

流化冰保鲜对冰鲜南美白对虾品质的影响

王强, 张宾, 马路凯, 王斌

(浙江海洋学院食品与医药学院, 浙江舟山 316000)

摘要: 为探索流化冰对冰鲜水产品的保鲜效果, 以鲜活南美白对虾为研究对象, 碎冰和冷藏保鲜(空白)为对照, 研究流化冰处理对南美白对虾感官、理化及质构特性的影响。结果表明: $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏 12 d, 空白和碎冰保鲜虾体感官品质下降严重, 而流化冰保鲜虾头尾仅轻微褐变, 肌肉组织紧密有弹性, 甲壳、触须和尾肢清晰; 流化冰保鲜虾肌肉弹性、咀嚼性依次为 0.73 mm、8.53 mJ, 相比于空白和碎冰组 (0.53 mm、6.01 mJ 和 0.66 mm、7.46 mJ), 对虾肉质构特性保持效果显著 ($p < 0.05$)。在整个贮藏期内, 各处理组虾肉 pH、TVBN 及 TBA 含量均呈上升趋势, 其中以流化冰保鲜效果最佳。流化冰中冰粒子填充到虾体缝隙内, 有效阻隔了虾与外界氧气接触, 同时其快速降温作用钝化或抑制了虾多酚氧化酶活性, 致使虾体黑变速度显著下降 ($p < 0.05$)。流化冰保鲜处理可满足冰鲜虾类远洋、长距离运输和销售贮藏的要求。

关键词: 流化冰; 南美白对虾; 感官品质; 理化性质; 质构特性; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2014)10-134-140

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.10.023

Effect of Slurry Ice Treatment on the Quality of Fresh *Litopenaeus vannamei*

WANG Qiang, ZHANG Bin, MA Lu-kai, WANG Bin

(College of Food Science and Medicine, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China)

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effect of slurry ice on the preservation of fresh aquatic products. We used fresh *Litopenaeus vannamei* as the study organism, flake ice and cold storage (blank) as controls to study the effect of slurry ice treatment on the sensory quality, physicochemical properties, and texture properties of the shrimp samples. The results indicated that, after 12 days of storage at $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, the sensory quality of the blank- and flake ice-treated samples were severely degraded, while the slurry ice-treated samples were slightly browned, the muscle was still resilient and elastic, and the shrimp had clear shells, tentacles, and fantails. Compared with the results of elasticity and chewiness of the blank-treated (0.53 mm and 6.01 mJ) and flake ice-treated shrimp samples (0.66 mm and 7.46 mJ, respectively), the corresponding values for slurry-ice treated shrimp samples were 0.73 mm and 8.53 mJ, respectively, indicating that slurry ice treatment effectively maintained the texture properties ($p < 0.05$). During the entire storage period, the values of pH, total volatile basic nitrogen (TVBN), and thiobarbitic acid (TBA) were increased in all three groups, while the slurry ice treatment was best at preserving freshness. The ice particles of the slurry ice filled in gaps in the shrimp's body, which effectively blocked the contact between the shrimp and outside oxygen. At the same time, the rapid cooling effect of slurry ice treatment suppressed or inhibited the activity of polyphenol oxidase in the shrimp, leading to decreased melanosis ($p < 0.05$). The slurry ice treatment is suitable for ocean and long-distance transporting ice-chilled shrimp, as well as for storing fresh shrimp in markets.

Key words: slurry ice; *Litopenaeus vannamei*; sensory quality; physicochemical properties; texture properties; preservation

南美白对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 学名凡纳滨对虾, 其虾壳薄体肥、肉质鲜嫩且营养价值高, 深受

收稿日期: 2014-05-06

基金项目: 国家国际科技合作项目 (2012DFA30600); 国家自然科学基金青年科学基金项目 (31201452); 浙江省公益性技术应用研究计划项目 (2012033081)

作者简介: 王强 (1991-), 男, 硕士研究生, 研究方向为水产品加工及贮藏
通讯作者: 张宾 (1981-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为水产品加工及贮藏

国内外市场欢迎。冰鲜南美白对虾水分及蛋白质含量高、内源酶活性强, 在运输、加工及贮藏过程中极易受微生物侵袭, 造成虾体自溶、腐败加速, 因此南美白对虾在捕后阶段不易贮藏、商品货架期相对较短^[1]。

目前, 对于南美白对虾的保鲜主要有冰藏保鲜和深度冷冻保鲜法。冷藏保鲜法是将南美白对虾置于 $-2\sim-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下, 而虾体内微生物生长、酶作用 (如多酚氧化酶引发黑变) 及各种生化反应仍在缓慢进行^[2], 因而只适用于近海短期存放与流通以及超市当日销售

等。南美白对虾低温冰藏过程中,加入防腐剂或/和杀菌剂等化学物质可有效改善虾体保鲜效果^[3],但随着人们越来越关心食品安全性问题,依靠添加化学物质的方法已不能满足消费者的要求。深度冷冻保藏(-23~-12℃)可使虾肉中90%以上水分冻结,酶活性和微生物生长几乎完全受到抑制,从而得以长期保藏。然而,深度冻藏时溶质浓缩及冰晶形成,会使虾肉品质发生改变。随着冻藏时间延长,会造成虾肉蛋白冷冻变性,引发持水性、柔嫩性、胶凝性及营养价值等劣变^[4]。当解冻和加热时,虾仁汁液流失增多而出现失重,且肉质口感粗糙,外观色泽变暗。

流化冰是指颗粒状冰粒子与水溶液(如淡水、盐水或海水等)组成的均匀两相混合物,其冰晶粒子直径介于0.2~0.8 mm之间,载冷能力是普通冷冻水的1.8~4.3倍。流化冰冰粒子与其他带尖角、形状不一的传统冰种(碎块冰、薄片冰、管状冰及平板冰等)相比,颗粒更加柔顺、细小圆滑且易流动,因而可有效避免渔品表皮的擦伤,最大限度保持水产品的鲜度、外观品质及加工性能^[5]。更为重要的是,流化冰处理兼具有使水产品体温急速降低、杀死或抑制微生物、钝化体内生化反应等优点。近年来,流化冰作为一种快速冷却水产品的新技术,已受到了巨大的关注^[6-7]。我国在此领域的研究,仍处于萌芽状态,尤其在保鲜基础理论、流化冰制备以及保鲜质量评价等方面尚处于空白。本研究以冰鲜南美白对虾为研究对象,以传统淡水碎冰、低温冷藏保鲜为对照,重点探讨流化冰保鲜技术对冰鲜南美白对虾理化性质的影响情况,为冰鲜水产品的捕后保鲜、长途运输及流通加工等提供支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验原料:鲜活南美白对虾,购于舟山市南珍市场,体长 8.50 ± 1.50 cm。挑选色泽正常,虾体完整,允许有少量愈后伤疤,气味正常,肉质紧密有弹性的样品。将样品置于装有冰块的泡沫箱内,30 min内运回实验室。

主要试剂:氯化钠、三氯甲烷、三氯乙酸、2-硫代巴比妥酸、乙二胺四乙酸及高氯酸等,购于国药化学试剂有限公司。所用试剂均为分析纯。

主要仪器:RF-1000-SP型流化冰生成器,南通瑞友工贸有限公司;751UVGD型紫外可见分光光度计,上海第三分析仪器厂;WSC-100型色差仪,北京光学仪器公司;HS-1300型洁净工作台,苏州安泰空气技

术有限公司;MDF-U53V型超低温冰箱,日本SANYO公司;高速组织捣碎机,上海精科仪器有限公司;PHS-25型酸度计,梅特勒-托利多;TMS-PRO物性分析仪,美国FTC公司。

1.2 实验分组及处理

实验分组:空白组、淡水碎冰保鲜组和流化冰保鲜组。流化冰的制备采用质量分数为3.3% NaCl溶液。保鲜用流化冰组成为80%体积颗粒冰和20%体积水。

实验处理:挑选大小相对一致的虾体,随机分为3组(每组80条),分别进行空白(将虾装入保鲜袋内,放入冰箱内)、淡水碎冰敷没和流化冰浸没保鲜处理。各处理组均置于-4℃冷藏条件下(本实验所用流化冰在-4℃贮藏条件下,能维持较长时间的两相稳定共存),每隔2 d分别取样,进行虾肉理化性质测定。

1.3 测定方法

1.3.1 pH值测定

取南美白对虾虾肉10.0 g,剪碎后于90.0 mL蒸馏水中,10000 r/min低温(4℃)均质1.0 min,4℃浸泡20 min,滤纸过滤,PHS-25型酸度计测定滤液pH值。相同样品进行3次重复,取平均值为该样品pH值。

1.3.2 挥发性盐基氮(TVBN)测定

采用半微量凯氏定氮法^[8],稍加改进。准确称取10.0 g虾肉于均质杯中,加入100 mL,0.60 mol/L高氯酸,10000 r/min均质1.0 min(4℃),滤纸过滤。吸取5.0 mL滤液,加入1滴酚酞示剂、2滴硅油、5.0 mL,0.80 mol/L NaOH溶液,混合后注入半微量凯氏定氮器中,盖塞水封。立即通入蒸汽6.0 min,反应后用0.01 mol/L HCl溶液滴定硼酸(0.50 mol/L)吸收液至蓝紫色。高氯酸溶液代替样品滤液为空白。相同样品进行3次重复测定,取平均值为该样品TVBN含量(mg/100 g肌肉)。

1.3.3 巴比妥酸值(TBA)测定

采用硫代巴比妥酸法^[9]。取5.0 g样品进行研碎,加入50 mL,7.5%三氯乙酸(含0.1% EDTA),振荡25 min(4℃),双层滤纸过滤2次。取5.0 mL滤液加入5.0 mL,0.02 mol/L TBA溶液,90℃水浴30 min。取出后冷却,12000 r/min离心20 min(4℃),加入5.0 mL氯仿,摇匀后静置分层。取上清液分别于532 nm和600 nm处测定吸光值。TBA值(mg/kg)=[(A₅₃₂-A₆₀₀)×0.05×72.6]/(155×m)×1000,其中m为样品质量(g)。

1.3.4 色差值测定

采用 WSC-100 型色差仪测定南美白对虾 L^* 、 b^* 值。 L^* 表示颜色透明度, $L^*=0$ 为黑色, $L^*=100$ 为白色。 b^* 表示颜色色调, 正值为黄色程度、负值为蓝程度(预实验发现, 虾体贮藏过程中不断褐变、变黄, 因此选择 b^* 值为测定指标)。每组样品取虾 6 只, 整齐摆放在白色平板上, 色差仪分别采集取虾头部、虾体(带壳)背部第二节颜色, 取平均值为该样品 L^* 、 b^* 值。

1.3.5 质构特性测定

采用 TMS-PRO 物性分析仪, 测定不同处理虾肌肉 TPA (Texture profile analysis) 特性, 二次挤压测定参数: ①测定部位为虾体背部第二节肌肉; ②选用 P/0.5 柱形探头; ③测试速度 1.0 mm/s, 样品压缩形变量 30%。TPA 特征参数依据 Bouren^[10] 定义方法, 计算弹性和咀嚼性。相同样品进行 6 次重复测定, 取平均值为该样品的质构特性值。

1.4 数据分析

数据处理及作图采用 Origin 8.1、SPSS 13.0 统计分析软件, 结果为平均值±标准偏差。

2 结果与讨论

2.1 不同保鲜处理对南美白对虾感官品质的影响



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 the sensory quality of *Litopenaeus vannamei*

流化冰冰粒子呈光滑小球形, 其与水产品接触性佳、传热面积大、密封性能好, 可有效避免水产品冷却死区现象, 从而实现水产品的均匀快速冷却^[5](流化冰、传统冰理化性质及降温特性等, 另文报道)。空白、碎冰及流化冰保鲜处理对于南美白对虾感官品质的影响, 如图 1。鲜活南美白对虾虾体色泽鲜明、呈浅青灰色, 甲壳光泽好, 肌肉组织紧密、坚实有弹性。

经 4 d 贮藏期后, 空白虾体色泽呈暗灰色、头部及尾扇发黑, 甲壳光泽降低, 肌肉组织紧密尚有弹性; 碎冰保鲜虾体整体感官品质较空白组好, 但头部及尾扇有轻微变黑现象; 流化冰保鲜虾体感官品质最佳, 其感官品质与 0 d 鲜活虾体无显著性差异。经 12 d 贮藏期后, 空白虾体已完全褐变成黄色, 尤其头部及尾扇完全黑变, 同时有明显异臭味; 碎冰保鲜虾体褐变也较严重, 肌肉组织松弛, 甲壳、触须和尾扇部分脱落, 有轻微异臭味; 流化冰保鲜虾头部有轻微褐变、尾扇无明显变化, 肌肉组织仍紧密有弹性, 甲壳、触须和尾肢清晰、无脱落, 同时无明显异臭味。由此可见, 相比于空白冷藏及传统的淡水碎冰保鲜, 流化冰处理对于冰鲜南美白对虾感官品质的保持效果更佳。

2.2 不同保鲜处理对南美白对虾肌肉 pH 值的影响

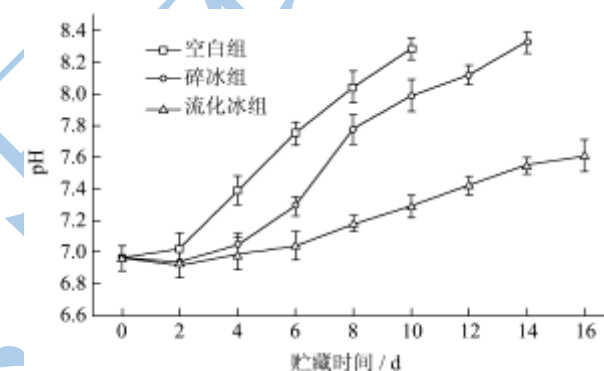


图 2 不同处理对南美白对虾肌肉 pH 值的影响

Fig.2 Effect of different treatments on the pH of *Litopenaeus vannamei* meat

pH 值常被作为评定水产品鲜度及品质优劣的重要指标, Shamshad 等^[11]认为 pH 7.8 为虾类可食用的临界值。不同处理对对虾肌肉 pH 值的影响情况, 如图 2 所示。新鲜南美白对虾肌肉 pH 值为 6.96; 在 0~2 d 内, 肌肉 pH 值变化缓慢甚至略有下降, 可能是由于虾死后肌肉中糖类物质, 经酵解产生少量乳酸等物质, 致使 pH 下降, 该结果与 Lopez-Caballero 等^[12]研究基本一致; 在 2~16 d 贮藏期内, 肌肉 pH 值呈上升趋势, 但不同处理组上升速率及程度显著不同。空白和碎冰保鲜组, 分别在第 6 d、8 d 接近或略超过食用临界值(10 d 后, 分别为 8.28 和 8.12), 表明冷藏(空白)、碎冰保鲜处理无法显著抑制腐败微生物及虾体内源酶活性, 致使虾体蛋白分解生成氨基酸、三甲胺及吲哚等含氮碱性化合物, 致使 pH 值上升、品质下降^[13]; 流化冰保鲜虾在整个贮藏期内(0~16 d), 肌肉 pH 值(6.96~7.61)始终维持在可食用范围内。相比于传统

保鲜用冰(碎块冰、薄片冰及管状冰等),流化冰处理可在较短时间内使虾肉温度降低到较低程度,其快速的降温速率可有效杀死或抑制部分微生物的生长与繁殖(流化冰对于微生物含量的影响,另文报道),同时也可减缓虾体内的各种内源酶生化反应,从而降低显著虾体内各种营养物质的消耗,最大限度的保持虾的鲜度、食用品质和加工性能^[5]。

2.3 不同保鲜处理对南美白对虾肌肉 TVBN

含量的影响

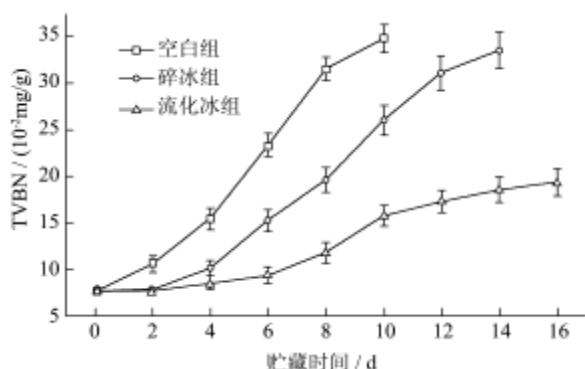


图3 不同处理对南美白对虾肌肉 TVBN 含量的影响

Fig.3 Effect of different treatment on the TVBN content of *Litopenaeus vannamei* mea

TVBN 与动物性食品的腐败程度之间有着明确对应关系,它是评定动物性食品新鲜度的重要化学指标。我国《鲜、冻动物性水产品卫生标准》(GB 2733-2005)规定,海水虾类 TVBN 限量为 0.30 mg/g、淡水虾类为 0.20 mg/g。由图 3 可知,空白组虾肌肉 TVBN 含量上升迅速,并于第 6 d 达到了不可食用程度(0.23 mg/g)。碎冰保鲜虾肉 TVBN 含量上升较空白组缓慢,但在整个冷藏过程中仍有较大幅度变化,8 d 后升高至 0.20 mg/g,接近于食用临界值。流化冰保鲜虾肉 TVBN 含量在冷藏前期(0~6 d)变化平缓,贮藏后期(6~16 d)上升幅度相对较大(仍显著低于空白、碎冰组, $p < 0.05$),经 16 d 贮藏期后 TVBN 含量仅为 0.19 mg/g。该部分 TVBN 含量变化趋势与 pH 分析结果基本一致。研究表明,虾肉蛋白质易在内源酶与微生物的双重作用下发生水解,降解成为多肽片段甚至氨基酸、醛酮类等小分子碱性物质^[4]。流化冰保鲜处理不同于传统碎冰保鲜的优势在于,是利用流化冰中冰粒子的较高换热面积和快速降温的特性^[5],实现虾整体温度的短时间骤降,从而可迅速抑制肌肉水解酶活性和微生物生长与繁殖(图 3,尤其在贮藏前期(0~6 d),保鲜效果显著)。此外,在流化冰保鲜南美白对虾过程中,通过流化冰冰粒子的固-液相转变吸热过程,可维持整

个保鲜体系温度在较长时间内相对恒定,从而起到较长时间的冷却与低温保鲜的效果^[15]。

2.4 不同保鲜处理对南美白对虾肌肉 TBA 的

影响

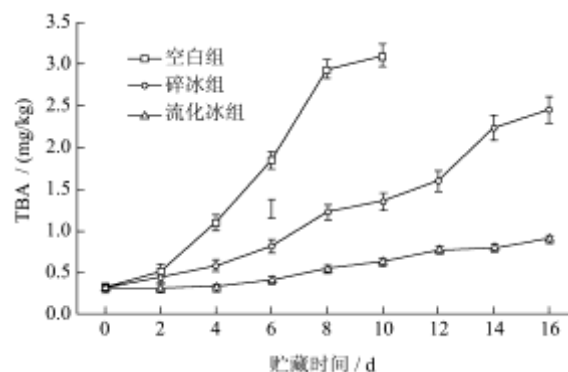


图4 不同处理对南美白对虾肌肉 TBA 含量的影响

Fig.4 Effect of different treatments on the TBA content of *Litopenaeus vannamei* meat

TBA 是表征脂肪氧化程度最常用方法之一,主要是测定脂肪氧化分解为丙二醛的程度。不同处理对南美白对虾肌肉 TBA 含量的影响,如图 4 所示。在贮藏过程中,空白和碎冰保鲜虾肉 TBA 含量上升速率较快,贮藏 10 d 后分别达到 3.10 mg/kg 和 1.36 mg/kg。流化冰保鲜虾肉 TBA 含量在冷藏初期(0~6 d)无显著性变化,在 6~16 d 贮藏内略有上升,但仍维持在一个较低的范围内(0.41~0.91 mg/kg)。传统碎冰浸没保鲜处理虾体,由于碎冰间隙中仍存在大量的空气,因而无法有效抑制虾体的脂肪氧化。流化冰作为一种颗粒冰粒子和水相的两相混合物,其冰粒细小圆滑且具有流动性,可快速填充到虾体缝隙之间,包裹虾体表面并与其紧密接触,因此通过其良好的密封作用和极高的冷却速度^[16],有效抑制了虾肉的脂肪氧化及微生物繁殖,从而保持了虾体的较高新鲜度和较长货架期。

2.5 不同保鲜处理对南美白对虾色差的影响

色差 L^* 值表示颜色深浅, L^* 值越大即颜色越浅,表面越有光泽,虾体越新鲜;反之,颜色越深,表面暗淡无光泽,虾体趋于腐败。由表 1 可知,在贮藏过程中不同处理的虾头部、背部第二节 L^* 值均呈下降趋势,但下降速率有明显差别,其中以空白组下降速率及程度最大、碎冰组次之、流化冰组最小。鲜活南美白对虾头部、背部第二节(0 d) L^* 值分别为 21.52、27.25;经过 12 d 贮藏期后,空白组和碎冰组的虾头部、背部 L^* 值分别 15.11、19.55 和 18.28、23.70,而流化冰组分别 20.51、25.60。由此可见,流化冰保鲜处理

对于南美白对虾表观颜色的保持作用显著 ($p < 0.05$)。

多酚氧化酶作为影响虾体颜色变化的主要原因,其遍布于虾血液及头、胸、关节、尾扇等部位,黑变程度随着贮藏时间的延长而遍布整个虾体,这种酶即便在冷冻期间也能保持着一定活性^[17]。由表 1 可知,随着贮藏时间延长,不同处理组虾头、虾体的褐变程度不断加深。鲜活南美白对虾头部、背部第二节 b^* 值分别为 -0.59、-2.12。经过 12 d 贮藏期后,相比于流化冰组的虾头部、背部 b^* 值为 12.19、8.11,空白组和碎

冰组的 b^* 值均显著性升高 (25.55、21.63 和 18.66、15.62),表明传统碎冰保鲜、冷藏保鲜无法有效控制虾体的黑变现象,而流化冰保鲜处理对于虾体的黑变抑制效果显著 ($p < 0.05$)。根据虾的黑变机理可知,抑制虾黑变需要消除以下一种或多种必要条件:氧气、酶、铜或酶底物。本研究应用中流化冰浸没虾体处理,主要是利用填充到虾体缝隙内的流化冰冰粒子有效阻隔外界氧气,同时利用低温作用钝化或抑制多酚氧化酶活性^[18],致使虾体黑变速度显著下降。

表 1 不同处理对南美白对虾色差的影响

Table 1 Effect of different treatments on the color changes of *Litopenaeus vannamei*

时间/d	虾头部					
	L^* 值			b^* 值		
	空白组	碎冰组	流化冰组	空白组	碎冰组	流化冰组
0	21.52±1.12 ^f	21.52±1.12 ^h	21.52±1.12 ^c	-0.59±0.06 ^a	-0.59±0.06 ^a	-0.59±0.06 ^a
2	20.14±0.89 ^{ef}	21.16±0.85 ^g	21.40±0.59 ^c	6.23±0.16 ^b	3.09±0.11 ^b	-0.67±0.04 ^a
4	19.23±1.25 ^{de}	20.22±0.92 ^{ef}	21.67±0.67 ^c	10.52±0.26 ^c	7.03±0.23 ^c	3.32±0.09 ^b
6	18.65±1.40 ^d	19.92±1.10 ^e	21.25±1.01 ^c	14.69±0.19 ^d	11.56±0.29 ^d	5.85±0.10 ^{bc}
8	17.30±0.98 ^c	18.79±0.88 ^d	20.72±0.79 ^b	18.62±0.20 ^e	14.34±0.36 ^{de}	6.19±0.11 ^{cd}
10	16.25±1.75 ^c	18.71±1.13 ^d	20.76±0.85 ^b	21.09±0.11 ^e	16.09±0.19 ^e	8.92±0.24 ^d
12	15.11±1.86 ^{bc}	18.28±1.46 ^{cd}	20.51±1.19 ^b	25.55±0.26 ^f	18.66±0.26 ^e	12.19±0.18 ^e
14	14.09±0.99 ^b	17.63±1.75 ^b	20.28±1.05 ^{ab}	29.12±0.32 ^g	22.07±0.17 ^f	13.66±0.16 ^e
16	12.23±1.29 ^a	15.25±0.86 ^a	19.62±0.95 ^a	35.08±0.29 ^h	25.89±0.22 ^g	14.70±0.26 ^e

时间/d	虾背部第二节					
	L^* 值			b^* 值		
	空白组	碎冰组	流化冰组	空白组	碎冰组	流化冰组
0	27.25±0.89 ^g	27.25±0.89 ^f	27.25±0.89 ^c	-2.12±0.08 ^a	-2.12±0.08 ^a	-2.12±0.08 ^a
2	27.33±1.02 ^g	27.29±0.62 ^f	27.29±1.01 ^c	2.89±0.10 ^b	1.22±0.05 ^b	-0.97±0.05 ^b
4	26.10±0.77 ^f	26.18±1.01 ^{ef}	27.44±0.77 ^c	7.52±0.15 ^c	5.29±0.19 ^c	2.17±0.06 ^c
6	25.21±0.79 ^e	25.54±0.65 ^e	27.12±0.63 ^c	10.56±0.22 ^d	9.16±0.26 ^d	3.29±0.10 ^c
8	23.32±1.00 ^d	24.67±0.77 ^d	26.90±1.12 ^{bc}	14.16±0.15 ^e	11.99±0.17 ^e	5.02±0.19 ^d
10	21.06±0.68 ^c	24.41±0.62 ^d	26.27±0.81 ^b	18.26±0.30 ^f	13.32±0.30 ^e	6.34±0.08 ^d
12	19.55±1.11 ^b	23.70±1.01 ^{cd}	25.60±0.67 ^b	21.63±0.24 ^g	15.62±0.26 ^f	8.11±0.25 ^e
14	18.65±0.71 ^a	22.09±0.88 ^b	25.72±0.89 ^b	24.06±0.19 ^g	18.19±0.14 ^g	11.32±0.24 ^f
16	18.11±0.83 ^a	20.25±1.11 ^a	24.23±0.59 ^a	29.30±0.31 ^h	22.12±0.31 ^h	14.19±0.17 ^g

注: 同列数据右上角小写字母不同, 表示显著差异 ($p < 0.05$)。

2.6 不同保鲜处理对南美白对虾质构特性的影响

质构与外观、风味和营养共同为食品四大品质要素,通过虾体肌肉质构特性评价,可客观而全面地评价虾的食用品质。不同处理对南美白对虾肌肉弹性和咀嚼性的影响,如图 5 所示。弹性为反映肌肉受外力作用时变形,去除后的恢复程度。肌肉弹性与肌肉

间的结合力大小密切相关,肌肉间结合力越大,即肌肉组织破坏程度越小、弹性越大^[19]。相比于空白和碎冰处理,流化冰保鲜虾肌肉组织弹性值下降速率和程度均较低。经 12 d 贮藏期后,流化冰组虾肉弹性为 0.73 mm,相比于空白组和碎冰处理组为 0.53 mm 和 0.66 mm。由此可见,流化冰处理对于虾体肌肉弹性的保持作用显著 ($p < 0.05$),其原因可能是由于流化冰预冷迅速降低了虾体温度,同时有效钝化了虾体肌肉组织中的内源水解酶等活性,致使虾体组织中肌动球蛋白

变性少、肌肉间的结合力保持良好^[16]。

咀嚼性为模拟虾肉样品咀嚼成吞咽时的稳定状态所需的能量，即所说的咬劲，其是肌肉硬度、肌肉细胞间凝聚力及肌肉弹性等综合作用结果。随着贮藏时间延长，3个处理组虾肉咀嚼性均呈现出下降的趋势；经12 d贮藏期后，空白、碎冰和流化冰保鲜虾肉咀嚼性值依次为6.01 mJ、7.46 mJ和8.53 mJ。虾肉咀嚼性的降低主要是由于贮藏过程中肌肉蛋白在内源水解酶、特定腐败微生物及其分泌物作用下，造成了蛋白质降解、肌肉细胞间结合力下降，从而引起了虾肉组织构造崩解及汁液流失^[20]，其中尤其以空白组下降幅度最大、碎冰组次之，而流化冰组处理虾肉咀嚼性保持效果显著 ($p < 0.05$)。

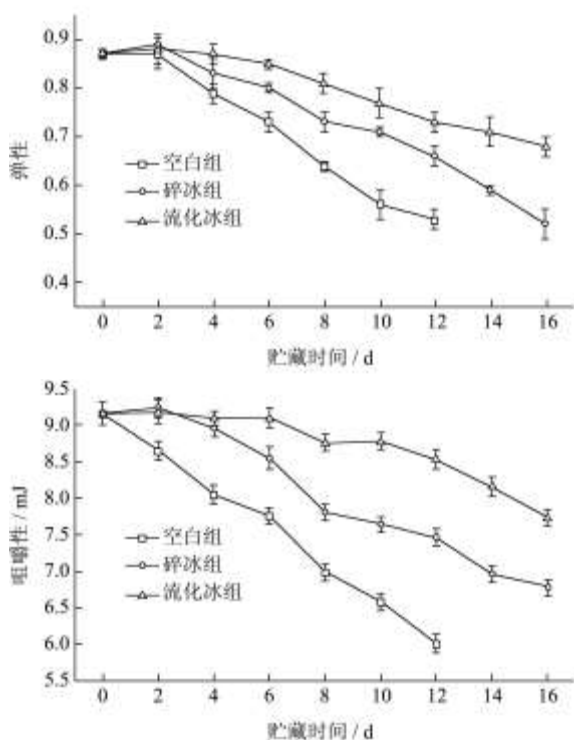


图5 不同处理对南美白对虾肌肉弹性和咀嚼性的影响

Fig.5 Effect of different treatments on the elasticity and chewiness of *Litopenaeus vannamei* meat

3 结论

以冰鲜南美白对虾为研究对象,通过比较冷藏(空白)、传统碎冰及流化冰保鲜处理法,研究了南美白对虾的理化性质及肌肉质构特性的变化情况。结果表明,在0~16 d冷藏期内,流化冰保鲜处理的虾体感官品质、颜色及肌肉质构特性保持效果最佳,且其肌肉pH值、TVBN及TBA含量显著低于空白和传统碎冰保鲜组。由上可见,应用流化冰保鲜技术在冰鲜虾类等贮藏、运输及销售过程中,可有效减慢其品质裂变速率,更好的保持其各鲜度指标和感官指标,延长产品

货架期。

参考文献

[1] 王亮,曾名湧,董士远等.不同包装方式的凡纳滨对虾冰温贮藏过程中腐败微生物的变化规律[J].食品与发酵工业, 2010, 36(3):196-201
WANG Liang, ZENG Ming-yong, DONG Shi-yuan, et al. Microbiological changes in shrimp (*litopenaeus vannamei*) of various packaging conditions during controlled freezing-point storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2010, 36(3): 196-201

[2] 陈鲁萍,刘书来,毛泽明,等.不同抑制剂对凡纳滨对虾多酚氧化酶活性的影响[J].水产科学,2010,29(11):639-642.
CHEN Lu-ping, LIU Shu-lai, MAO Ze-ming, et al. Effect of different inhibitors on polyphenoloxidase from pacific white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) [J]. Fishery Science, 2010, 29(11): 639-642

[3] 钱韻芳,谢晶,吴文惠.虾类保藏过程中酚氧化酶促黑变作用机理及其抑制方法的研究进展[J].食品工业科技, 2012,22:400-405
QIAN Yun-fang, XIE Jing, WU Wen-hui, et al. Research progress in melanosis mechanism of shrimp products induced by phenoloxiade and the use of anti-melanosis techniques during preservation [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 22: 400-405

[4] 张丽丽,陈舜胜,谢晶.国产冷冻虾仁的质量评价方法建立及质量评价[J].食品工业科技,2008,29(8):243-247
ZHANG Li-li, CHEN Shun-sheng, XIE Jing. The establish of quality evaluation method of homemade frozen shrimps and evaluating their qualities [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(8): 243-247

[5] Kauffeld M, Wang M J, Goldstein V, et al. Ice slurry applications [J]. International Journal of Refrigeration, 2010, 33(8): 1491-1505

[6] Losada V, Barros-Velázquez J, Gallardo J M, et al. Effect of previous slurry ice treatment on the quality of cooked sardine (*Sardina pilchardus*) [J]. European Food Research and Technology, 2006, 224: 193-198

[7] Kılınç B, Caklı S, Cadun A, et al. Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured seabream (*Sparus aurata*) and seabass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2007, 104 (4): 1611-1617

[8] Malle P, Tao S H. Rapid quantitative determination of trimethylamine using steam distillation [J]. Journal of Food

- Protection, 1986, 50: 756-760
- [9] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001
- NING Zheng-xiang. Handbook of food composition analysis [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2001
- [10] Bourne M C. Texture profile analysis [J]. Food Technology, 1978, 32(7): 62-66
- [11] Shamshad S I, Kher U N, Rizam M, et al. Shelf life of shrimp (*Penaeus Merquiensis*) stored at different temperatures [J]. Journal of Food Science, 1990, 55: 1201-1205
- [12] Lopez-Caballero M E, Artine-Alvarez O, Gomez-Guillen M C, et al. Quality of thawed deepwater pink shrimp (*Parapenaeus Longirostris*) treated with melanosis-inhibiting formulations during chilled storage [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2007, 42: 1029-1038
- [13] Yamamoto K, Yoshida Y, Morita J, et al. Morphological and physicochemical changes in the myosin molecules induced by hydrostatic pressure [J]. Biochemical Journal, 1994, (116): 215-220
- [14] 李卫东, 陶妍, 袁骐, 等. 南美白对虾在微冻保藏期间的鲜度变化[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(11): 48-52
- LI Wei-dong, TAO Yan, YUAN Qi, et al. Changes in freshness of *Penaeus vannamei* during partial freezing storage [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(11): 48-52
- [15] Cakli S, Kilinc B, Cadun A, et al. Effects of using slurry ice on the microbiological, chemical and sensory assessments of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4 °C [J]. European Food Research and Technology, 2006, 222: 130-138
- [16] Losada V, Piñeiro C, Barros-Velázquez J, et al. Effect of slurry ice on chemical changes related to quality loss during european hake (*Merluccius merluccius*) chilled storage [J]. European Food Research and Technology, 2004, 219: 27-31
- [17] Marks H, Coleman M. Estimating distributions of numbers of organisms in food products [J]. Journal of Food Protection, 1998, 61(11): 1535-1540
- [18] 蔡燕萍, 张建友. 虾体多酚氧化酶特性及其抑制技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(13): 424-428
- CAI Yan-ping, ZHANG Jian-you. Research progress in characterization and inhibition of shrimp polyphenol oxidase [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(13): 424-428
- [19] Zhang B, Deng S G, Lin H M. Changes in the physicochemical and volatile flavor characteristics of *Scomberomorus Niphonius* during chilled and frozen storage [J]. Food Science and Technology Research, 2012, 18(5): 747-754
- [20] Aubourg S P, Losada V, Prado M, et al. Improvement of the commercial quality of chilled norway lobster (*Nephrops norvegicus*) stored in slurry ice: effects of a preliminary treatment with an antimelanotic agent on enzymatic browning [J]. Food Chemistry, 2007, 103: 741-748