

三文鱼的保鲜方法及研究进展

Research development on preservation methods of salmon

张 宁^{1,2} 谢 晶^{1,2}

ZHANG Ning^{1,2} XIE Jing^{1,2}

(1. 上海水产品加工与保藏工程中心, 上海 201306; 2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

(1. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China;

2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

摘要:三文鱼肉质爽滑鲜美且营养价值高,但易腐坏。文章介绍冷藏、微冻、冰鲜、气调等三文鱼的常用保鲜方法及原理特点。列举三文鱼保鲜方法的研究现状,同时指出三文鱼保鲜存在的问题及发展趋势。

关键词:三文鱼;保鲜方法;进展

Abstract: Salmon has a delicious tasty and rich nutrition, but it's perishable. Several current preservation methods such as cold storage, super-chilled storage, ice storage, controlled atmosphere were reviewed. The principles and characteristics of these methods were introduced. A review of research status in the preservation methods of salmon was analyzed, at the same time, some existing problems and future development trends of the preservation methods of salmon were also proposed.

Keywords: salmon; preservation method; development

三文鱼(*Salmonidae*)是一些鲑鳟鱼类或鲑科鱼类的商品名称,为鱼纲鲑科,大多分布在亚洲、欧洲、美洲北部地区及太平洋北部,是一种生长在高纬度地区的冷水鱼类。三文鱼具有商业价值的品种有 30 多个,目前最常见的是 2 种鳟鱼(三文鳟、金鳟)和 4 种鲑鱼(太平洋鲑、大西洋鲑、北极白点鲑、银鲑)^[1]。

三文鱼营养丰富,富含不饱和脂肪酸,鱼肉中的蛋白质含有 18 中氨基酸(其中包括人体必需的 8 种氨基酸),且蛋白质含量明显高于其他鱼类^[2]。此外,三文鱼还富含多种矿物质(如钙、磷、镁等),是符合现代食品营养学的健康食品,被誉为“水中珍品”,是西餐及生食料理常用的鱼类原料。但三文鱼易腐坏,在贮藏期间,鱼肉中脂质的氧化及微生物的

繁殖都会导致三文鱼肉变质。随着贮藏时间的增加,微生物增长产生的代谢产物会使三文鱼产生难闻的气味以及鱼肉质地的软烂,从而影响三文鱼的品质^[3]。由于三文鱼属于可生食类鱼,因此保证三文鱼的新鲜度、安全性及高品质就尤为重要。常见的三文鱼的保鲜方法主要有低温保鲜、气调保鲜及保鲜剂保鲜等。

1 低温保鲜

低温保鲜是指水产品贮藏、运输及销售的过程中,通过降低温度的方法减缓或抑制水产品的腐败变质,进而保持水产品的高品质^[4]。常用于三文鱼的低温保鲜方法有冷藏保鲜、冻藏保鲜、微冻保鲜等。

1.1 冷藏保鲜

冷藏保鲜是将水产品自身的温度降低但不发生冻结,并保持低温贮藏的一种保鲜方法。冷藏保鲜的温度一般为 0~4℃,它是目前使用范围较广的一种传统保鲜方法^[5]。对于冷藏保鲜而言,最重要的是温度的控制,在高于水产品冻结点的范围内,温度越低,保鲜效果越好^[6]。

Aubourg 等^[7]研究冷藏银鲑鱼中微生物的活性(在 2℃的条件下贮藏 24 d),发现在整个贮藏过程中鱼肉的微生物活性一直保持较低水平,保质期为 12 d 左右,19 d 时鱼肉出现腐臭气味,24 d 时微生物总数达到 5.1 lg CFU/g,未超出微生物标准限度(6 lg CFU/g)。张奎等^[8]研究了三文鱼贮藏于 0℃下鱼肉的品质变化,发现在 12 d 时三文鱼品质发生显著变化,鱼肉水分流失严重,在细菌作用下形成三甲胺等胺类化合物和挥发性氮,TVB-N 值达到 22 mg/100 g,鱼肉产生腥臭气味。包海蓉等^[9]证实了这一现象并做了进一步研究,将三文鱼分别贮藏于 0, 4, 8℃,发现随着时间推移,三文鱼的失重率和 TVB-N 值都呈上升趋势,且温度越高上升趋势越明显,贮藏于 8℃的样品在 6 d 时,TVB-N 值已达到 23 mg/100 g。上述研究结果表明冷藏保鲜不能长期贮藏三

基金项目:“十二五”国家支撑计划项目(编号:2012BAD38B09);2013 年上海市科技兴农重点攻关项目[编号:沪农科攻字(2013)第 3-4 字]

作者简介:张宁(1990—),女,上海海洋大学在读硕士研究生。

E-mail: jnznm@126.com

通讯作者:谢晶

收稿日期:2015-03-02

文鱼,但可用于三文鱼的短途运输及短期贮藏。

1.2 冻藏保鲜

冻藏保鲜是将水产品的温度降至-18℃或以下,并在该温度下贮藏保鲜的一种方法。经冻藏保鲜的水产品,其组织中绝大部分的水发生冻结,导致微生物细胞被生成的冰晶破坏,无法繁殖;且较低的冻藏温度抑制了酶的活性,使水产品腐败变质的速率减慢,从而达到延长食品保质期的目的^[5]。经冻藏保鲜的三文鱼,其保质期可达18个月或以上^[10]。冻结速度的快慢对三文鱼保鲜效果有很大影响,若冻结过快,会因温度应力导致鱼体破裂;若冻结过慢,会形成的过大冰晶,对鱼体组织造成较大破坏。

Ortiz等^[10]研究了贮藏在一18℃条件下的三文鱼样品,发现贮藏18个月后,其鱼肉仍然有很好的生化和感官指标。Indergård等^[11]研究发现,将三文鱼样品分别在一25,-45,-60℃下进行长时间贮藏。1年后,-25℃条件下的三文鱼样品仍有良好的生化和感官指标,硫代巴比妥酸(TBA)值达到14.04 mg MDA/kg;-45℃条件下的三文鱼比-25℃条件下鱼肉品质保持得更好;与前两种贮藏条件相比较,贮藏在一60℃可以将三文鱼的失水率降到总质量的2%,但其他指标无明显改善。冻藏保鲜具有贮藏时间久、保鲜效果好等特点,但同时也存在三文鱼水分流失、表面颜色发生改变等问题。

1.3 微冻保鲜

微冻保鲜是介于冷藏和冻结之间的一种保鲜方法。它是将水产品的温度控制在其细胞质冻结点以下1~2℃,并在该温度下贮藏的一种保鲜方法^[12]。微生物及细菌的繁殖是限制新鲜水产品保质期和品质的重要因素,微冻保鲜时,水产品中微生物的活性降低且大多数细菌不能生长。微冻保鲜有以下几个优点:维持水产品的新鲜度、能保持水产品的高品质及有效抑制有害微生物的生长。在食品工业中,它可以用来代替生产中的冷冻/解冻过程,从而增加收益、减少能耗,节约劳动力^[13]。

Duun等^[14]研究了贮藏在一1.4℃及-3.6℃下三文鱼的品质(保质期分别为17,21 d),发现在-3.6℃下贮藏的,其鱼肉硬度明显高于贮藏在一1.4℃的,若对其进行真空包装再微冻贮藏,保质期可延长1倍。Kaale等^[15,16]研究了微冻鲑鱼体内冰晶的变化,将真空包装的鲑鱼片放在-2℃的环境里贮藏28 d,发现在鲑鱼中心的冰晶体积要比表层的大3倍,且鲑鱼自身温度稳定后(贮藏1 d),细胞内的冰晶没有明显增长。但在第14~21天,鲑鱼细胞内的冰晶会大量增长。Kaale等^[17]进一步研究发现,鲑鱼微冻过程的快慢对细胞内冰晶的形成也有很大影响,同样新鲜的两块鲑鱼分别经过缓慢微冻(-20℃,153 W/(m²·K),4.2 min)和快速微冻(-30℃,227 W/(m²·K),2.1 min)后,放入-2℃的环境中29 d,然后检测冰晶的当量直径分别为(60±5) μm和(23±1) μm,具有显著差异。表明快速微冻能更好地保持鲑

鱼品质。Gaarder等^[18]研究了微冻三文鱼的蛋白酶活性,结果表明贮藏在一1.5℃的三文鱼6 h后其蛋白酶活性显著提高。微冻保鲜能有效保持三文鱼的品质,延长三文鱼的货架期,但同时微冻保鲜会使三文鱼体内产生冰晶,导致鱼肉质口感变差。微冻保鲜与气调包装、保鲜剂等结合使用保鲜效果可能更佳。

1.4 冰鲜

冰鲜是将碎冰铺撒在鱼层上的保鲜方法。由于冰易获得且价格低廉,目前仍然是一种重要的水产品保鲜手段^[19]。

Espe等^[20]研究发现,经14 d的冰鲜贮藏后,三文鱼肉发生了明显的脂质氧化和蛋白质降解,鱼肉的质地、颜色都发生了明显的变化。Hozbor等^[21]研究发现,冰鲜贮藏的三文鱼在第10天时,其各项指标为:TVB-N 35 mg N/100 g、三甲基胺(TMA)15.75 mg N/100 g、pH 7.2,鱼肉样品已经超出可食用范围。然而,Rodríguez等^[22]研究表明,将鲑鱼贮藏在一1.5℃的流化冰中,第9天时鲑鱼肉的各项指标只有轻微变化,仍有较好的生化和感官值。相比于碎冰贮藏,流化冰贮藏更能延长三文鱼的保质期,但无论碎冰或流化冰都不适合长期贮藏三文鱼。冰鲜可用于三文鱼的短途运输及销售,是一种成本较低的保鲜方法。

2 低温结合气调保鲜

气调保鲜是通过调节水产品周围环境的气体比例,并结合一定的低温条件来达到保鲜效果^[23]。气调保鲜一般由两种方式来实现:①气调保鲜库,调节三文鱼贮藏库内的气体比例;②气调包装(modified atmosphere packaging, MAP),将三文鱼分成块状,单块入袋,调节包装袋内的气体比例。气调包装能起到抑制微生物生长、降低袋内水产品氧化速率的作用,从而可延长其保质期^[24]。

气调包装中,可填充的气体种类很多,但三文鱼的气调包装常用CO₂和N₂,通常将两种气体按一定比例混合充入或全部填充CO₂。CO₂能够抑制细菌和真菌的繁殖,是三文鱼MAP保鲜中的常用气体^[25]。N₂是一种惰性气体,无色无味,在鱼肉的脂肪内溶解度很低,所以对三文鱼的新陈代谢影响不大,是一种优良的填充气体^[26]。Schirmer等^[27]研究发现,在4℃的条件下贮藏4 d,经有机酸浸渍后气调包装(100% CO₂)的鲑鱼,其微生物数量远远低于真空包装的鲑鱼,表明MAP保鲜更能延长鲑鱼的货架期。Fagan等^[28]研究表明,在2~4℃的条件下,三文鱼经MAP保鲜(气体比例为60% N₂和40% CO₂)的保质期要比裸露在空气中长1~2 d。Macé等^[29]研究发现,当温度降至-10℃以下时,经气调包装(50% CO₂,50% N₂)的三文鱼中微生物的生长完全受到抑制,表明三文鱼MAP保鲜的保质期主要取决于贮藏温度及CO₂的浓度。Fernández等^[30]研究表明,在一1.5℃的条件下,三文鱼MAP(90% CO₂)保鲜可将鱼肉保质期从11 d(对照组,未经包装)延长到22 d,22 d时微生物指标为5 lg CFU/g,未超过微生物标准限度(6 lg CFU/g)。气调包

装结合低温贮藏具有良好的保鲜效果,能有效延长三文鱼的保质期,可用于三文鱼的整个物流过程,但也存在处理过程繁琐、初期投资大、运行费用高等问题。

3 低温辅助保鲜剂保鲜

保鲜剂保鲜是指将水产品用单一或复合保鲜剂处理后(浸泡、涂膜、喷淋等方法),致使其保质期延长的一种保鲜方法。保鲜剂也是常与低温保鲜方法结合使用,以达到更好的保鲜效果。三文鱼保鲜常用生物保鲜剂,生物保鲜剂的作用有抗氧化、杀菌、抑制酶的活性等^[31]。

Tironi 等^[32]研究表明,在-11℃的条件下,迷迭香提取物可以抑制银鲑鱼中的脂质氧化,抑制期长达6个月(1 kg 鱼肉使用500 mg 迷迭香提取物),且迷迭香提取物能够延缓银鲑鱼外观颜色的改变,但迷迭香提取物对鱼肉中蛋白质的变质没有抑制作用。Sathivel 等^[33]研究了壳聚糖涂膜对三文鱼的保鲜效果,发现壳聚糖涂膜可有效阻隔氧气与三文鱼样品的接触,且壳聚糖涂膜低透湿性可以降低鱼肉内的水分流失。Soares 等^[34]研究发现将三文鱼样品在壳聚糖溶液中浸泡后,再贮藏于-5℃的环境中,14周后其总菌落数和TVB-N值均分别低于微生物标准值(6 lg CFU/g 和35 mg N/100 g),表明壳聚糖溶液能有效延长三文鱼保质期,且浓度在0.50%~0.75%的壳聚糖溶液能有效提高三文鱼的持水力。保鲜剂保鲜可延长三文鱼的保质期,但也存在缺陷,若一些保鲜剂自身有特殊气味或颜色,则会对三文鱼的商品价值造成影响。

4 其他保鲜方法

除以上常用的保鲜方法以外,还有一些保鲜方法也被用于三文鱼的保鲜。如高压保鲜法、辐照保鲜法、臭氧保鲜法等。Briones 等^[35]研究发现,将银鲑鱼贮藏于4℃的环境中,以170 MPa 的超高压处理30 s,鱼肉中的微生物从3.16 lg CFU/g 降到2.2 lg CFU/g,表明超高压与冷藏结合可抑制银鲑中微生物的增长。Yang 等^[36]研究了辐照对三文鱼货架期的影响,发现在4℃的条件下,真空包装的三文鱼经辐照后其货架期为12 d,比未经辐照的长6 d,且品质更好。表明电子束辐照对三文鱼肉质有防腐作用,且可以延长其保质期。Crowe^[37]等研究发现,在4℃的条件下贮藏的大西洋鲑鱼样品,经浓度为1.5 mg/L 的臭氧喷淋后能有效减少细菌数量,且该浓度臭氧不会加快鱼肉的脂质氧化。

5 展望

综上所述,三文鱼极易腐败,大多采取低温保鲜,但现有保鲜方法均是在恒定温度或波动较小的温度范围内进行研究,未考虑三文鱼在整个物流过程中的保鲜问题,例如温度波动较大的物流过程中三文鱼品质的变化,而这一问题若处理不好会直接影响三文鱼的商品价值,因此,可对三文鱼物流过程的保鲜技术做深入研究。

此外,单一保鲜方法存在局限性,两种或多种保鲜方法

相结合越来越多地应用于三文鱼的保鲜,如高压结合冷藏、保鲜剂结合气调、酸性电解水结合低温保鲜等。复合保鲜法能够充分体现不同保鲜方法的特点,更好地保持三文鱼的品质,延长其货架期,在三文鱼等水产品的保鲜领域具有非常广阔的应用前景。

再者,生食新鲜三文鱼受到越来越多的消费者追捧,因此,一方面需要关注三文鱼肉的安全性,研究新型包装技术、安全营养的保鲜剂等,另一方面要细化三文鱼的感官评定指标,需强调咀嚼性、鱼肉软烂程度等相关指标。

参考文献

- 1 罗刚. 三文鱼营养研究概况[J]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(5): 23~23.
- 2 江建军, 邓材, 李华. 人工养殖三文鱼营养成分的分析[J]. 食品与机械, 2012, 27(6): 40~42.
- 3 Sone I, Olsen R L, Sivertsen A H, et al. Classification of fresh Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.) fillets stored under different atmospheres by hyperspectral imaging[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 109(3): 482~489.
- 4 阙婷婷, 刘文娟, 陈士国, 等. 水产品低温保鲜技术研究现状[J]. 中国食品学报, 2013(8): 181~189.
- 5 高志立, 谢晶. 水产品低温保鲜技术的研究进展[J]. 广东农业科学, 2012, 39(14): 98~101.
- 6 谢晶, 徐慧文. 金枪鱼的保鲜方法及其鲜度评价指标的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 258~263.
- 7 Aubourg S P, Quitral V, Angelica Larrain M, et al. Autolytic degradation and microbiological activity in farmed Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during chilled storage[J]. Food Chemistry, 2007, 104(1): 369~375.
- 8 张奎, 包海蓉. 零度冷藏生鲜三文鱼肉理化品质变化的研究[J]. 湖南农业科学, 2011(19): 102~103.
- 9 包海蓉, 张奎. 不同冷藏温度对生鲜三文鱼品质变化的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 344~347.
- 10 Ortiz J, Larrain M A, Vivanco J P, et al. Rancidity development during the frozen storage of farmed coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): Effect of antioxidant composition supplied in the diet[J]. Food Chemistry, 2009, 115(1): 143~148.
- 11 Indergård E, Tolstorebrov I, Larsen H, et al. The Influence of long-term storage, temperature and type of packaging materials on the quality characteristics of frozen farmed atlantic salmon (*Salmo Salar*) [J]. International Journal of Refrigeration, 2014, 41: 27~36.
- 12 Duun A S, Rustad T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets[J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 1 067~1 075.
- 13 Kaale L D, Eikevik T M, Rustad T, et al. Superchilling of food: A review[J]. Journal of Food Engineering, 2011, 107(2): 141~146.
- 14 Duun A S, Rustad T. Quality of superchilled vacuum packed

- Atlantic salmon (*Salmo Salar*) fillets stored at -1.4 and -3.6 °C[J]. *Food Chemistry*, 2008, 106(1): 122~131.
- 15 Kaale L D, Eikevik T M, Bardal T, et al. A study of the ice crystals in vacuum-packed salmon fillets (*Salmo Salar*) during superchilling process and following storage[J]. *Journal of Food Engineering*, 2013, 115(1): 20~25.
- 16 Kaale L D, Eikevik T M, Bardal T, et al. The effect of cooling rates on the ice crystal growth in air-packed salmon fillets during superchilling and superchilled storage [J]. *International Journal of Refrigeration*, 2013, 36(1): 110~119.
- 17 Kaale L D, Eikevik T M, Rustad T, et al. Ice crystal development in pre-rigor Atlantic salmon fillets during superchilling process and following storage[J]. *Food Control*, 2013, 31(2): 491~498.
- 18 Gaarder MØ, Bahuaud D, Veiseth-Kent E, et al. Relevance of calpain and calpastatin activity for texture in super-chilled and ice-stored Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.) fillets[J]. *Food Chemistry*, 2012, 132(1): 9~17.
- 19 Losada V, Pineiro C, Velazquez J B, et al. Inhibition of chemical changes related to freshness loss during storage of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in slurry ice [J]. *Food Chemistry*, 2005, 93(4): 619~625.
- 20 Espe M, Ruohonen K, Bjørnevik M, et al. Interactions between ice storage time, collagen composition, gaping and textural properties in farmed salmon muscle harvested at different times of the year[J]. *Aquaculture*, 2004, 240(1): 489~504.
- 21 Hozbor M C, Saiz A I, Yeannes M I, et al. Microbiological changes and its correlation with quality indices during aerobic iced storage of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*) [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2006, 39(2): 99~104.
- 22 Rodríguez A, Carriles N, Cruz J M, et al. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5 °C)[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2008, 41(9): 1726~1732.
- 23 Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43(3): 381~392.
- 24 Arvanitoyannis I S, Stratakis A C. Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: a review[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2012, 5(5): 1423~1446.
- 25 Sivertsvik M, Jeksrud W K, Rosnes J T. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products - significance of microbial growth, activities and safety[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2002, 37(2): 107~127.
- 26 Church N. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 1994, 5(11): 345~352.
- 27 Schirmer B C, Heiberg R, Eie T, et al. A novel packaging method with a dissolving CO₂ headspace combined with organic acids prolongs the shelf life of fresh salmon[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2009, 133(1): 154~160.
- 28 Fagan J D, Gormley T R, Uí Mhuirheartaigh M M. Effect of modified atmosphere packaging with freeze-chilling on some quality parameters of raw whiting, mackerel and salmon portions[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2004, 5(2): 205~214.
- 29 Macé S, Cornet J, Chevalier F, et al. Characterisation of the spoilage microbiota in raw salmon (*Salmo Salar*) steaks stored under vacuum or modified atmosphere packaging combining conventional methods and PCR - TTGE[J]. *Food Microbiology*, 2012, 30(1): 164~172.
- 30 Fernández K, Aspe E, Roeckel M. Shelf-life extension on fillets of Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging[J]. *Food Control*, 2009, 20(11): 1036~1042.
- 31 苏辉, 谢晶. 生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用研究进展[J]. *食品与机械*, 2013, 29(5): 265~269.
- 32 Tironi V A, Tomás M C, Anón M C. Quality loss during the frozen storage of sea salmon (*Pseudoperca semifasciata*). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43(2): 263~272.
- 33 Sathivel S, Liu Quan, Huang Jia-qi, et al. The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) fillets during frozen storage[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 83(3): 366~373.
- 34 Soares N M, Mendes T S, Vicente A A. Effect of chitosan-based solutions applied as edible coatings and water glazing on frozen salmon preservation - A pilot-scale study[J]. *Journal of Food Engineering*, 2013, 119(2): 316~323.
- 35 Briones L S, Reyes J E, Tabilo-Munizaga G E, et al. Microbial shelf-life extension of chilled Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and abalone (*Haliotis rufescens*) by high hydrostatic pressure treatment[J]. *Food Control*, 2010, 21(11): 1530~1535.
- 36 Yang Zhen, Wang Hai-yan, Wang Wei, et al. Effect of 10 MeV E-beam irradiation combined with vacuum-packaging on the shelf life of Atlantic salmon fillets during storage at 4 °C[J]. *Food Chemistry*, 2014, 145: 535~541.
- 37 Crowe K M, Skonberg D, Bushway A, et al. Application of ozone sprays as a strategy to improve the microbial safety and quality of salmon fillets[J]. *Food Control*, 2012, 25(2): 464~468.