

解冻方式对大黄鱼解冻效率和品质的影响

欧阳杰^{1,2}, 倪锦^{1,2}, 吴锦婷², 沈建^{1,2,*}

(1.农业部渔业装备与工程技术重点开放实验室, 国家水产品加工装备研发分中心, 上海 200092;

2.中国水产科学研究院, 渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘要: 对比自然解冻、流水解冻、低温解冻和微波解冻4种解冻方式对大黄鱼解冻效率和品质的影响, 分析不同解冻方式下大黄鱼的解冻时间、中心温度、持水力、蛋白质和脂肪氧化程度、肌肉弹性的变化。结果表明: 低温解冻时间最长, 品质保持最好; 微波解冻速率最快, 均匀性最好, 蛋白质和脂肪氧化程度最高, 持水力和肌肉弹性最差; 流水解冻速率较快, 同时也能较好地保持大黄鱼的品质。

关键词: 大黄鱼; 解冻; 中心温度; 弹性; 品质

Influence of Thawing Methods on Thawing Efficiency and Quality of *Pseudosciaena crocea*

OUYANG Jie^{1,2}, NI Jin^{1,2}, WU Jinting², SHEN Jian^{1,2,*}

(1.Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Chinese Academy of Fishery Sciences, National R&D Branch Center For Aquatic Product Processing Equipment, Shanghai 200092, China; 2.Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China)

Abstract: For the purpose of finding the most suitable thawing method for frozen fish, this research was executed to compare the influences of four different thawing methods including natural thawing, running water thawing, low temperature thawing and microwave thawing on the thawing efficiency and quality of frozen *Pseudosciaena crocea*. Changes in thawing time, central temperature, water-holding capacity, the oxidation degree of protein and fat, and springiness were analyzed among different thawing methods. The results showed that low temperature thawing took the longest time but provided the best quality maintenance, while microwave thawing, although exhibiting the highest thawing speed and best heating uniformity, caused the highest oxidation degree of protein and fat, and worst water-holding capacity and springiness. Running water thawing was faster than low temperature thawing and could also well maintain the quality of *Pseudosciaena crocea*.

Key words: *Pseudosciaena crocea*; thawing; central temperature; springiness; quality

DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.08.006

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2016) 08-0030-05

引文格式:

欧阳杰, 倪锦, 吴锦婷, 等. 解冻方式对大黄鱼解冻效率和品质的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(8): 30-34. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.08.006. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

OUYANG Jie, NI Jin, WU Jinting, et al. Influence of thawing methods on thawing efficiency and quality of *Pseudosciaena crocea*[J]. Meat Research, 2016, 30(8): 30-34. (in Chinese with English abstract) DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.08.006. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 是我国六大优势养殖水产品 and 主要海产经济鱼类之一, 也是极具地方特色的鱼类, 在中国东南部地区如宁德、舟山等地已形成了比较大的产业规模^[1-3]。其肉质细嫩, 营养价值高, 深受国内外消费者的青睐^[4-5]。随着深海网箱养殖技术的不断发展, 大黄鱼的养殖产量逐年增加, 2012年我国大黄鱼

产量达16.6万t, 其中养殖产量达9.5万t^[6]。目前大黄鱼主要以冰鲜和冷冻销售为主, 少部分产品加工成黄鱼鲞和黄鱼干。冰鲜大黄鱼的货架期一般为1~3d, 适合于近距离运输和短时间贮藏, 冷冻保鲜适合远距离运输和长时间贮藏^[7-9]。

冻结和解冻是影响冷冻水产品品质的重要因素^[10-12]。

收稿日期: 2016-02-23

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费专项 (2014A10XK04)

作者简介: 欧阳杰 (1983—), 男, 助理研究员, 硕士, 研究方向为水产品加工技术。E-mail: ouyangjie@fmri.ac.cn

*通信作者: 沈建 (1971—), 男, 研究员, 本科, 研究方向为水产品加工装备与技术。E-mail: shenjian@fmri.ac.cn



冷冻加工过程中, 冻结一般在加工车间集中进行^[13-14], 而解冻则是进入市场或最终消费环节才进行, 相对比较分散, 其工艺方法往往容易被忽视^[15-16]。实际上, 解冻方式的选择对评估产品质量变化以及加工特性起着非常重要的作用^[17-18]。实际生产过程中, 水产品解冻主要采用自然解冻^[19]、静水解冻、微波解冻^[20]和低温解冻^[21]等方式, 此外还有通电加热解冻^[22]、射频解冻^[23]、高压脉冲解冻、高压静电解冻、超声波解冻等, 但还都处于实验阶段, 较少应用于实际生产^[24]。解冻过程会产生汁液损失、蛋白质变性、变色、微生物繁殖、干燥等各种物理和化学变化, 从而影响鱼肉的品质, 如风味的下降、汁液流失、脂肪氧化、脱水、肌肉老化、可溶性蛋白减少、蛋白质凝胶形成能力下降等^[25-26]。为了找出适合大黄鱼解冻的方法, 本研究对比了自然解冻、流水解冻、低温解冻和微波解冻4种解冻方式对大黄鱼解冻效率和品质的影响, 分析了不同解冻方式下大黄鱼的解冻时间、中心温度、持水力、蛋白质和脂肪氧化程度、肌肉弹性的变化, 旨在筛选出适合于大黄鱼的解冻方法, 掌握大黄鱼的解冻特性, 为实际加工生产提供数据基础和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冰鲜大黄鱼购自上海东方国际水产中心, 大小均匀, 每条质量(500±50)g, 真空包装后放入-(20±2)℃的冰箱中贮藏备用, 实验时分别采用不同的解冻方法将其解冻后测定各项指标。

2-硫代巴比妥酸、盐酸胍、三氯乙酸、2,4-二硝基苯肼、乙酸乙酯、乙醇、丙二醛、氯化钠 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

TMS-CONSOLE物性测试仪 美国FTC公司; MA150水分含量测试仪 德国赛多利斯集团; GL-21M高速冷冻离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司; SP756PC紫外-可见分光光度计 苏州莱顿科学仪器有限公司; DHG-9140A均质机鼓风干燥箱、DK-S22恒温水浴锅 上海精宏实验设备有限公司; HC-83203FB微波炉格兰仕集团有限公司; DW-HL388冰箱 合肥美菱股份有限公司; XS105DU分析天平 梅特勒-托利多中国有限公司; HMS-350漩涡振荡器 天津恒奥科技发展有限公司。

1.3 方法

1.3.1 解冻方式

自然解冻: 将带包装的样品取出, 去掉包装, 放在托盘中, 在背部中心插入温度探头, 置于高精度培养箱中, 温度控制为(15±0.5)℃, 待完全解冻后进行各项指标测定。

低温解冻: 将带包装的样品取出, 去掉包装, 放在托盘中, 在背部中心插入温度探头, 置于冷藏箱中, 温度控制为(5±0.5)℃, 待中心温度达到5℃时, 视为完全解冻, 取出后进行指标测定。

流水解冻: 将冷冻大黄鱼从包装袋中取出, 在背部中心插入温度探头, 放入周转箱中, 置于自来水下, 水温控制在(15±0.5)℃, 流速10 L/min, 待中心温度达到5℃时, 视为完全解冻, 取出后进行指标测定。

微波解冻: 将冷冻大黄鱼从包装袋取出, 放在托盘中, 置于微波炉解冻档进行解冻, 在背部中心插入绝缘温度探头, 待中心温度达到5℃时, 视为完全解冻, 取出后进行指标测定。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 温度

采用多点温度记录仪进行测定, 大黄鱼的中心温度和表面温度基本一致, 上升到5℃, 视为完全解冻。

1.3.2.2 持水力

称取大黄鱼背部肌肉5.0 g, 用研钵捣碎后倒入10 mL的离心管中, 设定离心转速3 000 r/min、温度4℃、时间60 min, 去除上清液, 称取下层固形物质量^[27], 按照式(1)计算持水力。

$$\text{持水力}/\% = \frac{\text{肉样质量} \times \text{含水率} - (\text{肉样质量} - \text{离心后肉样质量})}{\text{肉样质量} \times \text{含水率}} \times 100 \quad (1)$$

1.3.2.3 羰基含量

参照侯晓荣等^[28]的方法, 略有改动。取2 mg/mL的蛋白溶液1 mL加入到50 mL的离心管中, 每个离心管中加入10 mmol/L 2,4-二硝基苯肼溶液1 mL, 室温环境下静置1 h, 每15 min漩涡振荡1次, 每次振荡时间30 s, 加入20%三氯乙酸溶液1 mL, 混合均匀后10 000 r/min离心5 min, 弃上清液, 用1 mL乙酸乙酯-乙醇混合液(1:1, V/V)洗涤沉淀, 重复3次, 洗涤后加入6 mol/L盐酸胍溶液3 mL, 37℃条件下恒温15 min使溶解沉淀, 采用10 000 r/min离心5 min, 取上清液于370 nm波长处测定吸光度。使用摩尔吸光系数22 000 L/(mol·mg)计算羰基含量, 羰基含量表示为nmol/mg pro。

1.3.2.4 硫代巴比妥酸反应物质(thiobarbituric acid reactive substances, TBARs)值

参照刘会省等^[29]的方法, 略有改动。称取10.0 g鱼肉, 均质后置于锥形瓶中, 加入7.5%的三氯乙酸50 mL, 浸提30 min, 10 000 r/min离心5 min得到上清液。取上清液5 mL, 加入0.02 mol/L 2-硫代巴比妥酸溶液5 mL, 90℃恒温水浴40 min, 离心取上清液, 分别在532 nm和600 nm波长处进行比色, 按照式(2)计算TBARs值, 结果以每100 g鱼肉中丙二醛的质量表示。

$$\text{TBARs}/(\text{mg}/100 \text{ g}) = \frac{A_{532 \text{ nm}} - A_{600 \text{ nm}}}{155} \times 72.6 \times \frac{1}{10} \times 100 \quad (2)$$

1.3.2.5 弹性

将大黄鱼背部肌肉切成10 mm×10 mm×10 mm的小块,用物性测试仪进行测定,采用直径5 mm的圆形测试探头,测试时探头下行速率和返回速率均设定为2.0 mm/s,探头最大下压距离5 mm,读取下压过程中鱼肉的反作用力数值,以最大值作为弹性值^[30]。

1.4 数据处理

所有实验均设置3次重复,采用Microsoft Excel 2010和SPSS 19.0统计软件对测定指标进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同解冻方式下大黄鱼中心温度变化

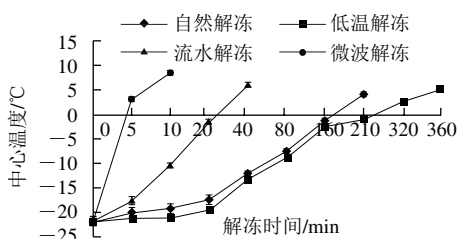


图1 不同解冻方式下大黄鱼中心温度变化

Fig. 1 Changes in central temperature of frozen *Pseudosciaena crocea* during different thawing processes

中心温度是侧面反应解冻进程的一个重要指标。由图1可知,中心温度上升速率依次为微波解冻>流水解冻>自然解冻>低温解冻。采用微波解冻的大黄鱼中心温度在5 min内迅速上升到3.2℃,10 min时达到8.6℃,流水解冻40 min中心温度上升到6.2℃,自然解冻210 min中心温度为4.1℃,低温解冻360 min中心温度为5.4℃。

2.2 不同解冻方式下大黄鱼解冻时间

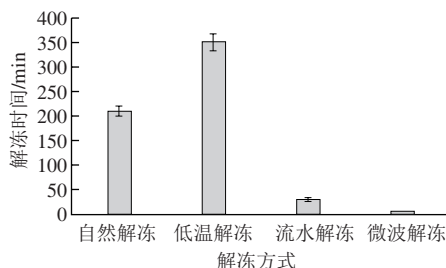


图2 不同解冻方式下大黄鱼解冻时间

Fig. 2 Thawing times of frozen *Pseudosciaena crocea* by different thawing methods

以中心温度上升到5℃时作为完全解冻的判定点。由图2可知,大黄鱼自然解冻、低温解冻、流水解冻、微波解冻所需时间平均分别为210、350、30、6 min。微波解冻在很短的时间内即可完全解冻,显著快于其他解冻方式;这是因为水产品中水分子在高频磁场中发生振

动,分子间相互碰撞、摩擦产生热能,使物料被加热而解冻,微波加热是从大黄鱼的内部开始,各部位加热比较均匀,因而解冻效率高。流水解冻的解冻温度虽然与空气解冻接近,但解冻速率较快;这是因为流水解冻的传热介质是水,自然解冻的传热介质是空气,而水的导热性显著高于空气,所以,流水解冻的效率显著优于自然解冻。低温解冻的实质也是空气解冻,但由于持续处于较低的环境温度下,热传递速率较慢,因而解冻时间最长,冰晶融化的速率最慢^[31]。

2.3 不同解冻方式下大黄鱼解冻过程中内外温差变化

表1 不同解冻方式下大黄鱼解冻过程中内外温差

Table 1 Temperature difference of frozen *Pseudosciaena crocea* during thawing process

解冻时间/min	内外温差/℃			
	自然解冻	低温解冻	流水解冻	微波解冻
0	3.4±0.2	2.1±0.1	4.5±0.1	3.2±0.2
5	4.8±0.2	3.2±0.2	5.2±0.2	1.1±0.5
10	7.2±0.3	4.5±0.2	6.1±0.3	-0.8±0.4
20	9.8±0.5	6.8±0.1	7.0±0.2	—
40	14.3±0.2	7.6±0.2	2.4±0.1	—
80	11.5±0.3	8.6±0.2	—	—
160	7.6±0.2	8.5±0.2	—	—
210	2.3±0.1	6.8±0.2	—	—
320	—	4.2±0.1	—	—
360	—	1.8±0.1	—	—

注:—,完全解冻后,不再进行后续温度测定。

内外温差是指解冻过程中大黄鱼中心与表面的温度差,可以从一定程度上反应出解冻的均匀性。由表1可知,解冻过程中,微波解冻的内外温差随着解冻时间的延长逐渐缩小,整个解冻过程中,内外温差在3℃以内,说明微波解冻的均匀性较好,解冻5 min后,出现了表面温度低于中心温度的情况,这进一步印证了微波解冻是从内部加热的原理。其余3种解冻方法,内外温差随着解冻时间的延长逐渐增加,到解冻中期内外温差达到最高值,随后又逐渐减小。流水解冻和低温解冻的内外温差比较接近,最高温差在7~8℃;自然解冻的内外温差最大,达到14℃以上,均匀性最差。除微波解冻外,其余3种解冻方式达到完全解冻状态时,内外温差均在2℃左右,达到一个相对的平衡状态。

2.4 不同解冻方式下大黄鱼肌肉持水力变化

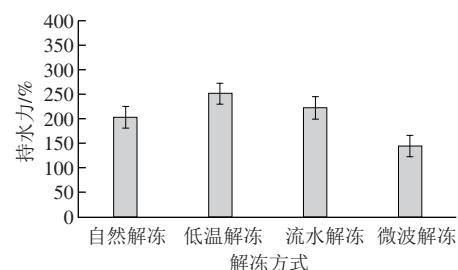


图3 不同解冻方式下大黄鱼肌肉持水力变化

Fig. 3 Changes in water-holding capacity of frozen *Pseudosciaena crocea* thawed by different thawing methods

持水力是描述肌肉组织通过物理方式截留大量水而阻止水渗出的能力,持水力越大,表明肌肉组织的损伤越小。由图3可知,低温解冻的大黄鱼肌肉持水力优于流水解冻与自然解冻,微波解冻的持水力最差。这可能是因为冰的密度比水小,冷冻形成冰晶时,由于冰晶的体积比水大,细胞会发生形变而放大,解冻时冰晶融化成水,会造成细胞缩小。低温解冻时物料温度缓慢上升,冰晶的融化速率慢,对肌肉细胞的细胞膜破坏较小;微波解冻时,物料温度瞬间上升,冰晶迅速融化,汁液快速流出,造成细胞结构被破坏,肌肉持水力下降^[32]。

2.5 不同解冻方式下大黄鱼蛋白质和脂肪氧化

羰基含量是衡量蛋白质氧化的重要指标,TBARs是评价冷藏和冻结水产品品质变化一个重要指标,TBARs值越大说明脂肪的氧化程度越高,酸败就越严重^[28]。

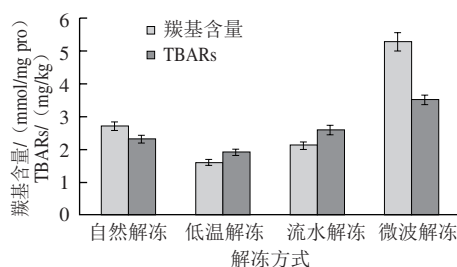


图4 不同解冻方式对大黄鱼肌肉羰基含量和TBARs值的影响

Fig. 4 Influence of different thawing methods on TBARs and carbonyl content in *Pseudosciaena crocea* muscle

由图4可知,低温解冻的大黄鱼羰基含量和TBARs值最低,分别为1.6 nmol/mg和1.9 mg/kg,自然解冻和流水解冻次之,微波解冻的羰基含量和TBARs值最高,分别达到5.3 nmol/mg和3.5 mg/kg。这从侧面反映低温解冻的大黄鱼蛋白质和脂肪的氧化程度最低,微波解冻的大黄鱼蛋白质和脂肪的氧化程度最高,解冻过程营养损失最多。可能原因是由于微波解冻过程中,水分子内部剧烈运动,物料温度迅速上升,冰晶融化过快导致细胞破裂、汁液流失,造成水溶性蛋白流失和脂肪氧化,因而营养损失最大;低温解冻时,大黄鱼始终处于较低的温度中,蛋白质和脂肪的氧化程度低,营养损失小^[33-34]。

2.6 不同解冻方式下大黄鱼肌肉弹性变化

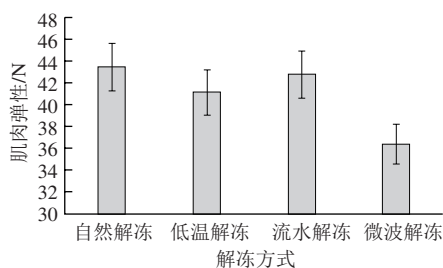


图5 不同解冻方式下大黄鱼肌肉弹性变化

Fig. 5 Changes in muscle springiness of frozen *Pseudosciaena crocea* thawed by different thawing methods

弹性反映了外力作用时变形及去力后的恢复程度,是评价水产品品质和口感的主要指标。由图5可知,低温解冻的大黄鱼弹性最好,流水解冻和自然解冻次之,微波解冻后的大黄鱼肌肉弹性相对最差。这可能是因为肌肉的弹性与持水力呈正相关关系,持水力越大,汁液流失越少,盐溶性蛋白损失越少,而盐溶性蛋白恰好是形成凝胶和弹性的重要物质。低温解冻的大黄鱼持水力最大,盐溶性蛋白的损失越小,因而弹性也就越好^[35];此外冰晶融化造成细胞结构破坏也可能是造成弹性下降的一个因素^[36],微波解冻冰晶融化快,对细胞结构的破坏大、弹性差,低温解冻冰晶融化慢,对细胞结构的破坏小、弹性好。

3 结论

低温解冻时间最长,品质保持最好;微波解冻快速且均匀,但肌肉持水力最差,蛋白质和脂肪氧化程度高、营养损失较大;流水解冻速率较快,同时也能较好地保持解冻后的品质。综合对比解冻效率和品质变化,认为在不追求解冻效率的情况下,低温解冻是最适合大黄鱼的解冻方法;在解冻时间有限的情况下,微波解冻是最快速有效的解冻方法;流水解冻兼顾解冻效率和品质,是最适合规模化、工厂化加工的解冻方法。

参考文献:

- [1] 张农,刘海新,李庐峰,等. 养殖大黄鱼和天然大黄鱼的理化指标比较[J]. 渔业现代化, 2007, 34(6): 26-30. DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2007.06.008.
- [2] 张千林. 大黄鱼深水网箱养殖技术[J]. 渔业现代化, 2003, 30(3): 8-13. DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2003.03.004.
- [3] 王玉婷,邵秀芝,冀国强,等. 大黄鱼冷藏过程中品质变化及腐败菌的分析及抑菌研究[J]. 肉类研究, 2015, 29(11): 11-15.
- [4] 廖媛媛,欧昌荣,汤海青,等. 三种冻结方式对大黄鱼品质的影响[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7): 218-223; 186.
- [5] 欧阳杰,谈佳玉,沈建,等. 浸渍冻结大黄鱼贮藏期间品质变化研究[J]. 南方水产科学, 2013, 9(6): 72-77. DOI:10.3969/j.issn.2095-0780.2013.06.012.
- [6] 农业部渔业局. 中国渔业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 96-100.
- [7] 戴志远,张志广,王宏海,等. 不同介质低温速冻对养殖大黄鱼冻藏生化指标的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(11): 160-163.
- [8] 吴靖娜,刘智禹,许永安,等. 养殖大黄鱼脱腥工艺研究[J]. 渔业现代化, 2013, 40(6): 40-45. DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2013.06.009.
- [9] 水柏年,郭迪飞. 大黄鱼成鱼保活技术初步研究[J]. 渔业现代化, 2008, 35(3): 11-14. DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2008.03.003.
- [10] 苏永玲,谢晶. 冻结和解冻过程对水产品品质的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(1): 304-308.
- [11] 叶伏林,顾赛麒,刘源,等. 反复冻结-解冻对黄鳍金枪鱼肉品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(1): 172-177.
- [12] 孙圳,谢小雷,李侠,等. 不同冻结温度下牛肉水分的状态变化[J]. 肉类研究, 2016, 30(1): 15-20.

- [13] 包海蓉, 奚春蕊, 刘琴, 等. 两种解冻方法对金枪鱼品质影响的比较研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 338-341.
- [14] 张珂, 关志强, 李敏, 等. 解冻方法对冻藏肉类食品品质影响的研究进展[J]. 肉类研究, 2014, 28(8): 24-29.
- [15] 于冰, 孙京新, 于林宏, 等. 不同的冷冻和解冻方式对鸡肉品质的影响[J]. 肉类研究, 2015, 29(1): 6-9.
- [16] 常海军, 唐翠, 唐春红, 等. 不同解冻方式对猪肉品质特性的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(10): 1-5. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201410001.
- [17] 倪晓锋, 刘璘, 丁玉庭, 等. 不同解冻方式对智利竹鱼船上冻品贮藏品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(19): 313-319.
- [18] 沈丽, 张丽君, 许柏球. 不同解冻时间对冰鲜牡蛎挥发性风味物质的影响[J]. 肉类研究, 2012, 26(3): 5-8.
- [19] 胡晓亮, 王易芬, 郑晓伟, 等. 水产品解冻技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2015, 31(29): 39-46.
- [20] 高文宏, 罗嫚, 唐相伟, 等. 微波解冻猪里脊肉过程的优化设计研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(11): 151-155; 111.
- [21] 李念文, 谢晶, 周然, 等. 不同真空蒸汽解冻条件对金枪鱼感官的影响[J]. 制冷学报, 2014, 35(5): 76-82. DOI:10.3969/j.issn.0253-4339.2014.05.014.
- [22] 孙芳, 李培龙, 孟繁博, 等. 高压静电解冻技术对牛肉品质的影响研究[J]. 中国牛业科学, 2011, 37(6): 13-17. DOI:10.3969/j.issn.1001-9111.2011.06.005.
- [23] 李念文, 谢晶, 周然, 等. 真空解冻工艺对金枪鱼品质的影响[J]. 食品工业科技, 2013, 34(23): 84 87-92.
- [24] 张源, 谢晶, 管伟康. 青鱼在高压静电场中冻结解冻的实验研究[J]. 制冷, 2002, 21(3): 6-9. DOI:10.3969/j.issn.1005-9180.2002.03.002.
- [25] 靳青青, 马兆立, 李温静, 等. 解冻方法及解冻时间对冻结猪肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2013(11): 7-11. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2013.11.003.
- [26] 刘年生, 徐跃, 黄渊. 三种解冻方法比较研究[J]. 渔业现代化, 1997, 24(1): 13-15.
- [27] 戴志远, 张志广, 王宏海, 等. 不同介质低温速冻对养殖大黄鱼冻藏生化指标的影响[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(11): 160-163.
- [28] 侯晓荣, 米红波, 茅林春. 解冻方式对中国对虾物理性质和化学性质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 243-247. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201404049.
- [29] 刘会省, 迟海, 杨宪时, 等. 解冻方法对船上冻结南极磷虾品质变化的影响[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(2): 51-54.
- [30] 欧阳杰, 郑晓伟, 沈建. 斑点叉尾鲷下脚料生产加工鱼糜的研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(11): 1336-1339. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2011.11.011.
- [31] 张丽娜, 沈慧星, 张连娣, 等. 冰鲜和解冻团头鲂在贮藏过程中导电特性变化规律研究[J]. 渔业现代化, 2009, 36(6): 39-41. DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2009.06.009.
- [32] 李雨露, 刘丽萍. 提高肉制品保水性方法的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 398-400.
- [33] 迟海, 杨峰, 杨宪时, 等. 不同解冻方式对南极磷虾品质的影响[J]. 现代食品科技, 2011, 27(11): 1291-1295. DOI:10.3969/j.issn.1673-9078.2011.11.001.
- [34] 迟海, 李学英, 杨宪时, 等. 解冻方式和条件对南极磷虾品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 94-97. DOI:10.3969/j.issn.1003-5788.2011.01.027.
- [35] 邵懿, 薛勇, 薛长湖, 等. 解冻方式及漂洗方法对冷冻竹荚鱼鱼糜品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(12): 83-87.
- [36] BADII F, HOWELL N K. Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage[J]. Food Hydrocolloids, 2002, 16: 313-319.