

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240121002

# 南极磷虾基调味料研究进展

刘葭萌<sup>1,2</sup>, 赵前程<sup>1</sup>, 张怵怵<sup>2</sup>, 刘志东<sup>2\*</sup>

(1. 大连海洋大学食品科学与工程学院, 大连 116023; 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

**摘要:** 南极磷虾是一种重要的海洋生物资源, 生物资源量巨大。在食品领域, 南极磷虾因其味道鲜美、营养丰富而备受青睐。由于其富含蛋白质、脂质、肽类、氨基酸、核苷酸、有机酸、甜菜碱、氨基葡萄糖等呈味物质以及矿物元素等呈味物质助剂, 已经成为开发南极磷虾基调味料的良好来源。随着人们对健康饮食的关注日益增加, 对于天然来源、营养丰富食材的需求不断提升, 南极磷虾基调味料的应用前景十分广阔。积极推动南极磷虾基调味料的研发和创新, 有望为南极磷虾产业注入新的活力, 助推其可持续发展。本文综述了南极磷虾基调味料的呈味物质来源、制备方法、开发现状, 并预测了其发展趋势, 旨在为南极磷虾基调味料及南极磷虾产业的全面发展提供有力技术支持。

**关键词:** 南极磷虾; 调味料; 呈味物质; 现状; 趋势

## Research progress of the Antarctic krill seasoning

LIU Jia-Meng<sup>1,2</sup>, ZHAO Qian-Cheng<sup>1</sup>, ZHANG Bian-Bian<sup>2</sup>, LIU Zhi-Dong<sup>2\*</sup>

(1. School of Ocean Food Science and Engineering, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

**ABSTRACT:** Antarctic krill is an important marine living resource with a huge biomass. In the food field, Antarctic krill is popular because of its delicious taste and rich nutrition. As it is rich in protein, lipids, peptides, amino acids, nucleotides, organic acids, betaine, glucosamine and other flavor substances, as well as minerals and other flavor substances additives, has become a great source for the development of Antarctic krill seasoning. With the growing concern for a healthy diet, the demand for natural sources, nutritious ingredients continue to rise, the application of Antarctic krill seasoning has a very bright future. Actively promoting the research and development and innovation of Antarctic krill seasoning is expected to inject new vitality into the Antarctic krill industry and promote its sustainable development. This paper reviewed the sources of Antarctic krill flavor substances, production methods, development status, and predicted the development trend, so as to provide a strong technical support for the overall development of Antarctic krill seasoning and Antarctic krill industry.

**KEY WORDS:** Antarctic krill; seasoning; flavor substances; present status; tendency

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2020XT1201)、海洋食品加工与安全控制全国重点实验室开放基金资助项目(SK202303)

Fund: Supported by the Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund (2020XT1201), and the Open Foundation of State Key Laboratory of Marine Food Processing & Safety Control (SK202303)

\*通信作者: 刘志东, 博士, 副研究员, 主要研究方向为水产品深加工与品质调控。E-mail: zd-liu@hotmail.com

\*Corresponding author: LIU Zhi-Dong, Ph.D, Associate Professor, No.300, Jungong Road, Yangpu District, Shanghai 200090, China. E-mail: zd-liu@hotmail.com

## 0 引言

南极磷虾(*Euphausia superba*)是一种生活在南极海域的浮游甲壳动物,生物资源量评估约为 3.79 亿 t<sup>[1]</sup>。南极磷虾富含蛋白质、脂质、氨基酸、核苷酸、有机酸、甜菜碱、氨基葡萄糖等呈味物质和矿物元素等呈味物质助剂,它们之间相互作用,形成了南极磷虾独特的风味,也使其成为天然调味料的良好原料来源。天然调味料是全球调味料行业发展的新趋势。目前,国外天然调味料对传统调味料替代率已达 60%以上,国内仅为 20%~30%<sup>[2]</sup>。近年来,我国调味料市场发展迅速,以每年 30%的速度递增,已经成为食品行业新的经济增长点之一<sup>[3]</sup>。

现阶段消费者对食品风味的需求呈现出多样化、独特性和新颖性的特点,调味料作为食品风味的主要调配者发挥越来越重要的作用。传统调味料逐渐不能满足现代消费者的需求,天然复合调味料的发展顺应了社会现代化的进程和生活方式的改变,满足了消费者对安全营养、风味独特、多样化和“增鲜减盐”的需求,也成为了我国调味料产业未来发展的主流趋势之一<sup>[4-5]</sup>。

南极磷虾基调味料是指以南极磷虾为主要原料,经相应工艺加工制成的具有特殊风味的调味料。目前国内外关于南极磷虾基调味料的研究较少,例如有研究者分别对南极磷虾的呈味物质进行了分析,探究了南极磷虾及其衍生产品的风味特征<sup>[6-11]</sup>;有研究者开展了南极磷虾基调味料的开发工作,利用南极磷虾的特征风味开发新型调味料<sup>[12-17]</sup>。上述研究工作较好地促进了南极磷虾基调味料研发进程,但目前南极磷虾基调味料的研究整体还处于初级阶段,亟需开展更多、更深入的研究以推动相关领域和产业的发展。

本文综述了南极磷虾基调味料的呈味物质来源、制备方法、发展现状并预测了其发展趋势,以期为南极磷虾基调味料和南极磷虾产业的发展提供有效支撑。

## 1 南极磷虾基调味料呈味物质来源

南极磷虾基调味料的呈味物质主要来源于南极磷虾自身成分及其衍生物,包括南极磷虾自身富含的蛋白质、脂质、肽类、氨基酸、核苷酸、有机酸、甜菜碱、氨基葡萄糖和矿物元素等呈味物质和呈味助剂。

### 1.1 呈味氨基酸

氨基酸是维系人体生命活动的重要物质,也是重要的呈味物质和呈味前体物质。研究表明,大多氨基酸及其盐呈现甜味或苦味,少数呈现鲜味、咸味或酸味。有些氨基酸不只呈现单一风味,还可能呈现多种风味<sup>[18]</sup>。

目前,南极磷虾中共检测出 18 种氨基酸:谷氨酸(Glu)、赖氨酸(Lys)、丙氨酸(Ala)、亮氨酸(Leu)、天冬氨

酸(Asp)、苯丙氨酸(Phe)、异亮氨酸(Ile)、缬氨酸(Val)、甘氨酸(Gly)、蛋氨酸(Met)、精氨酸(Arg)、苏氨酸(Thr)、酪氨酸(Tyr)、丝氨酸(Ser)、胱氨酸(Cys)、脯氨酸(Pro)、组氨酸(His)、色氨酸(Trp)<sup>[19]</sup>。其中,鲜味氨基酸主要有 Glu(又呈酸味)、Asp(又呈甜味);甜味氨基酸主要有 Asp、Gly、Cys、Ser(又呈鲜味)、Thr(又呈苦味)和 Pro(又呈苦味)等,甜味氨基酸除了可以提供甜味,还可以与鲜味氨基酸起到协同提鲜的作用<sup>[20]</sup>;苦味氨基酸主要有 Lys(又呈鲜、甜味)、Val(又呈甜味)、Met(又呈鲜味)、His、Leu、Ile、Tyr、Arg、Trp 和 Phe 等<sup>[6,21]</sup>。

南极磷虾的氨基酸组成和含量因捕捞月份的不同存在一定差异<sup>[22]</sup>。捕自不同月份的南极磷虾均呈鲜味、甜味突出的特点,其中甜味强于鲜味。综上所述,南极磷虾富含 Asp、Glu、Gly 和 Ala 等呈味氨基酸,是其呈现鲜、甘、甜特征的重要原因之一。

王梦娟<sup>[23]</sup>研究发现南极磷虾自溶液中含有 0.52 g/100 g(约占 24.64%)的鲜味氨基酸和 0.45 g/100 g(约占 21.33%)的甜味氨基酸,而南极磷虾自溶物的深度酶解液中鲜味氨基酸含量为 0.82 g/100 g(约占 27.06%),甜味氨基酸含量为 0.58 g/100 g(约占 19.15%)。章雪琴<sup>[24]</sup>利用微生物混合发酵制备南极磷虾呈味基料,发现发酵后的氨基酸总量由 4598 mg/100 g 增加到 22590 mg/100 g,增加后的鲜味、甜味氨基酸约占总氨基酸含量的 44%,其中 Glu(0.68 g/100 g)、Asp(1.08 g/100 g)、Gly(1.79 g/100 g)、Ala(2.01 g/100 g),且滋味活性值(taste activity value, TAV)均大于 1,分别为 22.7、10.8、13.8、33.5。由此可见,南极磷虾在经过酶解、发酵处理后,鲜味、甜味氨基酸含量均会有所增加,南极磷虾呈味基料口感整体更加鲜美醇厚,也为制备南极磷虾基调味料提供了技术和理论基础。

### 1.2 呈味肽

研究表明,呈味肽具有复杂性和综合性两种呈味特征,食物味觉的呈现源于食物中呈味化合物之间的综合平衡表现。呈味肽含有具有缓冲能力的氨基和羧基两性基团,因而赋予食品总体味感协调、细腻微妙、醇厚浓郁的风味<sup>[25]</sup>。此外,呈味肽不但具有突出自然的特征风味,而且易与其他呈味成分配伍,赋予食品多层次、圆润的特点,使其成为制备高档复合调味品、香精香料的重要基料<sup>[2]</sup>。

呈味肽是从食物中分解提取或由氨基酸合成得到的、对食品风味具有一定贡献的、分子质量低于 5000 Da 的寡肽,主要包括特征滋味肽和风味前体肽<sup>[26]</sup>。根据呈味特性分为甜味肽、苦味肽、酸味肽、咸味肽和鲜味肽。鲜味肽的氨基酸序列中一般含有 Glu 或 Asp 等亲水性氨基酸<sup>[27]</sup>,酸味肽 Gly-Asp、Ala-Glu、Glu-Leu、Glu-Gly、Glu-Glu 和 Glu-Tyr 等具有鲜味的特性<sup>[28]</sup>。研究表明,呈味肽的苦味来源于肽中的疏水性氨基酸,如 Arg、Leu、Gly、Phe 和 Pro,

其疏水残基是苦味受体的结合位点<sup>[29]</sup>。

姚玉静等<sup>[30]</sup>用 90%乙醇萃取具有较强鲜味的南极磷虾酶解产物上清液, 分子量 5000 Da 以下的肽比例高达 87.86%。杨昭等<sup>[31]</sup>用异丁醇萃取南极磷虾乙醇相上清液, 感官评定具有苦味, 多肽分子量分布主要集中在 5000 Da 以下, 比例达到 97.44%。胡雪潇<sup>[32]</sup>从虾酱中分离出一条序列为 Asp-Gly 的二肽, 感官评价表明其具有令人愉悦的酸味和不明显的鲜味, 在与食盐复配后体现出较强的鲜味, 具有显著的增鲜作用。

感官评定、肽分子量分布和氨基酸组成分析结果表明南极磷虾酶解物中含有较高比例的鲜味肽、苦味肽和酸味肽等呈味肽。

### 1.3 呈味脂质

呈味脂质主要指的是呈现特定风味的脂质及其衍生物, 主要包括醛类、酮类、醇类、脂族烃、羧酸和酯等。脂质的热氧化是形成挥发性风味物质的一种重要反应<sup>[33]</sup>。南极磷虾中脂肪酸组成丰富多样, 饱和脂肪酸含量所占比重较大, 多不饱和脂肪酸二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)含量高于一般海洋生物<sup>[34]</sup>。

南极磷虾中挥发性物质丰富多样, 主要为醛类、酮类、醇类、烷烃、烯烃、芳香族化合物等。韦磊<sup>[7]</sup>利用气相色谱-质谱联用仪分析南极磷虾中挥发性成分的变化, 采用相对气味活度值法确定不同月份南极磷虾的关键风味物质并通过电子鼻分析了整体风味。研究表明: 南极磷虾的主体风味物质主要为醛类; 3、4 月份的主体风味物质主要是壬醛、癸醛和 *D*-柠檬烯; 5~8 月份主体风味物质主要有壬醛、癸醛、3-甲基丁醛、2-甲基丁醛、苯乙醛、1-辛烯-3-醇等; 随着月份的变化, 南极磷虾挥发性物质种类变得更加丰富。不同月份捕捞南极磷虾的主体风味成分有所差异, 共同点在于不同月份均检出壬醛、癸醛和 *D*-柠檬烯<sup>[8]</sup>。阈值低的壬醛、癸醛等醛类物质是南极磷虾的主体风味物质, 阈值高的 *D*-柠檬烯等烃类物质对南极磷虾风味形成影响不大, 主要起到修饰作用<sup>[35]</sup>。此外, 南极磷虾不同部位的风味成分也有所差异, 整虾的风味成分主要由二甲基三硫醚、癸醛、(*E,Z*)-2,6-壬二烯醛、3-甲基丁醛、壬醛、3-甲硫基丙醛、辛醛等构成。许刚等<sup>[9]</sup>对南极磷虾头胸部及腹部进行挥发性风味分析, 结果表明南极磷虾整虾既呈现头胸部的黄瓜味、坚果香、酱香和肉香, 又呈现虾腹部浓厚的肉香、蔬菜香、甜香、花香和果香。

章雪琴<sup>[24]</sup>在南极磷虾中检测到 70 种化合物(醛类 7 种、酮类 15 种、醇类 22 种、酸类 2 种、酯类 3 种、含硫类 1 种、含氮类 2 种、碳氢类 17 种、杂环类 1 种), 在南极磷虾呈味基料中检测到 105 种物质(醛类 10 种、酮类 14 种、醇类 26 种、酸类 3 种、酯类 17 种、含硫类 2 种、含氮类 6

种、碳氢类 23 种、杂环类 4 种)。研究发现, 经微生物混合发酵制得南极磷虾呈味基料的风味物质的种类(含量)由 70 种(146.27  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )增加到 105 种(1458.91  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ ), 其中增加显著的是醇类、醛类、酯类化合物; 南极磷虾呈味基料中的醛类化合物(苯甲醛、苯乙醛、庚醛、壬醛、2-辛烯醛的含量分别增加到 11.63、23.53、6.99、14.68、0.54  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ , 且气味活性值均大于 1), 主要贡献了南极磷虾呈味基料的花果香及坚果香; 增加的酮类化合物 2-庚酮(5.35  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )、2,3-丁二酮(4.50  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )、苯乙酮(2.42  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )分别具有蓝莓味、奶油味及甜花果香, 主要贡献了南极磷虾呈味基料的甜花果香气味; 新增的酯类化合物乙酸乙酯(68.21  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )、甲酸己酯(5.31  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )及苯乙酸乙酯(0.55  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ ), 具有甜菠萝香、水果香和浓烈的蜂蜜香味, 贡献了南极磷虾呈味基料的果香甜味; 新增的含氮化合物三甲基吡嗪(14.24  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪(62.19  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )、2-乙基-3,5,6-三甲基吡嗪(3.26  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ )和 2,3-二甲基-5-丙基-吡嗪(9.04  $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ ), 主要贡献了南极磷虾呈味基料的烤肉香; 酸类、醇类、含硫类化合物的含量也有不同程度的增加, 突显南极磷虾呈味基料特征风味中的虾肉香、甜花果香、青草香和烤肉香。由此可见, 南极磷虾发酵后挥发性风味物质含量与种类的增加说明经过发酵酶解可以明显改善南极磷虾风味, 不仅保留了虾的风味, 还增添了许多特征风味。

### 1.4 其他呈味物质

研究表明, 南极磷虾富含核苷酸、有机酸和甜菜碱等呈味物质。

目前, 已经发现的呈味核苷酸及其衍生物有 30 多种, 其中 5'-肌苷酸(inosine 5'-monophosphate, IMP)、5'-鸟苷酸(guanosine 5'-monophosphate, GMP)和 5'-腺苷酸(adenosine 5'-monophosphate, AMP)为主要的鲜味核苷酸<sup>[36]</sup>。南极磷虾含有 3 种鲜味核苷酸(AMP、IMP、GMP), 且含量之间存在显著差异<sup>[10]</sup>。鲜味核苷酸不仅能与鲜味氨基酸产生协同作用增加鲜味<sup>[37]</sup>, 还能掩盖苦味氨基酸、苦味肽产生的苦味<sup>[38]</sup>。由于 IMP 与谷氨酸钠具有协同增效作用, 可将呈现的鲜味强度转化为等价的谷氨酸钠的浓度以量化鲜味强度<sup>[39]</sup>。韦磊<sup>[7]</sup>采用味精当量法评价了南极磷虾的鲜味强度。研究表明: 3~6 月份南极磷虾虾肉中呈味核苷酸含量相差不大, 7、8 月份南极磷虾虾肉中呈味核苷酸含量较高; 不同月份南极磷虾虾肉中的 AMP 含量远远高于其他呈味核苷酸含量; 3~8 月份南极磷虾虾肉中的 IMP 含量高于其他月份; 7、8 月份南极磷虾虾肉中的苦味核苷酸次黄嘌呤(hypoxanthine, Hx)、次黄嘌呤核苷酸(hypoxanthine nucleotide, HxR)含量均高于其他月份。章雪琴<sup>[24]</sup>发现经微生物混合发酵制备的南极磷虾呈味基料中 ATP 关联化合物的含量由 374.01 mg/L 增加到 943.22 mg/L, 其中 IMP 含

量达到 384.33 mg/L, 是南极磷虾呈味基料中主要的呈味核苷酸; 其次, ADP 含量由 77.02 mg/L 增加到 147.41 mg/L, Hx 含量由 45.96 mg/L 增加到 287.98 mg/L, HxR 含量下降到 123.50 mg/L。

有机酸是一类重要的风味物质, 既可以提供酸味, 也有助于改善风味。南极磷虾主要含有 4 种有机酸(苹果酸、柠檬酸、琥珀酸和酒石酸)<sup>[11]</sup>。韦磊<sup>[7]</sup>研究发现, 5、6 月份南极磷虾乳酸含量较低, 7、8 月份乳酸含量较高, 可能是由于南极磷虾产卵前后能量消耗所致。章雪琴<sup>[24]</sup>同样也发现南极磷虾含有柠檬酸、苹果酸、琥珀酸等 4 种有机酸; 南极磷虾呈味基料有机酸总含量为 7812.34 mg/L, 是南极磷虾的 2.4 倍, 其中有机酸主要为乳酸(3273.46 mg/L)、琥珀酸(3446.46 mg/L)和苹果酸(1092.42 mg/L)。

甜菜碱是一种生物碱, 化学名称为 N,N,N-三甲基甘氨酸, 广泛存在于虾蟹等甲壳类水产品, 能赋予水产品鲜甜味, 是重要的呈味物质<sup>[40]</sup>。章雪琴<sup>[24]</sup>发现南极磷虾中甜菜碱的含量为 10.45 mg/g, TAV 为 4.18, 主要对南极磷虾呈鲜甜味具有显著贡献, 但南极磷虾呈味基料中甜菜碱、无机离子的含量无明显差异。

综上所述, 南极磷虾含有的丰富的呈味相关氨基酸、肽类、脂质、核苷酸、有机酸和甜菜碱等, 为其成为优质的天然调味料提供了良好的物质基础。

## 2 南极磷虾基调味料制备

根据南极磷虾基调味料制备方法的不同可将其分为 3 种类型: 抽提型、分解型和反应型<sup>[41]</sup>。

### 2.1 抽提型

抽提型调味料是利用水或乙醇等溶剂, 经过抽提、分离、混合、浓缩或干燥等工序生产的调味料。抽提型调味料能够保持原料原有的风味, 味道自然、鲜美浓郁, 没有化学调味料的单调感与异味。

KOOMYART 等<sup>[42]</sup>采用不同温度煮沸和亚临界水处理南极磷虾。结果表明, 160℃、180℃的亚临界水处理下制备的南极磷虾提取物和残留物风味良好, 无腥味、烟熏味或烧焦味, 可用作调味料。赵泓博<sup>[43]</sup>采用无水乙醇协同超临界二氧化碳萃取得到南极磷虾调和油, 能有效地去除部分不良特征风味。

采用水提取水溶性呈味物质, 采用乙醇提取脂溶性呈味物质, 提高了风味物质的提取率, 再经浓缩工艺, 制备获得抽提型南极磷虾基调味料味道浓郁且自然。

### 2.2 分解型

分解型调味料是通过加酶或者利用原料自身所含酶类及微生物的作用, 将原料组织分解, 形成富含营养和呈味成分的调味液, 再通过调配、浓缩或造粒而成的调味料。

分解型调味料根据分解方法的不同可以分为酸解型、酶解型和发酵型, 酸解型调味料由于容易导致原料中的营养成分被破坏, 产物颜色较深需要脱色处理, 已逐渐被淘汰; 酶解型调味料由于蛋白酶反应温和、具有专一性且过程较容易控制, 优点在于蛋白质利用率高、口感厚实, 但缺乏香气<sup>[22,24]</sup>; 发酵型调味料因原料天然、风味独特、营养健康而深受喜爱, 优点在于香气浓郁、滋味鲜美, 但发酵时间较长。

章雪琴等<sup>[44]</sup>以南极磷虾为原料, 选取植物乳酸杆菌、木糖葡萄球菌、鲁氏酵母菌 3 种菌进行半固体混合发酵, 然后利用风味酶进行酶解并优化其制备工艺, 制备出风味优良的呈味基料。王梦娟等<sup>[45]</sup>以鲜味强度为指标, 研究了自溶对南极磷虾的影响, 结果表明: 南极磷虾自溶液总氨基酸含量为 2.11 g/100 g, 约 72.82%的水解物分子量在 1000 Da 以下; 其中鲜味氨基酸约为 24.64%, 甜味氨基酸约为 21.33%。南极磷虾自溶液深度酶解结果表明, 酶解液的总氨基酸含量为 3.03 g/100 g, 约 98.65%的水解物为分子量在 1000 Da 以下; 其中鲜味氨基酸约为 27.06%, 甜味氨基酸约为 19.15%。

目前分解型南极磷虾基调味料多采用混合发酵法, 综合利用发酵型和酶解型以及两者的结合制备方法的优点, 缩短发酵时间, 增加呈味成分。

### 2.3 反应型

反应型调味料是以抽提型或分解型的原料为基料, 通过添加不同配比的氨基酸、还原糖、酵母精及水解植物蛋白等鲜味物质, 利用美拉德反应调配制得的调味料<sup>[46]</sup>。

张迪<sup>[47]</sup>利用美拉德反应改良南极磷虾酶解产物的风味, 反应后在保留虾香味的同时增加了烤香味、肉香味, 有效地改善了南极磷虾酶解液的挥发性风味。

由此可见, 利用美拉德反应制备的南极磷虾基调味料获得了独特风味, 增强了色泽, 提升了口感, 提高了品质。

## 3 南极磷虾基调味料的发展现状

随着国内外对南极磷虾基调味料的认知逐步深入, 南极磷虾基调味料受到越来越多的关注。目前已经成功应用于制造高品质的海鲜酱油、调味酱以及增鲜粉等产品(表 1)。章雪琴<sup>[24]</sup>研究发现南极磷虾呈味基料相较于南极磷虾原料, 鲜味显著增强, 甜味和酸味略有增加, 咸味和苦味无显著变化, 腥味明显下降, 整体滋味醇厚感增强。郑爽等<sup>[16]</sup>以冷冻南极磷虾为原料, 采用复合蛋白酶、风味蛋白酶进行二段酶解, 再经脱氧、美拉德反应、喷雾干燥、复配调味等操作, 制得充满虾香味和鲜香风味的南极磷虾基调味料。

随着人们对食品风味的期望不断提升, 对于丰富多

样的美食体验的追求日益增长, 虾类在各种复合调味料中的应用范围也逐渐扩大。深入开展南极磷虾基调味料的高效制取和可控缓释技术已经成为新型调味料的重要组成部分和新的增长点, 开发相关产品具有重大意义, 也是提高南极磷虾附加值的必然途径和南极磷虾产业未来发展重要方向之一。

表1 南极磷虾基调味料主要产品  
Table 1 Seasoning products based Antarctic krill

产品名称	产品特点	参考文献
南极磷虾酱油	含硒、牛磺酸, 具有特殊功能活性	[13]
	柠檬酸、苹果酸含量高	[14]
	低盐、高钙	[48]
	低氟	[49]
	虾味、辣味和总体风味好, 腥味少	[15]
	低氟	[50]
	低盐、无腥、营养	[51]
南极磷虾酱	滋味纯正、虾香浓郁而醇厚	[52]
	低盐、高铁	[53]
	具有桂皮、八角、花椒和辣椒多元风味	[54]
	助消化	[55]
	低氟, 具有鲍鱼、火腿多元风味	[56]
	具有贝肉风味	[57]
	具有牡蛎、鳀鱼多元风味	[58]
南极磷虾调味汁	具有牡蛎多元风味	[59]
	口味鲜甜	[60]
	鲜香浓郁、厚重持久	[61]
	无盐	[62]
	虾味浓郁、咸度适中、适口性好	[16]
	具有牡蛎多元风味	[63]
	低盐, 具有海鲜菇多元风味	[64]
南极磷虾调味粉	苦味淡	[65]
	鲜香浓郁、营养丰富	[66]
南极磷虾浓汤宝	鲜香浓郁、营养丰富	[66]
南极磷虾液态香精	滋味浓厚、香气馥郁	[17]
南极磷虾风味调和油	富含磷脂	[67]

#### 4 结束语

南极磷虾是一种重要的海洋资源, 南极磷虾基调味料的研究与开发对促进南极磷虾产业具有重要意义。本文综述了南极磷虾基调味料的呈味物质来源、制备方法、开发现状及其发展趋势, 旨在为高品质南极磷虾调味料的研究提供理论和技术支撑。南极磷虾基调味料的主要呈味物质包括氨基酸、肽类、核苷酸、有机酸、甜菜碱、氨基葡萄糖和矿物元素等呈味相关物质和助剂, 其来源涵盖了虾

体组织、壳、头部及虾黄等部位。制备方法主要包括鲜虾提取、水解、发酵等技术, 在提高味道质量的同时, 也实现了资源的有效利用。

迄今为止, 关于南极磷虾基调味料的呈味物质机制和深度利用尚存在诸多空白; 相关的国家标准、行业标准和地方标准等亟需制订, 尚未有科学的、专业的相关食品安全标准为产业健康、可持续发展保驾护航。因此, 围绕南极磷虾基调味料相关工作仍需开展更多、更深入的研究。随着消费者对新颖化、多样化味道的需求日益增加, 南极磷虾基调味料的发展将朝着使用方便化、口味复合化、调味专门化和绿色天然的方向发展。预期南极磷虾基调味料可以用于方便面、火腿肠、火锅底料、拉面汤料和预制菜等领域, 市场前景非常广阔。

#### 参考文献

- [1] Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources. Species description 2022: *Euphausia superba* [EB/OL]. [2023-04-12]. [https://fishdocs.ccamlr.org/SpDescr\\_KRI\\_2022.html](https://fishdocs.ccamlr.org/SpDescr_KRI_2022.html) [2023-11-22].
- [2] 鲁珍, 秦小明, 穆利霞, 等. 呈味肽制备天然复合调味料的研究进展[J]. 中国调味品, 2012, 37(10): 7-11.  
LU Z, QIN XM, MU LX, et al. Research on progress and application in nature composite condiments of flavor peptides [J]. China Cond, 2012, 37(10): 7-11.
- [3] 王明明. 中式烹饪中复合调味料发展的研究[J]. 中国调味品, 2018, 9: 192-196.  
WANG MM. Research on the development of compound seasoning in Chinese cuisine [J]. China Cond, 2018, 9: 192-196.
- [4] 贾洪峰, 苏扬, 周凌洁. 我国复合调味料的研究进展[J]. 中国调味品, 2014, 39(5): 129-133.  
JIA HF, SU Y, ZHOU LJ. Research progress of compound seasonings in China [J]. China Cond, 2014, 39(5): 129-133.
- [5] 顾俊浩, 翁铮, 张佳汇, 等. 鲜味物质及鲜味调味料的研发进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(15): 418-426.  
GU JH, YU Z, ZHANG JH, et al. Progress on research and development of umami substances and umami-based seasonings [J]. Sci Technol Food Ind, 2023, 44(15): 418-426.
- [6] 黄艳青, 陆建学, 龚洋洋, 等. 南极磷虾酶解液特性分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 23-30.  
HUANG YQ, LU JX, GONG YY, et al. Characteristics of Antarctic krill protein enzyme-hydrolysates [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(5): 23-30.
- [7] 韦磊. 南极磷虾脂质提取及风味品质分析[D]. 上海: 上海海洋大学, 2020.  
WEI L. Lipid extraction and flavor quality analysis of Antarctic krill [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [8] 韦磊, 施文正, 汪之和, 等. 南极海域 3~8 月份南极磷虾挥发性物质变化[J]. 食品工业科技, 2019, 40(24): 213-218, 224.  
WEI L, SHI WZ, WANG ZH, et al. Changes of volatile compounds in

- Antarctic krill from March to August [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(24): 213–218, 224.
- [9] 许刚, 丁浩宸, 张燕平, 等. 南极磷虾头胸部和腹部挥发性风味成分对比[J]. *食品科学*, 2014, 35(22): 146–149.
- XU G, DING HC, ZHANG YP, *et al.* Comparison of volatile favor compounds in cephalothorax and abdomen of Antarctic krill [J]. *Food Sci*, 2014, 35(22): 146–149.
- [10] 曹荣, 赵玲, 孙慧慧, 等. 南极磷虾(*Euphausia superba*)与脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)营养学特征分析及鲜味评价[J]. *食品科学*, 2018, 39(4): 149–153.
- CAO R, ZHAO L, SUN HH, *et al.* Nutritional characteristics and umami assessment of *Euphausia superba* and *Exopalaemon carinicauda* [J]. *Food Sci*, 2018, 39(4): 149–153.
- [11] 李婉君. 南极磷虾与南美白对虾营养与滋味成分比较[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.
- LI WJ. Nutritional and flavor components analysis of Antarctic krill and white shrimp [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016.
- [12] NAKAMURA H, MORI Y, MURAOKA I, *et al.* Studies on brewing food containing Antarctic krill, 1: Production of soysauce with cryoground Antarctic krill (*Euphausia superba*) [J]. *Bull Jan Soc Sci Fish*, 1979, 45: 1389–1393.
- [13] 吕传萍, 李学英, 杨宪时, 等. 南极磷虾海鲜酱油的品质评价[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(11): 161–164, 178.
- LV CP, LI XY, YANG XS, *et al.* Quality evaluation of Antarctic krill sauce [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2012, 33(11): 161–164, 178.
- [14] 梁云霄, 孙建安, 高昕, 等. 米曲霉低盐固态发酵虾味酱油的工艺优化[J]. *中国渔业质量与标准*, 2017, 7(4): 21–28.
- LIANG YX, SUN JAN, GAO X, *et al.* Technical optimization of shrimp soy sauce through low salt solid state fermentation by *Aspergillus oryzae* [J]. *Chin Fish Qual Stand*, 2017, 7(4): 21–28.
- [15] KIM YJ, PARK JY, PARK HJ, *et al.* Development of reaction flavors with enzymatic hydrolysate of krill *Euphausia superba* in ramen sauce [J]. *Fish Aquat Sci*, 2014, 17(4): 403–408.
- [16] 郑爽, 姜晓明, 王芸凌, 等. 南极磷虾调味粉的研制及其感官评价[J]. *中国调味品*, 2018, 43(03): 75–79, 87.
- ZHENG S, JIANG XM, WANG HL, *et al.* The development and sensory evaluation of *Euphausia superba* seasoning powder [J]. *China Cond*, 2018, 43(03): 75–79, 87.
- [17] 许丹, 丁国芳, 朱俊向, 等. Friedman 检验和多重分析方法在制备南极磷虾液态香精中的应用[J]. *中国调味品*, 2019, 44(1): 89–92.
- XU D, DING GF, ZHU JX, *et al.* Application of Friedman test and multiple analytical method in preparation of liquid essence of Antarctic krill [J]. *China Cond*, 2019, 44(1): 89–92.
- [18] 周秀琴. 日本天然调味料开发现状[J]. *中国调味品*, 1993, (11): 3–10.
- ZHOU XQ. Development status of natural seasoning in Japan [J]. *China Cond*, 1993, (11): 3–10.
- [19] 孙雷, 周德庆, 盛晓风. 南极磷虾营养评价与安全性研究[J]. *海洋水产研究*, 2008, (2): 57–64.
- SUN L, ZHOU DQ, SHENG XF. Nutrition and safety evaluation of Antarctic krill [J]. *Prog Fish Sci*, 2008, (2): 57–64.
- [20] 黄百祺, 黄创成, 吴巨贤, 等. 4 种龟肉酶解液的氨基酸及呈味特性比较[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(8): 12–17.
- HUANG BQ, HUANG CC, WU JX, *et al.* Comparison of amino acids and taste characteristics in four kinds of emydidae meat enzymatic hydrolysate [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(8): 12–17.
- [21] 陈守一, 罗昌国, 王红林, 等. 贵州晚熟李的氨基酸组成及营养价值评价[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(24): 34–40.
- CHEN SY, LUO CG, WANG HL, *et al.* Amino acid composition and nutritional value evaluation of late mature plums in Guizhou [J]. *Food Res Dev*, 2021, 42(24): 34–40.
- [22] 施文正, 邵晨, 刘一漪, 等. 不同月份南极磷虾营养品质的比较[J]. *广东海洋大学学报*, 2023, 43(5): 100–105.
- SHI WZ, SHAO C, LIU YY, *et al.* Comparison of nutrient qualities of Antarctic krill harvested in different months [J]. *J Guangdong Ocean Univ*, 2023, 43(5): 100–105.
- [23] 王梦娟. 南极磷虾源鲜味物的研究[D]. 连云港: 江苏海洋大学, 2023.
- WANG MJ. Investigation of umami taste substances from Antarctic krill [D]. Lianyungang: Jiangsu Ocean University, 2023.
- [24] 章雪琴. 南极磷虾微生物混合发酵制备呈味基料的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2018.
- ZHANG XQ. Study on Preparation of Antarctic krill flavor base materials by mixed fermentation [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2018.
- [25] GUERARD F. Enzymatic hydrolysis of proteins from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) wastes using alcalase [J]. *J Mol Catal B-Enzym*, 2001, (11): 1051–1059.
- [26] 张梅秀, 王锡昌, 刘源. 食品中的呈味肽及其呈味机理研究进展[J]. *食品科学*, 2012, 33(7): 320–326.
- ZHANG MX, WANG XC, LIU Y. Research progress in flavor peptides in foods and corresponding taste mechanisms [J]. *Food Sci*, 2012, 33(7): 320–326.
- [27] ZHANG J, SUN-WATERHOUSE D, SU G, *et al.* New insight into umami receptor, umami/umami-enhancing peptides and their derivatives: A review [J]. *Trend Food Sci Technol*, 2019, 88: 429–438.
- [28] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. *中国调味品*, 2001, (1): 19–22.
- WU YW, OUYANG J. The effect of amino acids and peptides on taste in food [J]. *China Cond*, 2001, (1): 19–22.
- [29] MARIA J. Relationship between level of hydrophobic peptide and bitterness in cheese made from pasteurized and raw milk [J]. *J Dairy Res*, 1997, 64(2): 289–297.
- [30] 姚玉静, 杨昭, 黄佳佳, 等. 乙醇萃取 3 种酶解产物鲜味肽的研究[J]. *食品与机械*, 2018, 34(3): 156–161, 220.
- YAO YJ, YANG Z, HUANG JJ, *et al.* Study on umami peptide extracted from three enzymatic hydrolysates with ethanol [J]. *Food Mach*, 2018, 34(3): 156–161, 220.
- [31] 杨昭, 姚玉静, 黄佳佳, 等. 异丁醇萃取三种酶解产物苦味肽的研究[J]. *中国调味品*, 2018, 43(12): 36–43.

- YANG Z, YAO YJ, HUANG JJ, *et al.* Study on the extraction of bitter peptides from 3 kinds of enzymatic hydrolysates with Isobutanol [J]. *China Cond*, 2018, 43(12): 36–43.
- [32] 胡雪潇. 腐乳与虾酱中呈味肽的分离与鉴定[D]. 广州: 暨南大学, 2017.
- HU XX. Separation and identification of taste peptides in fermented bean curd and shrimp paste [D]. Guangzhou: Jinan University, 2017.
- [33] 林光月, 穆利霞, 邹宇晓, 等. 食品中的蛋白质脂类物质及其呈味机理研究进展[J]. *农产品加工*, 2017, (10): 68–72.
- LIN GY, MU LX, ZOU YX, *et al.* Research progress in lipid and protein in foods and corresponding taste mechanisms [J]. *Farm Prod Process*, 2017, (10): 68–72.
- [34] 楼乔明, 王玉明, 刘小芳, 等. 南极磷虾脂肪酸组成及多不饱和脂肪酸质谱特征分析[J]. *中国水产科学*, 2011, 18(4): 929–935.
- LOU QM, WANG YM, LIU XF, *et al.* Analysis of fatty acid composition and mass spectrometry characterization of polyunsaturated fatty acids in *Euphausia superba* [J]. *J Fish Sci China*, 2011, 18(4): 929–935.
- [35] CHEN L, ZENG W, RONG Y, *et al.* Characterization of taste-active compositions, umami attributes and aroma compounds in Chinese shrimp [J]. *Int J Food Sci Technol*, 2021, 56(12): 6311–6321.
- [36] 翁世兵, 孙恢礼. 海产鲜味物质及海产品特征滋味的研究进展[J]. *中国调味品*, 2007, (11): 21–27.
- WENG SB, SUN HL. Marine umami substances and characteristic tastes of seafood [J]. *China Cond*, 2007, (11): 21–27.
- [37] 吴日帮, 周其洋. 食源性鲜味肽的研究进展[J]. *中国调味品*, 2023, 48(11): 210–214, 220.
- WU RB, ZHOU QY. Research progress of food-derived umami peptides [J]. *China Cond*, 2023, 48(11): 210–214, 220.
- [38] BARIDO FH, UTAMA DT, KIM YJ, *et al.* Fatty acid profiles and flavor-related compounds of retorted Korean ginseng chicken soup (Samgyetang) affected by pre-treated black garlic extract [J]. *Anim Biosci*, 2022, 35(7): 1080.
- [39] 吴文霞, 苏长玲, 贺芸, 等. 复合型小龙虾水煮液调味料制备与风味成分分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14(11): 231–239.
- WU WX, SU CL, HE Y, *et al.* Preparation and flavor components analysis of compound condiment derived from boiled crayfish liquid [J]. *J Food Saf Qual*, 2023, 14(11): 231–239.
- [40] 姚静玉, 刘洁, 柏雪莹, 等. 利用<sup>1</sup>H NMR分析小龙虾的特征性滋味组成[J]. *食品科学*, 2023, 44(8): 170–175.
- YAO JY, LIU J, BAI XY, *et al.* Determination of characteristic taste compounds of crayfish by <sup>1</sup>H nuclear magnetic resonance [J]. *Food Sci*, 2023, 44(8): 170–175.
- [41] 吴进卫, 颜伟. 海鲜调味料概述[J]. *中国食品添加剂*, 2008, (S1): 120–124.
- WU JW, YAN W. Summarize of seafood condiments [J]. *China Food Addit*, 2008, (S1): 120–124.
- [42] KOOMYART I, NAGAMIZU H, KHUWIJITJARU P, *et al.* Subcritical water treatment for producing seasoning from semidried Isada krill [J]. *J Food Process Eng*, 2014, 37(6): 567–574.
- [43] 赵泓博. 南极磷虾油分级制备及其品质分析[D]. 大连: 大连工业大学, 2020.
- ZHAO HB. Fractionation preparation and quality analysis of Antarctic krill oil [D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2020.
- [44] 章雪琴, 吉宏武, 张迪, 等. 南极磷虾微生物复合发酵制备呈味基料的工艺优化[J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(3): 107–113.
- ZHANG XQ, JI HW, ZHANG D, *et al.* Optimization of preparation of flavor based on material by microbial composite fermentation of Antarctic krill [J]. *Food Ferment Ind*, 2018, 44(3): 107–113.
- [45] 王梦娟, 王灵昭, 顾涵, 等. 南极磷虾自溶物深度酶解产物鲜味研究[J]. *中国调味品*, 2023, 48(1): 75–79.
- WANG MJ, WANG LZ, GU H, *et al.* Study on umami of deep enzymatic hydrolysates of Antarctic krill autolysates [J]. *China Cond*, 2023, 48(1): 75–79.
- [46] 任艳. 南极磷虾蛋白加工利用的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- REN Y. Preliminary study on processing the protein of Antarctic krill [D]. Qingdao: China Ocean University, 2009.
- [47] 张迪. 美拉德反应改良南极磷虾酶解产物风味研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2018.
- ZHANG D. Flavor improvement of Antarctic krill enzymatic hydrolysate by Maillard reaction [D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2018.
- [48] 姜维, 刘宇, 胡世伟, 等. 一种南极磷虾酱油的快速制备方法: 中国, CN107927708B[P]. 2020-12-25.
- JIANG W, LIU Y, HU SW, *et al.* A rapid preparation method of Antarctic krill soy sauce: China, CN107927708B [P]. 2020-12-25.
- [49] 高献礼, 张展开, 赵雪, 等. 一种提升酱油、豆酱营养和风味物质含量及减少氟残留的方法: 中国, CN116326760A[P]. 2023-06-27.
- GAO XL, ZHANG ZK, ZHAO X, *et al.* A method for improving the content of nutrition and flavor substances in soy sauce and bean sauce and reducing fluorine residue: China, CN116326760A [P]. 2023-06-27.
- [50] KIM SB. Processing method of accelerated-fermented Antarctic krill sauce with a low content of fluoride: Korea, KR101377104B1 [P]. 2014-03-21.
- [51] 樊燕, 薛长湖, 尹利昂, 等. 一种南极磷虾虾酱及其制备方法: 中国, CN105614828B[P]. 2018-05-04.
- PAN Y, XUE CH, YIN LANG, *et al.* A shrimp paste from Antarctic krill and its preparation method: China, CN105614828B [P]. 2018-05-04.
- [52] 樊燕, 薛长湖, 薛勇, 等. 一种基于美拉德反应的南极磷虾鲜味调味料及其制备方法: 中国, CN105495531B[P]. 2018-05-22.
- PAN Y, XUE CH, XUE Y, *et al.* A preparation method of Antarctic krill umami seasonings based on Maillard reaction: China, CN105495531B [P]. 2018-05-22.
- [53] 孙娜, 陆雪琪, 沈佳颖, 等. 铁强化南极磷虾酱及其制备方法: 中国, CN110037281A[P]. 2019-07-23.
- SUN N, LU XQ, SHENG JY, *et al.* Iron Fortified Antarctic phosphorus shrimp paste and preparation method: China, CN110037281A [P]. 2019-07-23.
- [54] 李加亮. 一种南极磷虾虾酱的制作方法: 中国, CN110338392A[P]. 2019-10-18.

- LI JL. A preparation method of Antarctic krill shrimp paste: China, CN110338392A [P]. 2019-10-18.
- [55] 袁国防, 张伟, 唐佳, 等. 一种风味独特有助于消化的虾酱及其制备方法: 中国, CN106509691A [P]. 2017-03-22.
- YUAN GF, ZHANG W, TANG J, *et al.* A kind of shrimp paste with unique flavor and helpful digestion and its preparation method: China, CN106509691A [P]. 2017-03-22.
- [56] 迟海, 蔡友琼, 赵陆恺, 等. 一种低氟南极磷虾海鲜酱及其制备方法: 中国, CN112586722A [P]. 2021-04-02.
- CHI H, CAI YQ, ZHAO LK, *et al.* A low-fluorine Antarctic krill hoisin sauce and its preparation method: China, CN112586722A [P]. 2021-04-02.
- [57] 刘志东, 陈雪忠, 郑汉丰. 一种南极磷虾-贝肉酱及其制备方法: 中国, CN108497458A [P]. 2018-09-07.
- LIU ZD, CHEN XZ, ZHENG HF. A kind of Antarctic krill shellfish sauce and its preparation method: China, CN108497458A [P]. 2018-09-07.
- [58] 汤日山, 原永广. 虾酱多元海鲜调味料及其制备方法: 中国, CN112385819B [P]. 2022-11-25.
- TANG RS, YUAN YG. Multiple seafood seasoning for shrimp sauce and its preparation method: China, CN112385819B [P]. 2022-11-25.
- [59] 薛长湖, 刘威嘉, 张天舒, 等. 一种南极磷虾复合海鲜蚝油及其制备方法: 中国, CN117297062A [P]. 2023-12-29.
- XUE CH, LIU WJ, ZHANG TS, *et al.* A kind of Antarctic krill composite seafood oyster sauce and its preparation method: China, CN117297062A [P]. 2023-12-29.
- [60] 赵伟, 邱靖一, 邢国辉, 等. 一种甲壳类水产调味汁及其制备方法: 中国, CN114451540B [P]. 2023-10-10.
- ZHANG W, QIU JY, XING GH, *et al.* A Crustacean aquatic sauce and its preparation method: China, CN114451540B [P]. 2023-10-10.
- [61] 张春明, 栾兴社. 一种混合固态发酵生产复合调味汁的方法: 中国, CN102524738B [P]. 2013-03-27.
- ZHANG CM, LUAN XS. A method for producing complex sauce by mixed solid Fermentation: China, CN102524738B [P]. 2013-03-27.
- [62] 栾兴社, 张春明, 张超, 等. 一种多菌发酵制备无盐磷虾复合调味汁的方法: 中国, CN104286803B [P]. 2016-06-29.
- LUAN XS, ZHANG CM, ZHANG C, *et al.* A method for preparing salt-free krill composite sauce by multi-bacterial fermentation: China, CN104286803B [P]. 2016-06-29.
- [63] 马磊, 杜雨桐, 梁必诚, 等. 一种增鲜剂及其制备方法: 中国, CN114376197A [P]. 2022-04-22.
- MA L, DU YT, LIANG BC, *et al.* A freshening agent and a preparation method thereof: China, CN114376197A [P]. 2022-04-22.
- [64] 赵立艳, 周勇胜, 李沈, 等. 一种低盐南极磷虾-海鲜菇复合调味汁的制备方法: 中国, CN116918960A [P]. 2023-10-24.
- ZHAO LY, ZHOU SY, LI S, *et al.* A preparation method for low salt Antarctic krill-sea mushroom compound sauce: China, CN116918960A [P]. 2023-10-24.
- [65] 马磊, 李明煦, 薛长湖, 等. 一种南极磷虾风味肽粉及其制备方法: 中国, CN112841390B [P]. 2022-07-29.
- MA L, LI MX, XUE CH, *et al.* A flavor peptide powder of krill and its preparation method: China, CN112841390B [P]. 2022-07-29.
- [66] 刘程惠, 胡文忠, 张艳慧, 等. 一种南极磷虾浓汤宝及其制备方法: 中国, CN110506915A [P]. 2019-11-29.
- LIU CH, HU WZ, ZHANG YH, *et al.* A thick decoction of Antarctic krill and its preparation method: China, CN110506915A [P]. 2019-11-29.
- [67] 宋亮, 赵泓博, 徐献兵, 等. 一种富含磷脂的磷虾风味植物调和油的制备方法: 中国, CN110100911A [P]. 2019-08-09.
- SONG L, ZHAO HB, XU XB, *et al.* A preparation method of phosphatide-rich krill flavor plant blended oil: China, CN110100911A [P]. 2019-08-09.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

## 作者简介



刘葭萌, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与安全。

E-mail: liujiameng528@foxmail.com

刘志东, 博士, 副研究员, 主要研究方向为水产品深加工与品质调控。

E-mail: zd-liu@hotmail.com