

文章编号: 1004 - 7271(2008)03 - 0350 - 07

## 不同冻结速率对南方鲇冷冻鱼片理化和 感官品质的影响

俞裕明<sup>1</sup>, 李汴生<sup>1</sup>, 朱志伟<sup>1</sup>, 阮征<sup>1</sup>, 黄娟<sup>1</sup>,  
蒙名燕<sup>1</sup>, 李兵<sup>2</sup>, 黄建强<sup>2</sup>

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东 广州 510641;

2. 通威(成都)水产食品有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:**比较了 6 种冻结速率(0.19, 0.33, 1.30, 1.71, 2.84, 3.47 cm/h)下冻结对南方鲇鱼片理化和感官品质的影响, 结果表明快速冻结是防止南方鲇鱼片冻后品质降低的有效手段, 实验室条件下南方鲇的最适冻结速率为 2.84 cm/h。理化指标测定结果显示, 随冻结速率增加, 鱼肉盐溶蛋白值和硬度值呈递增趋势( $P < 0.05$ ), 最高值分别是最低值的 1.48 倍和 2.81 倍; 汁液流失率和蒸煮损失率呈递减趋势( $P < 0.05$ ), 其中汁液流失率最低值是最高值的 4.12 倍。感官评价显示不同冻结速率对生鱼片的光泽度、气味、质地等感官分值有显著影响( $P < 0.05$ ), 结果同理化分析结果具有较强一致性。

**关键词:**南方鲇鱼片; 冻结速率; 理化指标; 感官分析

中图分类号: S 984.1 文献标识码: A

## Effects of different freezing rates on the physicochemical and sensory qualities of *Silurus meridionalis* filets

YU Yu-ming<sup>1</sup>, LI Bian-sheng<sup>1</sup>, ZHU Zhi-wei<sup>1</sup>, RUAN Zheng<sup>1</sup>, HUANG Juan<sup>1</sup>,  
MENG Ming-yan<sup>1</sup>, LI Bing<sup>2</sup>, HUANG Jian-qiang<sup>2</sup>

(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China;

2. Tongwei (Chengdu) Aquatic Product Food Co., Ltd, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Effects of six different freezing rates(0.19, 0.33, 1.30, 1.71, 2.84, 3.47 cm/h) on the quality of *Silurus meridionalis* filets were investigated. Results indicated that fast freezing rate could greatly improve the quality of filets after being frozen and the proper freezing rate of *Silurus meridionalis* filets in this study was 2.84 cm/h. Results of physicochemical determination showed that myofibrillar protein's salt-solubility and hardness value of filets increased with the freezing rates, the highest value of them were 1.48 and 2.81 times the lowest ones, respectively. Thawing drop(%) and cook loss(%) decreased with the increasing freezing rates, and the value of thawing drop under the slowest rate was 4.12 times that under the fastest one. Results of sensory evaluation had a good coincidence with physicochemical results, which indicated that freezing rates had effects on the brightness, odour and texture of the raw filets.

**Key words:** *Silurus meridionalis* filets; freezing rate; physicochemical indexes; sensory evaluation

收稿日期: 2007-02-13

作者简介: 俞裕明(1985-), 男, 福建福清人, 硕士研究生, 研究方向为食品加工和保藏。

通讯作者: 李汴生, Tel: 020-87113954, E-mail: febsli@scut.edu.cn

南方鲇(*Silurus meridionalis* Chen),原名南方大口鲇,俗称河鲇、大河鲇鱼,属鲇形目(Siluriformes),是淡水鱼中长得最快最大的品种之一<sup>[1]</sup>,其肉质细嫩,味道鲜美,在国内和国际市场上具有很强竞争力。随着水产品产量增加与冷冻技术发展,冷冻鱼片已成为我国鱼类出口的主要加工方式之一<sup>[2]</sup>。但鱼片在冻结过程中出现的肉质硬化、失去柔软性、持水力降低、组织纤维化等现象,降低了冷冻鱼片的品质,制约了我国冷冻鱼片产业的进一步发展。改善鱼肉因冻结而降低的品质是我国以及世界其他国家研究冷冻鱼片加工工艺所要解决的关键问题之一<sup>[2-3]</sup>。作为近几年在市场上逐渐被看好的鱼类,南方鲇的冷冻加工技术鲜见报道。由于各种鱼类的化学组成不同,其蛋白质变性特点,进行冷冻加工时的技术要求也不尽相同<sup>[4]</sup>。本文将从冻结速率出发,探讨各种不同冻结速率对南方鲇鱼片冻后品质的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 前处理和预冷

新鲜南方鲇鱼于2006年10月取自广州黄沙水产市场,鱼体平均体重8 000 g,体长70 cm。新鲜南方鲇经急杀,去头、去净内脏后,用流动冷却水洗去鱼体表面的粘液、杂质,腹腔内血污。随后去皮、去脊骨,取鱼片、整形,所得鱼片平均重300 g,规格为20 cm×13 cm×2 cm(长×宽×厚)。

将鱼片平摊于铝质托盘中,以保鲜膜覆于托盘表面,置于(4±1)℃的冰箱(海尔BCD-219SK)中预冷。待鱼片温度降至10℃时取出,整个前处理过程约需时1 h。

### 1.2 冻结和解冻

将经过预冷的鱼片(连托盘)分别放置于实验速冻机(亨利HLSY-B)、冰柜(百利WCD-190B)和冰箱(海尔BCD-219SK)等冻结设备中进行冻结。对于实验速冻机,通过调节冻结室内的初始温度和风速控制鱼片的冻结速率,对于冰柜和冰箱,通过控制冻藏室的温度调节鱼片的冻结速率,其冻结过程被视为静止冻结,冻结风速为0 m/s。

当鱼片中心温度冻至-18℃时,取出鱼片,密封于聚乙烯塑料袋中,置于(4±1)℃冰箱中解冻12 h。解冻后样品用于理化指标测定和感官评价。

### 1.3 温度的测定

温度的测定采用温度记录仪(Center 309,台湾产)进行测定和记录。选择鱼片中最厚的三个位置作为测定点,将6个探头分别插于这三个位置的中心和表面处,每隔10秒记录一次温度值。

### 1.4 冻结速率计算

冻结速率( $V_f$ )计算按照国际制冷协会提出的计算方法<sup>[5]</sup>进行:

$$V_f = \frac{L}{t}$$

式中: $L$ ——食品表面与热中心的最短距离,单位为cm; $t$ ——食品表面达0℃至热中心温度达初始冻结点以下10℃所需的时间,单位为h。

计算时,取鱼片中心3个温度探头中温度下降最慢的探头点为中心温度点,对应取该位置的表面探头温度作为表面温度点。

### 1.5 理化指标测定

pH按照GB/T 5009.45-2003方法<sup>[6]</sup>,以1:10进行测定。

肌原纤维盐溶蛋白含量按照MFRD的方法<sup>[7]</sup>进行测定。

pH和盐溶蛋白含量测定均按照GB/T 18654.10-2002要求<sup>[8]</sup>,样品为鱼身的上段,中段和下段鱼片混合而成。

干耗率和汁液流失率测定按照AOAC的方法<sup>[9-10]</sup>进行:

干耗(%) = [(冻结前鱼重 - 冻结后鱼重)/冻结前鱼重] × 100

汁液流失率(%) = [(解冻后鱼重 - 冻结后鱼重)/冻结后鱼重] × 100

蒸煮损失率测定,按照调整过的 Sánchez-Alonso 方法<sup>[11]</sup>进行。以 9 cm × 3 cm × 2 cm 规格从鱼背部切取(20 ± 1) g 样品置于聚乙烯塑料袋中,在(80 ± 1) °C 水浴锅中加热至中心温度升至 70 °C 后取出,在冰箱中冷却 0.5 h 后滤纸擦干表面水分,准确称重。

蒸煮损失率(%) = [(蒸煮前重 - 蒸煮后重)/蒸煮前重] × 100

硬度值采用 TA-XT2i 型质构仪(英国 SMS 公司)进行测定。测定时取鱼身背部的鱼片,切成 2 cm × 2 cm × 2 cm 规格进行测定,测定前将样品在室温下放置 0.5 h,剔除低温影响使样品充分回复。硬度值测定平行 5 次。测定条件为:探头型号 P35;测前速率 1.00 mm/s;测试速率 1.00 mm/s;测后速率 1.00 mm/s;测定距离为鱼片厚度的 30%;探头两次测定间隔时间 5.00 s;数据采集速率 400.00 pps;触发类型为自动。

对照样预冷后未进行冻结,仍置于(4 ± 1) °C 冰箱中,当贮藏时间与冻结样品的解冻时间相同时,取出进行理化指标测定和感官评价。

## 1.6 感官评价

解冻后鱼片的感官评价,按照 Khalid 的方法<sup>[12]</sup>和调整后的 Torry 标准<sup>[13]</sup>进行。其中生鱼片取颜色、光泽度、气味、质地四个指标;煮熟鱼片取颜色、气味、质地、风味后感四个指标,分值在 0 ~ 9 之间,9 代表最佳品质,0 代表最差品质。

感官评定人员由 7 名人员组成,感官评定人员的培训和结果分析按照感官分析相关的国家标准进行<sup>[14-17]</sup>。

## 1.7 数据处理

测定和分析结果采用 SPSS12.0 for Windows 和 Excel 进行数据处理,结果表示采取平均值 ± 标准差形式。各指标值与冻结速率的变化关系,按照 95% 置信度( $P < 0.05$ )建立回归曲线。指标内部的均值比较采用最小显著差异法(least significant difference, LSD),取 95% 置信度( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与讨论

### 2.1 冻结速率和冻结曲线

鱼片在 6 种冻结速率下的基本情况如表 1 和图 1 所示。由通常的冻结速率划分法<sup>[5]</sup>可知,曲线 1、2 属于慢速冻结,曲线 3、4、5、6 为快速冻结。从图 1 还可知,南方鲇鱼片的冻结点在(-0.6 ± 0.1) °C,该冻结点同青鱼,草鱼等淡水鱼的冻结点(0.2 ~ 0.7 °C)接近,低于鳕鱼等海水鱼的冻结点(-2.2 °C)<sup>[4]</sup>。

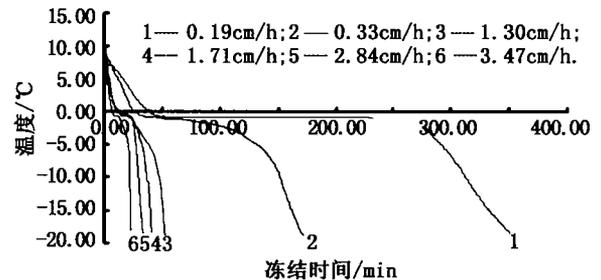


图 1 不同冻结速率下南方鲇鱼片中心部位冻结曲线  
Fig. 1 Freezing curve of the central area in *Silurus meridionalis* fillets at different freezing rates

表 1 南方鲇鱼片的冻结条件

Tab. 1 Freezing conditions of *Silurus meridionalis* fillets

编号	冷冻设备	冻结室初温(°C)	风速(m/s)	冻结速率(cm/h)	类别
1	冰箱	-25	0	0.19	慢冻
2	冰柜	-30	0	0.33	慢冻
3	速冻机	-21.5	3	1.30	速冻
4	速冻机	-34.4	3	1.71	速冻
5	速冻机	-27.4	7	2.84	速冻
6	速冻机	-27.1	7	3.47	速冻

## 2.2 理化指标与冻结速率变化关系

从图2可知,鱼片样品的pH值随着冻结速率增加先降低而后上升。其中冻结速率为0.19 cm/h时的鱼片样品pH值较对照样降低了0.84%,2.84 cm/h速率的样品较对照样品的pH值降低了4.67%,3.47 cm/h速率的样品较对照样品的pH值降低了3.41%。鱼肉pH值经过冻结而降低的现象,在一些文献中都有报导<sup>[18-20]</sup>,一种可能的原因是冻结处理延长鱼肉死后僵硬期,导致其与对照样相比pH值较低<sup>[21]</sup>。而关于不同冻结速率对鱼肉pH值的影响,目前尚没有研究报道。

鱼肉中蛋白大致可分为水溶性的肌浆蛋白、盐溶性的肌原纤维蛋白和不溶性的肌基质蛋白三大部分,一般认为鱼肉蛋白的冷冻变性,主要是其中的肌原纤维蛋白发生变性。通常鱼肉蛋白的冷冻变性越严重,其肌原纤维蛋白的盐溶性越低<sup>[4]</sup>。从图3可知,鱼片样品盐溶蛋白含量随着冻结速率增加呈上升趋势,不同冻结速率下的盐溶蛋白值存在显著差异( $P < 0.05$ )。其中0.19 cm/h冻结速率下的鱼片样品盐溶蛋白值较对照样降低了34.47%,而3.47 cm/h速率下样品的盐溶蛋白值较对照样仅降低了2.82%,3.47 cm/h冻结速率的盐溶蛋白值是0.19 cm/h冻结速率盐溶蛋白值的1.48倍。说明冻结速率对南方鲈鱼肉盐溶蛋白值有显著影响,速冻能比慢冻大幅减少冷冻过程中的鱼肉蛋白变性。实验还发现,当冻结速率高于2.84 cm/h时,样品之间的盐溶蛋白含量无显著差异( $P > 0.05$ ),说明当冻结速率高于某一值时,冻结速率对鱼肉的盐溶蛋白值影响将减弱。关于冻结速率对鱼肉蛋白冷冻变性的研究因原料品种、样品处理和实验设计的差异,国内外的研究结果不尽相同。其中国内关志强等<sup>[22]</sup>、袁春红等<sup>[23]</sup>认为冻结速率对鱼肉蛋白变性影响不大,汪之和苏福德<sup>[24]</sup>认为冻结速率对鱼肉蛋白变性有一定影响,而国外Mackie<sup>[25]</sup>、Jones<sup>[26]</sup>、Jiang等<sup>[27]</sup>、Scott等<sup>[28]</sup>则认为冻结速率对蛋白变性有显著影响。关于慢冻和速冻导致蛋白质变性程度差异的原因,一般认为慢速冻结时,肌细胞外产生大冰晶,肌细胞内肌原纤维被挤压集结成束,并因冰晶形成时蛋白质失去结合水,导致蛋白质互相结合形成各种交联导致变性,而快速冻结时,冻结温度下降很快,冰晶在肌细胞内产生,颗粒较小,对细胞损伤少因而蛋白质变性程度低<sup>[29]</sup>。

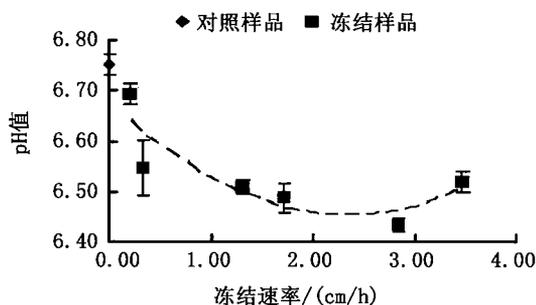


图2 pH值与冻结速率变化关系

Fig. 2 Changes in pH at different freezing rates

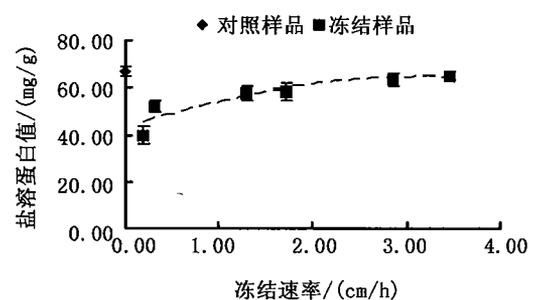


图3 盐溶蛋白值与冻结速率变化关系

Fig. 3 Changes in salt-solubility of salt soluble protein at different freezing rates

汁液流失率是评定冻结食品质量的重要指标之一,它与冻结速率有很大关系。从图4可知,鱼片样品的汁液流失率随着冻结速率的增加而明显减少,不同冻结速率下的汁液流失率存在显著差异( $P < 0.05$ )。其中3.47 cm/h冻结速率下的样品的汁液流失率约为0.19 cm/h冻结速率样品的1/4。实验还发现,当冻结速率高于2.84 cm/h时,样品之间的汁液流失率无显著差异( $P > 0.05$ ),当冻结速率低于1.71 cm/h时,样品之间的汁液流失率则有显著差异( $P < 0.05$ ),并且汁液流失率与冻结速率呈线性关系( $y = -0.6281x + 1.4497$ ,  $r^2 = 0.995$ )。这表明当冻结速率高于某一值时,冻结速率对鱼肉的汁液流失率影响将减弱,而当冻结速率低于某一值时,汁液流失率将随冻结速率显著变化。关于汁液流失的原因,一般认为冻结过程中鱼肉蛋白因变性导致其保水性降低,使解冻后出现汁液流失<sup>[30]</sup>。从实验结果可以得出,慢冻样品解冻后持水性较速冻样品差,样品营养成分、风味损失较速冻样品严重。

冻结过程的干耗同冻结室的温度、风速、湿度以及总的冻结时间有关。从图5可知,鱼片样品冻结

过程的干耗率随冻结速率的增加呈先降低后升高趋势。说明低冻结速率下,因为冻结时间长而导致干耗率大;随着冻结速率增加,冻结时间缩短而干耗降低;而当冻结速率进一步升高,风速加大又导致干耗重新升高。Boonsumrej<sup>[10]</sup>对虾的研究也有类似结果。干耗将导致鱼肉失水,肉质粗硬,表面油烧,品质变差等不良现象,因此鱼片快速冻结过程中,必须注意干耗影响,采取降低初温,增加湿度的方法来减少干耗。

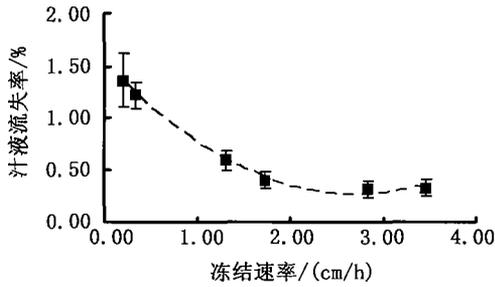


图4 汁液流失率与冻结速率变化关系

Fig. 4 Changes in thawing drop at different freezing rates

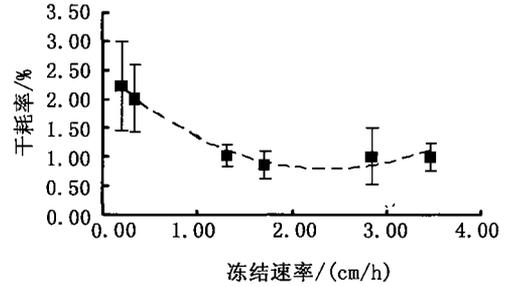


图5 干耗率与冻结速率变化关系

Fig. 5 Changes in freezing loss at different freezing rates

TPA 测试可以反映鱼肉的质构特性,其中以硬度值最为可信<sup>[31]</sup>。从图6可知,鱼片样品的硬度值随着冻结速率的增加呈上升趋势,不同冻结速率下的硬度值存在显著差异( $P < 0.05$ )。其中冻结速率为0.19 cm/h的鱼片样品硬度值较对照样降低了68.41%,3.47 cm/h速率的样品较对照样的硬度值仅降低了11.03%,3.47 cm/h速率样品的硬度值是0.19 cm/h样品硬度值的2.81倍。说明随冻结速率增加,鱼片样品解冻后坚实度增加,跟对照样硬度值逐渐接近。实验还发现,当冻结速率高于2.84 cm/h时,样品间的硬度值没有显著差异( $P > 0.05$ ),当冻结速率小于2.84 cm/h,样品间的硬度值则有显著差异( $P < 0.05$ ),且数值与冻结速率呈线性变化。该结果同汁液流失率的结果类似,说明在一定冻结速率以上,鱼肉硬度值受冻结速率影响将减弱,在一定冻结速率以下,硬度值将随冻结速率显著变化。关于鱼肉质构变化原因,Badii等<sup>[32]</sup>研究认为其与蛋白质变性有关,Anese等<sup>[33]</sup>认为当鱼肉持水性越低时,其质地就越软。

蒸煮损失率是衡量鱼肉蛋白持水性的主要指标<sup>[34]</sup>。从图7可以看出,鱼片样品的蒸煮损失率随着冻结速率增加整体呈下降趋势,不同冻结速率下的蒸煮损失率存在显著差异( $P < 0.05$ )。其中冻结速率为0.19 cm/h的鱼片样品蒸煮损失率较对照样升高了37.97%,3.47 cm/h速率的样品较对照样的硬度值仅升高了6.44%。说明随着冻结速率增加,鱼片解冻蒸煮后保水性升高,与对照样相比差异减少,即冻结速率越快,鱼片持水力越强,口感越好。从图7还可看出,蒸煮损失率虽随冻结速率增加而降低,但同其他指标相比,其数值变化较为平缓,原因可能为鱼片经蒸煮后蛋白质完全变性,结构发生剧烈变化<sup>[35]</sup>,因冻结速率不同而造成的鱼肉品质差异减少。

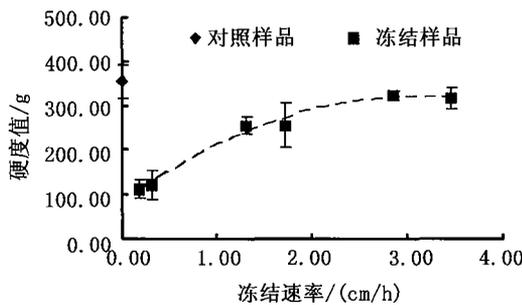


图6 硬度值与冻结速率变化关系

Fig. 6 Changes in hardness value at different freezing rates

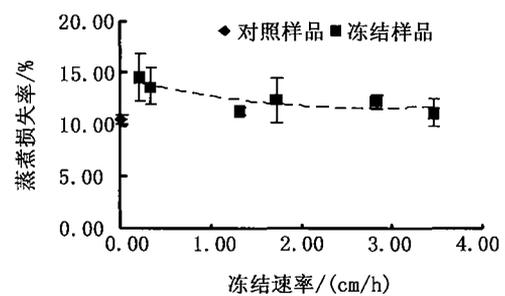


图7 蒸煮损失率与冻结速率变化关系

Fig. 7 Changes in cook loss at different freezing rates

### 2.3 感官指标变化关系

从表 2 可知,冻结速率对生鱼片的光泽度、气味、质地等指标有影响( $P < 0.05$ ),其中冻结速率越快,感官分值越高。在与对照样比较时,1.30 cm/h 以上冻结速率样品的感官分值与对照样均无显著差异( $P > 0.05$ ),说明快速冻结产品解冻后与新鲜样品感官品质接近,冻结速率越快,其产品品质越好,此结果同理化指标结果具有很强的一致性。煮熟鱼片的感官分析结果表明,不同冻结处理的鱼片蒸煮后感官分值差异较小( $P > 0.05$ )。Hultmann<sup>[36]</sup>和 Hsieh<sup>[37]</sup>的研究表明这种差异可能会在冻结鱼片贮藏一段时间后出现。在与对照样的比较中发现,冻结样品煮熟后的颜色,气味,质地与对照样均无差异( $P > 0.05$ ),而风味和后感值则较对照样低( $P < 0.05$ ),说明冻结处理一定程度降低了南方鲇鱼片煮熟后的风味。

表 2 南方鲇鱼片感官分析结果

Tab. 2 Sensory results of *Silurus meridionalis* fillet

冻结速率 (cm/h)	生鱼片				熟鱼片			
	颜色	光泽度	气味	质地	颜色	气味	风味后感	质地
0.19	7.71 ± 0.57 <sup>a</sup>	6.71 ± 0.57 <sup>a</sup>	6.43 ± 0.29 <sup>a</sup>	6.14 ± 0.47 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.47 <sup>a</sup>	8.42 ± 0.26 <sup>a</sup>	7.85 ± 0.57 <sup>a</sup>	8.00 ± 0.33 <sup>a</sup>
0.33	7.85 ± 0.47 <sup>a</sup>	6.57 ± 0.95 <sup>a</sup>	6.71 ± 0.57 <sup>a</sup>	6.57 ± 0.95 <sup>a</sup>	7.71 ± 0.57 <sup>a</sup>	8.57 ± 0.29 <sup>a</sup>	8.07 ± 0.29 <sup>a</sup>	8.00 ± 0.67 <sup>a</sup>
1.30	7.85 ± 0.47 <sup>a</sup>	7.28 ± 0.57 <sup>a,b</sup>	7.57 ± 0.95 <sup>a,b</sup>	7.14 ± 0.81 <sup>a,b</sup>	8.14 ± 0.47 <sup>a</sup>	8.29 ± 0.24 <sup>a</sup>	8.29 ± 0.24 <sup>a</sup>	8.29 ± 0.23 <sup>a</sup>
1.71	8.00 ± 0.33 <sup>a</sup>	7.57 ± 0.62 <sup>a,b</sup>	7.57 ± 0.62 <sup>a,b</sup>	7.29 ± 0.57 <sup>a,b</sup>	7.85 ± 0.47 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.48 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.48 <sup>a</sup>	8.00 ± 0.33 <sup>a</sup>
2.84	8.00 ± 0.67 <sup>a</sup>	7.28 ± 1.24 <sup>a,b</sup>	7.57 ± 1.62 <sup>a,b</sup>	7.28 ± 1.24 <sup>a,b</sup>	8.14 ± 0.47 <sup>a</sup>	8.29 ± 0.57 <sup>a</sup>	8.28 ± 0.57 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.81 <sup>a</sup>
3.47	8.14 ± 0.47 <sup>a</sup>	7.85 ± 0.47 <sup>b</sup>	8.00 ± 0.33 <sup>b</sup>	7.57 ± 0.28 <sup>b</sup>	8.28 ± 0.57 <sup>a</sup>	8.29 ± 0.23 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.81 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.48 <sup>a</sup>
对照样	8.29 ± 0.23 <sup>a</sup>	8.00 ± 0.67 <sup>b</sup>	8.28 ± 0.57 <sup>b</sup>	7.85 ± 0.47 <sup>b</sup>	7.86 ± 1.14 <sup>a</sup>	8.14 ± 0.47 <sup>a</sup>	8.52 ± 0.26 <sup>b</sup>	8.00 ± 0.33 <sup>a</sup>

注:同一列以不同字母上标标记,表明差异显著( $P < 0.05$ )

### 3 小结

对 6 种冻结速率下南方鲇鱼片的品质研究结果表明,冻结速率对冷冻南方鲇鱼片品质有显著影响,快速冻结是防止南方鲇鱼片冻后品质降低的有效手段。理化分析结果表明,随冻结速率增加,鱼肉盐溶蛋白值和硬度值呈递增趋势( $P < 0.05$ ),最高值分别是最低值的 1.48 倍和 2.81 倍;汁液流失率和蒸煮损失率呈递减趋势( $P < 0.05$ ),其中汁液流失率的最低值是最高值的 4.12 倍。感官分析结果表明,不同冻结速率处理对南方鲇生鱼片有显著影响( $P < 0.05$ ),冻结速率越快,感官分值越高,与对照样差异越小。理化指标结果和感官分析结果具有较强的一致性。

有同理指标的实验结果还表明,当冻结速率高于某一值时,冻结速率对南方鲇鱼片的品质(盐溶蛋白值、汁液流失率、硬度值)影响减弱;当冻结速率低于某一值时,南方鲇鱼片品质随冻结速率显著变化。因此工业化生产选择冻结速率时,应考虑上述两种因素,选择合适的冻结速率以平衡产品品质和冻结成本之间的关系。对于南方鲇鱼片,在本实验条件下,考虑上述两种因素后得出的最适冻结速率为 2.84 cm/h。

### 参考文献:

- [1] 黄希贵. 南方鲇生长激素受体 cDNA 的分子克隆以及鱼类存在两种生长激素受体的证明[D]. 重庆:西南师范大学,2004.
- [2] 汪之和. 我国水产品加工业现状及加工科技发展的方向[C]//全国水产学科前沿与发展战略研讨会论文集. 中国水产学会, 2005:243-250.
- [3] Fagan J D, Gormley T R, Mhuirheartaigh M U. Effect of freeze-chilling, in comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions[J]. Lebensm Wiss Technol, 2003, 36(7): 647-655.
- [4] 冯志哲, 沈月新. 食品冷藏学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001:48-58.
- [5] 曾庆孝, 芮汉明, 李泮生. 食品加工和保藏原理[M]. 北京:化学工业出版社, 2004:103-104.
- [6] GB/T 5009.45-2003, 水产品卫生标准的分析方法[S].
- [7] MFRD (Marine Fisheries Research Development). Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish product[M]. Singapore: Southeast Asian Fisheries Development Center, 1987.

- [8] GB/T 18654.10-2002, 养殖鱼类种质检验第 10 部分:肌肉营养成分的测定[S].
- [9] AOAC. Official method of analysis(16th Ed)[M]. Washington, DC: Association of the Official Analytical Chemists, 1995.
- [10] Boonsumrej S, Chaiwanichsiri S, Tantratian S, *et al.* Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp (*Penaeus monodon*) frozen by air-blast and cryogenic freezing[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(1):292-299.
- [11] Sánchez-Alonso I, Haji-Maleki R, Borderias A J, *et al.* Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products[J]. Food Chemistry, 2007, 100(3):1037-1043.
- [12] Khalid I S. Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids[J]. Food Chemistry, 2007, 101(2):592-600.
- [13] Whittle K J, Hardy R, Hobbs G. Chilled foods[M]. Essex, UK: Elsevier Applied Science, 1990:87-116.
- [14] GB/T 13868-1992, 感官分析:建立感官分析实验室的一般导则[S].
- [15] GB/T 16291-1996, 感官分析:专家的选拔、培训和管理导则[S].
- [16] GB/T 10221-1998, 感官分析:术语[S].
- [17] GB/T 19547-2004, 感官分析:方法学 量值估计法[S].
- [18] 侯温甫, 薛长湖. 低温速冻处理对鲱鱼冻藏生化特性的影响[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(3):73-77.
- [19] 曾名勇, 黄海鲫鱼 (*Carassius auratus*) 在微冻保鲜过程中的质量变化[J]. 青岛海洋大学学报, 2001, 31(3):351-355.
- [20] Benjakul S, Bauer F. Physicochemical and enzymatic changes of cod muscle proteins subjected to different freeze-thaw cycles[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80:1143-1150.
- [21] Love R M. The post-mortem pH of cod and haddock muscle and its seasonal variation[J]. Journal of Food and Agriculture, 1979, 30:433-438.
- [22] 关志强, 蒋小强, 李 敏, 等. 冻结速率和冻藏温度对文蛤蛋白质冷冻变性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(11):137-140.
- [23] 袁春红. 冻结条件与冻藏温度对鲢鱼肉肌原纤维蛋白冷冻变性的影响[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(1):44-48.
- [24] 汪之和, 苏德福. 冻结速率和冻藏温度对鲢肉蛋白质冷冻变性的影响[J]. 水产学报, 2001, 259(6):564-569.
- [25] Mackie I M. The effects of freezing on flesh proteins[J]. Food Review International, 1993, (9):575-610.
- [26] Jones N R. Freezing and irradiation of fish[M]. London: Fishing News(Books) Limited, 1969:31-39.
- [27] Jiang S, Ho M, Lee T C. Optimization of the freezing conditions on mackerel and amberfish for manufacturing minced fish[J]. Journal of Food Science, 1985, (50):727-732.
- [28] Scott D N, Porter R W, Kudo G, *et al.* Effect of freezing and frozen storage of Alaska pollock on the chemical and gel-forming properties of surimi[J]. Journal of Food Science, 1988, 53:353-359.
- [29] Wagner J R, Anon M C. Effect of freezing rate on the denaturation of myofibrillar proteins[J]. Journal of Food Technology, 1985, 20:735-744.
- [30] Chevalier D, Le B A, Chourout J M, *et al.* High pressure thawing of fish (whiting): influence of the process parameters on drip losses[J]. Lebensm Wiss Technol, 1999, 32(1):25-31.
- [31] Hyldig G, Nielsen D. A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle[J]. Journal of Texture Studies, 2001, 32:219-242.
- [32] Badii F, Howell N K. Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage[J]. Food Hydrocolloids, 2002, 16(4):313-319.
- [33] Anese M, Gormley R. Effects of dairy ingredients on some chemical, physico-chemical and functional properties of minced fish during freezing and frozen storage[J]. Lebensm Wiss Technol, 1996, 29(1):151-157.
- [34] Skipnes D, Østby M L, Hendrickx M E. A method for characterising cook loss and water holding capacity in heat treated cod (*Gadus morhua*) muscle[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80(4):1078-1085.
- [35] Ofstad R, Kidman S, Myklebust R, *et al.* Liquid holding capacity and structural-changes during heating of fish muscle-cod (*Gadus morhua*) and Salmon (*Salmo salar*) [J]. Food Structure, 1993, 12(2):163-174.
- [36] Hultmann L. Texture and properties of muscle proteins of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*)-changes during ice storage [C]// Proceedings of the 29th WEFTA Meeting. Georgakis, 2000.
- [37] Hsieh Y L, Regenstein J M. Textural changes in frozen stored cod and ocean perch minces[J]. Journal of Food Science, 1989, (54):824-826.