

doi: 10.3969/j. issn. 2095 - 0780. 2014. 03. 016

·综述·

鱼卵加工产品类型与鱼籽酱保鲜技术研究进展

郝淑贤¹, 何丹^{1,2}, 魏涯¹, 李来好¹, 杨贤庆¹, 黄卉¹, 林婉玲¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部水产品加工重点实验室, 国家水产品加工技术研发中心,
广东广州 510300; 2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 随着人们生活水平的提升, 鱼卵因其特有的营养价值日益受到各国的关注。为更好地促进鱼卵高值化加工利用, 文章综述了近年来国内外在鱼卵加工类型及鱼籽酱保鲜技术方面的研究进展及发展趋势, 旨在为中国鱼卵加工业的健康发展提供参考。

关键字: 鱼卵; 营养; 加工; 保藏

中图分类号: S 983. 120

文献标志码: A

文章编号: 2095 - 0780 - (2014) 03 - 0104 - 05

Research progress in types of fish egg processing products and caviar preservation

HAO Shuxian¹, HE Dan^{1,2}, WEI Ya¹, LI Laihao¹, YANG Xianqing¹, HUANG Hui¹, LIN Wanling¹

(1. Key Lab of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture; National R&D Center for Aquatic Product Processing;
South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;
2. College of Food Science & Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: With improvement of people's living standards, fish eggs have received worldwide attention for their special nutrition value. In order to improve the processing of fish eggs, the paper reviews the research progress and developmental trend for types of fish egg processing and preservation technology of caviar both at home and abroad, which provides references for the healthy development of Chinese fish egg processing industry.

Key words: fish egg; nutrition; processing; preservation

鱼卵是一种富含蛋白质、必需氨基酸、不饱和脂肪酸、钙(Ca)、磷(P)、铁(Fe)、卵磷脂等多种营养素的海鲜产品, 具有鸡蛋和大豆等陆生动植物磷脂中缺乏的二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)等n-3多烯酸和花生四烯酸^[1]。许多鱼的鱼卵是世界上公认的营养美食, 尤其是由鲟鱼卵制得的鱼籽酱, 素有“黑色黄金”之称, 与鹅肝、松露并称为“世界三大美味”, 是世界上最昂贵和精美的食品之一^[2]。

虽然鱼卵产品在世界上非常受欢迎, 但是在一些地方

鱼卵仅仅是作为鱼肉加工的副产品之一, 未得到充分有效的利用。在印度, 鱼卵是最没有得到充分利用的副产品^[3]; 泰国大部分露斯塔野鲮(*Labeo rohita*)卵(占鱼体总质量11%~29%)被丢弃, 只有少部分被加工成食品或饲料^[4]。通常产卵时期的雌鱼, 鱼卵约占鱼体总质量的10%~30%^[5], 所以鱼卵的进一步加工利用, 不仅充分利用了资源, 同时也减少了对环境的污染。

然而, 目前国内外有关鱼类的研究主要集中在鱼肉的加工。尽管鱼卵产品在国际贸易中占有重要的地位, 但有

关鱼卵的研究报道很有限, 目前仅有的研究主要集中在鱼卵的孵化^[6]、区域分布^[7]和成分分析等方面^[8], 而有关鱼卵的加工和保藏的研究非常少。笔者对国内外鱼卵的加工产品类型和保鲜技术的研究现状进行了归纳和总结, 旨在借鉴国外先进经验, 为促进中国鱼卵加工和保藏技术提供参考。

1 鱼卵的加工产品类型

鱼卵制品在世界上非常受欢迎, 经常作为调味品与米饭或者其他水生产品一起食用^[9]。水生生物的鱼卵产品可以分为5类: 1)直接将完整卵巢用于加工制的鱼卵产品; 2)将成熟鲟鱼卵巢结缔组织中分离出的单个粒状鱼籽, 经盐渍而制得的鱼籽酱(*caviar*) ; 3)鱼籽酱代替物(*caviar substitutes*), 指除鲟鱼以外的鱼卵加工成的鱼籽酱, 比如鳕鱼鱼籽酱、金枪鱼鱼籽酱、飞鱼鱼籽酱等; 4)将鱼卵经过烟熏、干制、压制等各种加工处理得到的鱼卵产品; 5)人造鱼籽酱, 是利用鱼卵以外的产品, 如藻类和大豆, 利用凝胶剂, 通过人工处理和加工而得到类似鱼籽酱的产品。

鱼卵的5个加工品种中以鲟鱼籽酱的研究报道最多。全世界范围内共有超过20种不同的鲟鱼, 其中来自于里海中的Beluga(*Huso huso*)、Ossietra(*Acipenser gueldenstaedtii*)和Sevruga(*A. stellatus*)3种野生鲟鱼制得的鱼籽酱是最珍贵的鱼籽酱^[10]。目前随着中国鲟鱼养殖产业的发展, 鲟鱼鱼籽酱的产量逐年增加, 质量也越来越受到国际的认可。

1.1 完整鱼卵制品

有些鱼的鱼籽不能从卵囊中分离出来, 或者含有的鱼籽太少, 使这些鱼卵不能用于加工鱼籽酱, 而多用作完整鱼卵制品加工。比如意大利的Botargo(鱼籽调味酱), 是由鲻鱼(*Mugil cephalus*)卵、箭鱼(*Xiphias gladius*)卵或蓝鳍金枪鱼(*Thunnus thynnus*)卵, 经过干燥和盐腌做成的地中海美食, 出口遍及全世界^[11]; 印第安人的传统鱼卵产品就是将完整卵囊包裹着的鲑鱼卵压实和干制, 然后埋在地下, 在这种适当的低温条件下厌氧发酵而成^[9]; 在日本, 将鲑鱼卵整体加工得到的Sujiko(盐渍鲑鱼籽)是日本盂兰盆节的传统食物, 其加工流程为: 先将鱼卵置于含有亚硝酸盐、聚磷酸盐、调味料及其他添加剂的盐水中腌制20 min, 然后根据鱼卵的质量和大小, 在鱼卵表面铺上一定量的精盐, 置于1℃以下冷藏3~5 d^[9]。Sujiko口味丰富, 深受经验丰富的鱼籽鉴赏家的欢迎。

1.2 鱼籽酱

鱼籽酱是最熟知的鱼卵加工产品, 是将鱼卵从雌鱼卵巢的结缔组织中分离开来, 经过筛选, 盐渍而制得的产品。鱼籽酱虽可由多种鱼卵制得, 且鱼籽酱的称呼被广泛用于各种鱼卵, 然而并不是所有鱼卵制成的鱼籽酱产品都可以单独称之为鱼籽酱。根据国际贸易协定的相关规定: 只有源于鲟鱼的鱼籽酱才能单独使用“*caviar*(鱼籽酱)”这个词, 其他种类的鱼卵要使用“*caviar*”这个词, 则需标明来源鱼

种, 如大麻哈鱼(*Oncorhynchus* sp.)鱼籽酱(*salmon caviar*)、圆鳍鱼(*Cyclopterus lumpus*)鱼籽酱(*lumpfish caviar*)^[12]。产量稀少是鱼籽酱价格不菲的主要原因, 这主要是因为鲟鱼生长周期长, 野生鲟鱼鱼籽酱的生产周期需要20年以上, 人工养殖鲟鱼鱼籽酱生产周期至少也要7年以上^[13]; 除此之外, 还因为它从鱼卵加工成鱼籽酱的过程非常繁复, 全靠艺术般的熟练技术和知识。

鱼籽酱的加工工艺^[14]:

原料 宰杀 取卵 搓卵 漂洗 沥水 挑选 腌制
包装 成品冷藏

加工鲟鱼鱼籽酱首先关键就是确定每尾鱼的适宜加工时间。因为只有优质的鱼卵才能产出高品质的鱼籽酱, 未成熟的鱼卵会使鱼籽酱产生苦味或者不能使盐分布均匀, 过熟的鱼卵会变软而失去弹性, 腌制过后不能保持饱满的形状, 所以准确地挑选雌鱼加工时间非常重要。此外, 加工过程中的腌制工序也很关键, 要根据鲟鱼种类、鱼卵大小和品质确定腌制用的盐浓度及腌制时间^[14]。加盐量的多少, 取决于鱼籽的种类和品质, 加入的盐既要引出鲜味, 又不能过咸, 鱼卵品质越好, 加盐量越少, 一般不能超过鱼卵的5%。食盐腌制后要抽真空, 在0℃下密封存放。从取卵到成品鱼籽酱, 所有工序必须在15 min内完成, 否则会导致鱼卵不新鲜。成品鱼籽酱没有品牌之分, 只有品级之分。鱼籽酱品级越高, 鱼脂含量越高, 含盐量则相对越低, 口感更加粘稠, 风味更加精致, 且色泽光鲜、完整无损、大小均匀。

1.3 鱼籽酱替代品

由于野生鲟鱼资源的大量减少, 濒危野生动植物物种国际贸易公约(CITES)为了防止珍贵鲟鱼卵的走私和保护鲟鱼资源, 从1998年起根据华盛顿公约实施了限制鲟鱼卵的国际贸易, 导致国际市场上鱼籽酱的供需不平衡, 使其他鱼类的鱼籽酱开始得到人们更多的关注。

目前, 除了鲟鱼的鱼籽被加工成鱼籽酱外, 其他鱼的鱼籽做成的“鱼籽酱”的消费在全球也越来越广泛, 如鲅鱼(*Silurus asotus*)、大麻哈鱼、圆鳍鱼、飞鱼(*Exocoetus volitans*)。在鱼籽酱替代品中, 最受欢迎和最常见的就是大麻哈鱼鱼籽酱或叫做红鱼籽酱, 在日本称之为“ikura”, 常用来做寿司, 深受消费者欢迎^[9]。与白鲟或小体鲟类似的鱼种, 也可作为鱼籽酱替代品的原料来源, 比如鲅鱼中的钳鱼卵成为了黑鱼籽酱的替代物。

传统鲻鱼(*Mugil cephalus*)鱼籽的加工包括盐渍、脱盐和日晒, 最后产品呈黄棕色, 含约4%的盐和20%~30%的水分^[15]。日本的传统水产食品调味鳕鱼(*Gadidae*)籽也是属于鱼籽的腌制品, 在日本的水产批发市场、超市、菜市场的鱼店内均有售。调味鳕鱼籽的加工工艺流程为: 鳕鱼籽冻块 解冻 清洗 沥干 称质量 装桶 食盐、调味液、调色剂的配制 食盐、调味液、调色剂的添加 翻桶 高温冷库腌制 淋洗分类 装盘 平板冻结 装箱 冷

库存存^[16]。

1.4 其他鱼卵制品

1.4.1 烟熏鱼籽 烟熏鱼籽制品的加工工艺与鱼籽酱的基本相同, 只是增加了后期处理, 即烟熏和发酵处理。其加工工序为将盐腌后的鱼籽进行晾晒、烟熏处理后, 密封在桶里, 在阴凉的环境下贮藏 1 个月, 发酵后期, 通过添加食盐中止发酵, 其中盐与鱼卵比例为 1 : 7^[17]。鳕鱼酱就是其中比较常见的烟熏鱼籽制品, 它是将糖腌的鳕鱼籽放在塑料包装袋和木桶中密封发酵, 并待其熟化, 然后烟熏制得的^[18]。斯堪的纳维亚人经常和面包一起食用的一种当地传统“鱼籽酱”就是鳕鱼酱, 通常烟熏后还要加入植物油和不同的调味品^[19]。

1.4.2 干制鱼籽 鱼卵经过分级、漂洗、沥干后, 放在细盐里滚动或者浸泡在一定浓度的盐水里处理一定时间, 然后进行干燥, 干燥过程中要避免吸潮。待鱼籽颜色变为绛红色且变硬后结束干燥, 制得的干制鱼籽可以浸在蜂蜡里, 然后包上蜡纸或用真空包装, 冷藏制得成品^[17]。

1.4.3 新型鱼籽制品 随着人们饮食需求的改变, 新型的鱼籽制品也应运而生。有文献报道, 日本水产科研人员将清洗后的金枪鱼、鳕鱼、鲑鱼、鲱鱼、乌鱼(*Channa argus*)及鲶鱼等的鱼卵进行食盐浸渍、干燥和蒸煮处理, 再通过脱水工序将鱼卵含水量控制在 40%, 盐量控制在 5% 以下, 然后焙烘制成直径为 1~5 mm 的小片或颗粒, 通过苦油、砂糖、料酒、味精等调味品, 或者香菇、芝麻和海带等进行调味处理, 混合均匀后加热灭菌, 加入抗氧化剂, 充氮包装。这种鱼卵制品香味浓、口感好, 且能长期保存^[20]。休闲食品以风味鲜美, 食用及携带方便著称, 已渐渐成为当今生活中人们消费的“新食尚”。曾稍俏^[21]以大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)鱼卵为原料, 制备和研究了大黄鱼鱼卵休闲食品——鱼卵粒, 制备鱼卵粒的工艺流程为: 将经脱腥、蒸煮、研磨的大黄鱼鱼卵, 加入适量的麦芽糊精、卡拉胶、精盐、白砂糖等各种辅料, 并添加特定的抗氧化剂混合均匀后进行炒制和成型, 然后进行烘箱热风干燥, 最后冷却包装制得成品鱼卵粒。

1.5 人造鱼籽酱

人造鱼籽酱属于仿生海洋食品。仿生海洋食品是以海洋资源为主要原料, 加入淀粉、植物蛋白、调味料、植物胶和色素等辅料, 加工制取的形状、口感、和风味与天然海洋食品极为相似, 最重要的是, 其营养价值也不低于天然海洋食品的一种新型食品^[22]。由于仿生海洋食品价格便宜, 食用方便, 因而受到消费者的青睐。

俄罗斯科学家们用鸡蛋、葵花籽油、盐和鱼精配制了一种黑鱼籽酱的替代品, 把这些原料倒进一个特殊设计的机器中经过翻炒和多次过滤以后, 就可制得像黑珍珠般的小颗粒。这种人造鱼籽酱比鲟鱼籽的颗粒大一些, 但是其价格却只有天然鱼籽酱价格的十五分之一, 而且营养丰富, 热量低, 是一种物美价廉的健康食品。

2 鱼籽酱的保鲜技术

鱼籽酱中的 n-3 长链不饱和脂肪酸 EPA 和 DHA, 能减少冠心病的风险, 预防老年痴呆症和抗炎症, 但是 n-3 长链不饱和脂肪酸易被氧化, 而且也缩短了鱼籽酱的货架期^[23], 所以良好的保藏方法和延长货架期的方法非常重要。

2.1 温控保鲜技术

目前, 冷藏是鱼籽酱保藏的常用方法, 但是在冷藏温度下很难抑制致病菌的生长, 比如李斯特菌(*Listeria*), 所以仅用冷藏的方法很难延长鱼籽酱的贮藏期。STERNIN^[24]发现经真空包装但未经过巴氏消毒的鱼籽酱, 置于 -20 低温环境中, 货架期达到 1~2 年。

国际市场提倡用巴氏消毒法减少食品的潜在疾病危害。然而鱼籽酱是一种对热处理敏感的食品, 一般温度达到 70~80 以上, 蛋白质就会变性^[14]。经过巴氏消毒后的鲑鱼籽酱变得柔软而发白, 未完全成熟的卵在 70 时发生变形, 弹性大大减少, 到 72 时卵黄完全凝结且鲑鱼籽酱口感全无^[24]。在 50~70 的温度范围进行巴氏消毒处理, 适当延长消毒时间, 这种方法相对可行, 但是会损失产品质量。STERNIN 等^[25]表示, 鲑鱼鱼籽酱的巴氏消毒应控制在 60 以下, 而鲑鱼和圆鳍鱼的鱼籽酱温度可升到 70 以上。间歇式巴氏杀菌(50~70)处理鲟鱼鱼籽酱和鲑鱼鱼籽酱的效果也不甚理想^[9]。

2.2 化学保鲜技术

添加防腐剂也是产品保藏的传统方法。硼砂是一种防腐剂, 能抑制细菌和真菌的滋生, 从而延长鱼籽酱的货架期, 而且硼砂不仅仅是一种防腐剂, 它还会使鱼籽酱产生一点香甜的余味, 同时能调和鱼籽酱中各成分的味道^[12]。研究发现硼砂会在人类体内累积下来, 永远保存在体内的器官中, 对人体的健康造成不良影响, 所以包括中国在内的大多数国家, 硼砂都不允许用于食品中, 只有一些欧洲国家允许硼砂作为食品添加剂来使用。

鱼籽酱生产过程中会加入 3%~5% 的盐, 既有利于改善风味, 也可以延长鱼籽酱的保藏期。众所周知, 在食品行业, 盐通过改变食品中的水分活度和氧化还原电位, 可以抑制微生物生长、延长食品货架期。所以 INANLI 等^[26]研究了不同的加盐量对虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)卵贮藏期的影响, 发现加盐量为 4% 和 8% 时, 贮藏期分别为 28 d 和 35 d, 表明增加盐腌过程中的加盐量确实可以延长鱼籽的保藏期。美国食品和药物管理局(FDA)曾提倡增加盐量来抑制肉毒杆菌(*Clostridium botulinum*)孢子的生长, 但是仅通过盐量的增加难以抑制肉毒杆菌孢子的激活, 且低盐量的鱼籽酱越来越受到大众的欢迎。所以, 通过增加鱼籽酱的含盐量来延长产品货架期的方法也存在一定的弊端, 鱼籽酱的保藏成为了鱼籽酱加工过程中的一个难题, 找到新

的保藏方法迫在眉睫。

近年来,出于安全考虑,用天然保鲜剂来代替人工合成保鲜剂显得越来越迫切^[27]。WANG等^[28]分别将桑黄籽实体和发酵液中提取出来的黄酮类物质加入到鱼籽酱中,发现2种黄酮类物质都具有适度抗氧化效果,可以延长货架期,尤其是0.02%的取自发酵液中的黄酮类物质,其抗氧化效果比抗坏血酸的要好,而且还可以改善鱼籽酱的感官特性; TAKAHASHI等^[27]研究了乳酸链球菌素(Nisin)的成对抗菌组合(Nisin和溶菌酶, Nisin和-多溶素)对鲑鱼卵中李斯特菌的抑制作用,发现在低温(10℃)和室温(25℃)下,2种抗菌组合都有明显的抑菌效果。因此未来可以考虑用这2种抗菌组合来抑制鱼籽酱中微生物的生长。

2.3 其他保鲜技术

相对于传统的加热方法,射频和微波加热的介质加热方法,具有处理时间短、且对食品质量影响小的特点,射频加热已经被推荐成为通心粉和奶酪的杀菌方法^[29-30]。而且通过研究介电常数,改善介质加热对食品的杀菌消毒效果的研究也越来越多^[31]。随着研究的深入,有望将介质加热技术用于鱼籽酱的保藏。

3 展望

鱼卵的营养价值非常高,而鱼卵的深加工产品相对单一,但还有很大的加工空间,特别是除了鲟鱼以外的其他鱼类品种的鱼卵,所以对鱼卵的深加工技术值得进一步研究。对于鲟鱼籽酱的加工,主要的发展瓶颈是鲟鱼卵的持续性供给,要解决这个问题,关键是要拥有大量的成熟鲟鱼,所以鲟鱼养殖技术需要得到更多的重视,可以考虑将鱼籽酱加工产业与鲟鱼养殖产业结合起来研究^[14]。另外,在鱼籽酱保藏技术上,也要加大研究力度,在保证鱼籽酱口味和食用安全的基础上,延长其货架期,为鱼籽酱加工产业的发展提供技术支撑。

参考文献:

- [1] ANG Q, XUE C H, LI Z J, et al. Phosphatidylcholine levels and their fatty acid compositions in squid egg: a comparison study with pollack roe and sturgeon caviar[J]. *J Food Lipids*, 2008, 15(2): 222-230.
- [2] 姚春霞, 张芸. 黑鱼子酱加工副产品在中餐中的应用探析[J]. 农产品加工学刊, 2010(12): 83-84.
- [3] GALLA N R, KARAKALA B, AKULA S, et al. Physico-chemical, amino acid composition, functional and antioxidant properties of roe protein concentrates obtained from *Channa striatus* and *Lates calcarifer*[J]. *Food Chem*, 2012, 132(3): 1171-1176.
- [4] CHALAMAIH M, JYOTHIRMAYI T, BHASKARACHARY K, et al. Chemical composition, molecular mass distribution and antioxidant capacity of rohu (*Labeo rohita*) roe (egg) protein hydrolysates prepared by gastrointestinal proteases [J]. *Food Res Int*, 2013, 52(1): 221-229.
- [5] BECHTEL P J, CHANTARACHOTI J, OLIVEIRA A C, et al. Characterization of protein fractions from immature Alaska walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) roe[J]. *J Food Sci*, 2007, 72(5): 338-343.
- [6] KUSA M. Physiological analysis of fertilization in the egg of the salmon, *Oncorhynchus keta* L. Why are the eggs not fertilized in isotonic ringer solution? [J]. 日本動物学彙報, 1950, 24(1): 22-28.
- [7] ZIOBER S R, BIALETZKI A, de FIMA MATEUS L A. Effect of abiotic variables on fish eggs and larvae distribution in headwaters of Cuiabá River, Mato Grosso State, Brazil[J]. *Neotrop Ichthyol*, 2012, 10(1): 123-132.
- [8] 高露姣, 夏永涛, 黄艳青, 等. 俄罗斯鲟鱼卵与西伯利亚鲟鱼卵的营养成分比较[J]. 海洋渔业, 2012, 34(1): 57-63.
- [9] BLEDSOE G E, BLEDSOE C D, RASCO B. Caviars and fish roe products[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2003, 43(3): 317-356.
- [10] OHAMADI M H, AFSETH N K, LOZANO J, et al. Determining quality of caviar from Caspian Sea based on Raman spectroscopy and using artificial neural networks[J]. *Talanta*, 2013, 111(7): 98-104.
- [11] SCANO P, ROSA A, PISANO M B, et al. Lipid components and water soluble metabolites in salted and dried tuna (*Thunnus thynnus* L.) roes[J]. *Food Chem*, 2013, 138(4): 2115-2121.
- [12] GULYAS T, 李融. 正确认识鱼子酱[J]. 中国水产, 2006(10): 41-42.
- [13] 郭志杰, 贾涛. 世界鲟鱼鱼子酱贸易状况分析[J]. 科学养鱼, 2011(8): 3-5.
- [14] MONFORT M C. Fish roe in Europe: supply and demand conditions[M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, GLOBEFISH, FAOs Fishery Industries Division, 2002: 72.
- [15] HSU W H, DENG J C. Processing of cured mullet roe[J]. *J Food Sci*, 1980, 45(1): 97-101.
- [16] 张施军. 狹鳕鱼籽的加工技术[J]. 中小企业科技, 2003(8): 19.
- [17] 李增绪, 戴志远. 鱼籽酱和鱼籽的加工工艺[J]. 科学养鱼, 2004(12): 65.
- [18] LAPA-GUIMARÉS J, TRATTNER S, PICKOVA J. Effect of processing on amine formation and the lipid profile of cod (*Gadus morhua*) roe[J]. *Food Chem*, 2011, 129(3): 716-723.
- [19] ENGSTRÖM M K, WALLIN R, SALDEEN T. Effects of Scandinavian caviar paste enriched with a stable fish oil on plasma phospholipid fatty acids and lipid peroxidation[J]. *Eur J Clin Nutr*, 2003, 57(9): 1052-1059.
- [20] 李玲玲. 加工鱼卵的新方法[J]. 河南水产, 1995(3): 24.
- [21] 曾稍俏. 大黄鱼鱼卵休闲食品-鱼卵粒的研制及其脂肪稳定性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [22] 王奋芬, 张问, 刘娟娟, 等. 仿生海洋食品“海鲜汇”加工工艺研究[J]. 食品工业, 2013, 34(5): 114-117.
- [23] ROSA A, SCANO P, MELIS M P, et al. Oxidative stability of

- lipid components of mullet (*Mugil cephalus*) roe and its product "bottarga "[J] . Food Chem, 2009, 115(3) : 891 - 896.
- [24] STERNIN V. Caviar: the resource book[M] . Cultura, 1993: 6 - 250.
- [25] STERNIN V, DUNCAN D, RESEARCH B C. Roe processing technology manual[M] . [S. l.] : Food Technology Centre, Applied Biology Division, British Columbia Research Corporation, 1992: 6 - 380.
- [26] İNANLI A G, COBAN E, DARTAY M. The chemical and sensorial changes in rainbow trout caviar salted in different ratios during storage[J] . Fish Sci, 2010, 76(5) : 879 - 883.
- [27] TAKAHASHI H, KASHIMURA M, MIYA S, et al. Effect of paired antimicrobial combinations on *Listeria monocytogenes* growth inhibition in ready-to-eat seafood products [J] . Food Control, 2012, 26(2) : 397 - 400.
- [28] WANG Y, YU J X, ZHANG C L, et al. Influence of flavonoids from *Phellinus igniarius* on sturgeon caviar: antioxidant effects and sensory characteristics[J] . Food Chem, 2012, 131(1) : 206 - 210.
- [29] GUAN D, PLOTKA V C F, CLARK S, et al. Sensory evaluation of microwave treated macaroni and cheese [J] . J Food Process Pres, 2002, 26(5) : 307 - 322.
- [30] WANG Y, WIG T D, TANG J, et al. Dielectric properties of foods relevant to RF and microwave pasteurization and sterilization [J] . J Food Eng, 2003, 57(3) : 257 - 268.
- [31] HERVE A G, TANG J, LUEDCKE L, et al. Dielectric properties of cottage cheese and surface treatment using microwaves[J] . J Food Eng, 1998, 37(4) : 389 - 410.