

文章编号:1673-1689(2009)04-0517-04

超高压与低温协同作用对黄花鱼品质影响的研究

陈淑花^{1,2}, 赵启成^{1,2}, 夏远景¹, 李志义¹

(1. 大连理工大学流体与粉体工程研究设计所, 辽宁大连 116012; 2. 大连大学环境与化学工程学院, 辽宁大连 116622)

摘要: 食品的高压与低温协同处理是近年来发展的一种新工艺。以黄花鱼为实验原料, 进行了高压辅助冻结、高压转移冻结、高压诱导冻结以及高压辅助解冻过程的超高压与低温协同处理的实验研究, 考察了超高压与低温协同处理作用对鱼肉品质和微生物灭活情况的影响。研究结果表明, 该工艺相比于常规冷冻与解冻具有明显优势, 其中以高压转移冻结的效果最为明显; 鱼肉品质得到提高、质地和微观组织得到改善, 并且汁液损失减少, 同时对微生物的灭活也有显著的作用。

关键词: 黄花鱼; 超高压; 低温; 冻结; 解冻

中图分类号: TS 205.9

文献标识码: A

Quality Related Aspects of High Pressure Low Temperature Processed Fish

HEN Shu-hua^{1,2}, ZHAO Qi-cheng^{1,2}, XIA Yuan-jing¹, LI Zhi-yi¹

(1. Research and Design Institute of Fluid and Powder Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116012, China; 2. School of Environment and Chemical Engineering, Dalian University, Dalian 116622, China)

Abstract: High-Pressure Low-Temperature (HPLT) treatment of food products is a novel technology in recently years. In this manuscript, the optimization of freezing and thawing paths for faster processes, leading to better quality and safety of processed food products, was studied with yellow croaker as research model. It was found that the technology exhibited advantage over the atmospheric pressure treatment, especially for the case of the high pressure-shift freezing process, the high pressure-low temperature treatment fish have a better texture, lower dehydration rate and less microstructure broken. Furthermore, this process shows that an apparent inactivation on bacteria.

Key words: fish, high pressure, low temperature, freezing, thawing

食品的低温冻结、贮藏过程一直是食品生产、加工、流通中极为重要的一环, 而在冻结、储藏和解冻过程中, 如何最大程度地保持食品原有的风味、营养成分, 成为制约食品加工工业发展的瓶颈^[1], 而超高压冷冻和解冻技术成为解决此类问题的方法之一^[2-6]。超高压和低温的协同技术, 不仅继承

了超高压技术处理食品的优越性, 而且提出了新的冻结、解冻方法。高压低温处理食品不仅增加了过程的可控制性, 而且提高了产品品质的均质性。高压冻结与解冻过程在温度变量的基础上增加了压力参数, 可使温度与压力的协同作用对冻结与解冻过程达到理想的状态。

收稿日期: 2008-09-04

作者简介: 陈淑花(1975-), 女, 山东聊城人, 工学博士, 讲师; 主要从事超高压技术方面的研究。

Email: flower-chen@163.com

食品的高压低温冻结、解冻处理,不仅可以保护食品的品质,同时又可以抑制大多数微生物的生长,较好地保护食品原有的色泽、风味和形态。以黄花鱼为研究对象,进行了高压与低温协同处理对其质量影响的实验研究。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

以市场上出售的新鲜黄花鱼为原料。黄花鱼长为 (15 ± 1.5) cm,重 (50 ± 5.5) g,洗净并切成 $(1 \times 0.5 \times 0.5)$ cm 大小的鱼肉块,真空密封放置在冰箱中低温保存,一直到冻结实验时取出。不同冻结、解冻实验采用同一条鱼取样,以消除个体差异,保证实验的准确性。

1.2 实验装置及其检测设备

超高压实验装置:压力范围 50~500 MPa,作者自行设计与加工;高低温湿热试验箱:型号 GDS-150,无锡伯乐达试验设备有限公司产品;柱塞泵:型号 2J-W,杭州之江石化装备有限公司产品;电热恒温鼓风干燥箱:型号 GRX-9023A,上海一恒科技有限公司产品;高低温恒温振荡培养箱:型号 HZQ-F160A,上海一恒科学仪器有限公司产品;精密电子天平:型号 AR2140,美国 Ohaus 公司生产;石蜡切片机:型号 JYD-202A,金华市字典医疗器械厂生产;光学显微镜:型号 XCP-10C,上海彼爱姆光学仪器制造有限公司生产;垂直层流洁净工作台:型号 CA-1390-1,上海上净净化设备有限公司生产;精密酸度计:型号 JENCO6173,上海任氏电子有限公司生产。

1.3 实验方法

1.3.1 超高压冻结、解冻处理 利用水在高压低温下的相行为,围绕其不冻结区域可以实现多种高压冻结与解冻过程见图 1。食品作为高含水率物质,其冻结与解冻过程正是食品中水分冻结与解冻的过程。利用压力控制食品体系的相转变过程,从而达到食品快速冻结与解冻。

实验中具体冻结、解冻过程如下:

1) 高压辅助冻结 (Pressure-assisted freezing 简称 PAF),在恒定的压力下降低温度使水发生液固相转变从而冻结。如图 1 中的 ABFE 过程和 ADJI 过程,将鱼肉放入密闭高压处理器内分别施压至 100 MPa 和 320 MPa,然后降低处理器温度分别至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$,鱼肉中的水分在降温过程中发生液固相转变,从而使鱼肉分别冻结于冰 I 区和冰 III 区。

万方数据

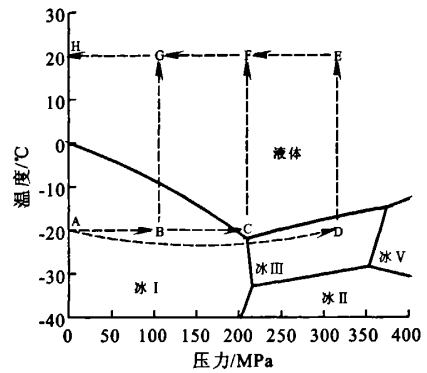


图 1 水的固液相线图及高压解冻过程

Fig. 1 Possibilities of high pressure thawing processes based on the phase diagram of water

2) 高压转移冻结 (Pressure-shift freezing 简称 PSF),也称谓超高压速冻。在恒定的温度下压力迅速释放使得水发生液固相转变从而冻结。如图 1 中的 ACGE 过程,将鱼肉放入密闭高压处理器内施压至 200 MPa,然后降低处理器温度至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$,此时鱼肉处于未冻结状态,迅速释放压力至常压,鱼肉中水分迅速发生液固相转变,使鱼肉冻结于冰 I 区。

3) 高压诱导冻结 (Pressure-induced freezing 简称 PIF),在一定压力的基础上先将样品降低到一定温度呈未冻结状态,通过再次的增大压力使水发生液固相转变从而冻结。如图 1 中的 ACGHE 过程,将鱼肉放入密闭高压处理器内施压至 200 MPa,然后降低处理器温度至 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$,此时鱼肉处于未冻结状态,继续升高处理器压力至 350 MPa,在升压过程中鱼肉内水分发生液固相转变,稳定一段时间后释放压力,使鱼肉冻结于冰 III 区。

4) 高压辅助解冻 (Pressure-assisted thawing 简称 PAT),与 PAF 过程相反,样品在低温下直接施加高压,在一定的压力的基础上升高温度解冻。如图 1 中的 EFBA、IJDA 过程,将冻结好的鱼肉密封好后放入高压处理器内,分别施压至 100 MPa 和 320 MPa,然后升高处理器温度至 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$,使鱼肉内水分靠温度的升高发生固液相转变发生解冻。

1.3.2 测定指标及方法

1) 微观组织的检测 经过不同的冻结处理,因冻结时冰晶的生成导致鱼肉组织发生变化。通过石蜡切片的方法考察组织变化,先把冻结处理后的鱼肉组织固定,在不破坏原有组织的前提下脱水去除冻结时形成的冰晶,再进行切片、染色,最后放在显微镜下观察。

2) 汁液损失的检测 以冻结鱼肉的天然流失

汁液为测定目标,即测定样品解冻前和解冻后用滤纸吸去表面汁液的质量,然后依照下式计算样品的汁液损失率。

$$\text{汁液损失率}/\% = \frac{\text{解冻前初始质量} - \text{解冻后终了质量}}{\text{样品去除水分后的干重}} \times 100\%$$

取 9 个鱼肉样品放入高温干燥箱中干燥 24 h 测得鱼肉的平均含水率,计算得出实验鱼肉去除水分的干重。

3) 微生物的灭活 在高压低温处理前后把鱼肉捣碎,分别检测鱼肉冻结前和解冻后的微生物菌群含量。根据国家食品微生物检验标准(GB4789),采用平板计数法来测定处理前后微生物的灭活情况。

2 结果与分析

2.1 冻结处理后的微观组织

如图 2 所示,鱼肉经过不同的冻结手段处理后的组织切片,放大倍数为 200 倍。白色部分为冻结过程生成的冰晶经固定、脱水等处理后形成的空穴,而红色部分为鱼肉组织经过固定、染色等处理后的外观。

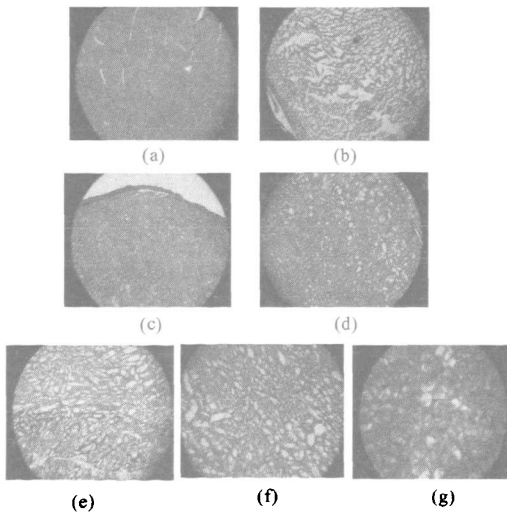


图 2 不同冻结过程鱼肉的组织

Fig. 2 Micrographs of yellow croaker at different freezing process

图 2(a)为未处理前新鲜的黄花鱼的鱼肉组织,新鲜的鱼肉组织因为没有遭到破坏呈现致密而且有规则分布。图 2(b)为经过常规冻结(AF)处理后鱼肉表面和中间的微观组织。从图可看出,因为冰晶的生成使鱼肉原有的组织被破坏。常规冻结时鱼肉本身作为一个热阻的存在,越接近中心部分,冻结速率越小,在“最大冰晶生成带(-1~5℃)”滞留时间越长,生成的冰晶越大,对鱼肉组织破坏

越严重。

图 2(c)、图 2(d)分别是鱼肉经过 PSF 处理后表面和中间部分的鱼肉微观组织。由于处理过程中压力的快速、均一释放特性使得样品在瞬间产生较大的过冷度,形成大量微小冰晶,从而使样品快速穿过“最大冰晶生成带(-1~5℃)”,遏制了冰晶的生长,最终保护了鱼肉致密规则的组织免受损害。鱼肉的表面部分由于靠近高压处理器,温度较中间敏感,结晶迅速,生成的冰晶比中间部分略小。

图 2(e)、图 2(f)分别是鱼肉经过 PAF-100 MPa 冷却温度至-20℃和 PAF-320 MPa 冷却温度至-25℃时鱼肉微观组织图。从图 2(e)(f)可看出,鱼肉原有的致密而且规则的组织被破坏。虽然在压力的辅助作用下冻结时间较常规冻结要快些,但还是使得生成的冰晶较大,破坏了样品的组织。PAF-320MPa 冷却温度-25℃时比在 PAF-100 MPa 冷却温度-20℃时破坏轻微,这是由于冰晶分别生成于冰 I 区和冰 III 区,而冰 I 区和冰 III 区本身的冰晶结构不同造成的。

图 2(g)为鱼肉经过 PIF-200 MPa-350 MPa 处理时微观组织图。从图可看出,鱼肉组织已经不再规则,由于压力较高,温度较低,蛋白质发生变性,鱼肉中的肌原纤维已经发生聚合。因此图片中组织图和新鱼肉组织区别明显。

2.2 解冻处理后鱼的汁液损失

冻结鱼类产品在解冻时会有一定的汁液损失,在流失的汁液中,含有大量的营养成份,如果能在处理过程中减少汁液损失,有利于提高鱼肉的解冻质量。

首先把鱼肉在常压下冻结至-20℃保存,采用不同的解冻方法对鱼肉进行解冻处理,对比鱼肉汁液损失情况。结果如图 3 所示。

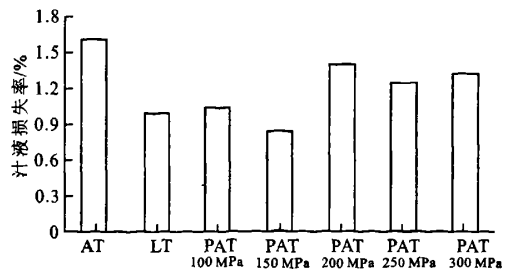


图 3 不同处理条件对整条黄花鱼肉质液损失的影响

Fig. 3 Drip loss results for whole of yellow croaker at different treatment conditions

由图 3 可知, PAT (100、150、200、250、300 MPa)处理、LT 处理鱼的汁液损失均较 AT 处理要小。AT 处理的汁液损失为 1.6%,LT 处理的汁液

损失为 1.01%，PAT 处理总体较小，在 PAT-150MPa 条件下，汁液损失为 0.82%。较 AT、LT 处理有了明显的下降。但是同样是高压解冻 (PAT)，不同的处理压力的汁液损失相差不大。但压力过高会引起鱼肉中蛋白质变性、肌原纤维聚合问题，因此解冻压力为 150 MPa 较好。

考察不同冻结、解冻处理后鱼肉的汁液损失情况，如图 4 所示。

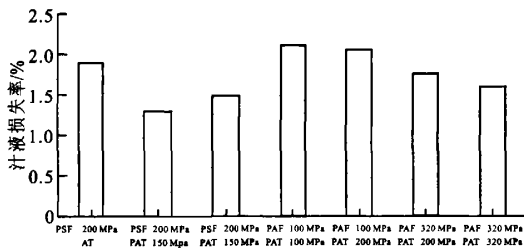


图 4 不同处理条件对黄花鱼肌肉片汁液损失的影响

Fig. 4 Drip loss results for fillet of yellow croaker at different treatment conditions

在 PSF-200MPa 并 PAT-150MPa 处理时汁液损失最小，汁液损失率为 1.32%。在 PAF-100MPa 并 PAT-100MPa 处理时鱼肉的汁液损失最大，汁液损失率为 2.13%。冻结和解冻结合后鱼肉的汁液损失因冻结时形成冰晶的大小影响较大，形成的冰晶细小有利于鱼肉汁液损失的减少。

2.3 冻结、解冻对鱼肉微生物灭活的影响

单纯的低温并不能使微生物灭活，在高压冻结、解冻处理鱼肉时，处理压力是 100 MPa 以上的超高压，对微生物有灭活作用，即在冻结、解冻的同时对鱼肉食品进行了灭菌处理。实验分别检测处理前后鱼肉中微生物含量，考察灭活情况，结果如

参考文献 (References):

- [1] 张懋, 黄略略. 冷冻生鲜食品品质调控的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(3): 6-12.
ZHANG Min, HUANG Lue-lue. Research progress of controlling the quality of frozen fresh foods[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2008, 27(3): 6-12. (in Chinese)
- [2] 李志义, 刘学武, 张晓冬, 夏远景, 胡大鹏. 液体蛋的超高压处理[J]. 食品研究与开发. 2004, 25(4): 94-97.
Li Zhi-yi, Liu Xue-wu, Zhang Xiao-dong, et al. Processing liquid hole egg by high hydrostatic pressure[J]. *Advances in food research*, 2004, 25(4): 94-97. (in Chinese)
- [3] 余小颖, 周光宏, 徐幸莲. 肉品冷冻工艺及冻结方法[J]. 食品工业科技, 2006, 27(5): 198-202.
Yu xiao-ling, Zhou Guang-hong, Xu Xing-lian. The freezing methods for meat products during processing[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2006, 27(5): 198-202. (in Chinese)
- [4] Laetitia Picart, Eliane Dumay. Microbial inactivation by pressure-shift freezing: effects on smoked salmon mince inoculated with pseudomonas fluorescens[J]. *Lebensm.-Wiss.*, 2004, 37: 227-238.
- [5] G. Urrutia-Benet. Metastable phases during high-pressure low-temperature processing of potatoes and their impact on quality-related parameters[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 78: 375-389.
- [6] G. Urrutia Benet. High pressure low temperature processing. Suggested definitions and terminology[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2004, 5: 413-427.

(责任编辑: 杨萌)

图 5 所示。

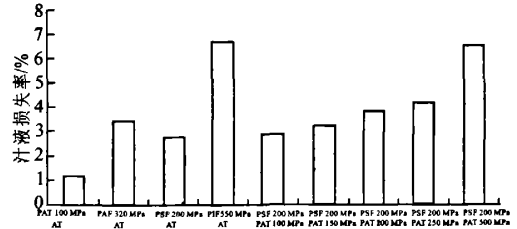


图 5 高压低温处理对黄花鱼微生物灭活的影响

Fig. 5 Microbial inactivation of yellow croaker by different HP-LT processing

由图 5 可知，在高压下冻结、解冻处理均能够有效的使微生物灭活，微生物灭活率的大小主要取决于处理压力的高低，压力越高微生物灭活率越大，在 PAF-100 MPa 和 AT 处理时灭菌率为 1.2 log；在 PIF-350 MPa 并 AT 处理时灭菌率达到 6.7 log；PSF-200 MPa 和 PAT-300 MPa 时灭菌率达到 6.53 log。另外冻结、解冻过程中冰晶的结构的变化也会对灭菌率产生影响，如 PIF-350 MPa 并 AT 处理灭菌率最大。

3 结语

高压低温的协同作用可实现多种冻结、解冻方式，特别是高压转移冻结 (PSF) 方法有利于鱼肉微观组织的保护，可明显提高鱼肉的冻结质量；高压辅助解冻 (PAT) 能够使鱼肉在解冻时汁液损失显著降低，但压力过高并不能使鱼肉的汁液损失有较大改变；鱼肉中微生物大量失活，处理压力是微生物失活最大的影响因素。