

我国对南极磷虾的开发研究及其产业化利用现状

沈晓盛¹, 韩小龙², 张海燕¹, 蔡友琼¹, 陈雪忠¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090) (2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

摘要: 本文就我国对南极磷虾的资源调查研究、捕捞情况、加工利用研究、开发制约因素以及产业化现状进行简要综述。目的是为了加强我国对南极磷虾资源的重视程度, 推动南极磷虾产业的迅速发展。

关键词: 南极磷虾; 开发研究; 产业化

文章编号: 1673-9078(2013)5-1181-1184

Research Progress and Industrial Utilization of Antarctic Krill in China

SHEN Xiao-sheng¹, HAN Xiao-long², ZHANG Hai-yan¹, CAI You-qiong¹, CHEN Xue-zhong¹

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Fisheries Academy of Fishery Science, Shanghai 200090, China)

(2. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China.)

Abstract: In this review, the resources investigations, fishing situation, processing and industrial utilization situation of antarctic krill were discussed in order to highlight the recognition degree of antarctic krill resources and promote the rapid development of antarctic krill industry.

Key words: antarctic krill; research; industrialization

南极磷虾 (*Euphausia superba*) 是地球上生物量最大的动物之一, 隶属节肢动物门甲壳亚门磷虾目磷虾科, 是磷虾科中较大的一种, 平均体长为 50mm (最大个体 60 mm), 体重约为 1 g。南极磷虾广泛分布于环南极大陆架水域, 主要集中在南极大西洋沿岸至印度洋延沿岸的弧形地带 (64°S, 60°W~90°E), 是鲸鱼、企鹅、海豹的主要食物来源。在南极地区生态系统中起着极其重要的作用, 也是一种潜在的巨大蛋白质资源。据估计, 南极磷虾的资源蕴藏量在 6.5~10 亿 t 之间, 每年的可捕获量高达 1 亿 t。这对于人口膨胀、食物短缺的当今世界, 南极磷虾资源有着广阔的应用前景。自 20 世纪 60 年代起, 南极磷虾就开始被进行商业捕捞。其中前苏联是最早的捕捞国家, 之后是日本、波兰、德国等十几个国家。我国于 20 世纪 80 年代中期开始对南极磷虾进行调查和研究, 于 2009 年开始进行大规模的商业捕捞。

由于南极磷虾资源蕴藏量大且营养丰富, 含有 7 种人体必需氨基酸, 含量约占蛋白总量的一半, 同时富含以 EPA 和 DHA 为代表的 Omega-3s 成份及其他微量元素^[1]。因此南极磷虾很快在动物饲料、食品、

保健品以及医疗等各个领域得到应用。本文就我国从南极磷虾的资源调查研究、捕捞概况、加工利用研究、开发制约因素以及产业化现状进行综述。目的是为了加强对南极磷虾资源的重视程度, 推动南极磷虾产业的迅速发展, 为改变我国人民食物构成做出贡献。

1 南极磷虾的资源调查研究

早在 20 世纪 60 年代, 前苏联率先开始对南极磷虾进行资源调查与试捕。并在七十年代初期进行了探捕和实验性生产, 八十年代达到高峰, 每年捕捞磷虾量近 50 万 t。随后, 日本在 70 年代中期也开始对南极磷虾进行捕捞, 且捕捞量呈逐年上升趋势。继苏日之后, 德国、波兰、新西兰、挪威、英国等国家也相继开展了南极磷虾的资源调查研究和捕捞^[2~3], 试图开发南极磷虾资源。

我国对南极磷虾资源调查相对较晚, 但我国政府也非常注重南极海洋权益的维护, 自 1984 年迄今, 我国共进行了 25 次南极科学考察, 对南极磷虾的种类、资源量、分布及其环境因素进行了相关的研究。1985 年我国首次在南极洲建立科学考察站 (长城站), 科学家们首先对南极磷虾的分布情况、生长状况等生物学特性开始进行科学调查。并在 20 世纪 80 年代, 孙松等^[4~5]人研究发现可利用复眼来指示南极磷虾的年龄和负生长。这一成果解决了当时如何辨别磷虾年龄和负生长的重大科学难题, 对预测南极磷虾种群的正常繁衍和预知人类捕捞活动对磷虾种群是否具有威胁具

收稿日期: 2012-12-26

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目 (2011M13); 南极海洋生物资源开发利用 (2010-2012); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201203018); 南北极环境综合考察与评估专项 (CHINARE 2012-01-06)

作者简介: 沈晓盛 (1977-), 副研究员, 从事南极磷虾资源综合利用研究

通讯作者: 蔡友琼, 研究员

有重要意义。20世纪90年代初我国在南极普里兹湾海域对南极磷虾的生态学进行了研究。研究利用15个站位采集的数据,调查了南极磷虾的生殖力、年龄组成、生长状态等^[6]。90年代末21世纪初伴随“雪龙号”极地考察船的使用,我国科学家开始对南极磷虾生态学进行大规模系统性研究,分析了普里兹湾海域磷虾的分布、丰度、种群结构以及地域性差异^[7-8]。随着科学技术的发展,基于空间遥感技术的太空探测也正逐步应用于南极磷虾的探测研究之中^[9],这对我国进行大规模商业捕捞南极磷虾具有十分重要的意义。

2 南极磷虾的捕捞情况

表1 2005~2010年间各国对南极磷虾的捕捞量^[10]

Table 1 The catchable stock of antarctic krill in different country from 2005 to 2010

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010
智利	-	-	2	-	-	2436
中国	-	-	-	-	1956	16014
日本	32711	24301	38803	21020	29919	26390
韩国	43031	33088	38033	42827	45648	30642
挪威	9228	39783	63293	44174	119401	102460
波兰	6413	7414	8035	8149	6995	3044
俄罗斯	-	-	222	9654	8065	-
乌克兰	15206	-	8133	-	-	-
捕捞总量	106591	104586	156521	125826	211984	180986

由表1可以看出,我国对南极磷虾的商业捕捞相对于日本、韩国、挪威等国家要晚,于2009年我国正式对南极磷虾进行商业化捕捞。由上海水产集团的“开利轮”和辽宁远洋渔业公司的“安兴海轮”远赴南极海域,并与次年1月份开始捕捞和数据采集工作。这标志着我国南极海洋生物资源开发利用项目正式进入探捕实施阶段。当年共捕捞南极磷虾1956t,尽管这个捕捞量比其他国家相对要少很多,但在2010/2011年,我国南极磷虾捕捞队进一步扩大,共派出5艘远洋捕捞船,当年捕捞南极磷虾16014t,一年便增长了8倍多,说明南极磷虾产业在我国具有广阔的市场前景。

3 南极磷虾的加工利用研究

虾类多具有高蛋白低脂肪的特点,富含多种矿物质,营养成分全面。南极磷虾粉中粗蛋白含量高达61.8%,且氨基酸组成比例均衡,必需氨基酸组成模式符合FDA/WHO的标准。其中鲜味氨基酸占氨基酸重量的比值非常高,是一种优质的蛋白原,可为人类动物性蛋白需求全面开发利用。

在动物饲料方面,由于南极磷虾粉中以脯氨酸和甘氨酸形成的氨基酸、葡糖胺、氧化三基胺含量较多。这些化合物可以作为引诱剂和调味剂用于低适口性的水产养殖饲料中,如含有植物蛋白或抗生素的饲料。已有研究表明,苏联、日本、挪威等渔业发达国家就将南极磷虾做成虾粉参进鱼类如鲑鳟鱼、鲷科鱼类以及观赏鱼类等的饲料中,结果发现饲料中添加一定量的南极磷虾粉,不仅可以增加鱼类表面的色泽,还可以增加鲜味和鱼肉细嫩度^[11-13]。我国黄艳青等人^[14]将南极磷虾粉饲喂点带石斑鱼幼鱼,结果发现能显著改善幼鱼的生长性能和肌肉品质。另外,磷虾粉成分中高含量的氧化三基胺可以发挥超渗透调节作用,减弱大马哈鱼从淡水移入海水时的生理应急反应。由此可见,南极磷虾作为水产动物饲料,具有促生长、增强体色和改善肌肉品质的作用。这对于我国这个渔业大国来说,具有十分重要的意义。

同样,南极磷虾可以开发为人类食品,早在20世纪60年代,前苏联生产过名为“奥肯”的磷虾蛋白块,也可以作为生产各种食品的原料,与用油的原料配合生产过十多种不同配方的食品。日本食品科技人员研发了高质量的磷虾糜糊膏,产品为粉红色中略带乳白色,柔软且具蟹虾鲜美味^[15]。说明南极磷虾开发成人类直接食用的各种食品是可能的,尽管我国目前还没生产出可直接食用的南极磷虾产品,但食品研发者已经对南极磷虾作为人类食品的开发进行了大量的研究,以期生产出南极磷虾产品供人类食用。

此外,南极磷虾在保健品方面已取得了突破性进展。南极磷虾中因不饱和脂肪酸含量非常丰富,其中Omega-3必需脂肪酸二十碳五烯酸(EPA)含量高于15%、二十二碳六烯酸(DHA)含量高于9%,总磷脂含量高于20%。Omega-3必需脂肪酸对心血管、神经和皮肤有很好的保健效果。另外,南极磷虾中的虾青素是一种胡萝卜素的含氧衍生物,它可以保护脂类物质免遭氧化,在抗氧化及消除自由基方面的能力强于β胡萝卜素。冰鲜的南极磷虾每100g约含类胡萝卜素3~4mg,其中虾青素所占比例高达80%。虾青素一般来自龙虾和虾的加工副产物,一直处于供不应求的情况,南极磷虾丰富的资源和较高的虾青素含量将对虾青素相关行业带来新的希望^[16]。为此我国科学家研究了许多南极磷虾油脂的提取工艺,获得了很好的提取效果^[17-18],对生产南极磷虾油保健品具有重要的意义。

据报道,南极磷虾蛋白还具有一定的医疗作用,磷虾蛋白对胃溃疡患者的治愈率达60%,对动脉硬化症患者也有一定疗效^[19]。南极磷虾油可以提高抵抗

力、抗氧化、延缓衰老,促进关节的灵活和健康。对保护大脑神经细胞增进记忆有一定作用。富含Omega-3的不饱和脂肪酸可以调节卵巢内激素分泌量,同时还有消炎、止痛的作用,从而减轻痛经的现象。Omega-3还可以改善肠脏功能,增加吸收能力和蠕动能力,从而起到改善肠胃,防止便秘的效果。

4 南极磷虾资源利用的制约因素

南极磷虾虽然营养价值高,但对其捕捞和加工仍然受到一些因素的制约。南极磷虾的开采首先要面临自然条件的限制。南极地区地处地球最南端,这里气候寒冷、冰川林立、气候复杂多变、海况异常恶劣。南极海域距离我国9000多海里,完成一次捕捞要历时三个多月,路途遥远,运输时间长,成本高。且远洋捕捞南极磷虾需要装备特殊设备的大型渔船,对船体和船员都形成了很大挑战。

其次,南极磷虾体内含有一种低温酶,该酶可以高效迅速地降解蛋白质,使磷虾品质在短时间内迅速下降^[20]。迟海等人^[21]利用2010年“南极海洋生物开发利用项目组”采集的磷虾样品进行了磷虾蛋白自溶性研究。发现在0℃和5℃贮藏15h后南极大磷虾组织变得松散体液流失严重,虾体全部黑头,氨臭味浓烈,品质不可接受。添加氯化镁和柠檬酸对南极磷虾蛋白的自溶有一定的促进作用,氯化钾、氯化钠和EDTA-2Na对南极磷虾蛋白自溶有一定抑制作用^[22]。

除此之外,与其他海产品相比,南极磷虾还面临高氟异常的问题,这就导致了南极磷虾很难供人类直接食用。南极磷虾的高氟异常最早由那位科学家采用选择性电极法观察发现。测定发现整虾氟含量为2400mg/Kg,头胸甲更是高达4260mg/Kg^[23]。人体每天正常需求氟0.5~1.0mg/d,每天摄取超过4~6mg就会在体内蓄积起来,从而引起慢性氟中毒。南极磷虾的氟含量远超过安全限量。我国于1984和1987年组织了第一次和第三次南大洋考,科研人员利用这两次科考获得的南极磷虾样品和资料对南极磷虾的富氟问题进行了初步研究,认为磷虾中氟与钙磷的关系密切,氟可能是以钙磷无机盐的形式赋存^[24]。

第七次南极科考进一步研究了氟在南极磷虾甲壳中的动态变异及其富集原因。研究结果表明,大磷虾甲壳对氟具有二次富集的作用和功能,并且氟在大磷虾甲壳内呈内表面向内层迁移积聚的变化特征^[25]。鲜活的南极磷虾肉中氟含量很低,在人类食用允许范围内。但虾壳中的氟会很快渗透到虾肉中,从而使虾肉失去使用价值。为了能够快速高效的脱去磷虾外壳,我国科研人员研究了离心脱壳的工艺参数,为南极磷

虾的快速加工提供了依据^[26]。南极磷虾中的氟含量虽然较高,但也有实验显示南极磷虾中的氟很少被动物吸收,被认为是一种安全的食品^[27]。

5 南极磷虾的产业化利用现状

随着我国远洋捕捞活动的展开,各科研机构也加快了南极磷虾深加工技术的研究步伐,在食品、药品、保健品和动物饲料方面都进行了细致的研究,力求发掘出南极磷虾的最大经济价值。例如新型调味品南极磷虾海鲜酱油的研究就是利用酶法在温和条件下对南极磷虾进行酵解,生成的多肽和氨基酸具有更高的营养价值和较强的功能活性^[28]。南极磷虾胰蛋白酶可以减轻创面炎症反应,促进细胞的快速增值,从而加速创面愈合的过程^[29]。

与美国、日本、挪威等渔业发达国家相比,我国以产业链条为基础的对南极磷虾的系统性研究尚未成形。能够对南极磷虾进行综合加工的企业很少。山东科茵尔公司是我国最早也是唯一提出南极磷虾综合开发产业链模版和具体方案实施的企业。该企业与几所大学和科研机构共同成立了“南极磷虾技术研发中心”,建立了联合实验室。取得了许多的科研成果。目前该公司正在筹备国内最大的南极磷虾产业园,项目完成后,年产值将高达53亿元。届时该产业园将成为全球最大的南极磷虾综合利用基地之一。也有部分企业与国外先进的磷虾产业公司建立合作关系,这可以迅速增强企业的竞争力,促进磷虾的商业化捕捞,加速开拓南极磷虾市场。如上海开创公司与加拿大NEPTUNE TECHNOLOGIES & BIORESSOURCES INC公司共同建立合资公司,双方各控制50%的股份,产品以出口为主。后者在磷虾油的科研开发、实验、临床研究及生产加工方面处于世界领先地位。辽宁远航渔业主要加工虾肉丸、虾肉肠,产品主要面向国内市场。

6 结语

近20多年来,我国先后开展了25次南极磷虾资源调查,并对南极磷虾的种类、资源量、分布、环境因素、营养价值及其产品开发进行了相关研究,获得了一定的研究成果。但对于南极磷虾的开发我们依旧面临着诸多的问题。

首先,与其它渔业相比,南极磷虾的开采要面临远离港口、远离供给的客观条件制约,采捕一次的周期长达4个月,运输时间长。另外,南极磷虾的贮藏条件要求在-20℃以下保存,需要装备特殊设备的大型渔船和大量能源,这就决定了南极磷虾在国内市场

上的高成本价格,导致产品市场价格高,难以推广。为了缩小南极磷虾的开采成本,提高采捕效率是非常重要的。近年来,我所捕捞室着力开展远洋与极地高效捕捞技术研究,并在大型拖网渔具国产化和高性能拖网网板开发研究方面已取得一定的成绩。初步掌握南极磷虾生态友好高效渔具渔法、评估现有南极磷虾拖网性能,优化设计南极磷虾国产化网具1套;制定南极磷虾资源调查评估技术指南,评估南极周边海域南极磷虾资源量分布。这对高效采捕南极磷虾具有十分重要的意义。

其次,南极磷虾中高氟残留已被人们所共识,并成了南极磷虾产品开发的一个主要制约因素。然而,氟在磷虾中的赋存形式是什么样的?对人体的安全性的影响如何至今尚不清楚。目前,我们实验室正在对南极磷虾中氟形态分析及其安全性评价方面的研究,现已初步建立了南极磷虾中氟形态分析检测技术,这对南极磷虾的产品开发有着重要的意义。

最后,为了最大限度地挖掘和综合利用南极磷虾的价值,进一步开展南极磷虾的加工技术及其活性物质分离技术是很有必要的。我所加工实验室在南极磷虾温和加工技术方面以及磷虾中共附生微生物天然活性物质进行大量研究并取得一定的成绩^[30-31]。现初步建立了南极磷虾高效解冻工艺路线,到岸虾仁外观、口味、气味及肉质等品质达到一级品率90%以上,冻结整虾中90%以上符合海虾卫生标准(GB2741-94);建立南极磷虾冷冻品品质评价标准;已获得几株共附生微生物的分离鉴定结果,并对其产物活性进行初筛,对全面开发南极磷虾的价值具有重要意义。

由此可见,南极磷虾资源不仅蕴藏量巨大,而且营养价值高,有着无穷的开发潜力。虽然我们在南极磷虾开采上面临着一系列的问题,但是通过二十多年的科学考察和全面系统的研究,南极磷虾在动物饲料、食品、保健品以及医疗等各个领域的开发和利用均取得了突破性的进展。而随着南极磷虾产品的高科技研发,南极磷虾产业将有望成为“十二五”时期远洋渔业新兴的主导产业和海洋渔业发展新的增长机遇。

参考文献

- [1] Li J M, Jiang Q X, Xia W S. Chemical compositions and nutritional quality of muscle and processing by-products of Antarctic krill (*Euphausia superba*). <http://www.paper.edu.cn>
- [2] 腾永堃.南大洋鱼类与磷虾资源开发的现状[J].水产科技情报,1985,6:18-21
- [3] 杨积庆.国外南极磷虾研究利用进展[J].福建水产,1979,2:113-120
- [4] 孙松,王蓉.南极磷虾年龄研究简述[J].南极研究(中文版),1995,7(2):59-62
- [5] 孙松,王蓉.南极磷虾的生长与复眼晶锥数目的研究[J].南极研究(中文版),1995,7(4):1-6
- [6] 仲学峰,王克.大磷虾生殖力的研究[J].南极研究(中文版),1995,7(4):17-22
- [7] 刘会莲,孙松,吉鹏.1999/2000年夏季南极普利兹湾地区南极磷虾的分布、丰度和生长状态研究[J].极地研究,2011,13(4):231-244
- [8] 刘永芹,孙松,张永山,等.2002年1月份南极普里兹湾海域南极磷虾(*Euphausia superba*)的丰度和种群结构研究[J].极地研究,2011,23(4):275-282
- [9] 樊伟,伍玉梅,陈雪忠,等.南极磷虾的时空分布及遥感环境监测研究进展[J].海洋渔业,2010,32(1):95-101
- [10] CCMALR-SB/10/24 Volume 24 (2002-1011)
- [11] Julshamn K, Malde K, Bjorvatn K, et al. Fluoride retention of Antarctic salmon (*Salmo salar*) fed krill meal [J]. Aquaculture, 2004, 10(1): 9-13
- [12] Moren M. Element concentrations in meals from krill and amphipods possible alternative protein sources in complete diets for farmed fish[J]. Aquaculture, 2006, 26(9): 174-181
- [13] Yoshitomi B, Aokim M, Oshima S. Effect of total replacement of dietary fish meal by low fluoride krill (*Euphausia superba*) meal on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in freshwater [J]. Aquaculture, 2007, 266(1-4): 219-225
- [14] 黄艳青,高露娇,陆建学,等.饲料中添加南极大磷虾粉对点带石斑鱼幼鱼生长与肌肉营养成分的影响[J].海洋渔业,2010,32(4):440-446
- [15] 朱震康.南极磷虾的开发与蛋白食品的制作[J].食品研究与开发,1994,2:34
- [16] 田晓清,杨桥,邵盛男,等.南极磷虾脂溶性成分的研究进展[J].海洋渔业,2011,33(4):462-466
- [17] 赵传凯,姜国良,赵静,等.南极大磷虾油脂的提取及其脂肪酸组成分析[J].食品工业科技,2012,33(3):207-209
- [18] 崔秀明,汪之和,施文正.南极磷虾粗虾油提取工艺优化[J].食品科学,2011,32(24):126-129
- [19] 江尧森.南极磷虾的加工食用[J].食品科学,1980,12:45-47
- [20] 田兵.利用南极磷虾提取低温酶[J].全球科技经济瞭望,1989,1:25
- [21] 迟海,李学英,杨宪时,等.南极大磷虾0、5和20°贮藏中的品质变化[J].海洋渔业,2010,32(4):447-453
- [22] 迟海,李学英,杭虞杰,等.食品添加剂对南极大磷虾蛋白自溶的影响[J].海洋渔业,2010,33(3):346-351
- [23] 相建海.南极磷虾和氟[J].海洋科学,1985,9(3):57-59

- [24] 张海生,夏卫平,程先豪,等.南大洋的生物地球化学研究 I. 南极磷虾富氟异常的研究[J].南极研究,1991,3(4):24-30
- [25] 张海生,夏卫平,程先豪,等.南大洋的生物地球化学研究 II. 南极磷虾富氟异常的研究[J].南极研究,1992,4(1):17-22
- [26] 郑晓伟,费星,欧阳杰,等.南极磷虾离心脱壳工艺参数的研究[J].食品工业科技,2012,33(3):183-196
- [27] 葛鲁娜,武晓云,刘肖帅,等.南极磷虾氟在大鼠 24 小时血液吸收代谢实验观察[A].2010 年生化与生物技术药物学术研讨会论文集
- [28] 昌传萍,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):161-178
- [29] 吴志强,张鹏,王军仁,等.南极大磷虾胰蛋白酶促进皮肤创伤愈合作用研究.<http://www.paper.edu.cn>
- [30] 迟海,杨峰,杨宪时,等.不同解冻方式对南极磷虾品质的影响[J].现代食品科技,2011,27(11):1291-1295
- [31] 杨峰,李学英,杨宪时,等.常用水产保鲜剂对南极磷虾品质的影响研究[J].现代食品科技,2012,28(10):1285-1289