



· 综述 ·

我国水产品加工和流通产业科技现状与发展趋势

薛长湖*, 李兆杰

(中国海洋大学食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 水产品加工流通是实现渔业高质量发展的关键环节, 对保障水产品常年优质安全供应、助推国家“食物安全战略”和“健康中国战略”实施发挥了重要作用。新中国成立后, 通过自主创新、技术引进与消化吸收, 水产品加工流通科技持续进步, 产业快速发展。形成了冷冻冷藏水产品、鱼糜制品、休闲食品、干制品、罐藏食品、海藻食品、水产饲料、生物制品加工等全世界最完善的水产加工体系和以批发市场为主体、电商等新型物流模式快速发展的水产品流通体系。本文分析了水产品提供优质蛋白质和 ω -3 多不饱和脂肪酸等必需营养素、平衡居民膳食结构、降低陆生动物性食物生产压力等方面的重要作用; 系统总结了我国水产品加工流通产业科技发展现状、存在问题及发展方向; 提出了“构建以消费引导加工、加工引领养殖的现代渔业产业体系, 保障食物安全”、“构建水产品梯次加工利用技术体系, 保障水产品安全优质供应”、“构建水产品功效成分的精准加工技术体系, 助推健康中国战略实施”等保障我国水产品加工与流通产业高质量发展的新举措。

关键词: 渔业; 水产品加工; 水产品流通; 高质量发展

中图分类号: TS 254.1

文献标志码: A

1 水产品保障国家食物安全和国民健康的作用越来越突出

地球 71% 的表面被水所覆盖, 其中绝大部分是海洋。地球上 80% 以上的生物生活在水中, 这些生活在海洋和淡水中的鱼类、甲壳类、贝类及海藻类等水产品又被称为蓝色食物 (blue food), 是人类食物的重要来源。

1.1 水产品已成为我国居民膳食的重要组成

2022 年, 全球人类水产品的表观消费量为 20.2 kg/人, 提供了 17% 的动物性蛋白。据预测, 2030 年全球水产食品的消费总量将增长 15%, 达

到人均 21.4 kg^[1]。而到 2050 年, 来自海洋的食品年产量可能增加 2 100~4 400 万 t, 比当前产量增加 36%~74%, 能满足全球 98 亿人口全部肉类食品需求增长的 12%~25%^[2]。因此, FAO 建议, 必须保证水产食品的可持续生产, 保障生计、保护水生生境和生物多样性, 推动粮食体系转型^[1]。

新中国成立 70 多年来, 渔业发展取得了举世瞩目的伟大成就, 水产品产量和消费量持续稳步增加, 在保障食物安全方面发挥了不可或缺的作用。1950 年, 全国水产品总产量仅为 91 万 t, “吃鱼难”问题在相当长一段时间内十分突出; 1990 年, 全国水产品总产量达到 1 237 万 t, 水产品总量开始位居世界第一; 2022 年, 全国水产品



收稿日期: 2023-10-19 修回日期: 2023-11-01

通信作者: 薛长湖, 从事海洋生物资源高效利用研究, E-mail: xuech@ouc.edu.cn

总产量达到 6 865.91 万 t, 居民人均水产品占有量 48.63 kg, 是世界人均水平的 2 倍, 人均消费量近 30 kg。水产品成为仅次于猪肉的第二大动物性食品, 彻底解决了居民“吃鱼难”的问题^[3]。

1.2 水产品保障中国国民健康方面发挥了重要作用

水产品因生活环境独特, 不仅富含极易被人体消化吸收利用的优质蛋白质, 还是维持人类健康所必需的二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA) 等 ω -3 长链多不饱和脂肪酸的最主要膳食来源, 在保障居民健康方面发挥着不可替代的作用, 是助推健康中国战略实施的重要物质基础。

水产品是实现平衡/合理膳食的重要物质基础。要维持生命体正常的生理功能, 就需要每天能够足量、均衡地摄入蛋白质、脂肪、碳水化合物、常量元素、微量元素、脂溶性维生素、水溶性维生素及水等必需营养素。缺少任何一种或少数几种均无法满足必需营养素的充足、均衡供应。因此, 平衡/合理膳食是维持机体正常生理功能、保障健康的重要手段, 平衡/合理膳食不仅能最大程度满足机体能量和营养素需求, 也是强化免疫力和生理功能的需要。

平衡/合理膳食可降低心血管疾病、高血压、结肠直肠癌、2 型糖尿病的发病风险。膳食结构不平衡/不合理是导致慢性病发生的主要危险因素, 是中国居民疾病发生和死亡的最主要因素。据统计, 2012 年, 我国成年人由于膳食不平衡导致的心血管代谢性疾病的死亡率为 20.8%。在成年人所有膳食因素与估计的心血管代谢性死亡数量有关的归因中, 比例最高的高钠摄入占 17.3%, 水果摄入不足占 11.5%, 水产品 ω -3 多不饱和脂肪酸摄入不足占 9.7%^[4]。

水产品中含有丰富的优质蛋白质、活性脂质、活性多糖、维生素和矿物质等人体所必需的营养物质。相较于畜禽类动物食品, 其对平衡膳食营养、维持公众身体健康具有重要作用。Golden 等^[5]对 3 752 种动物性食品的营养成分数据进行了系统比较, 发现中上层鱼类、贝类、头足类等水产食品中包括 ω -3 长链多不饱和脂肪酸、维生素 A、维生素 B₁₂、钙、碘、铁、锌在内的 7 种人体必需营养素的含量均明显超过牛肉、羊肉、鸡肉和猪肉等陆生动物肉。中国营养学会在其发布的《中国居民膳食指南 (2022)》中提出了居民膳食平衡

条件下各类食物的推荐摄入量。其中, 动物性食品的每周推荐摄入量为: 水产品与畜禽肉类各 300~500 g、蛋类 300~350 g, 水产品与畜禽肉类的推荐摄入量比例为 1:1。显然, 水产品与畜禽肉类具有相同的食物地位。

随着我国居民水产品消费量的持续增加, 水产品成为居民重要的动物性蛋白来源。据最新调查数据显示, 2019 年我国水产品的实际人均消费量近 30 kg, 提供了 27.3% 的动物性蛋白质、35.30% 的肉类蛋白质, 与猪肉相当 (猪肉提供了 37.3% 肉类蛋白质), 成为第二大动物性蛋白来源。鱼类、甲壳类和贝类对肉类食物蛋白质的平均贡献率分别达到 25.60%、4.00% 和 4.40%^[6], 为平衡居民膳食结构发挥了不可替代的作用。然而我国水产品消费地域之间的不平衡现象相当严重, 中西部地区水产品消费水平仍远远低于东部地区, 以 2007 年我国各地区农民家庭食品消费量为例, 水产品消费量最高的 5 个省市分别为: 上海 19.4 kg、浙江 16.89 kg、海南 15.16 kg、广东 14.31 kg、福建 14.18 kg, 全部分布在东部沿海地区, 而西部地区最高的广西达到 4.18 kg, 重庆 3.13 kg, 其他省份水平都很低, 西北 6 省区甚至都在 0.5 kg 以下^[7]。水产品消费的地域性差异非常明显。

水产品中的 EPA/DHA 在预防心血管代谢性疾病等方面发挥重要作用。多吃鱼能延长人类寿命, 这已成为人们的共识。目前大量研究表明, 吃鱼能延长人类寿命主要与其富含 EPA/DHA 等 ω -3 系列长链多不饱和脂肪酸有关。1979 年, 瑞典学者 Dyerberg 等^[8]在对生活于格陵兰岛的爱斯基摩人的心脏健康状况进行研究的基础上, 发表了一个非常著名的调查报告, 认为爱斯基摩人心脑血管疾病发病率低的原因是从海豹和鱼油中摄入了大量 EPA/DHA 等 ω -3 型长链不饱和脂肪酸。1994 年, 英国相关部门发表了一项官方研究报告, 建议市民每周至少吃 2 次多脂鱼 (总脂含量 \geq 5% 的鱼类)。美国心脏学会于 2002 年也给出了类似建议。很多国家的卫生组织都对 EPA/DHA 的每日摄入量给出了建议, 成年人的最低推荐摄入量均 \geq 250 mg/d (表 1)。

在全球范围内, 水产品仅提供了 1.4% 的膳食脂肪, 但却是维持人类健康所必需 EPA/DHA 的主要食物来源^[9]。事实上, 从人类的膳食结构推断, 水产品可能是大部分民众补充 EPA/DHA 等 ω -3 长链多不饱和脂肪酸的唯一来源^[10]。但目

表 1 世界各国推荐的 DHA 与 EPA 饮食推荐摄入量

Tab. 1 Recommended dietary intakes of DHA and EPA by countries around the world

国家或组织 countries around the world	年份 year	推荐摄入量 recommended dietary intakes
美国心脏协会 American Heart Association (AHA)	2002	冠心病摄入量: 1 g/d
世界卫生组织 World Health Organization (WHO)	2008	成年人摄入量: 250~2000 mg/d
欧洲食品安全局 European Food Safety Authority (EFSA)	2010	成年人摄入量: 250 mg/d 婴幼儿摄入量: 100 mg/d 孕期及哺乳期妇女摄入量: 100~200 mg/d
中国营养学会 China Nutrition Society (CNS)	2014	成年人摄入量: 250~2 000 mg/d
	2016	婴幼儿摄入量: 100 mg/d 孕妇: 每周吃2~3次深海鱼

前人类从捕捞水产品和养殖水产品摄入的 EPA+DHA 的总量仅为 420 kt/年, 平均 149 mg/(人·d)^[11], 与国际或国家卫生组织推荐的摄入量仍有较大差距。

不同的食品原料中, EPA/DHA 存在的型式有所不同。在某些海产品体内, 如鸕乌贼卵、鳕鱼卵、磷虾和扇贝精巢中, EPA/DHA 更多的以磷脂型存在; 而在部分海产品的内脏中, 如秋刀鱼内脏和扇贝卵巢等海产品, 以及一些海洋藻类中, EPA/DHA 则主要是以甘油三酯 (TG) 或者乙酯型存在^[12]。近年来研究发现, 与甘油三酯形式的 EPA/DHA 相比, 磷脂型 EPA/DHA 表现出更多优势: ① EPA 和 DHA 的生物利用率较高; ② 具备磷脂和 EPA/DHA 的双重活性; ③ 具有更好的抗氧化稳定性。大量的研究显示, EPA/DHA 磷脂在对成年期慢病、老龄化高发神经系统疾病的预防及改善等方面具有显著的营养健康功效。

而据最新的研究发现, 生命早期组织器官内的 DHA 水平影响 DNA 甲基化修饰的表观遗传, 进而影响后续生命健康, 如生命早期膳食中 EPA/DHA 缺乏会增加成年后因膳食不均衡所导致的慢病、老龄化高发神经系统疾病的易感性, 生命早期膳食补充 EPA/DHA 可显著改善成年后糖脂代谢紊乱, 发挥神经保护作用^[13-14]。

1.3 动物性水产食品的生产消费比陆生动物更可持续

食物生产是全球温室气体产生的主要原因。据报道, 全球食物生产排放了 1/4 的温室气体, 利用了全球一半的土地资源, 消耗了全球 3/4 的淡水资源。而动物性食品生产又是温室气体的主要来源。在动物水产品中, 贝类养殖产生的环境

压力最低, 而鲤、鲑、鳟、罗非鱼等鱼类养殖产生的环境压力与陆地环境压力最小的鸡肉相当^[15]。据预测, 增加鱼类产量可减少近一半的土地和水资源使用, 表明水产品是一种高性能、环境友好的食品, 为人类环境改善及食物可持续发展提供了新的机会^[16]。在陆地水土资源约束日渐增大的背景下, 向大海要食物, 构建陆地和海洋生物资源并重的多元食物供给体系, 践行大食物观, 是保障我国食物安全的唯一出路。

2 我国水产品加工与流通产业科技发展现状

水产品加工是综合利用机械、物理、化学或生物学等方法, 将渔业生产活动所获取的水产品进行保鲜加工、食品加工或综合利用产品开发的过程, 水产品保鲜加工、食品加工和综合利用构成了水产品的梯次利用体系; 而水产品流通则是实现水产品从生产领域向消费领域转移的主要途径。水产品加工流通是实现渔业高质量发展的关键环节, 对保障水产品常年优质安全供应发挥了重要作用。新中国成立后, 通过自主创新、技术引进与消化吸收, 水产品加工流通科技持续进步, 产业快速发展。目前, 已形成了冷冻冷藏水产品、鱼糜制品、休闲食品、干制品、罐藏食品、海藻食品、水产饲料、生物制品加工等全世界最完善的水产加工体系和以批发市场为主体、电商等新型物流模式快速发展的水产品流通体系。

2.1 水产品保鲜加工技术

新鲜度是决定水产品商品价值的最重要因素。因此, 保鲜加工在水产品加工业中占有极其重要

的地位。

水产品保鲜主要以低温保鲜为主, 包括冰温保鲜 (-2~0 °C)、微冻保鲜 (-4~-2 °C) 及冷冻保鲜 (-60~-18 °C) 等, 最常用的是冰温保鲜和冷冻保鲜。冰温保鲜是近海捕捞水产品的船载保鲜、加工过程中保鲜和市场流通过程中最主要的保鲜方法。冷冻保鲜主要用于水产品原料或加工产品的长期贮藏。近年来, 随着水产品冰温保鲜技术研究的不断深入, 不同形式保鲜冰的应用研究也已展开, 主要有流化冰、流态化干冰、臭氧冰、电解水冰、生物保鲜剂冰等^[17-18]。流化冰和流态化干冰可以实现水产品的快速降温, 而后几种保鲜冰由于加入了一些杀菌剂或抑菌剂, 在快速降低水产品温度的同时, 可以部分杀灭或抑制水产品中的致病或腐败微生物。微冻保鲜温度比冰温保鲜的温度更低, 可更好地抑制微生物生长、内源酶活性和脂肪氧化, 延缓其品质劣变进程, 但由于温度控制精度要求高, 目前尚未得到广泛应用。冷冻保鲜是实现水产品长期保藏的主要方法, 冻结技术装备主要以食品加工业通用的制冷技术装备为主。食品工业中常用的平板冻结、流态化冻结等存在着冻结速度慢等缺点, 不适于淡水鱼、贝类及甲壳类等易发生冷冻变性水产品的冻结加工。目前已经开发出了针对水产品的超低温冷冻液(超低温载冷剂、液氮)浸渍式冻结以及流态化干冰冻结等水产品快速冻结技术^[19-21], 并在梭子蟹、中华绒螯蟹、大黄鱼、鲍等高档水产品的冷冻保藏中进行了小规模的产业化应用, 但冻结成本是限制其在低值水产品中应用的主要因素。为了保持水产品在保鲜过程中的品质, 近年来在保鲜水产品的包装技术与材料、全程质量控制方面也进行了大量技术创新, 如通过传统包装材料中添加一定的辅助物来保障水产品品质的活性包装技术, 具有类似检测、追踪、反馈等人工智能的智能包装技术, 以及基于物联网、区块链技术的水产品保鲜(包括贮藏、物流)过程中的品质实时监控技术等^[22]。

2.2 水产品加工技术及装备

水产品加工依据加工程度不同, 可分为初级加工和精深加工等不同梯次等级。初级加工主要对水产原料进行简单分级、清洗、去鳞、去头、去内脏、保鲜、腌渍、调理等初步加工, 制品仍保留着原始水产品色香味形等感官特征。而精深

加工是指按一定要求改变原材料固有的形体特征或规格分布, 或同时借助某些技术手段修饰而改变其本体品质特征, 如鱼片、脱脂黄鱼、烤鳗、调理食品、水产品罐头、鱼糜制品、鱼酱油等。

水产品前处理技术及装备 中国的水产品加工原料具有品种多、规格和加工特性(原料形状、化学组成、质构特性等)差异大等特点。由于在水产品精准化图像识别与定位、加工机械的精准智能化控制等方面与国外有较大差距, 规模化前处理技术与装备研发难度大。初步估计, 在水产品前处理工序, 80%左右仍然依赖人工, 加工效率较低。目前, 国内研发并投入使用的鱼类前处理装备主要包括弹簧刷去鳞机和卧式多滚筒去鳞机、圆盘刀去头机和弧形刀去头机及剖腹机、开背机、开片机、切断机等设备^[23]。在虾类前处理技术装备方面, 通过对虾头胸部的连接力学特性研究, 确定了对虾去头的位置、方式与方法, 掌握了对虾开背的切割特性, 设计了对虾开背的试验装置, 研制了对虾剥壳样机, 但采肉率低、稳定性差等问题需要改进^[24]。在蟹类前处理方面, 建立了滚轴挤压、皮带挤压、真空吸滤等实验平台, 成功研制了中华绒螯蟹壳肉分离专用设备并应用于实际生产, 并对超高压辅助开壳进行了研究^[25]。在贝类前处理加工方面, 研制了蛤类清洗分级设备和牡蛎组合式高效清洗设备, 可提高清洗效率30倍以上^[26]。

水产品干制加工技术及装备 水产干制品在我国具有悠久的历史。干海带、海米、咸鲛鱼、扇贝柱、干鲍等传统水产干制品仍然以日光干燥或热风干燥为主。近年来, 随着食品工业干燥技术的不断进步, 真空冷冻干燥、热泵低温干燥、微波真空干燥及各种干燥方式的组合干燥等相继开发, 并应用于小黄鱼、干海参、大黄鱼等的干燥^[27-28]。

水产品杀菌(减菌)技术及装备 水产品杀菌的目的有两个: 一是罐头类水产食品的商业无菌化杀菌, 以便在常温条件下可长时间贮藏, 常用热力杀菌, 所采用的杀菌装备主要为食品工业中常用的热力杀菌设备。由于传统热杀菌技术加热时间长, 会造成水产食品的质构破坏和营养成分损失。因此, 降低热力杀菌过程中的升温时间是保持热力杀菌水产品品质的关键。目前, 已开发出了水产品的微波辅助加热快速杀菌技术, 并研制了中试型的微波辅助加热杀菌装置, 但离

商业化应用还有一定距离。水产品杀菌(减菌)的另一个目的保鲜杀菌,用于减少原料中的细菌总数,延长其在冷藏过程中的保质期,其中对非热力杀菌在水产品中的应用进行了大量研究,并显示出了在生食水产品中的良好应用前景^[29]。目前研究的冷杀菌技术主要包括:①超高压杀菌。主要集中在鱼类、虾、蟹及贝类等水产品的杀菌保鲜,以及脱壳、品质改良、快速冷冻解冻等方面。②辐照杀菌。常用的射线有 γ 射线、X射线和电子束射线等,可运用于冷冻、新鲜或经过加工包装的水产品,能有效杀灭微生物和寄生虫,延长货架期。③高密度二氧化碳(dense phase carbon dioxide, DPCD)杀菌。DPCD杀菌技术在水产品中的应用研究主要集中在虾类和贝类。④稳定态二氧化氯杀菌。稳定态二氧化氯可运用于鲜活的虾、贝类等暂养杀菌、水产品的保鲜杀菌,或制成保鲜冰用于水产品保鲜中,已经商业化成功应用。⑤臭氧杀菌。臭氧已被广泛应用于水产品的杀菌保鲜、鲜活水产品的暂养杀菌或制成保鲜冰。⑥酸性电解水杀菌。酸性电解水(acidic electrolyzed water, AEW)可用于水产品的暂养杀菌及保鲜杀菌,由酸性电解水制成的酸性电解水冰(AEW ice)是近年来发展起来的一种新应用。⑦生物保鲜剂杀菌。茶多酚、溶菌酶、壳聚糖、乳酸链球菌素、 ϵ -聚赖氨酸等在水产品中的保鲜效果已进行了大量研究。

冷冻鱼糜及鱼糜制品加工技术 冷冻鱼糜加工是20世纪60年代由日本研发出的一种鱼糜保鲜加工技术,冷冻鱼糜可以作为战略储备肉长期冻藏,以稳定市场供应。我国自20世纪80年代从日本引进冷冻鱼糜及鱼糜制品加工技术装备以来,通过不断创新,加工技术和装备已和世界先进水平同步。近年来,冷冻鱼糜及鱼糜制品加工技术与装备研发主要集中于以下几个方面:一是冷冻鱼糜原料的拓展。一些低值小杂鱼、鱿鱼及南极磷虾等资源的冷冻鱼糜加工技术相继被研发。二是鱼糜制品凝胶特性改良。主要集中在鱼糜凝胶特性机制、鱼糜的低盐凝胶化技术、不同原料鱼冷冻鱼糜加工工艺的优化等^[30-31]。

2.3 水产品综合利用技术

水产品综合利用是以低能耗、洁净的生产工艺技术及其系统集成,高效利用水产品资源中的各种功效成分,开发有益于人类健康且安全的产

品,实现水产品经济效益、社会效益和生态效益的最大化。对于水产加工副产物及低值鱼贝类的综合利用,最初研究主要集中在鱼粉、鱼油(包括鱼肝油)、鱼蛋白等方面。之后研究主要集中在水解蛋白、胶原、明胶、内脏酶制剂、矿物元素提取、高含量及高纯度EPA/DHA鱼油制品、软骨素及生物活性肽等方面。近年来,在低值水产品或水产加工副产物的开发利用中,现代食品加工高新技术,如超临界萃取技术、挤压技术、生物定向酶解技术、微胶囊技术、超高压技术等均得到广泛的应用,研制出一大批综合利用产品。但一些技术仍然存在着二次环境污染严重、产品生产成本高、产品市场竞争力不足等问题。目前,水产品综合利用装备主要利用食品工业、化工工业及生物制品行业的一些通用设备。

2.4 水产品流通技术

中国水产品流通模式主要包括批发商主导、合作社主导、加工企业主导、超市主导和渔民直销的流通模式,其中批发商主导的流通模式最为常见。根据流通效率的投入和产出评价指标,对各种流通模式进行效率评价,发现超市主导的流通模式效率最高,而批发商主导的流通模式效率最低^[32]。由于批发商主导的流通模式存在着流通渠道复杂且冗长、流通过程中品质保持与智能化控制技术缺乏,导致流通效率低下。通过对2008—2016年水产品批发市场数及市场摊数的变化分析发现,2012年以前,亿元规模以上水产品批发市场数及市场摊数呈现上升趋势,而2013年以后,均呈现下降趋势。说明批发市场这一水产品流通模式已不适应现代水产品流通业发展的要求,需要形成新型的水产品流通模式,使水产品能够快速流通。

新中国成立以来,水产品加工与流通产业科技虽然取得了突破性进展,有力推动了水产品加工与流通产业发展,但仍然存在以下问题。

大宗淡水鱼工业化加工技术体系尚未形成,导致淡水水产品加工率偏低 我国淡水鱼产量接近2700万t,占淡水水产品总量的83%,占我国鱼类总产量的76%以上,是我国第一大水产资源,理应成为主要的水产品加工原料。但淡水鱼肌间刺多、土腥味重、冻藏后肉质变软,加工适性差,导致高质化加工技术难以突破。据统计,2020年,我国淡水水产品的加工率仅为16.2%,

远低于海水产品 58.9% 的加工水平。

大宗水产品规模化与精准化前处理装备缺乏, 水产品加工效率低。水产品原料种类多, 单一品种产量超过 10 万 t 的种类近 70 种, 前处理装备的通用性差, 需要研发的装备多; 不同原料的规格和加工特性(原料形状、质构特性等)差异大, 水产品精准图像识别、精准定位、机械智能化控制技术方面与国外有较大差距, 水产品规模化与精准化前处理技术与装备研发难度大, 需要较大投入; 国内虽然在鱼类去鳞、剖腹、开片、分割, 虾类开背切割、脱壳, 以及蟹类壳肉分离等专用设备的研制方面取得了一定进展, 但装备集成性差, 在装备运行效率、设备稳定性、产品浪费率及处理产品的质量品质方面与国外有较大差距。

水产品产后加工流通环节损耗率居高不下, 对水产品安全供应造成重大隐患。水产品具有易腐败和易损耗的特性, 在产后收储、加工和物流过程中容易受到环境影响而损耗。据第七届中国农业展望大会发布的《中国农业展望报告(2020—2029)》统计数据, 2018 和 2019 年, 我国水产品损耗分别约为 1 045 万和 1 055 万 t, 占全部水产品总量的 15% 以上。以鲜活方式流通与消费是造成水产品损耗率高的主要原因, 海水养殖贝类、淡水养殖鱼类主要以鲜活形式销售, 损耗率最高。因此, 加大水产品保活保鲜技术研发力度, 引导国民改善水产品消费习惯, 显著增加加工水产品的消费量, 不但可大幅降低水产品损耗率, 而且可以集中收集加工下脚料, 降低对水产品蛋白资源的浪费, 减少非可食部对环境的影响。

3 我国水产品加工与流通产业发展趋势展望

在全球经济一体化快速发展的国际背景下, 世界水产品加工业整体正在向着多领域、多梯度、深层次、低能耗、全利用、高效益、可持续的方向发展。利用高新技术实现水产品原料的绿色加工与全利用、水产品消费形式向方便化与功能化发展、水产品加工过程的机械化与智能化水平不断提升、水产品冷链物流体系的智能化水平不断提升, 成为先进国家水产品加工与流通业的新趋势。在国际大趋势引领下, 我国水产品加工与流通产业将向以下几个方向发展。

3.1 水产品加工转化率将大幅度提升

一是满足消费者对快捷方便水产食品的需求。据中国渔业协会水产商贸分会发布的一项调查表明, 无论收入高低, 方便快捷、烹饪方便简单是年轻消费者购买水产品的第一选择, 中央厨房产品将迎来快速发展。二是满足水产品加工产业本身发展的需求。伴随着工业化、城市化的高速发展, 农业产前、产中和产后的结构会发生革命性的变革, 产后的农产品加工流通业取代传统的种养殖业并成为农业产业的主体和支柱, 推动传统农业向现代农业快速转变。三是满足渔业可持续发展健康发展的需求。所谓“加工活, 则流通活, 流通活, 则生产兴”。通过大力发展水产品初加工、精深加工和综合利用的梯次加工体系, 统筹推动农产品精深加工与初加工、综合利用加工协调发展, 才能显著延长渔业产业链、提升渔业价值链, 保障我国渔业可持续健康发展。

3.2 水产健康食品产业将会迎来大发展

中国的保健食品产业一直处于高速增长的状态。据统计, 2004—2019 年, 中国保健食品的市场年均增长率超过 10%。而据国家食品药品监督管理总局网页 2016 年给出的保健食品数据库分析发现, 用于保健食品的水产保健食品原料共涉及 40 种。我国在 20 世纪 50 年代就建立了鱼肝油产业, 水产功能食品产业有良好的基础。在 21 世纪新阶段, 我国不仅迫切需要开发更安全、卫生、味美、方便的水产食品, 为人类提供更多的优质蛋白质, 并且还有必要利用水产原料中的生物活性物质开发出大量可增进健康、预防疾病的营养食品和保健食品; 同时, 充分发挥水产品与陆生食品资源“阴阳互补”之健康功效, 系统解决“国民健康需求”等重大社会问题, 提升国民健康水平。

3.3 水产品加工模式将发生重大改变

我国的水产品加工业历史悠久, 腌制(盐渍、酒渍、发酵)品、干制品等传统水产品仍有广阔的市场空间, 低温(冷藏、冷冻)保藏水产品市场容量巨大, 鱼糜制品、功能产品(保健食品、生物制品、农用制剂、药物)等精深加工产品发展迅速。但传统水产加工品的安全问题、低温保藏加工能耗巨大、加工副产物生成的环境污染等问题都是制约产业发展的重要瓶颈。需要从水产品加工模式上进行创新, 才能符合现代水产品加工发展的

需求。

利用现代食品加工技术提升传统加工水产品的品质 针对传统水产品存在的加工时间长而存在质量安全的问题, 重点开发真空低温腌制、低温组合干燥、加工过程质量安全控制等关键技术, 提升产品品质, 满足消费者对传统水产制品的安全需求。

大力发展水产品新型冷藏保鲜技术 冷冻贮藏是水产品主要的保藏方式, 冻结及冷冻贮藏过程需要大量的能量, 是水产品加工过程中的高耗能环节。随着水产品现代物流体系的发展, 水产品从生产者到消费者的时间大大缩短, 高效的冷藏(非冷冻)保鲜技术可以保障水产品在流通过程中的质量安全。另外, 中央厨房、连锁餐饮、餐饮配送等新型水产品消费模式的出现, 也为短时间冷藏保藏的水产品提供了巨大的市场空间。因此, 应大力发展水产速食分割产品(鱼片、鱼排、鱼柳、鱼浆、开背鱼等精细化分割水产品)的绿色冷藏保鲜技术及基于物联网、区块链的智慧型全冷链管理系统, 全面解决“最先一公里”和“最后一公里”的冷链问题, 不仅可以保持水产品的品质, 满足消费者对鲜度的偏爱, 而且可以显著降低冷链流通过程及冷冻加工过程中的能量消耗, 实现水产品的低碳加工。

大力发展机械化、智能化水产品前处理及精深加工技术及关键装备 现代食品工业的发展, 离不开与之密切相关的食品机械装备业的发展。水产品加工装备的机械化、智能化, 是水产品加工实现规模化发展、保证产品品质、提高生产效率的必然要求。同时, 随着我国老龄化进程的加快, 劳动力资源将处于快速减少的状态。应重点开发贝类、海参及海藻等大宗海水养殖产品的机械化收获装备; 水产品高效深冷冻结技术及装备; 养殖鱼类去鳞、去内脏和自动开片机械装备, 虾类去壳机械装备, 贝类净化、去壳设备; 水产品加工副产物的规模化生物加工装备; 海洋水产品的节能冷链运输装备等, 形成高效率、标准化的增长方式。

大力发展生物加工等绿色加工技术 生物加工是实现水产品规模化高效利用、降低加工过程中能源消耗和污染排放的重要手段。充分挖掘极端海洋环境中微生物的基因资源, 开发适用于水产品加工的专用酶类, 并利用现代生物技术构建适用于水产品生物加工的细胞工厂, 是实现

品质调控、营养均衡、清洁生产等先进加工技术, 减少资源浪费和营养流失的重要途径。

4 保障我国水产品加工与流通产业高质量发展的举措

我国水产品加工和流通产业已形成了全世界最完善的产业体系, 在保障食物战略、健康中国战略等国家重大战略的实施中发挥了重要作用。但我国的水产品加工主要以传统的干、腌、熏、冷冻加工为主, 加工率和资源利用率一直处于较低水平, 加工增值效应低, 与发达国家差距较大。因此, 必需构建水产品现代生产技术体系和加工流通技术体系, 实现水产资源高效利用, 保障食物安全战略和健康中国战略的实施。

4.1 构建以消费引导加工、加工引领养殖的现代渔业产业体系, 保障食物安全

过去政府部门一直将丰产作为渔业发展的主攻方向, 这一措施在解决居民“吃鱼难”等方面发挥了重要作用。但这种政策导向导致人们对水产品加工流通业在渔业产业链中的作用认识不足, 忽视了水产品加工业对原料及品质的需求以及加工流通对延长产业链、提升价值链的作用, 造成部分养殖水产品出现“压塘”现象。因此, 必须充分认识水产品加工流通业在现代渔业产业链中的巨大作用, 构建集养殖、加工及流通于一体的现代化渔业产业体系, 形成消费带动加工、加工引领渔业生产的良性发展机制, 保障渔业高质量发展及食物安全。

4.2 构建水产品梯次加工利用技术体系, 保障水产品安全优质供应

水产品具有易腐败和易损耗的特性, 在产后收储保鲜、加工和流通过程中容易受到环境影响而损耗。因此, 应重点突破水产品自动化采收贮运、绿色保鲜、在线分级分选、质量品质调控等农产品现代化加工共性关键技术, 构建水产品产地保鲜加工、规模化适度加工、高效精深加工与副产物综合利用的梯次加工技术体系, 实现水产资源的全利用, 保障水产品安全优质供应。

4.3 构建水产品功效成分的精准加工技术体系, 助推健康中国战略实施

水产品来源的功能性脂质、蛋白肽、多/寡糖

在预防/治疗心脑血管代谢性疾病、增强脑功能、提高机体免疫力、优化肠道菌群等过程中的健康功能已被科学研究和流行病学调查所证实, 并逐步达成共识, 并被开发成保健食品、生物制剂及药品等系列功能性产品。利用水产品营养功效因子开发营养食品、功能食品已成为发达国家的发展重点。日本获批的水产功能性食品约占功能性食品总数的 22%, 但中国在水产品来源的功能成分的基础理论与精准加工关键技术开发方面, 与发达国家存在一定差距, 水产功能食品仅占功能性食品总数的 9%, 水产食品原料在营养健康食品方面的发展空间巨大。因此, 应在对水产品原料的营养功效因子种类、含量、分布、组成、结构和活性等进行系统研究的基础上, 突破以生物活性为导向的功效成分高通量筛选、高效制备、活性稳定、精准递送、精准配伍等关键技术, 构建水产品功效成分的精准加工技术体系, 开发系列营养健康产品, 助推健康中国战略实施。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] 屈冬玉. 世界渔业和水产养殖状况 [R]. 联合国粮食及农业组织, 2022.
Qu D Y. World fisheries and aquaculture status[R]. FAO, 2022.
- [2] Costello C, Cao L, Gelcich S, *et al.* The future of food from the sea[J]. *Nature*, 2020, 558(7836): 95-101.
- [3] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2023 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China Fisheries Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022 (in Chinese).
- [4] He Y N, Li Y P, Yang X G, *et al.* The dietary transition and its association with cardiometabolic mortality among Chinese adults, 1982-2012: a cross-sectional population-based study[J]. *The Lancet Diabetes and Endocrinology*, 2019, 7(7): 540-548.
- [5] Golden C D, Koehn J Z, Shepon A, *et al.* Aquatic foods to nourish nations[J]. *Nature*, 2021, 598(7880): 315-320.
- [6] 朱雪梅, 赵明军, 王宇光, 等. 水产品可食率与蛋白质贡献比较研究[J]. *中国渔业质量与标准*, 2021, 11(3): 32-39.
- Zhu X M, Zhao M J, Wang Y G, *et al.* Comparative study on edible rate and protein contribution of aquatic products[J]. *Chinese Fishery Quality and Standards*, 2021, 11(3): 32-39 (in Chinese).
- [7] 张欢, 孙琛. 我国居民水产品消费水平与消费特征分析[J]. *农业现代化研究*, 2009, 30(4): 430-433.
Zhang H, Sun C. Analysis on aquatic products consumption level and main characteristics of Chinese residents[J]. *Research of agricultural modernization*, 2009, 30(4): 430-433 (in Chinese).
- [8] Dyerberg J, Bang H O. Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos[J]. *The Lancet*, 1979, 314(8140): 433-435.
- [9] Tacon A G J, Metian M. Food matters: fish, income, and food supply—A comparative Analysis[J]. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 2018, 26(1): 15-28.
- [10] 张坚, 杜震宇. 水产品与人类健康新视角[J]. *水产科技情报*, 2013, 40(4): 214-217.
Zhang J, Du Z Y. New perspectives on aquatic products and human health[J]. *Fisheries Science and Technology Information*, 2013, 40(4): 214-217 (in Chinese).
- [11] Hamilton H A, Newton R, Auchterlonie N A, *et al.* Systems approach to quantify the global omega-3 fatty acid cycle[J]. *Nature Food*, 2020, 1(1): 59-62.
- [12] Zhang T T, Xu J, Wang Y M, *et al.* Health benefits of dietary marine DHA/EPA-enriched glycerophospholipids[J]. *Progress in Lipid Research*, 2019, 75: 100997.
- [13] Wu F, Wang D D, Shi H H, *et al.* N-3 PUFA-deficiency in early life exhibits aggravated MPTP-induced neurotoxicity in old age while supplementation with DHA/EPA-enriched phospholipids exerts a neuroprotective effect[J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2021, 65(20): 2100339.
- [14] Wang D D, Wu F, Ding L, *et al.* Dietary n-3 PUFA deficiency increases vulnerability to scopolamine-induced cognitive impairment in male C57BL/6 mice[J]. *The Journal of Nutrition*, 2021, 151(8): 2206-2214.
- [15] Poore J, Nemecek T. Reducing foods environmental impacts through producers and consumers[J]. *Science*, 2018, 360(6392): 987-992.
- [16] Gephart J A, Henriksson P J G, Parker R W R, *et al.* Environmental performance of blue foods[J]. *Nature*, 中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- 2021, 597(7876): 360-365.
- [17] 励建荣. 海水鱼类腐败机制及其保鲜技术研究进展[J]. 中国食品学报, 2018, 18(5): 1-12.
Li J R. Research Progress on spoilage mechanism and preservation technology of marine fish[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(5): 1-12 (in Chinese).
- [18] 孙姗姗, 梁瑞强, 罗娇依, 等. 冰鲜贮存条件下三文鱼蛋白质组变化差异的分析[J]. 生物加工过程, 2023, 21(1): 107-118.
Sun S S, Liang R Q, Luo J Y, *et al.* Analysis proteomic changes of Salmon under ice storage[J]. Chinese Journal of Bioprocess Engineering, 2023, 21(1): 107-118 (in Chinese).
- [19] 屠冰心, 娄永江, 刘永固. 低温速冻处理对养殖大黄鱼冻藏品质的影响[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(1): 55-59.
Tu B X, Lou Y J, Liu Y G. Sharp freezing effects on the quality of frozen stored *Larimichthys crocea*[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2014, 35(1): 55-59 (in Chinese).
- [20] 李秀霞, 刘孝芳, 刘宏影, 等. 超声波辅助冷冻与低温速冻对海鲈鱼冰晶形态及冻藏期间鱼肉肌原纤维蛋白结构的影响[J]. 中国食品学报, 2021, 21(10): 169-176.
Li X X, Liu X F, Liu H Y, *et al.* Effects of ultrasound-assisted freezing and cryogenic quick freezing on ice crystal morphology and myofibrin structure of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) during frozen storage[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2021, 21(10): 169-176 (in Chinese).
- [21] 张虹虹, 苏江鹏, 张俨, 等. 提高冷冻水产品品质的新型速冻技术研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(22): 192-197.
Zhang H H, Su J P, Zhang Y, *et al.* Development of novel quick-freezing techniques to improve quality of frozen aquatic products[J]. Food Research and Development, 2021, 42(22): 192-197 (in Chinese).
- [22] 励建荣, 仪淑敏, 李婷婷, 等. 水产品保鲜材料和杀菌技术研究进展[J]. 中国渔业质量与标准, 2016, 6(1): 1-11.
Li J R, Yi S M, Li T T, *et al.* Research progress on preservation and sterilization technologies of aquatic products[J]. Chinese Fishery Quality and Standards, 2016, 6(1): 1-11 (in Chinese).
- [23] 欧阳杰, 沈建, 郑晓伟, 等. 水产品加工装备研究应用现状与发展趋势[J]. 渔业现代化, 2017, 44(5): 73-78.
Ouyang J, Shen J, Zheng X W, *et al.* Research and application status and development tendency of aquatic products processing equipment[J]. Fishery Modernization, 2017, 44(5): 73-78 (in Chinese).
- [24] 张军文, 郑晓伟, 欧阳杰, 等. 南极磷虾脱壳机工艺参数的试验研究[J]. 渔业现代化, 2018, 45(5): 57-62.
Zhang J W, Zheng X W, Ouyang J, *et al.* Experimental study on process parameters of Antarctic krill sheller[J]. Fishery Modernization, 2018, 45(5): 57-62 (in Chinese).
- [25] 叶韬, 陆剑锋, 陶瑾, 等. 中华绒螯蟹超高压辅助脱壳工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(6): 172-179.
Ye T, Lu J F, Tao J, *et al.* Optimization of high pressure processing to shell Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) using response surface methodology[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(6): 172-179 (in Chinese).
- [26] 欧阳杰, 张军文, 谈佳玉, 等. 贝类开壳技术与装备研究现状及发展趋势[J]. 肉类研究, 2018, 32(5): 64-68.
Ouyang J, Zhang J W, Tan J Y, *et al.* Current status and future perspectives of shellfish shucking technology and equipment[J]. Meat Research, 2018, 32(5): 64-68 (in Chinese).
- [27] 赵卉双, 焦顺山, 张振涛, 等. 不同干燥技术及其对水产品品质影响的研究进展[J]. 食品工业, 2020, 41(9): 260-264.
Zhao H S, Jiao S S, Zhang Z T, *et al.* Research progress on drying technology and its effect on quality of aquatic products[J]. The Food Industry, 2020, 41(9): 260-264 (in Chinese).
- [28] 吴燕燕, 石慧, 李来好, 等. 水产品真空冷冻干燥技术的研究现状与展望[J]. 水产学报, 2019, 43(1): 197-205.
Wu Y Y, Shi H, Li L H, *et al.* Research status and prospects of vacuum freeze-drying technology for aquatic products[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(1): 197-205 (in Chinese).
- [29] 李汴生, 黄雅婷, 阮征. 非热杀菌技术在生食水产品中的应用研究进展[J]. 水产学报, 2021, 45(7): 1259-1276.
Li B S, Huang Y T, Ruan Z. Application of non-thermal sterilization technology in raw ready-to-eat aquatic products[J]. Journal of Fisheries of China, 2021, 45(7): 1259-1276 (in Chinese).
- [30] 朱士臣, 冯媛, 刘书来, 等. 鱼糜凝胶热稳定性的增强

- 技术研究进展[J]. *中国食品学报*, 2022, 22(7): 384-396.
- Zhu S C, Feng Y, Liu S L, *et al.* Recent advances of technologies to enhance thermal stability of surimi gel products[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2022, 22(7): 384-396 (in Chinese).
- [31] 王卉楠, 励建荣, 李学鹏, 等. 鱼糜组分间相互作用对其凝胶特性影响的研究进展[J]. *中国食品学报*, 2022, 22(9): 365-375.
- Wang H N, Li J R, Li X P, *et al.* Research progress on the effect of component interactions on the gel properties of surimi[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2022, 22(9): 365-375 (in Chinese).
- [32] 李晨, 徐小琳, 刘大海. 我国水产品流通模式及其流通效率[J]. *海洋开发与管理*, 2019, 36(4): 39-44.
- Li C, Xu X L, Liu D H. Aquatic product circulation mode and circulation efficiency of China[J]. *Ocean Development and Management*, 2019, 36(4): 39-44 (in Chinese).

Current situation and development trend of science and technology in aquatic product processing and circulation industry of China

XUE Changhu *, LI Zhaojie

(School of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: The processing and circulation of aquatic products is a key link in achieving high-quality development of fisheries, playing an important role in ensuring the high-quality and safe supply of aquatic products throughout the year, and promoting the implementation of the national "Food Safety Strategy" and "Healthy China Strategy". After the founding of the People's Republic of China, the technology of aquatic product processing and circulation continued to progress, and the industry developed rapidly through independent innovation, technology introduction, digestion, and absorption. The world's most complete aquatic processing system was formed, including frozen and refrigerated aquatic products, fish mince products, leisure food, dried products, canned food, seaweed food, aquatic feed, and biological product processing, as well as a rapidly developing aquatic product circulation system with wholesale markets as the main body and e-commerce as new logistics model. This article analyzes the role of aquatic products in providing essential nutrients such as high-quality protein and ω -3 polyunsaturated fatty acid, balancing the dietary structure of residents and reducing the production pressure of terrestrial animal foods; it also systematically summarizes the current situation, existing problems, and development direction of China's aquatic product processing and circulation industry technology development. New measures have been proposed to ensure the high-quality development of China's aquatic product processing and circulation industry, such as "building a consumption guided processing, processing led aquaculture modern fishery industry system, ensuring food safety", "building a tiered processing and utilization technology system for aquatic products, ensuring the safe and high-quality supply of aquatic products", "building a precise processing technology system for the functional components of aquatic products, and promoting the implementation of the healthy China strategy".

Key words: fisheries; aquatic product processing; circulation of aquatic products; high quality development

Corresponding author: XUE Changhu. E-mail: xuech@ouc.edu.cn