

冻结速率对罗非鱼鱼肠品质的影响

李德宝,肖宏艳,曾庆孝

(华南理工大学轻工与食品学院,广东广州 510640)

摘要:以罗非鱼鱼肠为对象,研究了不同冻结速率(3.40、2.73、0.73、0.23 cm·h⁻¹)对罗非鱼鱼肠冻结曲线及品质的影响。结果表明,罗非鱼鱼肠的冻结点为-1.4±0.1℃,随着冻结速率的增加,汁液流失率减少,白度下降;与未冻结的鱼肠相比,四种冻结速率下的冻结都会使罗非鱼鱼肠的破断力、破断距离以及凝胶强度下降。感官评价表明,冻藏后罗非鱼鱼肠的整体接受性降低,这与凝胶强度、白度、汁液流失率等指标表示的结果一致。综合各品质指标,提高冻结速率有助于保持罗非鱼鱼肠的品质。

关键词:鱼糜,罗非鱼鱼肠,冻藏,淀粉,凝胶强度,白度

Effect of different freezing rates on the gel properties of tilapia (*Sarotherodon nilotica*) sausage

LI De-bao, XIAO Hong-yan, ZENG Qing-xiao

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

Abstract: The effects of the four different freezing rates (3.40, 2.73, 0.73, 0.23 cm·h⁻¹) on the freezing curves and the quality of tilapia sausage were investigated. Results showed that the freezing point of the tilapia sausage was -1.4±0.1℃. With the increase of the freezing rate, drip loss and whiteness decreased. Compared with the unfrozen sausage, the breaking force, breaking distances and gel strength of the fast-frozen-thawed did not change obviously, but those of the slow-frozen-thawed decreased obviously. The sensory score also decreased with the decrease of the freezing rates. The result was the same as gel strength, whiteness and drip loss. It can be concluded from those results that increasing the freezing rates can maintain the original quality of the tilapia sausage.

Key words: surimi; tilapia surimi sausage; frozen storage; starch; gel strength; whiteness

中图分类号: TS254.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2010)05-0117-04

我国罗非鱼产量很大,大部分罗非鱼仅用于鲜销或者生产鱼片,这就造成市场供应剩余,零售价低,养殖罗非鱼几乎无利可图。利用小罗非鱼代替海水鱼制作鱼糜,不仅可以拓宽罗非鱼的销路,而且可以降低生产鱼糜的成本,具有广阔的市场前景。目前,罗非鱼鱼糜制品经过热凝胶化以后,都要经过冻结,并在低温4℃下冷藏或者-18℃下冻藏。食品物料的冻结过程是指食品物料降温到完全冻结的整个过程^[1]。冻结对产品的品质起到了至关重要的作用。目前,水产领域中已经有关于冻结对鱼片、原料鱼以及未经深加工的鱼产品的研究^[2-3]。冻结对鱼糜理化指标的影响也有相关报道^[8]。但是,关于冻结对鱼糜制品品质影响的研究还未见报道,因此本文分析了冻结速率对罗非鱼鱼糜制品品质的影响。

1 材料与amp;方法

收稿日期:2009-02-17

作者简介:李德宝(1983-),男,硕士研究生,研究方向:食品加工与保藏。

基金项目:广东省科技计划项目(2006B20401004)。

1.1 实验材料

新鲜罗非鱼 购自广州水产市场,平均重量小于400g。

1.2 实验方法

1.2.1 鱼肠加工工艺流程 新鲜罗非鱼→清洗→去头、去鳞、去内脏→采肉→漂洗→脱水→冷却至0~4℃→空斩拌→加盐斩拌→添加淀粉斩拌(加冰调节水分)→灌肠→低温凝胶化(40℃,30min)→加热成型(90℃,20min)→鱼肠

1.2.2 冻结和解冻 将鱼肠放到4℃冰箱内保存10h后,分别置于实验速冻机(HLSY-B)、低温贮藏柜(中国海尔)和冰箱(BCD-202K)等冻结设备中冻结。对于实验速冻机,通过调节冻结室内的初温和风速控制鱼片的冻结速率;对于冰箱和低温贮藏柜,通过控制冻藏室的温度调节鱼肠的冻结速率,其冻结过程被视为静置冻结,冻结风速为0。

当鱼肠中心温度降至-18℃时,取出鱼肠,置于4℃冰箱中解冻12h,解冻后的样品用于测定其品质指标。

1.2.3 温度测定 温度测定采用温度记录仪Center309进行测定和记录。由于鱼肠为形状规则的圆柱体,因此几何中心为冷点。将探头分别插于鱼

表2 感官评定标准

得分	气味	色泽	组织形态	滋味
5	有鱼香味, 香味浓郁	白色	断面密实, 气孔小且分布均匀; 中指稍压, 明显凹陷而不裂, 放手及复原	具有鱼肉特有的鲜味, 可口, 余味浓郁
4	有鱼香味	白色稍带红色	断面密实, 有少量小气孔; 中指用力压, 凹陷而不裂, 放手即复原	具有鱼肉特有的鲜味, 可口, 味足
3	鱼香味平淡	较黄	断面基本密实, 有少量小气孔; 中指用力压, 凹陷而不裂, 放手即不复原	鲜味较淡, 口味正常
2	稍有鱼腥味	灰黄色	断面较松软, 有少量不均匀小气孔; 中指用力压即破裂	几乎无鱼肉鲜味
1	腥味较浓	灰暗色	断面呈浆状, 松软无密实感; 中指轻压即破裂	无鱼肉鲜味, 有异味

表3 不同冻结条件下的冻结速率

冻结方式	冻结设备	冻结室初温(°C)	风速(m·s ⁻¹)	δ ₀ (cm)	τ ₀ (h)	V(cm·h ⁻¹)
1	速冻机	-31	8	1.5	0.44	3.40
2	速冻机	-31	4	1.5	0.55	2.73
3	冰柜	-38	0	1.5	2.06	0.73
4	冰柜	-18	0	1.5	6.65	0.23

肠的中心和表面处, 每隔 10s 记录一次温度。

1.2.4 冻结速率的计算 冻结速率 v 按照国际制冷协会提出的计算方法^[1]计算:

$$V = \delta_0 / \tau_0$$

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 0°C 至热中心温度达初始冻结点以下 10°C 所需要的时间, h。

计算时, 取鱼肠的几何中心探头点的温度为中心温度点, 对应该位置的表面探头温度作为表面温度点。

1.2.5 品质指标测定

1.2.5.1 汁液流失率 按照 AOAC^[9-10]的方法测定。

汁液流失率 = (冻结后重 - 解冻后重) / 冻结后重 × 100%

1.2.5.2 凝胶性质 采用 TA-XT2i 型质构仪(英国 SMS 公司)测定, 平行测定 5 次, 主要测定 3 种凝胶特性参数, 即破断力、破断距离和凝胶强度。测定样本规格为直径 30mm、厚 30mm 的片段。测定前将样本放在室温下放置 0.5h。测定参数为, P0.25S 探头; 测前速率: 1.0mm/s; 压缩变形率: 30%。

1.2.5.3 白度 将直径 30mm 的鱼肠切成 5mm 厚薄片, 用 CR-400 色差计进行测试, 每样做六次平行。白度值由下式计算:

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{\frac{1}{2}}$$

注: L^* 表示明度; a^* 和 b^* 表示色度; a^* 正值表示偏红, 负值表示偏绿; b^* 正值表示偏黄, 负值表示偏蓝。

1.2.5.4 折曲实验^[4] 折曲实验可以用来表示鱼糜弹性的强弱。折曲实验和感官评定实验中淀粉添加量为 5%。将鱼肠切成厚度 5mm 的薄片, 将薄片进行折叠(对折), 观察其有无龟裂及龟裂的程度, 并以此为标准分为 5 个等级, 评分标准见表 1。

1.2.5.5 感官评价^[4-5] 将样品切成 5mm 厚的薄片, 请接受过培训的食品专业人士 7 人, 根据表 2 的感官评定标准进行评定。每项都以 5 分计, 每一项的权重为气味 0.1、色泽 0.1、组织状态 0.5、滋味 0.3。评分越高, 效果越好。以 7 位评定员的平均分为各指标的评分。其总分的计算公式为: 总评分 = $\sum X_i Y_i$ ($i = 1, 2, 3 \dots n$) (其中 X 为评定指标, Y 为评定权重)。

表1 折曲实验评分标准

序号	等级	性状
1	AA	四层折叠不龟裂
2	A	双层折叠不龟裂
3	B	双层折叠时曲径的一半龟裂
4	C	双层折叠时全部曲径龟裂
5	D	用手指压时产生崩溃

将对照样置于 4°C 冰箱中, 当贮藏时间与冻结样品的解冻时间相同时, 取出进行品质指标测定。

1.2.6 数据处理 数据分析采用 SPSS15.0 for Windows 和 Excel 2003 进行处理。

2 结果与分析

2.1 冻结速率对冻结曲线的影响

在冻结过程中, 物料的冻结速率是影响冻品品质的重要因素, 它与冰晶的大小以及水分迁移有密切关系。图 1 为罗非鱼鱼肠在不同冻结方式下的冻结曲线, 揭示了物料温度下降随冻结时间的变化规律。

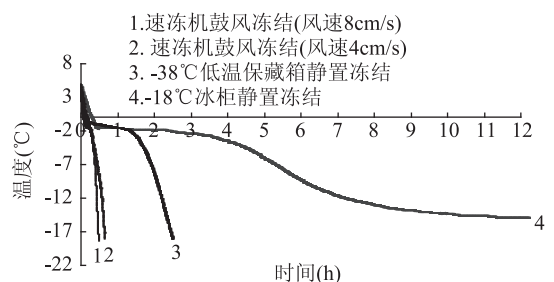


图1 不同冻结速率下罗非鱼鱼肠中心部位冻结曲线

通常食品冻结曲线中温度的下降可分为 3 个阶段。其中在第 2 个阶段(曲线较平坦部分), 食品内部由于生成冰晶体, 大部分水分冻结为冰, 同时放出相变热, 故温度下降缓慢, 曲线平缓。在此温度带中, 食品内部大量的水分冻结为冰, 称为最大冰晶生成带, 该冰晶带的起始温度点即为冻结点^[6]。测定表明, 罗非鱼鱼肠的冻结点为 -1.4 ± 0.1 °C。不同冻结方式通过最大冰晶生成区所需要的时间是不同的, 冻结方式 1 和 2 中通过最大冰晶生成区的时间小于 20min, 可归于速冻范畴; 冻结方式 3 和 4 通过最大冰晶生成区分别需要 1.5~2.5h, 属于慢冻范畴。慢冻对食品物料的机械损伤较快速冻结更为严重, 主要是

由于慢冻通过最大冰晶生成带时间长,冰晶体较大,且分布不均匀,溶质的浓缩程度大,冷冻浓缩严重,胶体稳定性变化伴同机械损伤更严重,使食品品质下降,产品的营养价值、风味以及结构均有不同程度的损伤。因此在进行冷冻操作中,力求加快冻结速度,快速通过最大冰晶生成带(冻结点)。目前,国内关于冻结速率对鱼糜制品品质影响的研究还未见报道,而关于冻结速率对鱼肉以及其他肉类品质影响的研究则较多见。阮征^[2]等研究了不同冻结速率对脆肉鲩鱼片的影响,研究表明,在注意减少干耗影响的前提下,提高冻结速率有利于保持脆肉鲩鱼片的品质。

2.2 冻结速率对罗非鱼鱼肠品质的影响

2.2.1 冻结速率对汁液流失率和白度的影响

在冻结的过程中,品质下降的主要原因是汁液流失。汁液流失会导致营养成分的流失,并且降低食品的质地、口感等。Bevilacqua^[7]等认为,汁液流失率成为衡量冻藏食品的重要指标。图2为不同冻结速率下鱼肠解冻后的汁液流失率,可以看出样品的汁液流失率随着冻结速率的增加而减少。冰结晶对食品所产生的机械损伤是汁液流失的主要原因。速冻过程中食品物料中形成的晶体较小,对食品的结构伤害较小,因此水分等物质流失较少,从而使速冻食品较慢冻食品有更低的汁液流失率。汁液流失率也反映了食品结构的破坏程度。Bevilacqua认为,影响汁液流失率的原因有很多:冻结前的温度及储存时间、冻结速率、冻结后的储存时间和温度、解冻速率等。本实验中除了冻结速率以外,其他因素都保持一致,影响可以忽略,冻结速率成为影响汁液流失率的最主要因素。

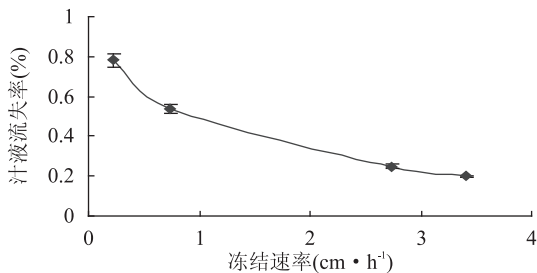


图2 不同冻结速率下解冻的汁液流失率

不同的冻结速率也会对罗非鱼鱼肠的白度产生不同的影响,如图3所示。从图中可以看出,冻结后会造造成罗非鱼鱼肠白度显著性下降($p < 0.05$),但是不同的冻结速率对白度的影响并无显著性差别($p < 0.05$)。由此可知,四种冻结速率均会显著降低罗非鱼鱼肠的白度,而且随着冻结速率的降低,白度值也随之降低。冻结引起色泽的变化最明显的是果蔬的冻结,主要是叶绿素的损失引起的。而罗非鱼鱼肠的色泽下降,可能是冻结过程中汁液流失,而导致物料浓缩引起的。

2.2.2 冻结速率对罗非鱼鱼肠质构特性的影响

表4列出了不同冻结速率下罗非鱼鱼肠解冻后的质构特征。破断力和破断距离分别反映了罗非鱼鱼肠的硬度和脆性,而凝胶强度为破断力和破断距离的乘积,是一个综合性的指标。从表中可以看到,速冻样品与对照样相比,破断力并无显著性差别($p < 0.05$),而慢冻样品有明显下降($p < 0.05$),分别

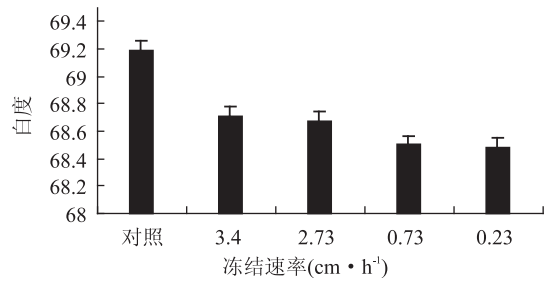


图3 冻结速率对罗非鱼鱼肠白度的影响

为对照样的89.2%和86.3%。同样,速冻后解冻的鱼肠凝胶强度也无显著降低,而慢冻则对鱼肠的影响较为严重,分别下降为对照样的88.3%和82.4%。

表4 冻结速率对罗非鱼鱼肠质构特性的影响

冻结速率 (cm·h ⁻¹)	破断力 (g)	破断距离 (cm)	凝胶强度 (g·cm)
对照样 (未冻结)	463.2 ± 19.8 ^a	11.1 ± 0.8 ^a	516.4 ± 23.5 ^a
3.40	443.5 ± 33.2 ^a	11.6 ± 1.2 ^a	514.5 ± 38.4 ^a
2.73	430.4 ± 21.8 ^a	11.5 ± 0.9 ^a	496.7 ± 25.1 ^a
0.73	413.1 ± 3.5 ^b	11.1 ± 0.8 ^a	456.6 ± 3.4 ^b
0.23	399.7 ± 17.6 ^b	10.7 ± 0.5 ^a	425.6 ± 8.1 ^b

2.2.3 冻结速率对罗非鱼鱼肠感官品质的影响

感官评定用来表示鱼糜制品综合指标的优劣。由表5可以看出,速冻后的罗非鱼鱼肠折曲性能仍可以达到A,而冻结速率为0.23cm·h⁻¹的缓慢冻结,使鱼肠的折曲性能为B。折曲性可以用来表示鱼糜制品弹性大小。慢冻降低了罗非鱼鱼肠的弹性,这与前面质构性质的研究一致。

表5 不同冻结速率对罗非鱼鱼肠折曲性能的影响

冻结速率 (cm·h ⁻¹)	对照	3.40	2.73	0.73	0.23
折曲性能	A	A	A	A	B

不同冻结速率对罗非鱼鱼肠感官的影响见图4。冻结后的感官与对照样相比均有下降,总体来讲,速冻可以较大程度地保持鱼肠在冻结前的感官,而缓慢冻结则会对鱼肠的感官有较大的影响。

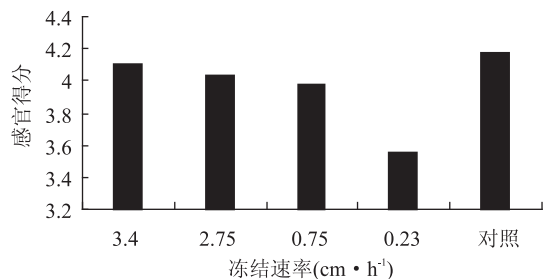


图4 冻结速率对罗非鱼鱼肠感官品质的影响

2.2.4 冻结速率对罗非鱼鱼肠表面状态的影响

从图5可以看出,慢速冻结后的样品表面多孔且较大,主要是慢冻产生的冰晶体较大,从而对罗非鱼鱼肠的结构破坏较大,导致鱼肠外观的破坏严重,这也是感官得分降低的主要原因之一。速冻后的样品也有气孔但孔径较小,与对照样相比外观差异较小。因此,速冻样品的外观优于慢冻样品。对于消费者来说,外观是产品主要的选择依据之一,速冻对保持产品的外观有着较好的效果。

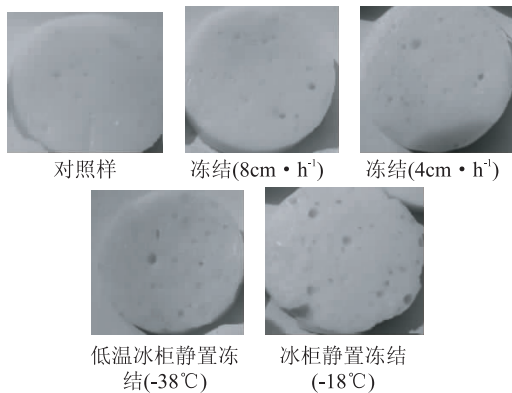


图5 冻结速率对罗非鱼鱼肠表面状态的影响

3 结论

3.1 罗非鱼鱼肠的冻结点为 $-1.4 \pm 0.1^\circ\text{C}$;冻结速率为 $3.40\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $2.73\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ 可归于速冻的范畴;冻结速率为 $0.73\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $0.23\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ 属于慢冻的范畴。

3.2 随着冻结速率的增加,汁液流失率减少,白度也降低。

3.3 与未冻结的罗非鱼鱼肠相比,缓慢冻结解冻后的鱼肠破断力以及凝胶强度均有显著降低($p < 0.05$),破断距离无明显变化。

3.4 感官指标表明,经冻结解冻后的鱼肠综合接受性降低,而缓慢冻结降低的程度与速冻相比更加明显,这与前面的几个指标结果一致。

3.5 速冻样品与对照样产品外观差别较小,而慢冻样品的孔径较大,对产品外观影响严重,造成产品品质的严重下降。

(上接第 116 页)

表2 琥珀酰化对 SPI 酰胺 I 峰和酰胺 II 峰的影响

酸酐量/蛋白量 (w/w)	琥珀酰化 程度(%)	酰胺 I 峰		酰胺 II 峰	
		峰	透光率	峰	透光率
0.0	0.00	1661	18	1537	21
0.3	79.17	1655	11	1547	17
0.6	92.89	1653	8	1551	10
0.9	93.27	1654	18	1556	20

从红外光谱中还注意到,酰胺 I 峰经酰化处理逐渐向短波方向移动,从 1661cm^{-1} 移至 1653cm^{-1} ,而且峰强度增强(即透光率下降)。说明 α -螺旋或无规卷曲在二级结构中的总比例有较大的提高,也就是说 SPI 经酰化改性后,其二级结构的 β -折叠(至少一部分)转换为 α -螺旋或无规卷曲形式。有关这一点也可以从酰胺 II 谱带的变化看出,酰胺 II 谱带能灵敏地反映分子间或分子内的氢键缔合作用,当氢键破坏时,谱带将向高波数移动。琥珀酰化处理使酰胺 II 峰从 1537cm^{-1} 移至 1556cm^{-1} ,说明 SPI 中维持 β -折叠结构的氢键受到破坏,即 SPI 中二级结构由 β -折叠为主变化为以无规卷曲为主。而且,琥珀酰化处理还增强了酰胺 II 峰,有研究指出,这一现象是蛋白质分子进一步展开的缘故^[6]。

3 结论

对大豆分离蛋白酰化后,经紫外和红外光谱定性推测结构的变化,结果显示蛋白多肽链的二级结

参考文献

- [1] 曾庆孝. 食品加工与保藏原理[M]. 化学工业出版社, 2007:148-149.
- [2] 阮征, 李汴生, 朱志伟, 等. 不同冻结速率对脆肉鲩鱼片冻结特性的影响研究[J]. 农业工程学报, 2008, 2(24): 250-253.
- [3] Ana M CastrilloIn, Pilar Navarro, Esther Alva rez - Pontes. Changes in Chemical Composition and Nutritional Quality of Fried Sardine (*Clupea pilchardus*) Produced by Frozen Storage and Microwave Reheating [J]. J Sci Food Agric, 1997, 75: 125-132.
- [4] 吴先红, 车文毅, 费志良, 等. 水产品加工工艺与配方[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 2001.
- [5] 张呈峰. 白鲢鱼糜制品加工关键技术及酶解白鲢鱼内脏的研究[D]. 中国农业大学食品科学与营养工程学院硕士论文, 2003.
- [6] 马长伟, 曾名勇. 食品工艺学导论[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 48-58.
- [7] M. Bewilacqua, A D' Amore, F Polonara. A multi - criteria decision approach to choosing the optimal blanching - freezing system [J]. Journal of Food Engineering, 2004, 63: 253-263.
- [8] 周爱梅, Sootawat Benjiakul, 曾庆孝. 冷冻解冻循环对鳞鲢鱼糜蛋白变性的影响[J]. 华南理工大学学报, 2004, 7(32): 93-96.
- [9] AOAC. Official method of analysis (16th ed) [M]. Washington DC: Association of the Official Analytical Chemists, 1995.
- [10] Sirintra B. 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: 292-299.

构发生较大变化,即 SPI 中二级结构由 β -折叠为主变化为以无规卷曲为主。而且,琥珀酰化处理还增强了酰胺 II 峰,有研究指出这一现象是蛋白质分子进一步展开的缘故。SPI 的乙酰化处理对大豆蛋白酰胺 I 峰和酰胺 II 峰位置的影响与琥珀酰化的结果类似,但变化趋势不如后者明显。可见,琥珀酰化比乙酰化更能影响和促使大豆蛋白的空间结构展开。

参考文献

- [1] 姚玉静, 杨晓泉. 乙酰化大豆分离蛋白的功能特性研究[J]. 中国调味品, 2001(9): 16-19.
- [2] 姚玉静, 杨晓泉, 等. 酰化对大豆分离蛋白水合性质的影响[J]. 食品与机械, 2005, 22(4): 19-21.
- [3] 姚玉静, 杨晓泉, 等. 酰化对大豆分离蛋白乳化性能的影响[J]. 食品与机械, 2008, 24(2): 12-14.
- [4] Tarek A El - Adawy. Functional properties and nutritional quality of acetylated and succinylated mung bean protein isolate [J]. Food Chem, 2000, 70(1): 83-91.
- [5] WK Paik, Kim S. Effect of methylation on susceptibility of protein to proteolytic enzymes [J]. Biochemistry, 1972, 11(14): 2589-2593.
- [6] Meng G T, Ma C Y. Fourier-transform infrared spectroscopic study of globulin from phaseolus angularis (red bean) [J]. Int J Biol Macromolecules, 2001, 29: 287-294.