

梭子蟹的营养品质和加工产品研究进展

向俊飞¹, 林琳^{1,2,3}, 姜绍通^{1,2,3}, 陆剑锋^{1,2,3*}

(1. 合肥工业大学食品与生物工程学院, 合肥 230009; 2. 安徽省农产品精深加工重点实验室, 合肥 230009; 3. 农产品生物化工教育部工程研究中心, 合肥 230009)

摘要: 梭子蟹是全球重要的经济蟹类之一, 广泛分布于中国沿海地区, 其营养丰富, 味道鲜美, 深受世界各地消费者青睐。梭子蟹种类很多, 主要有三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)和红星梭子蟹(*Portunus sanguinolentus*), 除了常见的加工食用方式, 近年来很多新型加工方式应用于梭子蟹的产品研发中, 并用于制备了各式各样的梭子蟹食品及功能性产品。本文对梭子蟹营养品质及其加工利用现状进行综述, 提出以梭子蟹为原料进行精深加工产品研发的建议, 以期对梭子蟹及其加工产品的深度开发提供一定参考。

关键词: 梭子蟹; 营养; 功能特性; 深加工

Research progress on the nutritional quality and processed products of swimming crab

XIANG Jun-Fei¹, LIN Lin^{1,2,3}, JIANG Shao-Tong^{1,2,3}, LU Jian-Feng^{1,2,3*}

(1. School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Key Laboratory for Agricultural Products Processing of Anhui Province, Hefei 230009, China; 3. Engineering Research Center of Ministry of Education of Agricultural Products Biochemistry, Hefei 230009, China)

ABSTRACT: Swimming crab is one of important economic crabs in the world and widely distributed in coastal areas of China. It is favored by consumers all over the world for its balanced nutrients and delicious taste. There are many types of swimming crabs, the common ones are *Portunus trituberculatus*, *Portunus pelagicus* and *Portunus sanguinolentus*, apart from traditional processing methods, in addition to the common processing and eating methods, in recent years, many new processing methods had been applied to the product research and development of swimming crab, and had been used to prepare a variety of swimming crab food and functional products. This article reviewed the nutritional quality of swimming crabs and their processing and utilization status, and put forward suggestions for the research and development of deep-processed products using swimming crab as raw material, providing a reference for the in-depth development of swimming crab and its processed products.

KEY WORDS: swimming crab; nutrition; functional characteristics; deep processing

0 引言

梭子蟹, 属甲壳纲, 十足目, 梭子蟹科, 是我国常见的暖温型大型海蟹, 主要分布于我国沿海区域及日本、韩

国等海域^[1-2]。由于其生长速度快, 养殖利润大, 是我国重要的海水养殖经济蟹类, 2019年人工养殖产量达11.38万t, 捕捞产量为45.84万t, 因而具有很高的经济价值^[3-4]。我国梭子蟹的种类很多, 其中体型大、食用价值、经济价值高

基金项目: 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-48)、安徽现代农业产业技术体系项目(AARS-08)

Fund: Supported by the China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-48), and the Anhui Agriculture Research System (AARS-08)

*通信作者: 陆剑锋, 教授, 主要研究方向为水产动物资源保护及综合利用研究。E-mail: lujf@sibs.ac.cn

*Corresponding author: LU Jian-Feng, Professor, Engineering Research Center of Bio-process, Ministry of Education, Hefei University of Technology, No.485, Danxia Road, Shushan District, Hefei 230009, China. E-mail: lujf@sibs.ac.cn

的有三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)和红星梭子蟹(*Portunus sanguinolentus*) 3 种,其中以三疣梭子蟹产量最高、个体最大、分布最广。梭子蟹肉质细腻、味道鲜美,不仅营养丰富,且其体内含有 Ca、P、Fe 等矿物质和丰富的活性肽,因此具有一定的药用保健价值^[5-6]。

目前,我国梭子蟹市场销售途径多为活蟹直售,食用方式单一,且其捕捞的区域性和季节性较强,无法有效平衡市场供需和提高梭子蟹的附加值^[7]。因此以梭子蟹为原料推进其深加工产品研发很有必要,既有利于梭子蟹产品的储藏、运输以及销售,又能为消费者提供新鲜美味且更营养的蟹产品,同时能获得更高的社会效益和经济效益。近年来,消费者对蟹产品产生了多样化需求,除直接烹饪外,很多以梭子蟹为原料的加工产品走进大众视野。比如直接取其大螯中及胸壳下肉加工成蟹肉罐头,或者取其附肢加工成多味蟹肢体,也有利用其可食部分加工制成蟹糊、蟹油、蟹黄酱和蟹黄粉等^[8-10]。此外,还有冻梭子蟹切块、冻梭子蟹肉、带壳蟹肉和冻小蟹等半成品。

近年来,相关科研人员和食品企业对梭子蟹进行了不同程度地研发和加工利用,鉴于此,本文对主要的 3 种梭子蟹的营养品质及以梭子蟹为原料的深加工产品的开发现状进行综述,分析了梭子蟹加工产业中存在的问题,并对这些问题提出相应的改进建议,对梭子蟹产品未来开发研究的方向进行了展望,以期为我国梭子蟹产业化发展提供一定参考。

1 梭子蟹的营养品质

1.1 生长发育及可食率分析

不同性别对远海梭子蟹生长发育和可食率的影响及不同水温、不同育肥时间对雌体三疣梭子蟹生长发育和可食率的影响见表 1。其中,WU 等^[11]研究发现不同性别远海梭子蟹出肉率差异不大,但雌蟹总可食率远高于雄蟹;潘桂平等^[12]研究结果表明适当提高水温可显著提高雌体三疣梭子蟹出肉率和可食率;吴旭干等^[13]研究发现育肥时间

对三疣梭子蟹雌蟹出肉率和总可食率有显著影响($P<0.05$)。由此可见,性别、生长环境及成熟度均会对梭子蟹的生长发育及可食率产生显著影响,因此,我国的梭子蟹养殖业应积极学习相关专业知识,科学养殖,从而促进产业发展。

1.2 基本营养成分分析与比较

食品的基本营养成分主要包括蛋白质、脂肪、水分和灰分,其中蛋白质和脂肪是进行基本营养成分差异性评价的主要指标。以三疣梭子蟹为例,其基本营养成分见表 2。

1.2.1 蛋白质

目前,国内研究人员已对不同性别、不同部位、不同饲养条件及不同成熟阶段的梭子蟹蛋白质含量进行了测定和差异性评价,如表 2 所示,徐善良等^[14]研究表明养殖雌蟹粗蛋白含量(81.69%)显著高于野生雌蟹(74.02%);汪倩等^[15]通过研究发现三疣梭子蟹腹部及大螯部位肌肉蛋白含量显著高于附肢肌肉;华晓旭等^[16]研究发现三疣梭子蟹硬壳雌蟹的粗蛋白含量(62.92%)显著高于软壳雌蟹(49.75%)。此外,吕富等^[17]研究发现饲养水域盐度对其肌肉中粗蛋白含量影响很大,17 以下盐度组肌肉蛋白含量显著高于 29 盐度组。由此可见,梭子蟹蛋白含量十分丰富,但其相对含量与梭子蟹生长发育阶段联系较为密切。

1.2.2 粗脂肪

不同水产品的脂肪含量不同,其所含营养成分和肉质风味也不同。同样也已有测定不同性别、不同部位、不同饲养条件及不同成熟阶段的梭子蟹脂肪含量,如表 2 中所示,徐善良等^[14]发现野生雌蟹的肝胰腺、肌肉中粗脂肪含量显著高于养殖雌蟹,二者均以肝胰腺中的粗脂肪含量最高,野生雌蟹为 57.28%,养殖雌蟹为 42.42%;吴旭干等^[13]研究发现三疣梭子蟹腹部、附肢和大螯 3 个部位脂肪含量均较低;华晓旭等^[16]对此也有研究,结果显示三疣梭子蟹硬壳雌蟹粗脂肪含量(18.36%)显著高于软壳雌蟹(9.12%)。综上,梭子蟹除其肝胰腺外,其余部分均为十分健康的高蛋白、低脂食品,而研究表明,其肝胰腺中的脂肪也多为优质不饱和脂肪酸,因此,食用梭子蟹对人体健康十分有益。

表 1 不同性别对远海梭子蟹生长发育和可食率的影响及不同水温、不同育肥时间对雌体三疣梭子蟹生长发育及可食率的影响
Table 1 Effects of different sexes on the growth and edible rate of *Portunus pelagicus* and the effects of different water temperature and different fattening time on the growth and edible rate of female *Portunus trituberculatus*

生长发育指标	性别		水温		育肥时间/d			
	雌蟹	雄蟹	常温群养	升温群养	0	30	60	90
性腺指数/%	8.68	0.50	6.01±1.27 ^a	9.39±1.60 ^b	0.69±0.40 ^a	4.20±2.62 ^b	6.12±2.26 ^{bc}	7.52±1.15 ^c
肝胰腺指数/%	4.32	3.89	6.26±0.78 ^a	7.27±1.43 ^b	6.99±1.97 ^a	6.72±1.76 ^a	7.31±1.21 ^a	6.49±0.41 ^a
出肉率/%	32.05	32.15	24.82±2.61 ^a	29.28±3.25 ^b	27.97±2.44 ^b	32.47±2.97 ^c	27.45±2.68 ^{ab}	24.71±2.00 ^a
总可食率/%	44.30	35.90	36.47±2.40 ^a	46.53±2.55 ^b	35.61±3.88 ^a	43.39±5.00 ^b	42.17±3.29 ^b	38.72±2.56 ^{ab}

注:性别^[11]数据来源为远海梭子蟹,水温^[12]、育肥时间^[13]数据来源为三疣梭子蟹;不同小写字母表示同一生长发育指标下不同水温/育肥时间下具有显著性差异($P<0.05$)。

表 2 不同生长环境(雌蟹)、不同部位、不同成熟阶段(雌蟹)下三疣梭子蟹的基本营养成分(%，干重)
Table 2 Basic nutrients of swimming crab (*Portunus trituberculatus*) under different growth environment (female), different parts and different maturation stages (female) (%，dry weight)

营养成分	生长环境 ^[14]						部位 ^[15]				成熟阶段 ^[16]	
	肌肉		肝胰腺		性腺		腹部	大螯	附肢		软壳蟹	硬壳蟹
	养殖	野生	养殖	野生	养殖	野生						
蛋白质	81.69±5.36 ^a	74.02±2.82 ^b	27.29±1.51 ^d	26.75±1.03 ^d	68.89±3.23 ^b	58.79±3.89 ^e	80.38±0.50 ^a	81.32±1.75 ^{ab}	73.78±0.45 ^b		49.75±2.67	62.92±1.39
脂肪	5.13±0.59 ^e	14.20±0.74 ^d	42.42±6.41 ^b	57.28±4.05 ^a	19.79±0.32 ^c	21.12±0.84 ^c	3.87±0.18 ^{ab}	2.92±0.13 ^b	4.01±0.06 ^a		9.12±0.56	18.36±2.20
水分	78.37±0.86 ^a	73.95±1.02 ^a	69.13±1.87 ^b	54.59±0.91 ^c	56.25±0.91 ^c	54.55±1.13 ^c	78.54±2.58	78.80±2.27	78.57±0.34		-	-
灰分	3.56±0.20 ^b	3.75±0.81 ^b	3.47±0.73 ^b	8.17±1.37 ^a	5.39±1.07 ^b	8.76±1.68 ^a	10.48±0.27	13.16±0.20	11.67±0.28		22.18±1.57	8.08±2.10

注: -表示无; 不同小写字母表示同一营养成分下不同生长环境/部位/成熟阶段下具有显著性差异($P<0.05$)。

1.3 氨基酸

氨基酸是构成动物营养所需蛋白质的基本物质,是风味形成的前体物质之一。与大部分动物类似,梭子蟹的蛋白质由近 20 种氨基酸组成,氨基酸种类丰富、组分均衡。徐善良等^[14]研究表明,雌体三疣梭子蟹各可食部位中均以谷氨酸(Glu)含量最高。吴旭干等^[13]在三疣梭子蟹腹部、附肢和大螯各部位肌肉中共检测到 18 种氨基酸,以 Glu、精氨酸(Arg)和天冬氨酸(Asp)为主,其中 Glu 的含量最高,这也与徐善良等^[14]的研究结果一致,而 Glu 是呈鲜味的特征氨基酸,这些赋予了梭子蟹独特的滋味。华晓旭等^[16]研究发现三疣梭子蟹软壳蟹中共有 16 种氨基酸,其中 Arg 含量最高,且软壳蟹氨基酸组成比较合理,这与 PATHAKA 等^[18]研究结果一致。此外,吴旭干等^[13]对不同育肥时间三疣梭子蟹雌蟹研究发现育肥 60 d 的三疣梭子蟹雌蟹所含必需氨基酸总量最高。郭亚男等^[19]发现,不同产区的野生梭子蟹的必需氨基酸及总氨基酸含量存在显著差异,可能是由于不同产区的水质、环境及气候差异所致。钟爱华等^[20]的研究表明,红星梭子蟹肌肉中氨基酸含量达 67.89%,其中含量最高的为 Glu,与三疣梭子蟹结果一致^[12-13]。因此,食用梭子蟹可为人体提供较多的必需氨基酸,有益于人体生长发育,然而,不同养殖方式、不同部位和不同生长阶段的梭子蟹的氨基酸组成成分存在一定差异。

1.4 脂肪酸

脂肪酸是人体不可或缺的成分之一,其包括必需脂肪酸和非必需脂肪酸。其中必需脂肪酸具有降血脂和提升儿童智力发育的功效,是评价水产品营养及风味成分的重要指标之一。徐善良等^[14]研究表明,雌体三疣梭子蟹肝胰腺中脂肪酸种类尤为丰富,其饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA)和单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA)总量显著高于肌肉和性腺中含量;一些重要的多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA),如二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)、二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)、油酸等营养价值很高,其中油酸能调节血脂水平,降低胆固醇,防止记忆力下降;单不饱和脂肪酸还有助于降低冠状心脏病发生概率^[21-22]。吴旭干等^[13]发现三疣梭子蟹腹部、附肢和大螯三部位肌肉中高度不饱和脂肪酸(highly unsaturated fatty acid, HUFA)含量均十分丰富,尤其是花生四烯酸(arachidonic acid, ARA)、EPA 和 DHA。华晓旭等^[16]研究发现三疣梭子蟹软壳蟹中 PUFA 含量略高于硬壳蟹,但无明显差异。此外,钟爱华等^[20]研究发现红星梭子蟹肌肉中多不饱和脂肪酸含量丰富,且体内富含 EPA 和 DHA,因此具有较高的食用价值和保健功效;郭亚男等^[23]研究表明不同产区三疣梭子蟹的营养成分也存在一定差异。三疣梭子蟹的不饱和脂肪酸含量高于饱和脂肪酸,而高含量的不饱和脂肪酸加热氧化

后会产生具有独特香味的醛类、酮类物质,这正是三疣梭子蟹熟制后的重要香味来源^[24]。由此可见,梭子蟹是一种富含优质脂肪酸的海产食品,尤其是各种对人体有益的不饱和脂肪酸含量十分丰富。

综上所述,梭子蟹可以作为一种滋补强身的优良海产品,它几乎拥有人体正常机能所需的所有必需营养物质和元素。食用梭子蟹对健康也有很多好处,在保护心脑血管、减少炎症的同时,还能增强免疫系统的机能。除此之外,梭子蟹蟹肉被认为具有药用价值,比如,治疗慢性发烧、哮喘、疟疾、腹泻和痢疾、伤寒、支气管炎、肺炎、癫痫、糖尿病、皮肤病、疖疮、烧伤、伤口愈合、骨质疏松症和生殖功能障碍等疾病^[25-27]。

2 梭子蟹加工产品的研发现状

梭子蟹以味美、营养价值高等特点享誉国内外,但是梭子蟹经初级加工处理后,易发生腐败变质,不利于其产品贮藏和运送。因此,开展梭子蟹产品的深加工十分重要。目前,梭子蟹加工产品主要分为蟹肉、蟹壳、蟹块、蟹黄蟹膏、下脚料、蟹汁、全蟹等几个方面^[28]。

2.1 蟹肉加工

以梭子蟹蟹肉加工制备的产品种类很多,比如,以新鲜蟹不同部位的肌肉,制作冷冻鲜熟蟹肉产品;而蟹米作为一种高档海味干制珍品,也是利用蟹肉为原料而加工制成的熟干制品^[28]。这些产品由于梭子蟹加工产品本身的易腐败性,不便贮存,然而以鲜活的梭子蟹为原料制备的蟹肉罐头,经巴氏杀菌之后极大提升蟹加工产品品质和货架期^[29]。还有选用新鲜干净的蟹肉加淀粉辅以调料腌制而成的蟹肉排,方便油炸且可冷冻储藏^[28]。蟹肉松也是一种具有推广价值的梭子蟹肉加工产品,产品无明显腥味,口感佳,食用方便,可在常温下长期保藏^[30]。此外,开发了以新鲜或低温储藏的梭子蟹肉,经过特殊工艺制备的梭子蟹蛋白粉末,也提供了梭子蟹高值化利用的新途径^[31]。

2.2 蟹黄、蟹膏加工

蟹黄是雌蟹的卵巢和消化腺,营养丰富、口味鲜香,属高档调味海珍品。蟹膏是雄蟹的副性腺和分泌物,呈半透明果冻状,富含蛋白质、脂肪酸及其他营养成分。将新鲜梭子蟹煮熟后进行人工分黄、分膏、分肉等初级加工,可以直接烹饪食用,也可分别利用蟹膏、蟹黄进一步加工成不同产品,如蟹膏月饼、蟹黄油、蟹糊、蟹黄豆腐和蟹黄酱等^[32-33]。蟹黄除了可加工成美味的食品,利用梭子蟹蟹黄制备的一种唾液酸糖蛋白也可应用到医疗领域,其经动物活性试验证明能够显著地抑制骨质疏松症^[34]。此外,利用新鲜蟹黄经酶解、除杂、活化、层析、旋蒸和干燥处理,制备的蟹黄活性磷脂也可广泛运用于食品添加剂产业、美妆行业及农业等领域^[35]。

对于梭子蟹蟹黄、蟹膏加工综合利用,由于历史文化的沉淀与积累,国内市场已经广泛将之运用于加工生产各种食物;值得注意的是,利用蟹黄或蟹膏研发的各种功能性化合物均具有广泛的应用领域,但是相关研究较少,今后应着重于此类蟹产品的研发利用。

2.3 全蟹加工

全蟹加工不同于利用蟹肉加工制备产品,这种加工方式一般采用完整的梭子蟹加工制备成半成品。如将梭子蟹捕捞过后,迅速置于速冻室冷冻,待其表面镀一层冰衣制成冰鲜全蟹,然后尽快出口或投入市场^[36];或者将整只梭子蟹速冻过后装进塑膜袋,制备成冷冻全蟹再销售;为迎合广大市场需求,也有将全蟹去盖后切为2块或4块装塑料盒,再速冻后得到冷冻切蟹分装销售^[37]。虽然全蟹加工方式使得产品的货架期得以相对延长,但是对于产品的长期贮藏仍然不够理想。因此,为获得保质期更长、食用更方便的蟹,对品相较好的冰鲜全蟹进行分级、清洗、煮熟后,在-15℃下冷冻包装、冷藏得到的冻熟蟹,可显著延长梭子蟹加工产品货架期,但其风味和口感较冰鲜全蟹而言稍显逊色^[37]。

对梭子蟹全蟹加工,一般将梭子蟹置于低温冷冻保鲜贮藏再投入市场或者出口,虽然有利于延长贮藏期,但是也限制了以梭子蟹为原料的加工产品种类的丰富性。而且,冷冻贮藏梭子蟹的解冻方式对其品质影响很大,YANG等^[38]研究了5种不同解冻方式对梭子蟹的品质影响,通过微观结构对比发现,冰箱解冻可作为冷冻梭子蟹的一种较优的解冻方式。

由于对梭子蟹保存期间品质安全的重视,一些新型加工技术也运用于梭子蟹的保存中。如PAN等^[39]发现电子束辐照处理有助于梭子蟹达到较好的贮藏效果。OLATUNDE等^[40]研究发现利用混合气体产生的高压冷等离子体处理10 min可以显著改善梭子蟹贮藏期间的品质。杨华等^[41]研究表明保鲜剂(水溶性壳聚糖)的添加显著提升了梭子蟹的保鲜效果,且超高压处理过的梭子蟹肉在延长了货架期的同时,可保持梭子蟹肉较好的感官品质。综上所述,新型加工技术与研究的应用促进了梭子蟹加工产业的发展,显著提升了其加工产品的食用品质,因此,今后应更多地开发新型技术应用到梭子蟹加工产业中,加大相关产品研究开发力度。

2.4 蟹汁综合利用

随着梭子蟹产品加工行业的发展,大量加工废弃物也随之产生。如果不妥善处理,不仅造成了资源浪费,更会污染环境。因此,有研究利用不同质量浓度的柠檬酸水为媒介对其高温高压处理,从而进行蛋白萃取,再用萃取的蛋白制备蟹汁^[42]。将蟹汁经熬煮、过滤、浓缩、调配而成的兼具美味和营养的蟹浓缩汁制品,加水稀释可作为汤

底或直接作为食品添加剂或调味剂。也可制成具有独特蟹味的食品,如蟹味酥、蟹味薯条和蟹味片,或人造蟹肉如蟹肉棒等^[43]。

2.5 下脚料综合利用

蟹在加工过程中会产生大量下脚料(包括背壳和蟹脚等),下脚料中富含蛋白质、甲壳质和矿物质等营养和功能成分,极具开发价值^[44]。有许多学者已经做了大量的研究与开发利用,比如,将梭子蟹下脚料经干燥后捣碎,再进行浸提、过滤、离心及旋转蒸发等工序,制得营养价值极高的蟹油^[45]。有研究以蟹下脚料为原料,进行酶法水解制备蛋白质水解液,再经过美拉德反应等相关的增香工艺,可加工制成海鲜调味料或食品添加剂^[46]。还有以上述蟹下脚料的酶解余料为原料,经超微粉碎技术制备蟹壳微粉,产品具有高蛋白、低脂肪、无机物丰富的特点,且氨基酸种类丰富,可作为一种良好的蛋白源^[47]。武小芳^[48]以蟹下脚料为原料,利用超临界CO₂流体和亚临界流体萃取法提取的虾青素,作为一种天然保健着色剂,可作抗氧化剂应用到食品中。由于蟹背壳及蟹腿等下脚料中富含甲壳素,利用浓碱处理可制得壳聚糖,壳聚糖因其生物降解性、细胞亲和性等独特功能特性,而被广泛应用于医药、食品、化工等方向^[49]。此外,由于蟹下脚料富含蛋白质,按照一定比例将其与植物蛋白混合发酵,可制备营养价值极高、嗜口性好的高效饲料^[50]。

对于梭子蟹加工过程中产生的副产物,如蟹汁、蟹背壳及蟹脚等,目前国内已研发出较多创新型加工利用产品。除了可以利用蟹加工副产物生产食品及食品添加剂等,也可制备含有不同功能特性的物质,并广泛应用于医药、食品和化工等方向,但是就目前来看仍有一定发展空间。

3 产业存在的问题

由于蟹类及其产品对保鲜度的要求高,除常规低温冻藏,其他贮藏效果均不够理想;而且,国内消费人群对于梭子蟹加工倾向于直接烹饪,除了中华传统文化对国人饮食习惯的影响,这也与我国市场中梭子蟹加工产品种类不够丰富关系密切。国内梭子蟹市场较多为活蟹直售,而国外市场中蟹类不同部位(如蟹螯、蟹腿等)分开售卖早有一定规模,此外,国内市场关于蟹类加工也多为简单的粗加工,因此对梭子蟹的加工深度以及产品创新也有待进一步提升。

然而梭子蟹及其产品加工过程中也存在一些亟待解决的问题,如蟹中常见重金属污染(铅、镉、总汞和无机砷)问题;蟹产品加工种类不够丰富、产品创新有所欠缺;对蟹产品加工所产生副产物及下脚料的回收利用率不高;产品的深加工技术不够成熟;国内专门的蟹加工产品企业较少,不能将前沿领域研发的精深加工技术付诸实践以及面

临梭子蟹产品高值化加工费用高昂等问题。

4 结束语

梭子蟹兼具美味与丰富的营养价值,是深受消费者喜爱的水产品。随着人民生活水平的提高,消费者不仅对梭子蟹产量会有更高的需求,也将对其产品种类和营养品质提出更高的要求。已有的研究表明,梭子蟹还具有良好的药用价值,因此,从梭子蟹的营养品质出发,研发有关梭子蟹的深加工产品,能更好地满足市场需求。总之,企业应当以创新加工产品品种和提高产品质量安全为方向,对梭子蟹进行深度产品研发,这样不仅可以增加原料附加值,还能提高产品的国内外市场占有率和创汇率,充分体现其经济价值和社会价值。

综合来看,梭子蟹的市场前景很广阔,但也存在一些尚未解决的问题。解决梭子蟹的营养品质及加工利用方面存在的问题,可以从以下几方面展开工作:

(1) 对梭子蟹及其产品进行营养品质差异性评价。利用现代分析技术对梭子蟹的共性和特征性营养成分进行分析确证,研究不同产区、不同养殖方式对梭子蟹及其产品的营养品质变化规律的影响,明确其营养品质的关键控制点。

(2) 制定并完善相应的质量安全标准。建立并完善梭子蟹中的铅、镉、总汞和无机砷4种重金属含量的限量标准,制定梭子蟹及其产品的质量标准。

(3) 加强精深加工和综合利用。借鉴其他水产品成熟的加工利用经验,研发功能性梭子蟹主副食品及休闲食品,对梭子蟹背壳、蟹脚等梭子蟹加工废弃物进行综合利用,进一步开发梭子蟹精深产品。

(4) 加强梭子蟹消费引导和产业推广。通过各类媒体平台对普通消费群体进行有关梭子蟹的推广宣传;开展相关创新大赛鼓励以梭子蟹为食品原料的产品创业,推广梭子蟹的商业化运行。

梭子蟹是我国重要的经济类海蟹,开展梭子蟹营养品质评价及标准制定等工作,将为我国梭子蟹产业升级换代、供给侧结构性改革提供技术支撑。

参考文献

- [1] 苏秀榕,李太武,欧阳芬,等.三疣梭子蟹营养成分的研究[J].营养学报,1996,18(3):342-346.
- [2] SU XR, LI TW, OUYANG F, et al. Study on nutritional components of *Portunus trituberculatus* [J]. J Nutr, 1996, 18(3): 342-346.
- [3] TANG B, ZHANG D, LI H, et al. Chromosome-level genome assembly reveals the unique genome evolution of the swimming crab (*Portunus trituberculatus*) [J]. Gigascience, 2020, (1): 1-10.
- [4] 施慧,谢建军,王庚申,等.海捕三疣梭子蟹一寄生性动基体目原生动物的初步研究[J].海洋渔业,2013,35(3):309-315.
- [5] SHI H, XIE JJ, WANG GS, et al. Preliminary study on a parasitic protozoan of *Portunus trituberculatus* from the sea [J]. Marine Fish, 2013, 35(3): 309-315.
- [6] 农业农村部渔业局.中国渔业年鉴2020[M].北京:中国农业出版社,2020.
- [7] Fisheries Bureau of the Ministry of Agriculture. China Fisheries Yearbook 2020 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020.
- [8] 郭亚男,韩刚,杨臻,等.三疣梭子蟹营养和风味品质比较分析[J].中国渔业质量与标准,2019,9(3):26-33.
- [9] GUO YN, HAN G, YANG Z, et al. Comparative analysis of nutrition and flavor quality of *Portunus trituberculatus* [J]. Chin Fish Qual Stand, 2019, 9(3): 26-33.
- [10] 姚兴南,孟凡同,顾志峰,等.锯缘青蟹与三疣梭子蟹的营养成分分析及比较[C].水产学会,2016.
- [11] YAO XN, MENG FT, GU ZF, et al. Analysis and comparison of nutrient components between *Scylla serrata* and *Portunus trituberculatus* [C]. Fishery Society, 2016.
- [12] 郑宽宽,何杰,许文军,等.海捕三疣梭子蟹的捕捞生产和研究现状[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2019,(2):161-167.
- [13] ZHENG KK, HE J, XU WJ, et al. Current situation of fishing, production and research on *Portunus trituberculatus* [J]. J. Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed), 2019, (2): 161-167.
- [14] LUO H, LI C, ZHOU T, et al. Effect of antibacterial treatments and natural chemicals on the quality and safety of marinated raw crab paste during storage at 20 °C [J]. J Food Saf, 2020, 40(4): e12808.
- [15] 高岩,王福田,葛孟甜,等.风味蟹肉软罐头的工艺配方研究[J].肉类工业,2018,(10):23-27,32.
- [16] GAO Y, WANG FT, GE MT, et al. Study on the technical formula of soft can with flavor crab meat [J]. Meat Ind, 2018, (10): 23-27, 32.
- [17] 王枫雅,林琳,陆剑锋,等.性早熟蟹蟹油与四种食用油组成和理化性质比较[J].食品与发酵工业,2019,45(10):225-232,240.
- [18] WANG FY, LIN L, LU JF, et al. Comparison of composition and physicochemical properties of crab oil and four kinds of edible oil [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(10): 225-232, 240.
- [19] WU X, ZHOU B, CHENG Y, et al. Comparison of gender differences in biochemical composition and nutritional value of various edible parts of the blue swimmer crab [J]. J Food Comp Anal, 2010, 23(2): 154-159.
- [20] 潘桂平,候文杰,吴旭干,等.水温 and 单体筐养对三疣梭子蟹雌体卵巢发育和常规生化成分的影响[J].海洋渔业,2015,37(6):550-556.
- [21] PAN GP, HOU WJ, WU XG, et al. Effects of water temperature and single cage feeding on ovarian development and conventional biochemical components of female *Portunus trituberculatus* [J]. Marine Fish, 2015, 37(6): 550-556.
- [22] 吴旭干,汪倩,楼宝,等.育肥时间对三疣梭子蟹卵巢发育和营养品质的影响[J].水产学报,2014,38(2):170-182.
- [23] WU XG, WANG Q, LOU B, et al. Effects of fattening time on ovary development and nutritional quality of *Portunus trituberculatus* [J]. J Fish China, 2014, 38(2): 170-182.
- [24] 徐善良,张薇,严小军,等.野生与养殖三疣梭子蟹营养品质分析及比较[J].动物营养学报,2009,21(5):695-702.
- [25] XU SL, ZHANG W, YAN XJ, et al. Analysis and comparison of nutritional quality between wild and cultured *Portunus trituberculatus* [J]. Acta Zoonutr Sin, 2009, 21(5): 695-702.
- [26] 汪倩,吴旭干,楼宝,等.三疣梭子蟹不同部位肌肉主要营养成分分析

- [J]. 营养学报, 2013, 35(3): 310–312.
- WANG Q, WU XG, LOU B, *et al.* Analysis of main nutrient components in different parts of musculature of *Portunus trituberculatus* [J]. J Nutr, 2013, 35(3): 310–312.
- [16] 华晓旭, 黄福勇, 母昌考, 等. 三疣梭子蟹软壳蟹主要营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2013, 35(1): 89–90, 93.
- HUA XX, HUANG FY, MU CK, *et al.* Analysis and evaluation of main nutrients in soft-shell crab of *Portunus trituberculatus* [J]. J Nutr, 2013, 35(1): 89–90, 93.
- [17] 吕富, 黄金田, 於叶兵, 等. 盐度对三疣梭子蟹生长、肌肉组成及蛋白酶活性的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2010, (4): 137–142.
- LV F, HUANG JT, YU YB, *et al.* Effects of salinity on growth, muscle composition and protease activity of *Portunus trituberculatus* [J]. Trans Oceanol Limnol, 2010, (4): 137–142.
- [18] PATHAKA N, SHAKILAA RJ, JEYASEKARANB G, *et al.* Variation in the nutritional composition of soft and hard blue swimming crabs (*Portunus pelagicus*) having good export potential [J]. J Aquatic Food Prod Technol, 2021, 30(6): 706–719.
- [19] 郭亚男, 胡园, 韩刚, 等. 2个海域野生三疣梭子蟹肌肉中营养成分比较[J]. 食品科学技术学报, 2021, 39(2): 73–82.
- GUO YN, HU Y, HAN G, *et al.* Comparison of muscle nutritional composition of wild *Portunus trituberculatus* in two sea areas [J]. J Food Sci Technol, 2021, 39(2): 73–82.
- [20] 钟爱华, 俞存根. 红星梭子蟹肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 营养学报, 2016, 38(1): 102–104.
- ZHONG AIH, YU CG. Analysis of muscle nutrients and quality evaluation of *Portunus sanguinolentus* [J]. J Nutr, 2016, 38(1): 102–104.
- [21] SENANAYAKE CM, HAPUGASWATTA H, SAMARAWICKRAMA GR, *et al.* Effect of chain length and saturation of the fatty acids in dietary triglycerides on lipid metabolism in Wistar rats [J]. J Food Biochem, 2021. DOI:10.1111/jfbc.13664
- [22] VISSERS LET, RIJKSEN J, BOER JMA, *et al.* Fatty acids from dairy and meat and their association with risk of coronary heart disease [J]. Eur J Nutr, 2019, 58(7): 2639–2647.
- [23] 郭亚男, 胡园, 韩刚, 等. 两种不同产地养殖三疣梭子蟹肌肉中营养成分比较[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(12): 45–50.
- GUO YN, HU Y, HAN G, *et al.* Comparative analysis on nutritional components in muscle of cultured *Portunus trituberculatus* from different areas [J]. Food Nutr China, 2020, 26(12): 45–50.
- [24] 卜俊芝, 徐迅, 严利强, 等. 三疣梭子蟹脂肪提取工艺及其组成分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 72–78, 84.
- BU JZ, XU X, YAN LQ, *et al.* Extraction process and composition profiles of fat from *Portunus trituberculatus* [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(13): 72–78, 84.
- [25] RANA S. Ethno-medicinal importance of crabs [J]. Int J Zool, 2018, 3(4): 6–7.
- [26] NAM BH, PARK EH, SHIN EH, *et al.* Development of novel antimicrobial peptides derived from anti-lipopolysaccharide factor of the swimming crab, *Portunus trituberculatus* [J]. Fish Shellfish Immunol, 2019, 84: 664–672.
- [27] YUAN Y, WANG X, JIN M, *et al.* Modification of nutritional values and flavor qualities of muscle of swimming crab (*Portunus trituberculatus*): Application of a dietary lipid nutrition strategy [J]. Food Chem, 2020, 308: 125607.
- [28] 孙日东. 梭子蟹加工综合利用[J]. 中国水产, 1996, (4): 34–35.
- SUN RD. Processing and comprehensive utilization of swimming crab [J]. Fish China, 1996, (4): 34–35.
- [29] 江永才. 巴氏灭菌蟹肉罐头加工技术[J]. 科学养鱼, 2007, (3): 69–70.
- JIANG YC. Pasteurized canning technology of crab meat [J]. Sci Fish Farm, 2007, (3): 69–70.
- [30] 姜维, 胡世伟, 刘宇, 等. 一种梭子蟹肉松的工业化生产方法: 中国, CN201510492767.5 [P]. 2015-12-30.
- JIANG W, HU SW, LIU Y, *et al.* The invention relates to an industrial production method of pork floss of swimming crab: China, CN201510492767.5 [P]. 2015-12-30.
- [31] 叶常青. 一种酶解梭子蟹蛋白粉末的加工方法: 中国, CN201710294129.1 [P]. 2017-04-28.
- YE CQ. The invention relates to a processing method for enzyme hydrolyzed protein powder of swimming crab: China, CN201710294129.1 [P]. 2017-04-28.
- [32] 郑睿行, 丁源, 邢家漂, 等. 蟹糊腌制过程中风味与质量品质动态变化及其相关性研究[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 32–37.
- ZHENG RX, DING Y, XING JL, *et al.* The dynamic change and correlation analysis between flavor and quality in the pickling crab paste [J]. Food Mach, 2020, 36(2): 32–37.
- [33] 叶韬, 陈志娜, 刘瑞, 等. 蟹黄调味酱加工工艺及其微生物污染分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46: 152–159.
- YE T, CHEN ZN, LIU R, *et al.* The processing technology and microbial contamination analysis of crab roe sauce [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46: 152–159.
- [34] 胡世伟, 李世杰, 姜维, 等. 一种梭子蟹蟹黄唾液酸糖蛋白的制备方法及其应用: 中国, CN201811260168.0 [P]. 2019-01-11.
- HU SW, LI SJ, JIANG W, *et al.* The invention relates to a preparation method of sialic acid glycoprotein of swimming crab and its application: China, CN201811260168.0 [P]. 2019-01-11.
- [35] 胡世伟. 一种梭子蟹蟹黄活性磷脂的制备方法: 中国, CN201710866649.5 [P]. 2017-09-22.
- HU SW. The invention relates to a preparation method of active phospholipid from swimming crab: China, CN201710866649.5 [P]. 2017-09-22.
- [36] 陈泽. 冻鲜梭子蟹的加工方法[J]. 新农村, 1996, (11): 22.
- CHEN Z. Processing method of frozen fresh swimming crab [J]. New Count, 1996, (11): 22.
- [37] 陈贵良. 精深开发冷冻蟹的产品[J]. 冷藏技术, 1996, (4): 40–42.
- CHEN GL. Deep development of frozen crab products [J]. Refrig Technol, 1996, (4): 40–42.
- [38] YANG S, HU Y, TAKAKI K, *et al.* The impact of thawing on the quality attributes of swimming crab (*Portunus trituberculatus*) frozen by liquid nitrogen freezing [J]. Cyta J Food, 2021, 19(1): 33–39.
- [39] PAN H, YU Q, QIAN C, *et al.* Effects of different doses of electron beam irradiation on bacterial community of *Portunus trituberculatus* [J]. Food Biosci, 2021, 6: 101198.
- [40] OLATUNDE OO, CHANTAKUL K, BENJAKUL S. Microbial, chemical qualities and shelf-life of blue swimming crab (*Portunus armatus*) lump meat as influenced by in-package high voltage cold plasma treatment [J]. Food Biosci, 2021, 43: 101274.

- [41] 杨华, 张慧恩. 不同处理方式对梭子蟹保鲜的影响研究[J]. 农产品加工, 2015, (12): 5.
YANG H, ZHANG HEN. Study on the effects of different treatments on fresh-keeping of swimming crab [J]. Farm Prod Process, 2015, (12): 5.
- [42] 翁武银. 利用梭子蟹副产物生产调味汁, 壳聚糖和有机肥的方法: 中国, CN201710827149.0[P]. 2018-02-09.
WENG WY. Method for producing seasoning, chitosan and organic fertilizer from swimming crab by-products: China, CN201710827149.0 [P]. 2018-02-09.
- [43] 俞吕, 陈美玉, 熊宇飞, 等. 梭子蟹浓缩汁加工工艺的研究[J]. 食品工业, 2016, 37(9): 103–106.
YU L, CHEN MY, XIONG YF, *et al.* Study on processing technology of concentrated soup of swimming crab [J]. Food Ind, 2016, 37(9): 103–106.
- [44] 梁月钦, 夏磊, 李怡, 等. 鲢鱼及虾蟹加工下脚料发酵工艺研究[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 2019, 38(5): 415–421, 428.
LIANG YQ, XIA L, LI Y, *et al.* Study on fermentation process of large seafood waste [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed), 2019, 38(5): 415–421, 428.
- [45] 陶学明, 王泽南, 郭俊珍, 等. 梭子蟹下脚料蟹油的提取及脂肪酸组成分析[J]. 食品工业科技, 2009, 30(10): 254–256.
TAO XM, WANG ZN, GUO JZ, *et al.* Extraction and analysis of fatty acid composition of crab oil in swimming crab waste [J]. Sci Technol Food Ind, 2009, 30(10): 254–256.
- [46] 陶学明, 王泽南, 余顺火, 等. 梭子蟹下脚料酶法制取蛋白水解物最佳工艺的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(16): 139–144.
TAO XM, WANG ZN, YU SH, *et al.* Optimization of enzymatic hydrolysis of swimming crab waste for preparing protein hydrolysate [J]. Food Sci, 2010, 31(16): 139–144.
- [47] 陶学明, 王泽南, 余顺火, 等. 梭子蟹壳酶解余料的微粉加工及其营养分析[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(4): 148–151.
TAO XM, WANG ZN, YU SH, *et al.* Process of micro-powder of swimming crab shell enzymatic-hydrolysis waste and analysis of nutritive [J]. Food Res Dev, 2009, 30(4): 148–151.
- [48] 武小芳. 利用蟹壳生产壳聚糖的关键技术研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2017.
WU XF. Study on key technology to prepare chitosan from crab shells [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2017.
- [49] HAJJI S, KCHAOU H, BKHAIRIA I, *et al.* Conception of active food packaging films based on crab chitosan and gelatin enriched with crustacean protein hydrolysates with improved functional and biological properties [J]. Food Hydrocolloid, 2021, (2): 106639.
- [50] 陶学明. 梭子蟹下脚料综合加工技术的研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2009.
TAO XM. Study on the comprehensive processing technology of swimming crab waste [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2009.

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介



向俊飞, 主要研究方向为水产品加工与贮藏。

E-mail: 2019171252@mail.hfut.edu.cn



陆剑锋, 博士, 教授, 主要研究方向为水产动物资源保护及综合利用研究。

E-mail: lujf@sibs.ac.cn