

# 凡纳滨对虾的加工利用和产业发展概述

滕 瑜<sup>1\*</sup>, 毕国栋<sup>2</sup>, 于爱美<sup>2</sup>, 王彩理<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071; 2. 烟台奇创食品有限公司, 烟台 264006)

**摘 要:** 凡纳滨对虾是当今高产的 3 大养殖对虾品种之一, 具有广温广盐杂食性、生长速度快、抗病抗逆力高、适应性强、营养需求低等突出特点, 是一种营养均衡的食源性高蛋白佳品。凡纳滨对虾从 1988 年引进中国后, 90 年代初养殖获得成功, 2000 年后进行了规模化推广, 2019 年养殖总产量为 181.6 万 t, 逐步成为我国对虾养殖的主要品种和渔业经济的重要支柱产业, 并且形成了从引种、繁育、养殖、加工、销售等环节的庞大产业链, 产生了巨大的经济效益、社会效益、生态效益及文化效益。目前我国对虾加工产业处于结构简单、粗放加工的初级阶段, 加上国际贸易壁垒、国内外市场低迷、成本过高等诸多因素, 进行虾类高值化产品研究、加工技术研究、延长虾类加工产业链等已成为产业发展方向。本文通过对凡纳滨对虾的资源、营养加工和产业发展进行概述, 为虾类加工技术研究、延长虾类产业链、促进虾产业的可持续发展提供借鉴。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 营养; 加工; 产业

## Overview processing utilization and industrial development of *Litopenaeus vannamei*

TENG Yu<sup>1\*</sup>, BI Guo-Dong<sup>2</sup>, YU Ai-Mei<sup>2</sup>, WANG Cai-Li<sup>1</sup>

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute of Chinese Academy Fisheries Sciences, Qingdao 266071, China;  
2. Yantai Qichuang Food Co. Ltd., Yantai 264006, China)

**ABSTRACT:** *Litopenaeus vannamei* is one of the 3 high-yield cultured shrimp species, which has the outstanding characteristics of wide temperature, wide salt omnivorous, fast growth, high resistance to disease and stress, strong adaptability, low nutritional demand and so on. It is a high-protein food with balanced nutrition. After the introduction of *Litopenaeus vannamei* into China in 1988, the culture of *Litopenaeus vannamei* was successful in the early 1990s, popularized on a large scale after 2000, the total production of *Litopenaeus vannamei* was 1.816 million tons in 2019. It has gradually become the main species of shrimp culture and an important pillar industry of fishery economy in China, and has formed a huge industrial chain from the aspects of introduction, breeding, culturing, processing and marketing, resulting in huge economic benefits, social benefit, ecological benefit and cultural benefit. At present, China's shrimp processing industry is in the primary stage of simple structure and extensive processing coupled with many factors such as international trade barriers, low domestic and international markets, and high cost, it has become the direction of industrial development to study high-value shrimp products, processing technology, and extend the shrimp processing industry chain. This paper summarized the resources, nutritional processing and industrial development of *Litopenaeus vannamei*, which provided reference for the research on shrimp processing

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费资助项目(2021XT0605)

Fund: Supported by the Central Public-Interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2021XT0605)

\*通信作者: 滕瑜, 副研究员, 主要研究方向为海洋食品加工及产业集成。E-mail: tengyu@ysfri.ac.cn

\*Corresponding author: TENG Yu, Associate Professor, Yellow Sea Fisheries Research Institute of Chinese Academy Fisheries Sciences, No 106, Nanjing Road, Shinan District, Qingdao 266071, China. E-mail: tengyu@ysfri.ac.cn

technology, the extension of shrimp industry chain and the promotion of sustainable development of shrimp industry.

**KEY WORDS:** *Litopenaeus vannamei*; nutrition; processing; industries

## 0 引言

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*), 属节肢动物门、十足目、对虾科、对虾属, 又称南美白对虾、万氏对虾, 与中国对虾、墨吉对虾类似, 是当今高产的 3 大养殖对虾品种之一, 具有广温广盐杂食性、生长速度快、抗病抗逆力高、适应性能强、营养需求低等突出特点, 原产于南美太平洋沿岸水域, 主要分布在美国西太平洋沿岸水域, 墨西哥湾至秘鲁中部及厄瓜多尔附近海域。我国养殖对虾有凡纳滨对虾、斑节对虾、中国对虾、日本对虾等多种, 其中凡纳滨对虾产量最高, 占 50%左右<sup>[1]</sup>。本文通过对凡纳滨对虾的资源、营养加工和产业发展进行概述, 以期对虾类加工技术研究、延长虾类产业链、促进虾产业的可持续发展提供借鉴。

## 1 凡纳滨对虾资源

### 1.1 凡纳滨对虾世界产量

凡纳滨对虾是目前世界上最重要的经济虾类之一, 20 世纪 80 年代末中国科学院海洋研究所从美国夏威夷引进凡纳滨对虾, 90 年代初养殖获得成功, 2000 年以后进行了规模化推广, 2006 年产量首次突破 100 万 t, 占有虾类养殖的 60%<sup>[2]</sup>, 迅速成为国内虾类养殖的主要品种, 到了 2018 年, 凡纳滨对虾在海水养殖中的比例达到 80%<sup>[3]</sup>。根据联合国粮食农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)的数据, 2017 年世界凡纳滨对虾养殖总量为 446.8 万 t, 比 2010 年增长 68.6%, 达到世界甲壳类养殖总量 29%的最高占比, 有 38 个国家和地区进行了养殖, 中国产量居首位, 其次为印度、印度尼西亚、厄瓜多尔、越南、泰国等, 2017 年中国凡纳滨对虾养殖总产量 167.2 万 t<sup>[3]</sup>, 占世界总产量的 37%, 在国内甲壳类养殖总产量中占 37%, 较 2010 年国内

产量增长 36.7%<sup>[4]</sup>。

### 1.2 凡纳滨对虾国内产量

2019 年中国凡纳滨对虾养殖总产量为 181.6 万 t, 其中海水养殖 114.5 万 t、淡水养殖 67.1 万 t<sup>[3]</sup>, 均比 2018 年有着不同程度的增长, 总产量名列前 5 名的依次为广东、广西、福建、山东、江苏, 产量占全国总产量的 80%, 其中淡水养殖产量大省依次是广东、江苏、福建、浙江、山东等 5 省, 合计占全国产量的 83%; 海水养殖产量名列前茅的为广东、广西、福建、山东、海南等 5 省, 合计占全国产量的 92%, 见表 1<sup>[3]</sup>。我国凡纳滨对虾海水养殖面积中, 山东省以 6.2 万公顷排第一, 广东省 4.3 万公顷居其次, 而产量却是广东省 41.7 万 t 排第 1, 而山东省却以 10.5 万 t 排第 4, 这从一个侧面说明山东省粗放粗养凡纳滨对虾, 所以养殖面积大产量低, 而广东省精细养殖、合理布局, 所以养殖面积大, 且产量高。广东省的凡纳滨对虾养殖总量、淡水养殖量、海水养殖量均占全国三分之一, 独具鳌头、势头强劲, 是凡纳滨对虾养殖的第一大省; 广西省淡水养殖可以忽略, 但在海水养殖产量高居第 2 而在总产量上也位居第 2; 福建、江苏、山东等养殖大省在波动中稳步上升。

表 2 是 2012—2019 年凡纳滨对虾的各年度养殖总量、海水养殖量和淡水养殖量<sup>[5]</sup>, 可以看出, 凡纳滨对虾养殖总产量除了 2013 年因病害原因大幅度减产略有下降外, 都是连年增长, 之后的 2014 年强力恢复, 增长了 14.6 万 t, 增幅达 10.2%, 为近几年的最大增幅; 凡纳滨对虾海水养殖一直稳步增长, 2017 年增长了 14.9 万 t, 达到最大增幅 16%; 凡纳滨对虾淡水养殖波动较大, 在 2015 年、2016 年达到最大产量 73~74 万 t, 2017 年达到了最低产量 59.1 万 t, 是因为病害发生、市场饱和及其引入新品种等因素造成了产量波动。

表 1 2019 年凡纳滨对虾产量前列省市

Table 1 Top provinces and cities of *Litopenaeus vannamei* production in 2019

项目	省市排序				
养殖总产量/(万 t)	广东(63.2)	广西(32.5)	福建(19.5)	山东(15.6)	江苏(15.2)
淡水养殖产量/(万 t)	广东(21.5)	江苏(13.2)	福建(8.4)	浙江(7.6)	山东(5.1)
海水养殖产量/(万 t)	广东(41.7)	广西(31.9)	福建(11.1)	山东(10.5)	海南(10.3)
海水养殖面积/(万公顷)	山东(6.2)	广东(4.3)	广西(1.8)	河北(1.2)	海南(1.0)

表 2 2012—2019 年凡纳滨对虾产量

Table 2 Production of *Litopenaeus vannamei* from 2012 to 2019

年度	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
养殖总量/(万 t)	181.6	176.0	167.2	167.2	162.4	157.6	143.0	145.3
海水养殖量/(万 t)	114.5	111.7	108.1	93.2	89.3	87.5	81.3	76.2
淡水养殖量/(万 t)	67.1	64.3	59.1	74.0	73.1	70.1	61.7	69.1

凡纳滨对虾的养殖受影响因素不少, 既有病害、气候、水质等外部因素, 也有饲料、管理、技术等内在因素, 通过灰色 GM(1,1)预测、Matlab 预测等技术预测未来几年世界养殖总量和中国养殖总量<sup>[5]</sup>(表 3)(文献[5]中缺乏 2024 年世界养殖总量相关数据, 因此表中作空白处理), 可以看出, 无论现在还是未来, 中国都是不可忽视的力量。

表 3 凡纳滨对虾产量预测  
Table 3 Yield prediction of *Litopenaeus vannamei*

年度	2020	2021	2022	2023	2024
世界养殖总量/(万 t)	459	477	496	500	
中国养殖产量/(万 t)	192	200	208	218	226

## 2 凡纳滨对虾的营养

凡纳滨对虾营养丰富、味道鲜美、松软易消化、无腥无骨刺, 可盐烧、盐焗等制作家庭佳肴及各种加工品, 属于老少皆宜之上品。而海水虾在感官评价、鲜味、甜味方面优于淡水虾<sup>[6]</sup>, 海水虾熟干后的“虾干”肉硬有嚼头, 广受沿海居民喜爱。虾类的主要营养部分是蛋白质和脂肪, 蛋白质是由各种氨基酸组成的复杂有机物, 是所有生物体结构和功能的重要组成部分<sup>[7]</sup>, 脂肪中的不饱和脂肪酸易消化, 有助于降低体脂、改善血液微循环, 其中的多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acids, PUFA)能在食物加热时产生香味, 还具有降血脂、降血压和抗肿瘤等功能<sup>[8]</sup>, 膳食低 n-3、n-6PUFAs 摄入会导致女性内脏脂肪的蓄积进而引发肥胖及胰岛素抵抗等并发症<sup>[9]</sup>。马林等<sup>[10]</sup>研究了 5 种品系凡纳滨对虾肌肉氨基酸, 必需氨基酸(essential amino acid, EAA)/总氨基酸(total amino acid, TAA)均在 35%左右, EAA/非必需氨基酸(non-essential amino acid, NEAA)均高于 65%, 结构符合 FAO/世界卫生组织(World Health Organization, WHO)提出的蛋白质中 EAA/TAA 的比值在 40%左右, EAA/NEAA 达到 60%以上属于优质蛋白质的标准要求, 但不同生长阶段的限制性氨基酸各不相同<sup>[11]</sup>。二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)是组成磷脂、胆固醇脂的重要脂肪酸, 被称为人和动物生长发育的必需脂肪酸<sup>[12]</sup>, 马林等<sup>[10]</sup>研究发现凡纳滨对虾的 DHA/EPA 比值约为 1.0, DHA+EPA 含量较高, 表明凡纳滨对虾保健功能较好。

另外, 凡纳滨对虾还含有牛磺酸、甲壳素、虾青素等功能成分, 具有较高的食用价值、经济价值和药用价值, 是一种兼具养颜、益气、健胃、补精之食源性保健佳品<sup>[12-13]</sup>。凡纳滨对虾中的牛磺酸能降低胆固醇, 防止人体代谢性综合症; 甲壳素具有抗氧化、活化细胞、促进伤口愈合等功能; 还有一种很重要的物质虾青素, 在自然界中主要通过微藻/浮游生物合成, 在浮游动物和甲壳类动物中积累, 根

据食物链的规则随后在鱼类中积累<sup>[13]</sup>。齐宇等<sup>[14]</sup>研究了凡纳滨对虾各部位的虾青素组成: 凡纳滨对虾的虾青素在 477 nm 有典型吸收峰, 水浴振荡法提取的虾青素总量高于超声提取法, 虾膏、虾壳和虾肉中均含有游离型和酯型虾青素, 但是虾膏中虾青素以酯型为主, 虾壳中游离型和酯型虾青素含量接近, 虾肉中虾青素则以游离型为主。虾青素具有抗氧化<sup>[15]</sup>、抗肿瘤<sup>[16-17]</sup>、增强免疫<sup>[18]</sup>、视力/神经保护等<sup>[19-20]</sup>多种作用, 是迄今为止人类发现的自然界中最强抗氧化剂, 其抗氧化活性远超现有各种抗氧化剂<sup>[21]</sup>, 在化妆品、食品及药品中应用普遍, 尤其在日本大受欢迎, 成为近几年来日本最受关注的健康品, 影响遍及东南亚。藻源虾青素及其提取物在欧美日等发达国家得到广泛应用, 世界一些保健品公司也研发了虾青素胶囊、口服液等功能品 200 多种, 随着凡纳滨对虾的市场进一步发展, 中国也有部分企业跟进研究了虾青素产品。

## 3 凡纳滨对虾的贸易

2018 年度世界对虾出口 249 万 t, 印度(62 万 t)、厄瓜多尔(51 万 t)、越南(35 万 t)、中国(22 万 t)和印度尼西亚(20 万 t)分列前 5。美国、日本、欧盟和韩国是中国 4 大传统出口市场, 冷冻对虾仍然占据对虾出口的绝对优势, 占比超过 80%, 去壳熟虾、天麸罗原料虾、寿司虾等加工产品占比 16%, 还有少量鲜冷对虾<sup>[22]</sup>。随着近几年生活水平的提高, 对虾消费越来越不能满足国内需求。“第十届中国对虾产业发展研讨会”报告指出, 2017 年全球对虾总产量同比增长约 7.5%, 已超过 430 万 t。中国、印度、厄瓜多尔、越南、泰国、印度尼西亚 6 国为主产国, 6 国对虾产量之和超过了全球对虾产量的 80%。2017 年, 我国对虾产量为 120 万 t 以上, 其中海水虾 70 万 t 以上、淡水虾 50 万 t 以上, 但预计, 我国对虾短期内总供需量在 170 万 t 左右<sup>[23]</sup>。2018 年, 全球对虾需求量仍然会持续增长, 同时随着国内进口关税的下调, 中国对虾进口量将大增, 中国未来很可能会成为对虾最大进口国。近年来, 一些内陆省份的部分对虾消费空间被“夜宵王者”小龙虾取代, 小龙虾极为广阔的消费市场, 进一步挤占了凡纳滨对虾的发展空间<sup>[24]</sup>。

我国对虾产量 10 年间增加了近百万 t, 单单凡纳滨对虾就增加了 70 万 t, 我国居民平均对虾拥有量>2 kg。但随着国内居民的消费升级和档次升级, 虾类消费量逐年上升, 国内虾市场越来越不能满足, 2018 年开始进口对虾 25.8 万 t, 使得对虾表征消费量>3.5 kg。在国内市场上, 消费者一如既往地喜欢鲜活水产品, 虾类购买时凡纳滨对虾、中国对虾和斑节对虾排在前三位<sup>[22]</sup>。

## 4 凡纳滨对虾的加工

对虾是我国传统的经济水产品, 对国民经济的发展

有积极作用,消费量逐年递增,对虾加工产品越来越受到重视,成为家庭以及餐饮的特色水产蛋白。凡纳滨对虾营养丰富,但易变质,一般采用速冻方式保藏,加工时解冻进行产品制作。国内南美白对虾的加工以冻虾、虾仁为主,其次是虾头酱及虾味香精等调味品<sup>[25]</sup>、休闲食品<sup>[25]</sup>、即食品<sup>[26]</sup>、干制品<sup>[27]</sup>、冻干品<sup>[28]</sup>、熏制品<sup>[29]</sup>等虽然产品附加值低,但是适合大众口味,仍有一定的市场需求。

在凡纳滨对虾的加工过程中,保鲜可以防止虾类腐败和黑变<sup>[30]</sup>。热处理和干燥是影响产品品质的重要手段和关键因素<sup>[31-33]</sup>,而手工剥壳的落后则限制了国内虾加工的进一步发展<sup>[34]</sup>。所以除了凡纳滨对虾的产品制作外,在剥壳<sup>[35-36]</sup>、保鲜<sup>[37-38]</sup>、加热<sup>[39]</sup>、干燥<sup>[40-42]</sup>等具体工艺也有深入研究。严金红等<sup>[43]</sup>还研究了软壳虾工艺及制品,这些研究不但有助于提升虾产品的色、香、味、美、鲜等品质,而且还能降低价格、能耗等。凡纳滨对虾在虾仁加工过程中会产生大量虾头、虾壳、虾脚等废弃物,这些加工下脚料约占30%~40%<sup>[44]</sup>,也有学者<sup>[45-47]</sup>对其副产物进行甲壳素、虾青素等活性成分<sup>[48]</sup>研究。易湘茜等<sup>[49]</sup>研究了凡纳滨对虾专用去头设备,从去头成功率、去头虾得率和断面感官等方面提高对虾去头的作业质量和效率;马艳莉等<sup>[50]</sup>对虾头酱油也有研究。

## 5 凡纳滨对虾加工的产业发展

### 5.1 产业发展的现状

经过多年发展,我国对虾产业链开始完善,消费水平不断提高,国内外市场趋于稳定。但是由于国内加工产业滞后、高附加值产品少、综合利用率低,易受国际大环境和国内小环境等多种因素的影响,致使产业的抗风险能力较低,当前隐患和问题较多,需要产业各个环节共谋对策,带动产业共同发展。

#### 5.1.1 同质化严重,附加值低

我国对虾加工企业一直以来就是以冻虾仁、冻虾及来料加工等粗加工产品为主,产品附加值低,同质化比较普遍,经常出现低价倾销、同行相残现象;缺乏核心技术和科技创新技术,容易被市场所左右,特别是受到出口政策制约、各种贸易壁垒限制,严重影响我国对虾产业健康发展。

#### 5.1.2 产业构成简单,产业链严重脱节

凡纳滨对虾在育苗、养殖、加工、高值化、进出口、消费等对虾产业链的各环节不能有效衔接,产业独自抗风险,缺乏合作,坐等商机,渠道单一,难以形成组织化、规模化、工厂化,不利于我国对虾产业长远发展。

#### 5.1.3 精深加工滞后,加工技术老套

我国对虾加工业整体落后,基本上以粗加工初级产品为主,产生的下脚料不能更好地利用起来,未能将资源优势转化为产业优势,而且加工产业属于劳动密集型产业,

人力成本偏高,削弱了产品的市场竞争力<sup>[51]</sup>。国内对虾加工企业的自身创新能力不足,产品换代慢,下脚料综合利用率低,大部分高档产品市场被国外企业垄断。

### 5.2 产业发展趋势

目前我国对虾加工产业处于结构简单、粗放加工的初级阶段,加上国际贸易壁垒、国内外市场低迷、实际成本过高等诸多因素,对虾加工企业发展愈加困难,产业升级提上日程,进行虾类高值化产品研究、加工技术研究、延长虾类加工产业链等已成为产业发展方向。

#### 5.2.1 培育龙头,注重品牌

加工企业要主动走向日新月异的市场,提高竞争力。没有品牌就没有竞争力,发挥龙头企业带动效应,提升自身品牌价值,提高整个产业链的质量和利益。政府要推动龙头企业和科研院所、大专院校多方位合作,促进生产标准化、经营产业化和服务社会化。

#### 5.2.2 提高产品技术含量和原料利用率

近年来中高端市场初具规模,但大部分高档虾产品市场被国外企业垄断,国内虾类加工企业要提高创新能力和产业链衍生能力,延长对虾产业链,加快提高科技对对虾的贡献率、新技术研究和新成果转化。

#### 5.2.3 国内外市场齐头并进,协同发展

随着生活水平的提高和全球经济的快速发展,国内对虾人均消费量逐年上升,国外需求也缓步增长,因此虾类加工企业既要重视国内市场的发掘,也要根据虾类资源发展的不平衡,布局国外优势地区,以期获得稳定市场,协同发展。

#### 5.2.4 安全管理,规范发展

建立虾类加工行业协会,协同支持虾产品加工企业,加强协作,避免恶性竞争,维护贸易秩序,确保我国对虾加工业健康、可持续发展;建立对虾加工产品标准体系和产业链质量认证系统,监控对虾产业链各个环节,保障虾类加工产品质量,提高对虾产品的市场竞争力。

## 6 结束语

凡纳滨对虾从1988年引进后,逐步成为当前我国对虾养殖的主要品种和我国渔业经济的重要支柱产业,并且形成了从引种、繁育、养殖、加工、销售等环节的庞大产业链,产生了巨大的经济效益、社会效益、生态效益及作为有担当水产大国的文化传承功能。作为第一产业的养殖环节和第二产业的初加工环节,皆为典型的劳动密集型产业,互为依存,需要大力发展南美白对虾加工,创造一批南美白对虾名牌产品,积极开拓国际国内市场,促进社会和谐稳定。

### 参考文献

- [1] 王静. 我国南美白对虾养殖的经济效益分析[D]. 上海: 上海海洋大学,

2019.  
WANG J. Economic benefit analysis of *Penaeus vannamei* culture in China [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.
- [2] 农业部渔业渔政管理局. 2006 年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.  
Fishery Administration Bureau of Ministry of Agriculture. 2006 China fisheries statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [3] 农业部渔业渔政管理局. 2019 年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.  
Fishery Administration Bureau of Ministry of Agriculture. 2019 China fisheries statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2019.
- [4] 农业部渔业渔政管理局. 2010 年中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.  
Fishery Administration Bureau of Ministry of Agriculture. 2010 China fisheries statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010.
- [5] 2018—2023 年中国凡纳滨对虾市场深度分析及发展趋势研究咨询预测报告[Z].  
In depth market analysis and development trend of *Litopenaeus vannamei* in China from 2018 to 2023 [Z].
- [6] 林俊良, 张亚丽, 李素霞. 外源铜胁迫下茅尾海南美白对虾营养成分变化分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(23): 183–186.  
LIN JL, ZHANG YL, LI SX. Changing analysis of nutrition components of *Penaeus vannamei* in Maowei sea under exogenous copper stress [J]. Jiangsu Agric Sci, 2018, 46(23): 183–186.
- [7] 郜晨晨, 郝彤, 杨佳睿, 等. 凡纳滨对虾营养需求研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(1): 1–5, 10.  
GAO CC, HAO T, YANG JR, *et al.* Nutritional requirements analysis of *Litopenaeus vannamei* [J]. J Anhui Agric Sci, 2021, 49(1): 1–5, 10.
- [8] 崔光艳, 姜增华, 王假真, 等. 2 种养殖模式下罗氏沼虾肌肉营养成分的比较[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(9): 212–214.  
CUI GY, JIANG ZH, WANG JZ, *et al.* Comparison of muscle nutrients of *Macrobrachium rosenbergii* under two kinds of culture modes [J]. Jiangsu Agric Sci, 2018, 46(9): 212–214.
- [9] 朱玉凤, 张美琳, 李萍, 等. 膳食多不饱和脂肪酸与女性内脏型肥胖的关系[J]. 中国慢性病预防与控制, 2016, 24(3): 192–195.  
ZHU YF, ZHANG ML, LI P, *et al.* Relationship between dietary polyunsaturated fatty acids intake and female visceral obesity [J]. Chin J Prev Control Chron Dis, 2016, 24(3): 192–195.
- [10] 马林, 姜巨峰, 吴会民, 等. 池塘循环水养殖 5 种品系南美白对虾肌肉营养成分分析与评价[J]. 渔业现代化, 2018, 45(5): 36–44.  
MA L, JIANG JF, WU HM, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components in the muscle of 5 strains of *Penaeus vannamei* cultured in circulating water in ponds [J]. Fish Mod, 2018, 45(5): 36–44.
- [11] 吴丹, 江敏, 吴昊, 等. 大棚养殖和露天养殖模式下不同生长阶段凡纳滨对虾肌肉营养成分比较[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(4): 491–500.  
WU D, JIANG M, WU H, *et al.* Comparison of nutritional component of greenhouse cultured and outdoor cultured *Litopenaeus vannamei* in different growth stages [J]. J Shanghai Ocean Univ, 2019, 28(4): 491–500.
- [12] 李晓, 王颖, 李红艳, 等. 凡纳滨对虾虾头与肌肉营养成分分析与评价[J]. 水产科学, 2018, 37(1): 66–72.  
LI X, WANG Y, LI HY, *et al.* Analysis and assessment of nutrient composition in head and muscle of Pacific white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* [J]. Fish Sci, 2018, 37(1): 66–72.
- [13] 董宝莲, 郭玲. 虾青素的研究进展[J]. 中国临床药理学杂志, 2019, 35(8): 821–824.  
DONG BL, GUO L. Research progress of astaxanthin [J]. Chin J Clin Pharmacol, 2019, 35(8): 821–824.
- [14] 齐宇, 贾喆, 宋茹. 南美白对虾不同部位虾青素的提取及特征分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(18): 188–190, 193.  
QI Y, JIA Z, SONG R. Analysis of extraction and characteristics of astaxanthin derived from different parts of *Litopenaeus vannamei* [J]. Anhui Agric Sci, 2020, 48(18): 188–190, 193.
- [15] DOSE J, MATSUGO S, YOKOKAWA H, *et al.* Free radical scavenging and cellular antioxidant properties of astaxanthin [J]. Int J Sci, 2015, 17(1): 103.
- [16] CHATURVEDI MM, SUNG B, YADAV VR, *et al.* NF- $\kappa$ B addiction and its role in cancer: ‘One size does not fit all’ [J]. Oncogene, 2010, 30(14): 1615–1630.
- [17] JAMIESON C, SHARMA M, HENDERSON BR. Wnt signaling from membrane to nucleus:  $\beta$ -catenin caught in a loop [J]. Int J Biochem Cell Biol, 2012, 44(6): 847–850.
- [18] PARK JH, YEO IJ, HAN JH, *et al.* Anti-inflammatory effect of astaxanthin in phthalic anhydride-induced atopical dermatitis animal model [J]. Exp Dermatol, 2018, 27(4): 378–385.
- [19] ZHANG MK, CUI ZW, CUI H, *et al.* Astaxanthin alleviates cerebral edema by modulating NKCC1 and AQP4 expression after traumatic brain injury in mice [J]. BMC Neurosci, 2016, 17(1): 60–68.
- [20] GRIMMIG B, MORGANTI J, NASH K, *et al.* Immunomodulators as therapeutic agents in mitigating the progression of parkinson’s disease [J]. Brain Sci, 2016, 6(4): 41–52.
- [21] MIKI W. Biological functions and activities of animal carotenoids [J]. Pure Appl Chem, 2013, 63(1): 141–146.
- [22] 沈基文. 崔和. 2019 我国对虾进口量或超 80 万吨[J]. 海洋与渔业, 2019, 6: 79–81.  
SHEN JW, CUI H. China’s shrimp imports may exceed 800000 tons in 2019 [J]. Ocean Fish, 2019, 6: 79–81.
- [23] 南美白对虾产业发展报告[J]. 中国水产, 2021, 5: 27–36.  
China *Penaeus vannamei* industry development report [J]. China Fish, 2021, 5: 27–36.
- [24] 2020 中国小龙虾产业发展报告[J]. 中国水产, 2020, 7: 8–17.  
2020 China crayfish industry development report [J]. China Fish, 2020, 7: 8–17.
- [25] 蓝尉冰, 张庆健, 陈美花, 等. 响应面分析法优化广西北部湾南美白对虾虾头酶解工艺[J]. 中国调味品, 2019, 44(4): 97–103.  
LAN WB, ZHANG QJ, CHEN MH, *et al.* Optimization of the enzymatic hydrolysis of shrimp head of *Penaeus vannamei* in Beibu gulf of Guangxi by response [J]. China Cond, 2019, 44(4): 97–103.

- [26] 殷磊. 即食干制对虾加工工艺及货架期预测[D]. 保定: 河北农业大学, 2018.  
YIN L. Ready-to-eat dried shrimp processing technology shelflife prediction [D]. Baoding: University of Hebei Agriculture, 2018.
- [27] 何雄, 罗海波, 陈伟, 等. 风味即食对虾干系列产品加工工艺参数的优化[J]. 食品研究与开发, 2018, 35(9): 95-99.  
HE X, LUO HB, CHEN W, *et al.* Optimization of processing parameters for instant dried white shrimps (*Penaeus vannamei*) [J]. Food Res Dev, 2018, 35(9): 95-99.
- [28] 余招龙, 梁前才, 杜洪平. 冻干南美白对虾加工技术[J]. 科学养鱼, 2018, 349(9): 74.  
YU ZL, LIANG QC, DU HP. Processing technology of freeze-dried *Penaeus vannamei* [J]. Sci Fish Farm, 2018, 349(9): 74.
- [29] 李倩, 夏杏洲, 章雪琴, 等. 即食性液熏虾贮藏特性的研究[J]. 食品科技, 2021, 46(1): 144-148.  
LI Q, XIA XZ, ZHANG XQ, *et al.* Study on storage characteristics of ready-to-eat liquid smoked shrimp [J]. Food Sci Technol, 2021, 46(1): 144-148.
- [30] 张溪, 蓝蔚青, 刘嘉莉, 等. 南美自对虾防黑变保鲜技术研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(15): 294-300.  
ZHANG X, LAN WQ, LIU JL, *et al.* Preservation technology for inhibiting melanosis in *Litopenaeus vannamei* [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(15): 294-300.
- [31] LI YC, YANG ZY, LI JR. Shelf-life extension of Pacific white shrimp using algae extracts during refrigerated storage [J]. J Sci Food Agric, 2017, (1): 291-298.
- [32] 肖朝耿, 谌迪, 吴江雁, 等. 不同加热方式对南美自对虾品质变化的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(3): 538-544.  
XIAO CG, SHEN D, WU JY, *et al.* Effects of different heating methods on the quality changes of *Penaeus vannamei* [J]. J Nucl Agric Sci, 2019, 33(3): 538-544.
- [33] 董志俭, 孙丽平, 祁兴普, 等. 南美自对虾冷风干燥过程中的品质变化研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(8): 45-49.  
DONG ZJ, SUN LP, QI XP, *et al.* Effect of different drying methods on the quality of *Penaeus vannamei* [J]. Food Res Dev, 2020, 41(8): 45-49.
- [34] 叶开愚, 马道宽, 龚丽, 等. 6XBJGZ-400 型辊轴式虾剥壳机剥壳工艺试验研究[J]. 现代农业装备, 2020, 41(5): 73-77.  
YE KY, MA DK, GONG L, *et al.* 6XBJGZ-400 roller-type shrimp sheller shelling technology and optimal shelling rate test of *Penaeus vannamei* [J]. Mod Agric Equipment, 2020, 41(5): 73-77.
- [35] 郝淑贤, 杨肖杰, 黄卉, 等. 虾类剥壳加工现状及预处理便捷剥壳技术[J]. 南方水产科学, 2020, 16(4): 121-128.  
HAO SX, YANG XJ, HUANG H, *et al.* Status of shrimp peeling and pretreatment technology for facilitating peeling [J]. South China Fish Sci, 2020, 16(4): 121-128.
- [36] 马道宽, 龚丽, 甘玲, 等. 辊轴式虾剥壳装置剥壳过程中的受力分析[J]. 现代农业装备, 2020, 41(2): 64-68.  
MA DK, GONG L, GAN L, *et al.* Analysis of the force on the roller axis in the process of shrimp shelling device [J]. Mod Agric Equipment, 2020, 41(2): 64-68.
- [37] OLE M, TINA DD, PAW D. Effect of brine marination on survival and growth of spoilage and pathogenic bacteria during processing and subsequent storage of ready-to-eat shrimp (*Pandalus borealis*) [J]. Int J Food Microbiol, 2012, 157(1): 16-27.
- [38] MEENATCHISUNDARAM S, CHANDRASEKAR CM, UDAYASOORIAN LP, *et al.* Effect of spice-incorporated starch edible film wrapping on shelf life of white shrimps stored at different temperatures [J]. J Sci Food Agric, 2016, 96(12): 4268-4275.
- [39] MANHEEM K, BENJAKUL S, KIJROONGROJANA K, *et al.* Effect of pre-cooking times on enzymes, properties, and melanosis of Pacific white shrimp during refrigerated storage [J]. Int Aquat Res, 2013, (1): 1-11.
- [40] JOSAFAT A, BECERRA H, ANGÉLICA A, *et al.* Cholesterol oxidation and astaxanthin degradation in shrimp during sun drying and storage [J]. Food Chem, 2013, (8): 832-839.
- [41] 毛伟杰, 朱丽钰, 孙鲁浩, 等. 微波-红外联合加热对凡纳滨对虾品质的影响[J]. 水产学报, 2020, 44(2): 314-320.  
MAO WJ, ZHU LY, SUN LH, *et al.* Effects of microwave-infrared combination heating on the quality of *Litopenaeus vannamei* [J]. J Fish China, 2020, 44(2): 314-320.
- [42] 徐妹, 刘冬梅, 王勇, 等. 蒸煮模式对南美自对虾食用品质的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(3): 136-142.  
XU S, LIU DM, WANG Y, *et al.* Effects of cooking methods on the eating quality of *Penaeus vannamei* [J]. Food Sci, 2021, 42(3): 136-142.
- [43] 严金红, 缪文华, BHOHE, 等. 有机酸软化凡纳滨对虾壳的效果研究[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 2018, 37(5): 394-399.  
YAN JH, MIU WH, BHOHE, *et al.* The softening effect of organic acid on the shell of *Litopenaeus vannamei* [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci), 2018, 37(5): 394-399.
- [44] 舒亦雄, 徐秀芬, 李登, 等. 虾壳酱油制曲条件研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(7): 108-119.  
SHU YX, XU XF, LI D, *et al.* Study on koji-making conditions of shrimp shell soy sauce [J]. China Cond, 2020, 45(7): 108-119.
- [45] NOURI M, KHODAIYAN F, RAZAVI SH, *et al.* Improvement of chitosan production from Persian gulf shrimp waste by response surface methodology [J]. Food Hydrocolloid, 2016, (8): 50-58.
- [46] 王红丽, 李天骄, 林圣楠, 等. 不同酶解工艺下对虾下脚料酶解挥发性风味成分变化及感官品质研究[J]. 粮食与饲料工业, 2018, (1): 53-59.  
WANG HL, LI TJ, LIN SN, *et al.* Research on volatile flavor compounds and sensory evaluation of shrimp offal hydrolysates under different enzymolysis [J]. Cereal Feed Ind, 2018, (1): 53-59.
- [47] 蓝蔚冰, 王帅静, 韩鑫, 等. 水浴消解与传统工艺制备北部湾南美白对虾甲壳素研究[J]. 中国调味品, 2018, (4): 59-63.  
LAN WB, WANG SJ, HAN X, *et al.* Study on preparation of chitin from *Penaeus vannamei* by water bath digestion and traditional technology [J]. China Cond, 2018, (4): 59-63.
- [48] MAO XZ, GUO N, SUN JN, *et al.* Comprehensive utilization of shrimp waste based on biotechnological methods: A review [J]. J Clean Prod,

- 2017, (2): 814–823.
- [49] 易湘茜, 蔡冰娜, 潘剑宇, 等. 凡纳滨对虾下脚料综合加工工艺研究 [J]. 中国调味品, 2013, 38(4): 75–79.
- YI XX, CAI BN, PAN JY, *et al.* Study on comprehensive processing technology of *Litopenaeus vannamei* waste [J]. China Cond, 2013, 38(4): 75–79.
- [50] 马艳莉, 刘鑫硕, 冷雪峰, 等. 虾头酱油发酵工艺及产品品质研究 [J]. 中国食品学报, 2019, 18(9): 159–166.
- MA YL, LIU XS, LENG XF, *et al.* Research on fermentation technology and product quality of shrimp head soy sauce [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2019, 18(9): 159–166.
- [51] 黄晓菊, 韦佳禄, 吴才海, 等. 我国对虾加工业发展概述 [J]. 轻工科技,

2018, 33(11): 30–31.

HUANG XJ, WEI JL, WU CH, *et al.* Development of shrimp processing industry in China [J]. Light Ind Sci Technol, 2018, 33(11): 30–31.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

## 作者简介



滕 瑜, 副研究员, 主要研究方向为  
海洋食品加工及产业集成。

E-mail: tengyu@ysfri.ac.cn