

冻藏温度对罗氏沼虾冻藏品质的影响

Effects of different frozen temperatures on the quality of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)

于丽霞 姜启兴 夏文水 许艳顺 王斌 高沛 杨方

YU Li-xia JIANG Qi-xing XIA Wen-shui XU Yan-shun WANG Bin GAO Pei YANG Fang

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

摘要:以解冻汁液流失、蒸煮损失、TVB-N、K值、硬度、剪切力和色差为指标,研究不同冻藏温度对速冻罗氏沼虾冻藏品质的影响。试验结果表明:经液氮速冻后的罗氏沼虾,在 -50 、 -18 ℃2种条件下冻藏,随着冻藏时间的延长,罗氏沼虾的持水能力和质构特性均变差,冻藏20周后,硬度分别下降了55.79%和59.45%。2种冻藏条件下的罗氏沼虾TVB-N和K值均随时间的延长而增加,而 -50 ℃下冻藏的罗氏沼虾TVB-N和K值增加缓慢,说明较低的冻藏温度,有利于罗氏沼虾冻藏品质的保持。

关键词:冻藏温度;罗氏沼虾;品质

Abstract: Effects of different frozen temperatures on the quality of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) were investigated in this study. The thawing loss, cooking loss, TVB-N, K value, hardness, the shear force and color properties were evaluated. The results showed that after freezing by liquid nitrogen, the water holding capacity and texture properties of freshwater prawn were deteriorated with the extension of storage time. After 20 weeks, the hardness of prawn decreased by 55.79% and 59.45%. The TVB-N value and K value increased with storage time, however, the TVB-N value and K value of prawn frozen at -50 ℃ increased more slowly compared with frozen at -18 ℃. These finding indicated that the lower frozen temperature could maintain the better quality of prawn during storage.

Keywords: frozen temperature; freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*); quality

罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*),又名淡水长臂大虾,原产于东南亚,具有生长快、养殖周期短、肉味鲜美以及营养成分好等优点。近年来,随着水产养殖技术的不断提高,罗氏沼虾养殖产量快速上升,2016年中国罗氏沼虾养殖产量为 1.327×10^5 t,比2015年增加2.49%^[1]。但是,目前罗氏沼虾主要以鲜销为主,加工比率低。受市场波动的影响,前几年经常出现卖虾难的问题,加工的滞后成为制约养殖产业健康可持续发展的瓶颈。

冷冻产品仍然是水产品加工的主要品种。冷冻保藏主要是通过降低温度来抑制微生物的生长、酶的活性以及生化反应的进行,从而可以长时间保持虾类的品质^[2]。然而,在冻藏过程中产品品质仍然会发生劣化,尤其是在质构特性、颜色和风味方面,以及由冰晶造成的肌纤维破坏等^[2-4]。罗氏沼虾因其个体较大,深受消费者欢迎,但其上市时间主要集中在7~11月,不能满足消费者全年消费的需求。因此,目前已有很多企业将罗氏沼虾加工成速冻整虾、速冻虾仁、调理虾仁等产品,但是普遍发现在传统的速冻工艺及冻藏条件下,随着冻藏时间的延长,虾肉品质会变得松软无弹性,虾头会变黑,虾壳也会出现类似结晶的斑点,严重影响产品的食用品质,迫切需要解决冻藏品质变差的问题。

研究^[5]发现水产品的冻藏品质与冻结速率、冻藏条件有密切的关系。液氮冻结在国内外金枪鱼肉等产品的工业化生产过程中已被广泛使用,本项目在前期的研究中也发现液氮冻结对于保持罗氏沼虾冻藏品质的效果最好,为了尽量减少冻结过程的影响,宜选用液氮冻结。此外,国内外学者在大黄鱼、南极磷虾、虹鳟鱼等产品的冻藏研究中,已开展了很多关于冻藏温度对冻藏品质影响的研究,所选用的冻藏温度主要有 -80 、 -50 、 -40 、 -30 、 -20 、 -18 ℃等^{[6]44[7-8]},考虑到试验设备因素以及工厂目前常采用的冻藏条件,宜选取冻藏温度 -50 、 -18 ℃进行对比分析。本试验拟以经液氮速冻的罗氏沼虾为原料,研究 -50 、 -18 ℃这2种冻藏温度对罗氏沼虾在冻藏过程中的蒸煮损失、TVB-N、K值、硬度、剪

基金项目:中国博士后科学基金面上资助项目(编号:2016M601720);“江苏省食品安全与质量控制协同创新中心”项目

作者简介:于丽霞,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者:姜启兴(1977—),男,江南大学食品学院副教授,博士。

E-mail: qixingj@163.com

收稿日期:2017-12-11

切力和色差等品质指标变化的影响,探讨冻藏温度与冷冻罗氏沼虾品质间的关系,为相关企业合理选择适用的冻藏条件提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

罗氏沼虾:江苏省无锡市华润万家超市;
三磷酸腺苷(ATP):美国 Sigma 公司;
其它试剂:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

高速冷冻离心机:4K-15 型,德国 Sigma 公司;
pH 计:FE28 型,梅特勒-托利多仪器上海有限公司;
物性分析仪:TA-XT Plus 型,英国 Stable Micro Systems 公司;

自动定氮仪:KDN-103F 型,上海纤检仪器有限公司;
高效液相色谱仪:Waters e269 型,美国沃特世公司;
色差仪:CR-400 型,日本 Konica Minolta Sensing 公司;
超低温冰箱:MDF-U53V 型,日本 Sanyo 公司。

1.2 方法

1.2.1 样品处理 选择大小均匀、平均质量为 (18 ± 2) g(带头)的新鲜活虾,加冰猝死后用预冷蒸馏水冲洗干净,然后 10 只一组浸没于大约 2 L 的液氮中,等到中心温度降至 -18°C 后取出,并随机分为 2 组放置于多聚乙烯袋中,封口,分别冻藏在 -18°C 和 -50°C 的冰箱中,每隔 4 周随机取样,4 $^{\circ}\text{C}$ 解冻后测试各个指标。

1.2.2 解冻汁液流失率的测定 参照文献[9]。

1.2.3 蒸煮损失率的测定 参照文献[10]¹⁰。

1.2.4 TVB-N 的测定 按 SC/T 3032—2007 执行。

1.2.5 K 值的测定 参照文献[11],按式(1)计算 K 值。

$$K = \frac{[HxR] + [Hx]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [HxR] + [Hx]} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

K——次黄嘌呤核苷和次黄嘌呤之和与三磷酸腺苷及其分解物总量之比的百分率,%;

[ATP]——三磷酸腺苷含量, $\mu\text{mol/g}$;

[ADP]——二磷酸腺苷含量, $\mu\text{mol/g}$;

[AMP]——磷酸腺苷含量, $\mu\text{mol/g}$;

[IMP]——腺苷酸含量, $\mu\text{mol/g}$;

[HxR]——次黄嘌呤核苷含量, $\mu\text{mol/g}$;

[Hx]——次黄嘌呤含量, $\mu\text{mol/g}$ 。

1.2.6 硬度的测定 采用 TA-XT Plus 型物性分析仪及其分析软件,使用平底柱形探头 P/36R,对大小均等的去头、壳的沼虾肌肉进行 2 次压缩质地多面剖析(TPA)模式测试。设定参数为:测量前探头下降速度 1 mm/s;测试速度 1 mm/s;测量后探头回程速度 1 mm/s;压缩比例 40%;触发力 5 g;测定时间 5 s。每组样品测定 6 个平行。

1.2.7 剪切力的测定 采用 TA-XT Plus 型物性分析仪及其分析软件,使用刀片探头 A/CKB,垂直于去头、壳的沼虾第二腹节(靠近头部)肌肉纤维走向进行测试,刀片探头下降速度为 2 mm/s,压缩比为 50%。剪切力即为剪切行程中力的最大值。每组样品测定 6 个平行。

1.2.8 色度的测定 采用高精度分光测色仪测定去头、壳的沼虾第二腹节肌肉的色度。采用 CIE Lab $L^* a^* b^*$ 均匀色空间, L^* 表示亮度, a^* 和 b^* 表示色度, $+a^*$ 为红色方向, $-a^*$ 为绿色方向, $+b^*$ 为黄色方向, $-b^*$ 为蓝色方向, dE^* 表示总色差。每个样品测定 6 次平行。

1.2.9 数据处理 数据用 SPSS 19.0 进行处理与分析,结果均以平均值 $\pm$ 标准偏差的形式表示,采用 Origin 8.6 作图。

2 结果与分析

2.1 冻藏温度对罗氏沼虾持水能力的影响

解冻汁液流失率和蒸煮损失率是衡量虾肉持水能力的重要指标^{[10]20}。图 1 为冻藏温度对虾肉解冻汁液流失和蒸煮损失的影响。

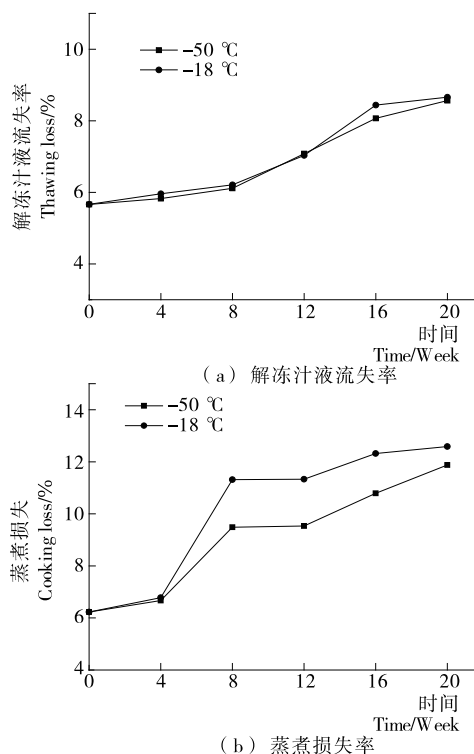


图 1 冻藏温度对罗氏沼虾持水能力的影响

Figure 1 Effects of different frozen temperatures on the water holding capacity of freshwater prawn

由图 1 可知,在整个冻藏周期内,2 种冻藏条件下的解冻汁液流失率和蒸煮损失率均随时间的延长而上升,且 2 种条件下的解冻汁液流失率无明显差异。在蒸煮损失率方面,2 个试验组的蒸煮损失率在前 4 周无明显差异。但是在 4 周后,冻藏于 -50°C 的罗氏沼虾蒸煮损失相比于冻藏于 -18°C 的明显更低。可能是样品在 -18°C 条件下对温度波动比较敏感,较小的温度变化都会影响冰晶的大小和分布,从而加剧对肌肉组织结构的破坏,导致汁液流失率更高^[12]。

2.2 冻藏温度对罗氏沼虾 TVB-N 的影响

TVB-N 与酶和微生物的作用有直接的联系,常作为水产品腐败变质的鲜度指标。图 2 为罗氏沼虾在不同冻藏温度下 TVB-N 含量随冻藏时间的变化曲线。

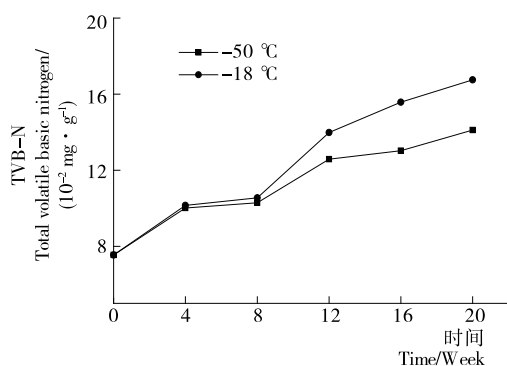


图 2 冻藏温度对罗氏沼虾 TVB-N 的影响

Figure 2 Effects of different frozen temperatures on the TVB-N value of freshwater prawn

根据水产品的国家标准(GB 2733—2015),一级品的 TVB-N 值 ≤ 13 mg/100 g,二级品 ≤ 20 mg/100 g。由图 2 可知,新鲜罗氏沼虾的 TVB-N 含量为 (7.54 ± 0.43) mg/100 g,符合一级鲜度标准。在冻藏过程中各组 TVB-N 的含量随着冻藏时间的延长都呈上升趋势,但在冻藏前 8 周,2 组无明显差异。冻藏 8 周后,冻藏于 -50 °C 的 TVB-N 含量明显低于冻藏于 -18 °C 的。到冻藏的第 12 周, -18 °C 组的 TVB-N 值已经超过了 13 mg/100 g,进入二级鲜度,而 -50 °C 组则在 16 周才进入二级鲜度。本研究结果表明,冻藏温度越低,TVB-N 含量增加越缓慢,与廖媛媛^[6]的研究结果一致。说明较低的冻藏温度可以明显延长产品的保鲜期。

2.3 冻藏温度对罗氏沼虾 K 值的影响

K 值是评价水产品贮藏期间鲜度变化的重要指标之一^[13],K 值越大,表明水产品中的蛋白等分解越严重,其鲜度就越差。罗氏沼虾在不同冻藏温度下 K 值的变化见图 3。

由图 3 可知,新鲜罗氏沼虾的 K 值为 2.08%,随着冻藏时间的延长,罗氏沼虾的 K 值呈逐渐增加的趋势,冻藏温度越高,K 值上升的速度越快。在冻藏 20 周后, -50 、 -18 °C 这 2 种冻藏温度下的罗氏沼虾,K 值分别达到 17.68% 和

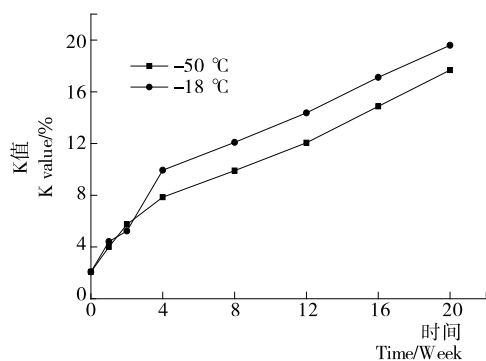


图 3 冻藏温度对罗氏沼虾 K 值的影响

Figure 3 Effects of different frozen temperatures on the K-value of freshwater prawn

19.60%。这是因为在冻藏过程中,冻藏温度越低,冻藏过程中的微生物数量越少,从而使罗氏沼虾腐败变质的速度越慢。K 值的变化趋势与 TVB-N 的结果相吻合。

2.4 冻藏温度对罗氏沼虾质构特性的影响

图 4 为罗氏沼虾在不同冻藏温度下硬度及剪切力的变化。

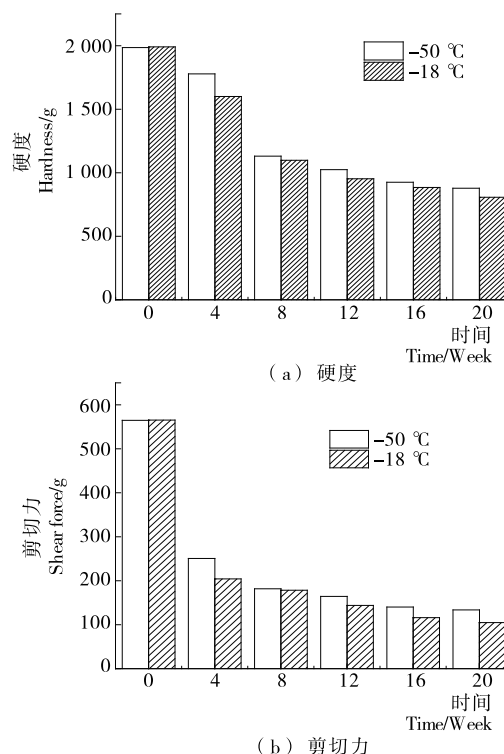


图 4 冻藏温度对罗氏沼虾质构特性的影响

Figure 4 Effects of different frozen temperatures on the texture properties of freshwater prawn

由图 4 可知,随着冻藏时间的延长,罗氏沼虾的硬度及剪切力均呈下降趋势。冻藏前期,罗氏沼虾剪切力显著下降,冻藏 4 周后,剪切力分别下降了 55.62% (-50 °C), 63.88% (-18 °C);冻藏 20 周后,硬度分别下降了 55.79% (-50 °C), 59.45% (-18 °C),剪切力分别下降了 76.35% (-50 °C), 81.47% (-18 °C)。经过液氮速冻后,冻藏于 -50 °C 的罗氏沼虾,其硬度和剪切力下降缓慢,其质构劣变速度慢。冻藏期间,微生物和酶仍在缓慢产生作用,使得部分蛋白质发生降解,同时,冻结过程形成的冰晶及冻藏过程冰晶的生长,影响虾的肌肉组织结构,最终导致质构特性的变化。更低的冻藏温度微生物和酶的作用更小且蛋白冷冻变性程度更小,所以可以较好地维持罗氏沼虾的质构特性。

2.5 冻藏温度对罗氏沼虾色度的影响

色泽是虾的品质指标,和新鲜度密切相关。表 1 为不同冻藏温度下罗氏沼虾在冻藏期间色泽的变化。

从表 1 可以看出,随着冻藏时间的延长,2 种冻藏温度下的罗氏沼虾的亮度 L^* 呈现下降趋势,而红度 a^* 和 dE^* 呈现上升趋势,并且,相比于 -18 °C 冻藏, -50 °C 冻藏条件下

表 1 冻藏温度对罗氏沼虾色度的影响[†]

Table 1 Effects of different frozen temperatures on the color properties of freshwater prawn

冻藏时间/周	<i>L</i> [*]		<i>a</i> [*]		<i>dE</i> [*]	
	−50℃	−18℃	−50℃	−18℃	−50℃	−18℃
0	57.79±0.85 ^a	57.79±0.85 ^a	0.25±0.29 ^a	0.25±0.29 ^a	35.91±0.29 ^a	35.91±0.29 ^a
4	55.60±0.39 ^{ab}	55.14±2.64 ^{ab}	0.37±0.90 ^a	0.51±0.56 ^{ab}	36.84±0.04 ^{ab}	37.73±2.49 ^{ab}
8	54.83±0.54 ^b	54.20±2.15 ^b	1.14±0.25 ^a	1.18±0.19 ^{ab}	38.11±0.54 ^{bc}	38.59±2.11 ^b
12	54.24±2.51 ^b	53.09±1.20 ^{bc}	1.25±0.44 ^a	1.36±0.23 ^b	38.40±1.56 ^c	38.95±1.01 ^b
16	53.68±0.37 ^b	52.30±0.51 ^{bc}	1.30±0.14 ^a	1.59±0.55 ^b	39.01±0.09 ^{cd}	39.02±0.03 ^b
20	53.94±2.57 ^b	51.15±0.43 ^c	1.33±0.85 ^a	1.62±0.17 ^b	39.81±1.10 ^d	41.58±0.45 ^c

† 行的显著性分析用小写字母表示 (P<0.05)。

的罗氏沼虾的 *L*^{*} 较高, *a*^{*}、*dE*^{*} 较低。冻藏 20 周时, *L*^{*} 值从新鲜罗氏沼虾的 57.79±0.85 分别减少到 53.94±2.57 (−50℃)、51.15±0.43 (−18℃), *a*^{*} 值从新鲜罗氏沼虾的 0.25±0.29 分别增加到 1.33±0.85 (−50℃)、1.62±0.17 (−18℃), *dE*^{*} 值从新鲜罗氏沼虾的 35.91±0.29 分别增加到 39.81±1.10 (−50℃)、41.58±0.45 (−18℃)。 *L*^{*} 值降低可能是随冻藏时间的延长虾肉的水分不断流失^[14]; *a*^{*} 值增加可能是罗氏沼虾体内的多酚氧化酶与多巴胺物质反应, 使得沼虾体色逐渐变黑或变红^[15]。结果表明, 较低的冻藏温度有利于保持罗氏沼虾的色泽。

3 结论

不同冻藏温度对罗氏沼虾品质的影响显著。与 −18℃ 的冻藏条件相比, −50℃ 下冻藏的罗氏沼虾, 持水能力和质构特性保持得更好, TVB-N 和 K 值较小, −50℃ 可以延长罗氏沼虾的保藏期。较低的冻藏温度, 有利于罗氏沼虾冻藏品质的保持。

本试验未对相关品质变化的机理进行深入的研究, 后续将进一步对冻藏过程中菌落总数以及菌相变化、内源酶的变化等进行深入分析, 更好地揭示冻藏温度对于罗氏沼虾品质影响的机制。

参考文献

[1] 农业部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[Z]. 北京: 中国农业出版社, 2017: 24-25.

[2] WACHIRASIRI K, WANLAPA S, UTTAPAP D, et al. Changing in processing yield and physical properties of frozen white shrimp (*Penaeus vannamei*) treated with lysine and sodium bicarbonate[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2017, 52(3): 763-771.

[3] LEE J, FONG Q, PARK J W. Effect of pre-freezing treatments on the quality of Alaska Pollock fillets subjected to freezing/thawing[J]. Food Bioscience, 2016, 16: 50-55.

[4] SHAFIEIPOUR A, SAMI M. The effect of different thawing methods on chemical properties of frozen pink shrimp (*Penaeus duorarum*) [J]. Iranian Journal of Veterinary Medicine, 2015, 9 (1): 1-6.

[5] GÓMEZ-GUILLÉN M C, MARTÍNEZ-ALVAREZ O, MONTERO P. Functional and thermal gelation properties of squid

mantle proteins affected by chilled and frozen storage[J]. Journal of Food Science, 2003, 68: 1 962-1 967.

[6] 廖媛媛. 不同冻结方式对大黄花鱼品质影响的研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2014.

[7] 俞所银, 包建强, 李越华, 等. 南极磷虾在不同冻藏温度下品质变化[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(1): 232-237.

[8] BURGAARD M G, JØRGENSEN B M. Effect of frozen storage temperature on quality related changes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2011, 20: 53-63.

[9] 任丽娜. 白鲢鱼肉肌原纤维蛋白冷冻变性的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 9-10.

[10] 高琪. 鳙鱼头冷冻加工与品质改良技术的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.

[11] YU Da-wei, XU Yan-shun, REGENSTEIN J M, et al. The effects of edible chitosan-based coatings on flavor quality of raw grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during refrigerated storage[J]. Food Chemistry, 2018, 242: 412-420.

[12] 李立杰. 南美白对虾贮藏时质构和色差的变化研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2014: 18-19.

[13] LI Xue-peng, LI Jian-rong, ZHU Jun-li, et al. Postmortem changes in yellow grouper (*Epinephelus awoara*) fillets stored under vacuum packaging at 0℃ [J]. Food Chemistry, 2011, 126(3): 896-901.

[14] ZHU Li-guo, BREWER M S. Discoloration of fresh pork as related to muscle and display conditions[J]. Journal of Food Science, 1998, 63(5): 763-767.

[15] SAVAGAON K A, SREENIVASAN A. Activation mechanism of pre-phenoloxidase in lobster and shrimp [J]. Fish Technology, 1978, 15: 49-55.

更正启事

我刊于 2018 年第 2 期刊登的《贮藏温度对空心菜保鲜效果的影响》一文中,第 140 页图 3(b)、(c)图注“0 d, 3 d,6 d”应为“0 d,6 d,12 d”。特此更正。

《食品与机械》编辑部