

不同冻结方式对草鱼块品质特性的影响

邓敏, 朱志伟

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)

摘要: 本文以草鱼块为对象, 比较了浸渍冻结 (ICF) 和传统空气鼓风冻结对草鱼块冻结品质的影响。试验结果表明: 三元载冷剂浸渍冻结其冻结速率是相同温度下空气鼓风式冻结的 1.54 倍, 是酒精溶液为载冷剂的浸渍冻结的 1.28 倍; 采用三元载冷剂浸渍冻结后的样品和空气鼓风式冻结、酒精溶液冻结后的样品相比, 前者盐溶性蛋白含量高于后两者, 并且 Ca^{2+} -ATPase 活性降低率、汁液流失率及蒸煮损失均低于后两者。综合各指标说明, 浸渍冻结有利于减少鱼蛋白的变性, 采用三元载冷剂浸渍冻结的草鱼块品质优于其他两种冻结方式。

关键词: 直接浸渍冷冻; 空气鼓风式冻结; 草鱼块; 冻结特性

文章编号: 1673-9078(2013)1-55-58

Effect of Different Freezing Way on the Quality Characteristics of Grass Carp Cubes

DENG Min, ZHU Zhi-wei

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In this paper, the quality changes of grass carp cubes were investigated under various freezing processing of immersion and chilling freezing and traditional air-blast freezing. Results indicated that the freezing rate of ICF with ternary refrigerant exhibited 1.54-fold higher than that of air-blasting freezing, and 1.28-fold higher than that of ICF with alcoholic solution worked as the refrigerant. Compared with the other two freezing processing, grass carp cubes frozen in ternary refrigerant had higher content of salt-soluble protein, less reduced Ca^{2+} -ATPase activity, drip loss and cooking loss. The results of physicochemical and textural characteristics indicated that immersion and chilling freezing assisted to reduce the denaturation of fish protein. And the frozen grass carp cubes by ICF in ternary refrigerant exhibited this processing was the optimum to remain the inherent characteristics of foodstuff.

Key words: immersion chilling and freezing; air-blast freezing; grass carp cube; freezing characteristics

浸渍冷冻是利用低温的冷冻液与被冻物品直接接触, 在被冻物品浸入液体后瞬间表层冻结, 从而实现快速冷冻, 是一种冻结速率快, 低能耗、冻结均匀、干耗小的新型低温加工技术^[1]。在食品冷冻加工中, 浸渍冷冻技术具有良好的应用前景。Lucas^[1]、Galetto^[2]、Ribero^[3]等采用 NaCl 和酒精水溶液作为载冷剂, 进行了苹果、草莓、干酪等食品物料的冻结研究。目前国内对 ICF 冻结方面的研究很少, 江南大学张愨课题组^[4]进行了浸渍冻结毛豆品质的研究。本课题组在 ICF 冻结技术已有的基础研究主要集中于载冷剂的基础物性及冻结过程中多元载冷剂对明胶模型的渗透性分析^[5,6,7], 研究了 -40 °C 下四元载冷剂浸渍冻结的草鱼块冻

收稿日期: 2012-08-01

基金项目: 广东省重大科技兴海项目 (A200899103); 广东省科技计划项目 (2009B020410002)

作者简介: 邓敏 (1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与保藏

通讯作者: 朱志伟 (1974-), 男, 博士, 主要从加工与保藏技术研究

藏过程中的品质变化, 指出其冻藏品质要优于鼓风冻结^[8]。

鱼蛋白在冻结过程中易发生变性, 而关于 ICF 冻结过程中鱼蛋白的变性情况未见报道。本文针对 2 种不同载冷剂的 ICF 冻结对草鱼块冻结特性的影响, 并与传统的空气鼓风冻结比较, 旨在探明草鱼块在不同冷冻方式下蛋白变性的程度, 为草鱼冷冻加工提供技术支持, 寻求最大程度保持鱼肉品质的低温加工技术。

1 材料与方法

1.1 材料处理

新鲜草鱼 (*Gtenopharyngodon idellus*), 购自广州黄沙水产市场, 鱼体平均体重 3000 g。新鲜草鱼经宰杀去头去净内脏后, 用流动冷却水洗去鱼体表面的黏液、杂质, 腹腔内血污, 随后去皮, 去脊骨, 取鱼片, 整形, 切成规格为 3 cm×3 cm×2 cm (长×宽×厚) 的鱼块, 平均质量 30 g。将鱼块用保鲜膜包好平放于铝质

托盘中。整个前处理在室温下进行,过程约需1 h。

1.2 主要仪器与设备

HLSY-B 空气鼓风冻结机, 郑州亨利制冷设备有限公司; CS-WS-2.4/60 低温冷冻机 (ICF 冻结装置), 载冷剂为酒精溶液及三元载剂 (自制); Center309 温度记录仪, 中国台湾群特有限公司; TA.XT Plus 质构仪, 英国 SMS 公司; 752 可见分光光度计, 上海第三分析仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 冻结和解冻

将草鱼块 (4 cm×4 cm×2 cm) 分别置于空气鼓风式冻结 (-30 °C, 风速为 8 m/s), 酒精溶液 (-30 °C)、三元载剂 (-30 °C) ICF 冻结设备进行冻结, 当鱼块中心温度降至 -18 °C 时, 取出鱼块, 用滤纸吸干样品表面残留的液体, 密封于聚乙烯塑料袋中, 将相应的样品置于 (4±1) °C 冰箱中解冻 16 h, 解冻后样品进行相关指标的测定。

1.3.2 温度测定

温度测定采用经过校正的温度记录仪进行测定和记录, 取鱼块的几何中心作为测定点, 每隔 10 s 测定一次温度值。

1.3.3 冻结速率的计算

冻结速率的计算按照国际制冷协会提出的计算方法计算^[8]:

$$v = \frac{\delta_0}{\tau_0}$$

式中 δ_0 —食品表面与热中心的最短距离, cm; τ_0 —食品表面达到 0 °C 后至热中心温度达初始冻结点以下 10 °C 所需的时间, h。

1.3.4 盐溶性蛋白含量

按照 GB/T 18654.10-2002 进行取样, 根据 MFRD 的方法^[8]进行测定。

1.3.5 Ca^{2+} -ATPase 活性

采用定磷法测定, 使用 Ca^{2+} -ATP 酶测试盒测定。

Ca^{2+} -ATPase 活性降低率 = (冻结前活性-冻结后活性) / 冻结前活性 × 100%。

1.3.6 汁液流失率^[8]

按照 AOAC 的方法进行。

汁液流失率/% = (冻结后鱼质量-解冻后鱼质量) / 冻结后鱼质量 × 100%

1.3.7 蒸煮损失^[9]

将肉样密封于蒸煮袋内, 72 °C 左右水浴直至肉样中心温度达到 70 °C, 冷却至室温后称重。

蒸煮损失 = $(m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$

注: m_1 —蒸煮前肉样质量; m_2 —蒸煮后肉样质量。

1.3.8 质构测定

采用质构仪进行测定, 平行 5 次, 测定 3 种质构特性参数即硬度、耐咀嚼性和回复性。测定样本取自鱼身背部, 规格 2 cm×2 cm×2 cm。测定前将样品在室温下放置 0.5 h, 剔除低温影响。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; 压缩变形率: 30%; 探头两次测定间隔时间: 5.00 s; 数据采集速率: 400.00 s⁻¹; 触发类型: 自动。将对照样置于 (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。

1.4 数据处理

测定和分析结果采用 SPSS12.0 for Windows 和 Excel 进行处理, 结果采取均值±标准差形式。不同处理间的比较采用最小显著差异法 (least significant difference, LSD), 取 95% 置信度 (P<0.05)。

2 结果与分析

2.1 冻结曲线和冻结速率

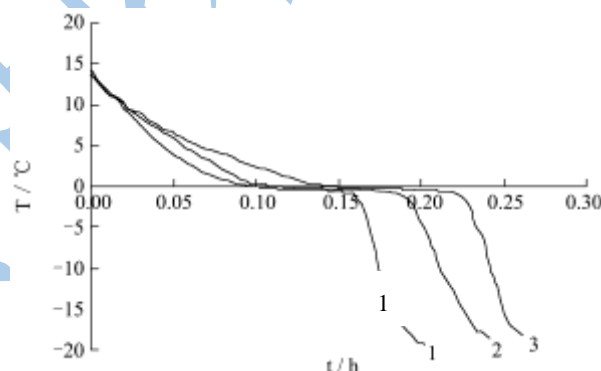


图 1 不同冻结方式的冻结曲线

Fig.1 Freezing curve under different freezing processing conditions

注: 1-三元载剂浸渍冻结; 2-酒精溶液浸渍冻结; 3-空气鼓风冻结。

表 1 不同冻结方式下的冻结速率

Table 1 Freezing rates under different freezing conditions

冻结方式	冻结介质 温度/°C	δ_0 /cm	τ_0 /h	冻结速 率/(cm/h)
三元载冷剂的 ICF 冻结	-30±2	1	0.176	5.68
酒精载冷剂的 ICF 冻结	-30±2	1	0.225	4.44
常规空气鼓风冻结	-30±2	1	0.273	3.66

图 1 为草鱼块分别在 3 种不同冻结方式下的冻结曲线。国际制冷学会指出, 当冻结速率大于 0.5 cm/h 时视为速冻^[8]。由表 1 可知, 这 3 种冻结方式都属于快速冻结方法。其中, 三元载冷剂 ICF 冻结速率最快, 是空气鼓风式冻结的 1.54 倍, 是酒精溶液冻结的 1.28

倍。Jeremiah 研究指出冻结速率快,形成的冰晶体积小,数量多,分布均匀,对组织细胞的破坏作用小,能很好的保持食品物料的品质^[10]。

2.2 冻结前后草鱼肉蛋白质冷冻变性的变化

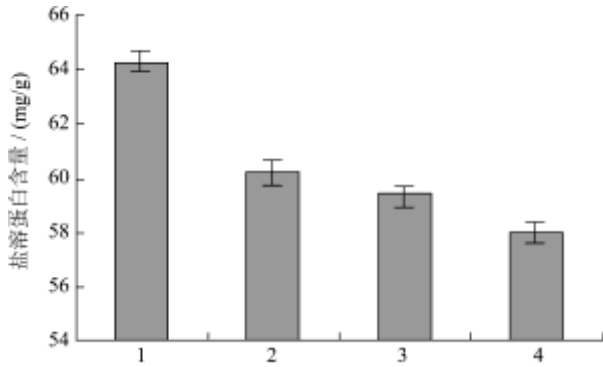


图2 冻结前后盐溶蛋白含量的变化

Fig.2 Change in neutral salt-soluble protein after freezing

注: 1-新鲜对照样品; 2-三元载冷剂浸渍冻结; 3-酒精溶液浸渍冻结; 4: 空气鼓风冻结。

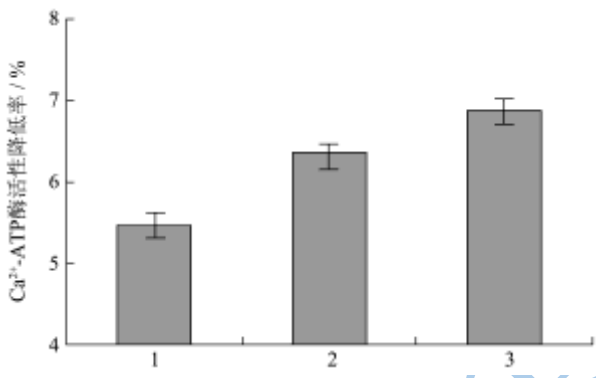


图3 冻结前后 Ca²⁺-ATP 酶活性变化

Fig.3 Change in Ca²⁺-ATPase activity after freezing

注: 1-三元载冷剂浸渍冻结; 2-酒精溶液浸渍冻结; 3-空气鼓风冻结。

2.2.1 盐溶性蛋白含量的变化

鱼肉在冻结过程中,肌原纤维蛋白发生变性导致其盐溶性发生变化,盐溶性蛋白的含量减少。通常鱼肉蛋白的冷冻变性越严重,其盐溶性蛋白的含量越低^[11]。从图2可以看出,与新鲜鱼块相比,冻结后样品的盐溶蛋白含量有不同程度的降低,三元载冷剂浸渍冻结、酒精溶液浸渍冻结、空气鼓风冻结的盐溶蛋白含量分别下降了6.35%、7.71%、9.78%,经三元载冷剂浸渍冻结下降的程度最小。

2.2.2 Ca²⁺-ATP 酶活性的变化

Ca²⁺-ATP 酶活性来源于肌球蛋白,表征其头部S-1片段的性质,是衡量蛋白质冷冻变性的重要指标^[12]。冻结前后样品的Ca²⁺-ATP酶活都有不同程度的降低,三元载冷剂浸渍冻结、酒精溶液冻结、空气鼓风冻结的冻结前后Ca²⁺-ATP酶活性降低率分别为

6.35%、7.71%、9.78%,经三元载冷剂浸渍冻结下降的程度最小,并且盐溶蛋白含量在冻结后下降的幅度要大于Ca²⁺-ATP酶活性的失活。经三元载冷剂浸渍冻结的样品其蛋白变性的程度最小,其冻结速率最快,冻结速度快有助于快速通过最大冰结晶生成区,从而可以减缓鱼蛋白的变性。

2.3 冻结前后草鱼肉持水性的变化

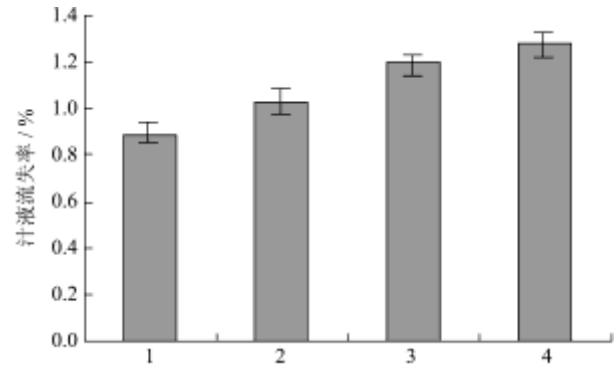


图4 不同冻结方式前后汁液流失的变化

Fig.4 Changes in drip loss of grass carp under various freezing processing

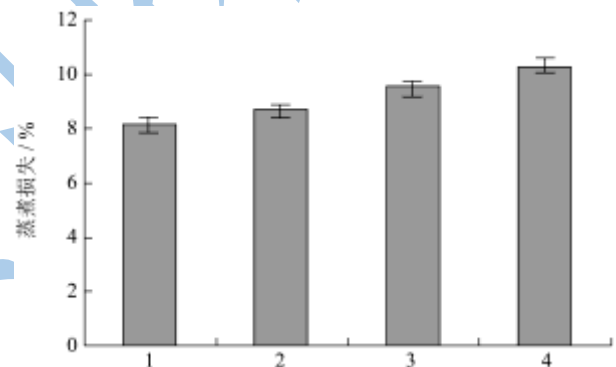


图5 不同冻结方式前后蒸煮损失的变化

Fig.5 Changes in cooking loss of grass carp under various freezing processing

注: 1-新鲜对照样品; 2-三元载冷剂浸渍冻结; 3-酒精溶液浸渍冻结; 4-空气鼓风冻结。

汁液流失率、蒸煮损失是衡量鱼肉蛋白持水性的主要指标^[13],持水性的变化说明了冻结过程对鱼蛋白结构的影响。从图4和图5可知,三元载冷剂浸渍冻结的样品其蒸煮损失和汁液流失率分别是新鲜样品的1.06倍和1.15倍,在3种冻结方式中变化最小。冻结速率高可以减少解冻汁液的流失和蒸煮损失。蒸煮损失和汁液流失率的增加表明了草鱼肉蛋白持水性的下降,而持水性的下降与蛋白质的冷冻变性程度有关。

2.4 冻结前后草鱼质构特的变化

对不同冻结方式处理前后的鱼块的质构进行分析,结果表明:经三元载冷剂浸渍冻结前后硬度、耐咀嚼性、回复性分别降低了4.37%、1.64%、11%;对于

酒精溶液冻结, 冻结前后硬度、耐咀嚼性、回复性分别降低了 5.81%、2.68%、13.3%; 对于空气鼓风冻结, 冻结前后硬度、耐咀嚼性、回复性分别降低了 7.80%、2.77%、13.1%; 经三元载冷剂浸渍冻结的样品质构特性变化最小。

关于鱼肉质构变化原因, 有研究认为其与蛋白质变性和持水性有关^[4], 在 3 种快速冻结方式中, 经三元载冷剂浸渍冻结的样品持水性最好、蛋白变性程度相对较小, 所以更有利于鱼块质构特性的保持, 也有利于鱼块品质的保持。

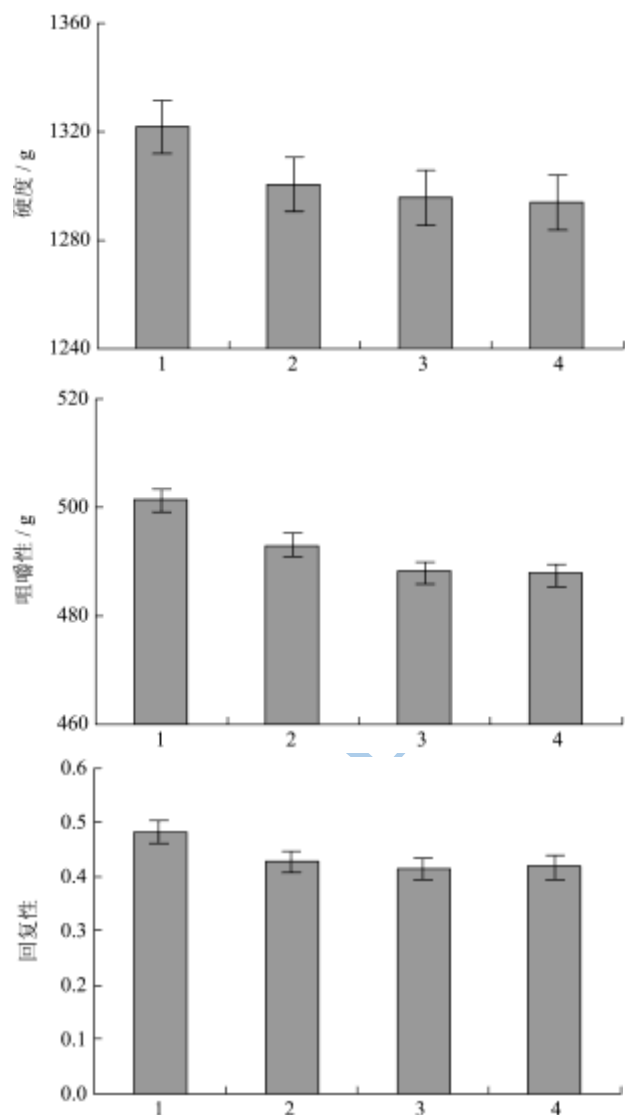


图 6 不同冻结方式前后草鱼块质构特性的变化

Fig.6 Change in texture properties of grass carp cubes under different freezing processing

注: 1-新鲜对照样品; 2-三元载冷剂浸渍冻结; 3-酒精溶液浸渍冻结; 4-空气鼓风冻结。

3 结论

在-30 °C 的温度下, 三元载冷剂浸渍冻结速率为

5.68 cm/h, 是空气鼓风式冻结的 1.54 倍, 是酒精溶液为载冷剂浸渍冻结的 1.28 倍; 采用三元载冷剂浸渍冻结的样品汁液流失率和蒸煮损失最小, 冻结前后盐溶蛋白含量降低率以及 Ca^{2+} -ATPase 活性的损失都有不同程度的降低, 而三元载冷剂浸渍冻结降低的幅度最小, 综合各理化指标来看经三元载冷剂浸渍冻结的草鱼块品质要优于其他两种方式。

参考文献

- [1] Lucas T, Francois J, Raoult-Wack A L. Transport phenomena in immersion-cooled apples [J]. International Journal of Food Science and Technology, 1998, 33: 489-499
- [2] Galetto C D, Verdini R a, Zorrilla S E, et al. Freezing of strawberries by immersion in CaCl_2 solutions [J]. Food Chemistry, 2010, 123(2): 243-248
- [3] Ribero G G, Rubiolo a C, Zorrilla S E. Influence of immersion freezing in NaCl solutions and of frozen storage on the viscoelastic behavior of mozzarella cheese [J]. Journal of Food Science, 2007, 72(5): E301- E307
- [4] 许韩山,张懿,孙金才.超声波对毛豆浸渍冷冻过程的影响[J].食品与生物技术学报,2009,28:748-752
- [5] 曾庆孝,倪明龙,朱志伟,等.四元载冷剂冻结明胶模型过程中溶质的扩散性[J].华南理工大学学报,2010, 38(12): 115-119
- [6] 韩光赫,陈斌,曾庆孝,等.乙醇、丙二醇、氯化钠与水构成载冷剂溶液的热扩散系数与 Pr 数[J].现代食品科技,2010, 26(9):917-920
- [7] 韩光赫,陈斌,曾庆孝,等.乙醇、丙二醇、氯化钠与水构成载冷剂溶液的组成对粘度的影响[J].现代食品科技,2010, 26(5):459-462
- [8] 倪明龙,朱志伟,曾庆孝.直接浸渍冻结草鱼块冻藏过程中品质变化研究[J].食品科学,2010,31(20):448-451
- [9] A Serrano, S Cofrades, F Jiménez Colmenero. Trans-glutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts [J]. Food Chemistry, 2004, 85: 423-429
- [10] Jeremiah L E. Freezing effects on food quality [M]. New York: Marcel Dekker, Inc, 1996
- [11] Sirintra B. Effects of freezing and thawing on the quality changes of tiger shrimp frozen by air-blast and cryogenic freezing [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 292-299
- [12] Saroat Rawdkuen, Akkasit Jongjareonrak, Suttirug Phatchara, et al. Assessment of protein changes in farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscles during refrigerated storage. International Journal of Food Science and Technology 2010,

- 45:985-994
- [13] Martinez O, et al. Textural and physicochemical changes in salmon (*Salmo salar*) treated with commercial liquid smoke flavourings [J]. Food Chemistry, 2007, 100(2): 498-503
- [14] 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

现代食品科技