃ and -18 ℃, respectively as determined by taking into account sensory evaluation, total bacterial count and TVB-N value. During this period, the total bacterial count was less than 4.7 (lg(CFU/g)), the TVB-N value was smaller than 30 mg/100 g, and the pH value varied in a weakly alkaline pH range. The salt content continuously increased (up to 1.99%) during the first 3 weeks at 4 ℃, but did not significantly change during the subsequent 3 weeks ($P>0.05$). During frozen storage, the salt content varied slowly in the range from 1.6% to 1.8%. Sensory evaluation revealed that the spicy crayfish maintained delicious flavor and good quality during the shelf life.

Keywords: crayfish; cooked; refrigerated storage; frozen storage; quality change

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201805009

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2018) 05-0052-05

引文格式:

吴晨燕, 王晓艳, 王洋, 等. 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏条件下的品质变化[J]. 肉类研究, 2018, 32(5): 52-56.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201805009. <http://www.rlyj.pub>

WU Chenyan, WANG Xiaoyan, WANG Yang, et al. Quality change of cooked spicy crayfish during refrigerated and frozen storage[J]. Meat Research, 2018, 32(5): 52-56. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201805009. <http://www.rlyj.pub>

收稿日期: 2018-01-24

基金项目: 天津市水产产业技术体系创新团队项目(ITFRS2017020)

第一作者简介: 吴晨燕(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与安全。E-mail: wcy13512857969@163.com

*通信作者简介: 马丽珍(1963—), 女, 教授, 博士, 研究方向为畜产和水产科学与技术。E-mail: Malizhen-6329@163.com



克氏原螯虾 (*Procambarus clarkia*) 是淡水螯虾的一种, 又称淡水小龙虾。生鲜小龙虾是高蛋白、低脂肪、低胆固醇的高营养水产品, 蛋白质含量17.7%, 脂肪含量0.1%, 必需氨基酸种类齐全, 富含多不饱和脂肪酸, 微量元素比例合理^[1]。小龙虾熟制后肉质细嫩、味道鲜美, 备受消费者青睐。我国小龙虾的养殖规模逐年扩大^[2-3], 已经成为水产养殖中的重要经济品种。随着人们生活节奏的加快和生活方式的改变, 健康营养、食用方便的预制调理食品将成为消费主流^[4], 人们更愿意购买已经调过味、熟制好的麻辣小龙虾, 在家里只进行简单加工就可以吃到美味的水产食品。但由于小龙虾的养殖季节性很强, 一般淡季约在当年11月至次年4月, 因此几乎有半年时间消费者吃不到新鲜小龙虾。目前, 除鲜食外, 冷冻整虾或虾仁是我国淡水小龙虾的主要销售方式^[5], 而国外以冻熟虾仁最为畅销。将小龙虾熟制调理后真空包装, 进行冻藏销售可以延长产品保质期, 形成新的销售模式。关于虾肉制品的熟制工艺以及熟制后贮藏过程中的品质变化还有很大的研究价值和空间^[5-10]。

本研究将鲜活小龙虾经油炸、调味及真空包装后, 分别在冷藏(4℃)和冷冻(-18℃)2种条件下贮藏, 通过感官评定、相关理化指标和微生物指标测定, 对冷藏和冷冻贮藏的熟制麻辣小龙虾贮藏期间的品质变化进行研究, 为熟制麻辣小龙虾的规模化生产和品质控制提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

淡水小龙虾于2017年9月从天津市红旗农贸市场水产批发部购买, 平均体质量16~17 g, 体长9.5~10.5 cm。

复配调味料(由食盐、辣椒粉、鸡精、调味基料、胡椒粉等复配而成, 食盐含量10.66%)、调味油(大豆油烧熟后加入花椒、辣椒、大料等香辛料制得) 顶兴(天津)食品科技发展有限公司; 大豆油 山东鲁花集团有限公司。

营养琼脂 北京奥博星生物技术责任有限公司; 氯化钾(分析纯) 天津化学试剂三厂; 氯化钠、氧化镁、硼酸、盐酸、甲基红、溴甲酚蓝、硝酸银、氢氧化钠、亚铁氰化钾、乙酸锌和酪酸钾(均为分析纯) 天津市风船化学试剂科技有限公司; 大肠杆菌快速检测片 北京陆桥技术股份有限公司。

1.2 仪器与设备

SX-500高压蒸汽灭菌锅 日本Tomy有限公司; Friocell 22恒温恒湿培养箱 艾力特国际贸易有限公司; PQ-001低场核磁共振分析仪 上海纽迈电子科技有限公司; FA25高速乳化分散机 上海弗洛克液体机械制

造有限公司; DZKW-S-4电热恒温水浴锅 上海科恒实业发展有限公司; JM-B2003电子天平、STARTER 3100酸度计 奥豪斯仪器(上海)有限公司。

1.3 方法

1.3.1 麻辣小龙虾的制备

1) 鲜活小龙虾: 当日5时从天津红旗农贸市场水产批发店购买鲜活小龙虾, 放入碎冰内, 10 min内运送到食品加工车间; 2) 清洗: 将鲜活小龙虾在塑料漏框中用流动的自来水冲洗8~10 min, 期间不断搅拌, 沥水10 min; 3) 油炸: 将清洗、沥水后的小龙虾在盛有(180±2)℃大豆油的电油炸锅中油炸2~3 min, 待小龙虾壳变成亮红色后立即捞出, 沥油、冷却; 4) 装盒、称质量: 小龙虾的甲壳坚硬, 额剑具侧棘, 螯狭长, 容易刺破包装袋, 因此将其装入盖上打孔的餐盒中, 便于后续的真空包装; 5) 拌料: 按照油炸后小龙虾总质量的20%拌入调味料和调味油(二者质量比为8:2), 充分搅拌均匀; 6) 真空包装: 抽真空、封口。抽真空时间10~15 s, 加热时间3 s, 每袋大约装入15只小龙虾、32 g调味料、4 g调味油, 共包装39袋; 7) 沸水煮制杀菌: 通过前期实验和查阅资料, 确定沸水煮制时间为20 min, 将真空包装后的麻辣小龙虾在沸水中煮制20 min进行沸水煮制杀菌, 随后立即用自来水冷却至常温; 8) 贮藏: 将杀菌、冷却后的麻辣小龙虾随机分为2组, 其中一组(21袋)贮藏于4℃冷库, 为冷藏组; 另一组(15袋)贮藏于-18℃的冰柜中, 为冷冻组。

1.3.2 指标测定

冷藏组样品分别在贮藏0、1、2、3、4、5、6、7周时取样, 冷冻组样品分别在贮藏0、1、2、3、4、5个月时取样, 每个贮藏时间点的样品均设置3个重复, 分别测定虾肉的感官评分、菌落总数、大肠杆菌数量、总挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen, TVB-N)值、pH值及食盐含量。

小龙虾沸水煮制杀菌后在4℃冷库中放置24 h作为冷藏组和冷冻组的第1个取样点。熟制麻辣小龙虾测定时, 首先采用无菌操作打开包装, 取样测定菌落总数, 然后取样进行感官评价, 剩余样品脱壳后, 全部切碎、混匀, 再进行理化指标测定。

1.3.2.1 感官评价

参考Anacleto等^[11]对煮制小龙虾肉的评分标准, 并略有修改。由经过训练的10名感官评定员分别从气味、滋味、色泽和咀嚼度4个方面对虾肉进行评分, 分值从0(品质最差)到5(品质最佳)。以平均值作为样品得分, 3分为虾肉可接受的限值。

1.3.2.2 菌落总数

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》^[12]。

1.3.2.3 大肠杆菌数量

参照大肠杆菌快速检测片提供的方法进行测定。吸取1:10样品匀液1 mL于快检片中央, 36 °C培养24 h, 观察是否有蓝紫色菌落形成。

1.3.2.4 TVB-N值

参照GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[13]中的方法, 采用凯氏定氮仪进行测定。

1.3.2.5 pH值

参照GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品pH值的测定》^[14]。

1.3.2.6 食盐含量

参照GB 5009.44—2016《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》^[15]中的第三法。

1.4 数据处理

每个指标均重复测定3次。采用Statistix 8.1软件进行数据统计分析, 用Tukey HSD进行差异显著性检验 ($P<0.05$), 用Sigma Plot 10.0绘图软件作图。

2 结果与分析

2.1 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的感官品质变化

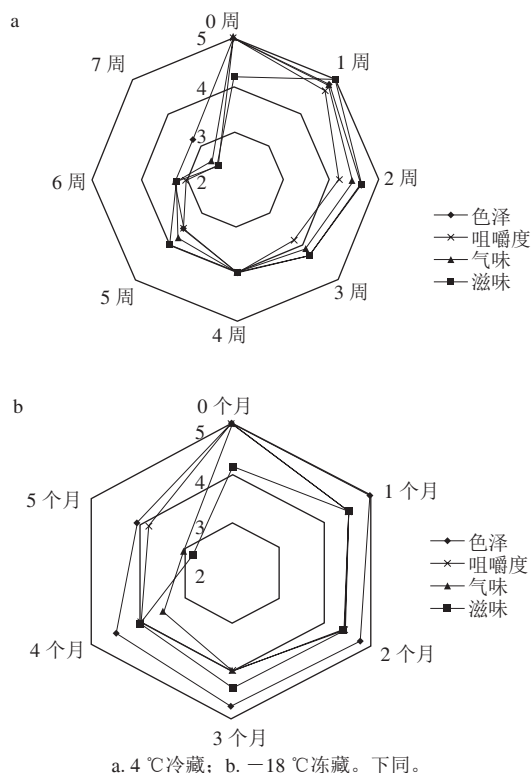


图1 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的感官评分变化

Fig. 1 Sensory scores of cooked crayfish during refrigerated and frozen storage

由图1a可知, 4 °C冷藏0 d时, 由于添加的调味料和调味油还没有很好地渗透到虾肉中, 因此熟制麻辣小龙虾的滋味值相对较低(4.2分), 在贮藏过程中, 调味油和调味料会不断地进入虾肉内, 冷藏1周时小龙虾的滋味值达到最高值(5分), 2~4周滋味值缓慢下降, 4周后迅速下降。小龙虾的咀嚼度、色泽和气味分值在整个贮藏期均呈下降趋势, 但贮藏前4周的变化较平缓。因此本研究中加工的熟制麻辣小龙虾4 °C冷藏的贮藏期以4周为最佳。

由图1b可知, 由于添加的调味料和调味油还没有充分入味就直接冷冻贮藏, 因此熟制麻辣小龙虾的滋味值整体均相对略低, 结合4 °C冷藏时的滋味值变化, 应将熟制麻辣小龙虾在4 °C冷藏1周, 使调味料入味后再冷冻贮藏效果会更好。小龙虾的咀嚼度、色泽和气味分值的变化均非常缓慢, 冻藏4个月后才有明显下降趋势。因此本研究中加工的熟制麻辣小龙虾冷冻贮藏期间, 能够保持品质较好的贮藏期以4个月为最佳。

在贮藏过程中, 小龙虾的咀嚼度评分较高, 这是由于经过油炸和常压杀菌处理, 虾肉组织中的水分蒸发, 体积收缩, 从而使虾肉的密度增大, 虾肉的咀嚼性也随之提高^[16-17]。在4 °C和-18 °C的贮藏过程中, 小龙虾的色泽评分一直较高, 这与虾壳中丰富的虾青素有关。虾青素在活体组织中常与蛋白质结合存在, 蛋白质变性能够将虾青素释放, 显现其原本的红色^[18]。虾青素是一种脂溶性类胡萝卜素, 油炸处理对虾青素的释放能力强于水煮加热和微波加热^[19]。

2.2 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的菌落总数变化

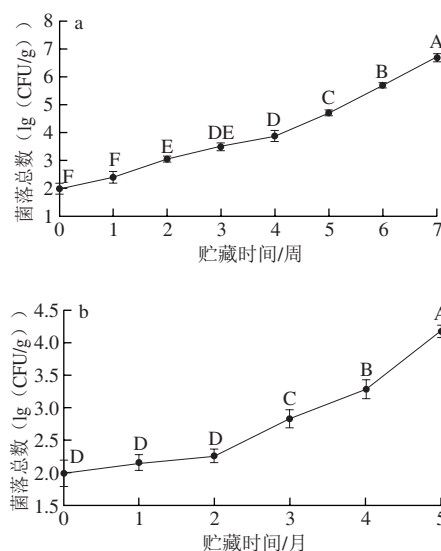


图2 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的菌落总数变化

Fig. 2 Changes in total bacterial number of cooked crayfish during refrigerated and frozen storage

由图2可知, 本研究中加工的熟制麻辣小龙虾的初始菌落总数只有2.00 (lg (CFU/g)), 完全符合国家卫生标准的规定。在4 °C贮藏过程中, 小龙虾的菌落总数呈缓慢上升趋势, 贮藏至4周时, 菌落总数增加至3.89 (lg (CFU/g)), 仍然能够达到国家卫生标准要求; 但贮藏4周后, 小龙虾的菌落总数呈明显上升趋势, 这一结果与感官评定结果一致。在-18 °C贮藏过程中, 小龙虾的菌落总数变化非常缓慢, 这是由于冷冻条件下微生物的生长繁殖会得到很好的控制; 贮藏5个月时, 小龙虾的菌落总数达4.17 (lg (CFU/g))。

根据GB 10136—2015《食品安全国家标准 动物性水产制品》^[20]中菌落总数的限量标准4.70 (lg (CFU/g)), 麻辣小龙虾4 °C冷藏时的货架期为4周, -18 °C冻藏5个月的菌落总数仍未超过限量标准。这是由于油炸处理降低了小龙虾的初始菌数^[21], 常压水煮杀菌对产品进行了二次杀菌, 低温环境能够较好地控制微生物的生长^[22-23]。

2.3 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的大肠杆菌数量变化

用大肠杆菌快检片对加工环节和贮藏过程中小龙虾的大肠杆菌污染情况进行研究, 结果表明: 油炸处理后, 小龙虾的大肠杆菌菌落明显减少; 4 °C冷藏和-18 °C冻藏过程中, 小龙虾的大肠杆菌检测结果均为阴性, 表明本研究中小龙虾产品的工艺参数较好, 可以保证食用时的安全及卫生。

2.4 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的TVB-N值变化

TVB-N值能够反应蛋白质和非蛋白氮在细菌和源性蛋白水解酶作用下降解为氨、生物胺等碱性含氮物质的情况^[24], 是评价水产品腐败程度的常用指标^[25], TVB-N值越高代表水产品腐败越严重。

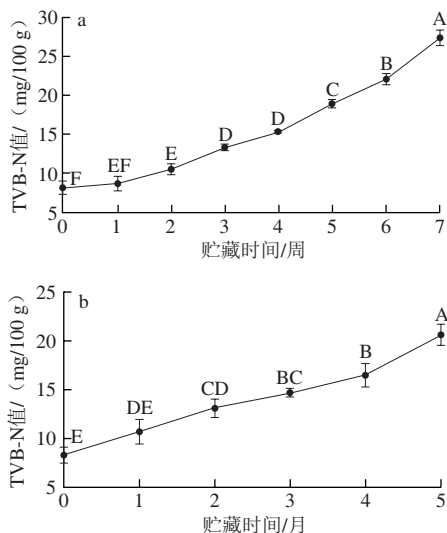


图3 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的TVB-N值变化

Fig. 3 Changes in TVB-N value of cooked crayfish during refrigerated and frozen storage

由图3可知, 2种贮藏条件下麻辣小龙虾的TVB-N值均随贮藏时间的延长而增加, 但增幅差异很大。在4 °C贮藏过程中, 小龙虾的TVB-N值在7周内呈明显的上升趋势, 贮藏至5周时, 小龙虾的TVB-N值由最初的8.18 mg/100 g升至18.96 mg/100 g, 贮藏7周时达27.43 mg/100 g, 接近GB 10136—2015中TVB-N值不超过30 mg/100 g的标准。而-18 °C贮藏的熟制麻辣小龙虾在5个月的贮藏过程中, 其TVB-N值变化较为缓慢, 贮藏至4个月时, 小龙虾的TVB-N值由最初的8.18 mg/100 g升至16.42 mg/100 g, 仍为一级鲜度, 这说明冷冻贮藏过程中麻辣小龙虾中的微生物生长非常缓慢, 进而蛋白质的降解程度也会很低, 因此TVB-N值没有受到很大影响。

2.5 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的pH值变化

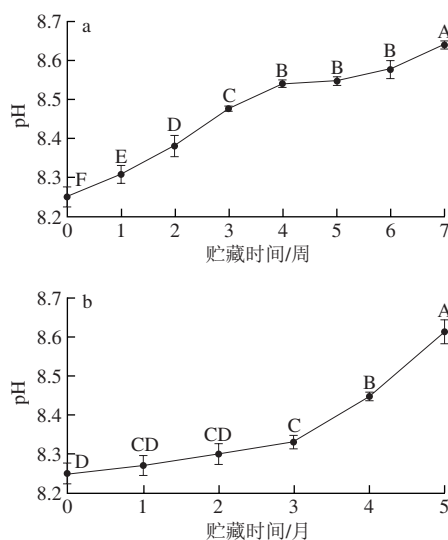


图4 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的pH值变化

Fig. 4 Changes in pH value of cooked crayfish during refrigerated and frozen storage

pH值通常用于判断动物死后糖原转化为乳酸以及肌肉组分(如蛋白质和核酸)的降解情况^[26]。由图4可知, 在2种贮藏条件下, 小龙虾的pH值均随贮藏时间的延长呈上升趋势, 但增幅差异较大。4 °C冷藏组小龙虾的pH值在贮藏前4周上升较快, 由最初的8.25迅速上升至8.54; 在贮藏后期, 小龙虾的pH值上升趋势相对较缓, 贮藏第7周时的pH值上升至8.64。而-18 °C冻藏组小龙虾的pH值变化较为缓慢, 贮藏前3个月的pH值仅从8.25升至8.33, 这是由于冷冻条件下各种化学变化均较为缓慢。

本研究发现, 刚加工好的熟制麻辣小龙虾, 其pH值呈弱碱性(8.25), 贮藏过程中的pH值也一直维持在较高水平。甲壳类水产品的pH值普遍高于其他鱼类和哺乳类动物, 这主要是由于甲壳类水产品的非蛋白氮类组分含量较高^[27-29]。

2.6 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的食盐含量变化

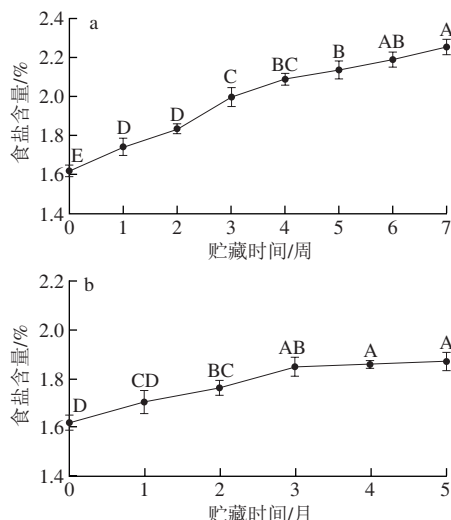


图5 熟制麻辣小龙虾冷藏和冻藏期间的食盐含量变化

Fig. 5 Changes in salt content of cooked crayfish during refrigerated and frozen storage

适宜的含盐量能起到增加风味的作用^[30]。由于所添加的调味料中含盐量较高,在4 °C贮藏过程中也同时发生着调味料向虾肉中的扩散和渗透作用。由图5可知:4 °C冷藏前3周虾肉中的食盐含量升高较快,冷藏3周时的食盐含量达1.99%,感官评价表明麻辣小龙虾的风味较好,咸淡适中;冷藏3~7周期间,虾肉中的食盐含量变化趋于平缓,冷藏4周时的食盐含量为2.08%;从-18 °C冻藏组小龙虾的食盐含量变化情况来看,由于冷冻贮藏,水分变为结冰状态,限制了食盐的扩散和渗透作用,因此虾肉的食盐含量在贮藏过程中维持在较低水平,这一结果与感官评分结果一致。

综上所述,本研究中加工的麻辣小龙虾在包装后应先4 °C冷藏1周,待调味料和调味油入味后再在-18 °C条件下冷冻贮藏,这样会使产品的口感保持最佳状态。

3 结论

本研究将油炸、调味后的小龙虾进行真空包装后沸水煮制杀菌,并在4 °C和-18 °C条件下贮藏,通过感官评定、相关理化指标和微生物指标测定对小龙虾的品质进行评价。对各项指标进行综合分析的结果表明,经油炸、调味处理后的小龙虾具有良好的风味。4 °C冷藏时,熟制小龙虾在4周内的品质较好;-18 °C冻藏时,熟制小龙虾在4个月内能维持较好的品质。

参考文献:

[1] 陈晓明,成兆友,赵建民. 盱眙龙虾肌肉营养成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2010, 31(7): 345-349. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2010.07.073.

[2] 赵立,陈军,邵兴锋,等. 冷冻方式对熟制克氏原螯虾肉冷冻贮藏(-18 °C)条件下品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(10): 232-234. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2012.10.018.

[3] 呼光富,刘香江. 克氏原螯虾生物学特性及其对我国淡水养殖业产生的影响[J]. 北京水产, 2008(1): 49-51.

[4] 冯月荣,樊军浩,陈松. 调理食品现状及发展趋势探讨[J]. 肉类工业, 2006(10): 36-39. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2006.10.012.

[5] 房修珍. 青虾风味休闲干制品工艺研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 2-7. DOI:10.7666/d.y1398180.

[6] 林进. 常温即食南美白对虾食品的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2009: 1-2. DOI:10.7666/d.y1661842.

[7] 曹荣. 对虾生物保鲜与其熟制品保藏技术的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009: 11-13. DOI:10.7666/d.y1503782.

[8] 池岸英. 凡纳滨对虾微波蒸煮参数优化及风味成分分析[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012: 8-9.

[9] 林情员,洪江. 利用海捕低值虾类加工珍珠烤虾的工艺研究[J]. 中国水产, 1999(11): 48-49.

[10] 徐征月. 罗氏沼虾冷冻调理品的开发利用[J]. 水产科技情报, 1999(3): 112-114.

[11] ANACLETO P, TEIXEIRA B, MARQUES P, et al. Shelf-life of cooked edible crab (*Cancer pagurus*) stored under refrigerated conditions[J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44(6): 1376-1382. DOI:10.1016/j.lwt.2011.01.010.

[12] 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.

[13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定: GB 5009.228—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品pH值的测定: GB 5009.237—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中氯化物的测定: GB 5009.44—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[16] 郭力. 小龙虾即食产品的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2010: 17-18.

[17] 杨宪时,许钟. 高水分扇贝调味干制品保质栅栏的模式及其强度[J]. 水产学报, 2000(1): 67-71. DOI:10.3321/j.issn:1000-0615.2000.01.014.

[18] 冷江昊,康中一,黎体民. 探究虾煮熟后外壳变红的原因[J]. 中学生物教学, 2015(6): 65-66.

[19] 杨澍. 南美白对虾中虾青素类化合物在贮藏及加工过程中变化规律的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015: 63-65.

[20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 动物性水产制品: GB 10136—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.

[21] LALITHA K V, SURENDRAN P K. Microbiological changes in farm reared freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) in ice[J]. Food Control, 2006, 17(10): 802-807. DOI:10.1016/j.foodcont.2005.05.005.

[22] LEISTNER L. Further developments in the utilization of hurdle technology for food preservation[J]. Journal of Food Engineering, 1994, 22(1): 421-432. DOI:10.1016/0260-8774(94)90044-2.

[23] LEISTNER L, GOULD G W. Hurdle technologies: combination treatment for food stability, safety and quality[M]. Berlin: Springer, 2002. DOI:10.1007/978-1-4615-0743-7_1.

[24] SHAHIDI F, BOTTA J R. Seafoods: chemistry, processing technology and quality[M]. Springer US, 1994. DOI:10.1007/978-1-4615-2181-5.

[25] HONG L C, LEBLANC E L, HAWRYSH Z J, et al. Quality of atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.) fillets during modified atmosphere storage[J]. Journal of Food Science, 1996, 61(3): 646-651. DOI:10.1111/j.1365-2621.1996.tb13178.x.

[26] 金超,赵艳. 三疣梭子蟹在4 °C和0 °C冷藏条件下的品质评价研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(9): 317-320. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2010.09.090.

[27] MENDES R, HUIDOBRO A, CABALLERO E. Indole levels in deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) from the Portuguese coast. Effects of temperature abuse[J]. European Food Research and Technology, 2002, 214(2): 125-130. DOI:10.1007/s00217-001-0419-4.

[28] CHUNG C Y, LAIN J L. Studies on the decomposition of frozen shrimp II. Deterioration during iced and refrigerated storage[J]. Natural Sciences Council Monthly, 1979(7): 1136-1141.

[29] 赵立,陈军,郭振,等. 冷冻处理的熟制虾肉在保鲜条件下的货架期[J]. 食品科技, 2012, 37(4): 128-133. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2012.04.058.

[30] 吴冬梅. 常温流通高水分即食调味虾仁的研制[D]. 舟山: 浙江海洋学院, 2013: 31-32.