

膨腹海马食用历史和开发前景研究进展

陈 焰 范埴菲 侯雪梅 林圣楠 林向阳

(福州大学生物科学与工程学院, 福建 福州 350108)

摘要: 膨腹海马是世界商业化养殖海马品种之一, 具有养殖量大、抗病力强和耐低温等特点, 近年来, 膨腹海马食用资源开发在中国备受关注。为合理开发膨腹海马以及深化其应用场景, 文章综述了中、韩、菲律宾等国家膨腹海马的食用历史, 并对其蛋白质和多肽等营养成分进行了探讨, 发现其营养结构均衡, 符合当代人健康消费观念, 同时从重金属和微塑料含量等方面分析了膨腹海马的食用安全性。最后从市场前景、产品开发和政策引导等角度对膨腹海马未来发展方向进行了展望。

关键词: 膨腹海马; 新食品资源; 营养活性成分; 食用安全; 全产业链; 海洋蓝色经济

Research advances in the edible history and development prospects of *Hippocampus abdominalis*

CHEN Yan FAN Yufei HOU Xuemei LIN Shengnan LIN Xiangyang

(College of Biological Science and Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350108, China)

Abstract: *Hippocampus abdominalis* is one of the commercially cultured seahorse species in the world and is characterized by high fecundity, strong disease resistance, and tolerance to low temperatures. In recent years, the aquaculture of *H. abdominalis* has rapidly emerged in China, attracting considerable attention to its resource development. To promote the rational development of *H. abdominalis* and expand its application scenarios, this paper reviews its edible history in China and abroad. For example, it has been included in the food category in South Korea and the Philippines. In addition, its nutritional components, such as proteins and polypeptides, are discussed, revealing that it has a balanced nutritional composition consistent with contemporary healthy consumption concepts. The edible safety of *H. abdominalis* is also analyzed from the perspectives of heavy metal and microplastic contents. Finally, the future development directions of *H. abdominalis* are discussed in terms of market prospects, product development, and policy guidance.

Keywords: *Hippocampus abdominalis*; novel food resource; nutritionally active components; food safety; integrated industrial chain; marine blue economy

海马 (*Hippocampus*) 因其外观似马所以命名为“海马”, 是独特的海洋鱼类之一, 属于小型硬骨鱼类^[1]。依据全球物种名录 (COL) 的权威记录, 截至 2024 年, 全球已确认的海马属有效物种已经超过 50 种^[2]。它们广泛分布于太平洋、印度洋、大西洋等海域, 在欧洲沿岸以及澳大利亚周边海域也广泛存在^[3]。早在三国时期《南州异物志》就记载了海马的形态和习性, 明代的《本草纲目》阐述其拥有治疗腹部肿块、疔疮和恶疮等疾病的作用。现代科

学研究^[4-7]发现, 海马体内具有多种能对人体健康产生益处的活性生物成分, 如氨基酸、活性多肽、矿物质、不饱和脂肪酸以及甾醇类化合物等。

膨腹海马 (*Hippocampus abdominalis*) 因其膨大的腹部而得名, 又称大肚海马。生物学分类上为真骨鱼纲海龙目海龙科海马属, 主要分布在澳洲和新西兰海域, 是所有海马中体型最大的一种, 体长可超过 30 cm^[8-9]。膨腹海马具有养殖优势, 因为其具有产仔量大、抗病力强和耐

基金项目: 福州蓝粮海洋生物科技有限公司委托技术开发项目 (编号: 2025102404)

通信作者: 林向阳 (1969—), 男, 福州大学教授, 博士。E-mail: xylin@fzu.edu.cn

收稿日期: 2025-11-20 **改回日期:** 2026-02-20

引用格式: 陈焰, 范埴菲, 侯雪梅, 等. 膨腹海马食用历史和开发前景研究进展[J]. 食品与机械, 2026, 42(3): 230-237.

Citation: CHEN Yan, FAN Yufei, HOU Xuemei, et al. Research advances in the edible history and development prospects of *Hippocampus abdominalis*[J]. Food & Machinery, 2026, 42(3): 230-237.

低温等优点,经黄海水产研究所研究发现该海马品种适合在中国北方沿海养殖^[10]。目前,膨腹海马已经形成商业养殖,是世界商业养殖海马品种之一^[11]。海马作为一种拥有悠久食用历史的海洋生物,完全具备成为新食品资源的巨大潜力,并且膨腹海马在这方面更是表现出独特优势,从丰富的营养价值、可靠的安全性,到广阔的市场前景,均展现出显著潜力。然而,尽管膨腹海马产业初具基础,但其系统性开发仍面临多重挑战。一方面,其营养成分的性别差异和加工方式对活性物质保留率的影响关键数据比较零散,尤其缺乏对活性肽种类、含量及作用机制的系统梳理。另一方面,尽管已有研究初步评估了其重金属、微塑料等污染物风险,但尚未进行规范化的安全性综合评价。目前尚未见将膨腹海马的食用历史、营养特性、安全评估与政策市场前景进行整合分析的综述报道。

笔者拟全面梳理膨腹海马作为新食品原料的潜质。中国沿海地区有着悠久的海马食用历史,韩国和菲律宾更是已经将膨腹海马列入食品目录名单。在营养成分方面,现代科学研究表明膨腹海马体内拥有多种对人体健康有益的活性成分,可以缓解男性生理问题和起到抗疲劳等作用。在膨腹海马的食用安全性上,现代检测结果以及他国政府态度都表明正常食用该海马品种基本不会对人体造成危害。近年来膨腹海马生态养殖业取得一系列成果,中国的“南北接力”养殖模式和循环水系统(RAS)都取得了突破性进展。海马有着庞大的市场需求,市场前景更是广阔,为了进一步挖掘膨腹海马的经济价值,带动海洋蓝色经济发展,需要政府积极引导和政策扶持。

1 膨腹海马的食用历史和民间应用

1.1 国外食用情况

2016年2月,韩国食品药品安全部(ministry of food and drug safety, MFDS)正式批准膨腹海马作为食品原料使用^[12]。但仅限于食用养殖的膨腹海马,且食用时必须与其他原料配合使用,且海马占配方比例需低于50%,膨腹海马在实际食品中多为海马酶解物加上红参等功能性的产品或发酵制品,韩国在膨腹海马食用上多采用红参与海马酶解物按4:1(质量比)配合使用,以及低盐发酵海马作为佐餐食品^[12-13]。在东南亚等地海马传统上用于泡酒、滋补等,越南、马来西亚、泰国和印尼等国家对海马还有着一些民俗用途,近年多转向干制贸易或健康产业^[14-17]。综上,东南亚国家已经逐步批准膨腹海马作为食品原料。

1.2 国内食用情况

膨腹海马于2016年引入中国,目前养殖业已初具规模,其食用潜力正在发掘中。在中国东南沿海地区,民众

很早就将海马视为一种珍贵的食疗原料,并将其广泛添加于日常饮食中(见表1)。这种传统食用习惯的形成,与中国人“食药同源”的养生理念密切相关。在漫长的历史中,人们逐渐掌握了海马的特性,并发展出多种烹饪方法,如常用的食用方式包括炖汤、熬煮和泡酒等^[18]。将膨腹海马炖汤是最能保留风味和营养的方式,通常与猪肉、羊肉等食材搭配。例如,海马炖羊肉就是一道经典菜肴,制作时准备膨腹海马5条,羊肉400 g,配以熟地黄25 g和适量生姜,炖制2~3 h,出锅前加少量食用盐调味即可,这道菜肴被认为有壮阳益精的功效,深受沿海地区居民喜爱。此外,还有椒盐海马、凉拌海马和海马酒等食用方式。

表1 膨腹海马在民间的常见食用方式及特点

Table 1 Common folk edible methods and characteristics of the *Hippocampus abdominalis*

食用方式	制作方法	特点
炖汤	与肉类食材一同长时间炖煮	保留原汁原味、营养不易流失
熬煮	与其他药材、食材一同水煮	汁液浓郁、易于吸收
泡制	放入酒中浸泡	便于保存、食用方便
烤制	直接或调味后烤制	风味独特、口感香脆

在当代规模化养殖生产中,膨腹海马在采收前会经过一定时间的饥饿禁食处理,以排空消化道内容物,并采用热风烘干、微波干燥和冷冻干燥等现代工艺进行加工,从而在保留活性成分的同时提升产品稳定性与食用安全性^[19-21]。恰当的处理手段减少了海马由于加工环节引起的交叉污染,大大提高了其食用安全性^[22]。沿海地区居民还喜欢将海马用于泡酒,这种方式不仅延长膨腹海马的保存时间,也更利于人体吸收其营养成分^[23-24]。在民间认知中,定期食用海马制品能逐渐改善体质,尤其是对肾阳虚衰的腰膝酸软、尿频等症状有一定缓解作用^[16]。

目前全球海马年消费已突破5 000万尾,产值更是近300亿元人民币,展现出庞大的市场空间^[25]。这种广泛的民间接受度、悠久的食用历史以及近年来对海马需求量的提升,为膨腹海马申请新食品原料目录奠定了坚实的基础。

2 膨腹海马的营养价值和成分分析

膨腹海马拥有着丰富的营养成分,被视为珍贵食物资源。研究^[26]表明,干膨腹海马蛋白质含量可达60%~70%,其粗蛋白含量存在性别差异,雄性个体的粗蛋白含量普遍高于雌性。此外,不同加工方式也会显著影响其蛋白保留率,有研究^[27]表明,人工干燥方式所得样品的粗蛋白含量高于自然干燥处理。海马体内含有人体必需的8种氨基酸^[28],这些氨基酸对于维持人体正常生理功能至

关重要。膨腹海马中的活性肽含量也较高,这类物质具有较高的生物利用度^[29]。目前对膨腹海马中的多肽研究较多,为人们充分利用营养成分提供了理论基础。

钙、镁、锌以及铁等矿物质在人体内发挥着不可忽略的作用。现代检测分析表明,膨腹海马体内含有丰富的钙、镁、锌、铁等多种矿物质^[16]。这些矿物质在维持骨骼健康、促进生长发育和生殖功能、影响酶活性和增强免疫功能等方面起着重要作用。膨腹海马体内有着较高含量的 n-3 多不饱和脂肪酸,这些脂肪酸能保护心血管健康并起到抗炎作用^[30]。膨腹海马体内还含有甾体类化合物。Xu 等^[31]通过 GC-MS 分析从膨腹海马体内鉴定出了菜籽甾醇,该甾醇通过双重靶向 AKT 和雄激素受体(AR)通路,以此抑制前列腺癌细胞增殖,起到一定的缓解男性生理功能作用,这从现代科学研究上证明了传统观念中海马能够起到的壮阳作用。总之,膨腹海马含有多种活性成分(表 2),这些成分的存在,使膨腹海马不仅具有普通食物的营养功能,还使其具有一定的健康益生作用,符合现代人对功能性食品的需求。

表 2 膨腹海马主要营养成分分析

Table 2 Analysis of the main nutritional components of the *Hippocampus abdominalis*

营养成分	具体组成	对人体健康益处
蛋白质	氨基酸、活性肽	抗炎、抗氧化、抗疲劳、降血压
矿物质	钙、镁、锌、铁等	强化骨骼、促进生长发育、增强酶活性
脂肪酸	多不饱和脂肪酸	维护心脑血管健康
甾体类化合物	菜籽甾醇	抗前列腺癌、调节生理功能、增强免疫力

膨腹海马个体通常较大,是体形最大的海马,标准长度可超过 30 cm,湿重可达 60 g 以上^[32-33],这意味其可使用部分比例较高,所以膨腹海马相较于其他养殖海马在营养成分上具有显著优势。在膨腹海马抗氧化试验中,发现其含有的抗氧化成分高于一些普通海马种类,说明膨腹海马在延缓衰老和维持机体活力等方面可能具有更大潜力^[34]。这些特性都说明膨腹海马作为食品具有高开发价值,现代健康饮食对食品要求越来越高,新式食品朝着高蛋白、低脂肪等方面进行发展,膨腹海马的高蛋白、低脂肪和低胆固醇特性符合健康饮食要求,它的功能性成分满足了人们希望通过日常饮食促进健康的期望^[35]。

2.1 活性肽成分

膨腹海马含有多种的活性肽成分,具有缓解疲劳、缓解心血管疾病、改善男性生理问题和抗氧化活性等多种作用^[36]。Zhang 等^[37]利用 Alcalase 酶解膨腹海马,并从酶解液中分离纯化出一种新型多肽 SH200,该肽对小鼠具有

抗疲劳作用;Muthuramalingam 等^[38]从膨腹海马酶解液中提取出了 3 种肽(GIIGPSGSP、IGIGPSGSP、QIGFIW),这些肽拥有缓解疲劳作用,为海马食品和保健品的开发提供了一定的参考和思路。在现代社会,男性勃起功能障碍和高血压等健康问题愈发凸显,勃起功能受多重因素调控,机制复杂,目前研究认为,年龄增长、心血管疾病、吸烟等多种因素,均可能对男性勃起功能产生不良影响^[39]。海马常常用来泡酒饮用,以发挥对男性生理功能的特殊治疗作用,现代科学研究和临床试验表明,海马体内某些活性成分确实能缓解男性生理问题,特别是其活性肽成分。Kim 等^[40-41]从膨腹海马中分离纯化出 3 种 ACE 抑制肽(GIIGPSGSP、IGTGIPGIW、QIGFIW),3 种肽段都具有较强的 ACE 抑制活性和烷基自由基清除活性,表明这些活性肽是潜在的抗氧化剂和降血压药物,同时用不同酶进行酶解获得 ALC 和 PEP 两种活性肽,有潜力用于管理雄性更年期症状和抵抗老化带来的睾丸素减少;Je 等^[42]也分离出了可以抑制 ACE 产生和促进一氧化氮产生的海马肽,这些海马肽起到一定的血管舒张作用。综上,海马多肽可以通过多条路径改善男性生理问题。此外,膨腹海马体内多肽还具有强大的抗氧化作用,Lee 等^[43]分离纯化出了一种海马肽,该海马肽可以提高细胞活力和抑制细胞凋亡,是一种强效的天然功能性抗氧化剂。

综上,膨腹海马体内多肽的研究比较丰富,并且常通过体内和体外试验联合证明其具有的功能(见表 3),总结概括这些多肽的功能作用对新式食品的开发具有一定的启发作用,如根据不同人群需求开发特定食品。目前,对膨腹海马体内的多肽研究比较杂乱缺乏系统化,不同研究人员常分离出同一种肽,可能进行重复试验,因此多肽研究仍具有巨大潜力。

2.2 脂质成分

膨腹海马的脂质组成和含量对其营养功能方面有着重要作用,富含不饱和脂肪酸,能促进大脑发育和降低心血管疾病风险。吴娟娟等^[30]利用气相色谱技术分析了膨腹海马磷脂及其脂肪酸组成,结果表明膨腹海马的磷脂含量丰富,且不饱和脂肪酸含量高于饱和脂肪酸,此外磷脂中含有海洋特征性 n-3 多不饱和脂肪酸 DHA 和 EPA,具有较高的营养价值;Woods 等^[44]研究发现,膨腹海马以高比例的 n-3 多不饱和脂肪酸为特征,其具体含量受性别、饵料富集策略和生理阶段影响。若想丰富膨腹海马的脂肪含量,在养殖阶段就需做好准备,选用特定的饵料进行喂养。

综上,膨腹海马体内的脂质物质也是新式食品开发时不可忽略的亮点,不少人认为食品中的脂肪越少越好,但科学研究表明,脂类物质也是人体不可缺少的成分,补充优质脂肪特别是不饱和脂肪酸对人们身体健康有着促

表 3 从膨腹海马体内提取的活性肽及其功效

Table 3 Active peptides extracted from *Hippocampus abdominalis* and their efficacies

活性肽	研究方法	功效
SH200	体内:小鼠试验	增强有氧代谢能力、改善线粒体功能、抗疲劳作用 ^[37]
GIIGPSGSP	体外:细胞试验	抗氧化性作用、促进骨骼肌分化、提高耐力性能 ^[38]
IGIGPSGSP	体外:斑马鱼试验	
QIGFIW		
GIIGPSGSP	凝胶过滤色谱	强烈的ACE抑制活性、降血压作用 ^[40]
IGTGIPGIW	反相高效液相色谱	
QIGFIW		
ALC	体外:细胞试验	促进细胞增殖、增加睾酮分泌、改善精子质量 ^[41]
PEP	体外:斑马鱼试验	
APTL	液相色谱—质谱联用	ACE抑制与降压效果、血管舒张作用 ^[42]
CNVPLSP		
PWTPL		
SHP(IGTGIPGIW)	体外:Vero细胞试验	提高细胞活力、清除活性氧、抑制细胞凋亡 ^[43]
	体外:斑马鱼试验	

进作用。

3 膨腹海马食用安全性评价

一种原料能否成为新食品资源最重要的就是要看该原料的食用安全性是否符合要求^[45]。多项研究^[12,36]证明,膨腹海马在正常食用情况下,是一种安全可靠的食物资源。同时,韩国和菲律宾将膨腹海马列入食品目录的做法也反映出其是一种可靠的资源。

在环境污染物方面,特别关注的是海马体内重金属含量。有研究^[16]表明,中国野生海马体内的重金属污染情况有所区别,不同种类、不同来源地的海马重金属含量存在差异。膨腹海马在中国已经实现了大规模人工养殖,优质的水质和科学的饲料配方进一步保证了其生长安全性,大大降低了其体内重金属含量。Cu、Cd、Pb、Hg和Cr 5种常见重金属元素在海马样本中的含量显示,所有海马样本均未受到Cu和Hg的污染,但部分样本中检测到Cd、Cr和Pb的存在^[46-47]。这些重金属含量大多低于中国GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中的限值,不会对人体健康构成威胁,经过人工养殖的膨腹海马,其重金属含量更是进一步降低。

采用目标危害指数(THQs)方法对海马中的重金属和苯并芘进行食用安全风险评估发现,大多数产地海马体内的这些污染物THQs值均小于1.0^[47]。这一数据表明,正常消费海马不会导致这些污染物在人体内积累到危险水平,该物质对人体健康的风险极低,处于可接受的安全范围。苯并芘是一种能导致癌症的常见多环芳烃类物质,在专门对海马体内的苯并芘检测研究^[48]中发现,海马体内的苯并芘含量处于相对较低水平。综上表明,即使是长期食用海马,也不会显著增加苯并芘相关的健康

风险。

近年来,海洋生物体内的微塑料含量是消费者愈发关注的一个指标。海马体内微塑料含量情况对于海马能否成为健康安全的食品有着重要影响。有研究^[48-51]发现,野生海马肠道内确实存在一定数量的微塑料颗粒,这些微塑料颗粒在海洋中普遍存在,野生海洋动物体内都不可避免的会积累。现代化生态养殖的膨腹海马很好地避免了野生环境带来的微塑料污染,其微塑料暴露风险远低于野生个体。同时,根据人们的食用传统,在食用海马前,消费者通常会去除海马的内脏,这一处理过程可以大幅降低微塑料的摄入,进一步保障了其食用安全性。

从中国使用海马这一独特的海洋生物历史来看,在漫长的食用历史过程中,未见有关海马引起严重健康问题的报道。根据历史文献记载,中国人使用海马的历史已经超过1 500年,老百姓在长期的使用海马实践中,发展出了如泡酒、熬煮和烤制等各式各样的海马处理方式。正是因为海马在食用上具有安全性,促进了这一系列的发展,同时这种长期的、大范围的民间食用实践,也为膨腹海马的食用安全性提供了有力证据,两者相辅相成,给膨腹海马的食用前景带来了可靠信任。民间在使用海马时通常还会有恰当的处理方式,如焯水以保证食材的安全性,或者将海马与特定食材搭配以达到营养强化作用,这些传统智慧做法进一步确保了海马的食用安全性。

目前,韩国政府下属的食品药品安全处于2016年批准膨腹海马可作为食品使用,需要强调的一点是,只有养殖的海马才可以进行食用。菲律宾等东南亚国家也已将膨腹海马纳入食品目录。膨腹海马作为食品原料的合法性在国外已经得到了官方许可,这种许可同时充分表现出了膨腹海马的食用安全性。

综上,通过现代科学检测手段对膨腹海马体内重金属、苯并芘以及微塑料含量的研究,都展现出了其食用上的安全性;从中国的食用传统经验以及他国政府对待膨腹海马的态度来看,都证明了该海马品种是一种安全可靠的新食品资源。未来,膨腹海马的养殖技术将会不断发展进步,产业也将会继续扩大,通过生态养殖、质量控制以及行业标准化的建立,可以进一步降低其潜在的安全风险,使其符合中国新食品原料的安全要求。

4 膨腹海马养殖开发现状

4.1 膨腹海马养殖业发展

膨腹海马于 2016 年引入中国。目前,福建省水产研究所在规模化人工繁育技术上取得了成功,并通过“南北接力”养殖模式,大大节省了养殖成本^[9,52]。近年来,膨腹海马养殖热潮逐渐兴起,养殖技术逐步成熟,在 2025 年厦门高校联合福建省 6 家海马养殖企业,牵头编制的福建省水产学会团体标准正式获批,标志着福建省在珍稀特色水产膨腹海马的标准化体系建设上取得重大突破。膨腹海马在中国被列为国家二级保护动物,通过人工养殖,可以满足市场需求,同时有利于保护海洋生物多样性。目前,福建省罗源县已形成以福建省蓝粮渔业有限公司为龙头的海马产业集群,实现了膨腹海马的大规模人工养殖,为膨腹海马的食品化发展提供了坚实的产业基础和广阔的开发前景。

4.2 膨腹海马生态养殖技术

目前,全球海马需求上升,导致海马过度捕捞已经威胁到野生海马的生存,开发可持续养殖技术迫在眉睫^[53]。近年来,膨腹海马生态养殖已经取得显著成效,为其作为新食品原料的开发奠定了基础。膨腹海马生态养殖的核心在于模拟自然生境,研究^[9,54-55]表明,膨腹海马对水温、海水比重以及饵料等养殖条件极其敏感。如今通过循环水系统和水质监控技术^[44,56],养殖场能够维持海马最佳生长环境。

5 膨腹海马发展政策与前景

5.1 政策导向

当前,中国政府正积极推动海洋经济发展,膨腹海马产业恰逢其时,具有广阔的发展前景^[57]。在政策层面,国家相关部门对具有传统食用习惯的物品作为新食品原料持开放态度^[45]。海马在中国有着长期的民间食用历史,这为其申报新食品原料提供了可能性。政府还可以借鉴美国、欧盟、日本等国际经验做法,建立分级分类监管体系、优化审批和动态调整监管政策对中国新兴食品领域的法律监管进行完善^[58]。福建省卫生健康委员会在回应人大代表建议时表示,将“加强与国家卫生健康委沟通,努力推动完成相关审查程序”,表明地方政府已经认识到海马产业的潜力^[59]。同时,政府还鼓励有关企业按照相

关规定,向国家卫生健康委进行申报工作,体现了政府引导、企业主体发展思路。

5.2 发展前景

膨腹海马因其庞大的市场需求,表现出巨大的市场潜力。当前中国每年海马干制品用量高达 600 t,未来年消费量有望超过 2 000 t^[60]。如此庞大的市场需求,为规模化、生态养殖的膨腹海马提供了广阔的空间。

膨腹海马的蓬勃发展需要政府的积极引导和产学研的持续合作。政府应该积极引导企业并对企业进行合理的政策扶持,企业凭借强大的产业化能力和充足的资金资源,可以实现从理论到成果落地,高等院校在培养相关高等人才上具有显著优势,科研机构在解决关键难题和开发新技术上能起到先导作用,如福州大学在海马新式干燥技术研究上已取得进展,做到了在不破坏海马营养成分前提下大大加快了干燥速率,这种产学研模式为膨腹海马未来应用提供了强有力的支撑^[61]。在膨腹海马产业链延伸方面,可以将其加工成方便食用的即食食品,或者提取有效成分制成功能性食品,通过这种深加工技术,将进一步提高膨腹海马附加值。在养殖过程中还建立了“公司+农户”的养殖模式,这种模式带动了当地居民的经济收入。未来膨腹海马产业的发展将不断丰富中国海洋经济内涵,为实现海洋强国战略贡献力量。

6 膨腹海马作为新食品资源的未来展望

膨腹海马在食用传统、营养价值、安全性、养殖可行性到市场前景具有独特优势。在食用层面上,中国民众将其视为药食两用原料,发展出了多种食用方式,部分国家已将其列入食品目录,深厚的民间基础和官方认可为膨腹海马作为新食品原料提供了文化认同与市场接受度。

在营养层面上,膨腹海马富含蛋白质、活性多肽、多不饱和脂肪酸等多种功能性成分符合现代人对功能性食品的追求以及“向海洋要食物、要蛋白”的发展目标。科学研究已经证实,膨腹海马体内的重金属、苯并芘等污染物含量低于国家安全标准,人工养殖模式更能降低微塑料污染的风险,保证食用安全。

养殖层面,膨腹海马自从 2016 年被引入中国以来,在福建和山东等地已经发展出了成熟的生态养殖业技术,证明了其养殖和产业化可行性。这种模式既能保障原料稳定供应,还能有效保护野生资源,更能进一步促进当地经济增长,实现可持续发展,符合中国绿色发展战略和可持续发展理念。

未来,膨腹海马在产品开发和高值化利用上面潜力巨大。基于其高蛋白质含量可以开发蛋白粉等营养补充剂,或者根据其富含的 n-3 多不饱和脂肪酸开发胶囊。还可在抗疲劳、抗氧化、缓解男性生理功能以及延缓衰老

上,开发针对不同人群需求的功能性食品。总之,想要膨腹海马从理论研究上真正落实到实践中,需要企业、科研机构与政府共同努力,推动膨腹海马产业蓬勃发展。

参考文献

- [1] 郑磊, 梁建韬, 左小玲, 等. 膨腹海马生长性状全基因组关联分析及候选基因的挖掘[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2025, 30(3): 225-236.
- ZHENG L, LIANG J T, ZUO X L, et al. Gene-wide association study to identify candidate genes for growth traits in *Hippocampus abdominalis*[J]. Journal of Jimei University (Natural Science), 2025, 30(3): 225-236.
- [2] LOURIE S A, FOSTER S J, COOPER E W T, et al. A guide to the identification of seahorses[J]. Project Seahorse and TRAFFIC North America, 2004, 114(1): 1-120.
- [3] 陈信忠, 曾韵颖. 海马种类及其鉴定技术分析[J]. 中国口岸科学技术, 2020(12): 48-54.
- CHEN X Z, ZENG Y Y. Analysis of species and identification techniques of seahorses[J]. China Port Science and Technology, 2020(12): 48-54.
- [4] 葛晓鸣, 顾伟, 徐永健. 海马水解蛋白的氨基酸组成与抗氧化能力的关系[J]. 核农学报, 2019, 33(2): 322-329.
- GE X M, GU W, XU Y J. Relationship of amino acids composition and antioxidative capacity of hydrolyzed protein from *Hippocampus kuda* bleeker[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 33(2): 322-329.
- [5] 陈笛, 陈健, 高健, 等. 线纹海马活性多肽的体外抗氧化活性评价[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(8): 10-15.
- CHEN D, CHEN J, GAO J, et al. Evaluation of the antioxidant activity of *Hippocampus erectus* peptides[J]. Food Research and Development, 2018, 39(8): 10-15.
- [6] WIJERATHNA H M S M, NADARAJAPILLAI K, UDAYANTHA H M V, et al. Molecular delineation, expression profiling, immune response, and anti-apoptotic function of a novel clusterin homolog from big-belly seahorse (*Hippocampus abdominalis*) [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2022, 124: 289-299.
- [7] 陈梦, 陈建真, 葛宇清, 等. 海马化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药, 2017, 48(19): 4 089-4 099.
- CHEN M, CHEN J Z, GE Y Q, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Hippocampus*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2017, 48(19): 4 089-4 099.
- [8] WILSON A B, MARTIN-SMITH K M. Genetic monogamy despite social promiscuity in the pot-bellied seahorse (*Hippocampus abdominalis*) [J]. Molecular Ecology, 2007, 16(11): 2 345-2 352.
- [9] 罗辉玉, 祁剑飞, 郑乐云, 等. 膨腹海马温度耐受性及不同温度对其生长的影响[J]. 渔业研究, 2021, 43(5): 480-486.
- LUO H Y, QI J F, ZHENG L Y, et al. The temperature tolerance of *Hippocampus abdominalis* and the effect of different temperatures on its growth[J]. Journal of Fisheries Research, 2021, 43(5): 480-486.
- [10] “膨腹海马苗种规模化繁育技术”通过专家现场验收[J]. 水产科技情报, 2023, 50(5): 339.
- The Large-scale Breeding Technology of *Hippocampus abdominalis* fry has passed the on-site acceptance by experts [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2023, 50(5): 339.
- [11] KOLDEWEY H J, MARTIN-SMITH K M. A global review of seahorse aquaculture[J]. Aquaculture, 2010, 302(3): 131-152.
- [12] KANG N, KIM S Y, RHO S, et al. Anti-fatigue activity of a mixture of seahorse (*Hippocampus abdominalis*) hydrolysate and red ginseng[J]. Fisheries and Aquatic Sciences, 2017, 20(1): 3.
- [13] LEE I S, LEE M H, JANG K T. A study on salt-fermented seahorse added with proteolytic enzyme (protamex) [J]. The Korean Journal of Food & Health Convergence, 2020, 6(6): 1-7.
- [14] MUNDIJO T, SUYATNA F, WIBOWO A, et al. Characterization of seahorse (*Hippocampus comes* L.) extracts originating from culture and nature in Pesawaran, Lampung, Indonesia[J]. Journal of Advanced Veterinary and Animal Research, 2022, 9(4): 610.
- [15] NG R M Y, THEN A Y, LIM A C O. Cultural and socio-demographic drivers shape seahorse uses in Malaysia: implications for conservation[J]. Oryx, 2024, 58(6): 720-729.
- [16] CUI X H, ZHAO X F, LI J T, et al. Advances in the global distribution, chemical constituents, and pharmacology of *Hippocampus*, a traditional marine chinese medicine[J]. Frontiers in Marine Science, 2021, 8: 774927.
- [17] FOSTER S, WISWEDEL S, VINCENT A. Opportunities and challenges for analysis of wildlife trade using CITES data-seahorses as a case study[J]. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 2016, 26(1): 154-172.
- [18] ZHANG Z Y, ZHANG X Y, WANG X, et al. Chemical constituents, pharmacological activities and quality evaluation methods of genus *Hippocampus*: a comprehensive review[J]. Chinese Herbal Medicines, 2024, 16(3): 344-357.
- [19] 司夏丹, 葛晓鸣, 徐永健, 等. 基于气味客观化的海马化学成分分析[J]. 核农学报, 2018, 32(5): 941-951.
- SI X D, GE X M, XU Y J, et al. Chemical composition analysis of *Hippocampus kuda* bleeker based on odor objectification[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2018, 32(5): 941-951.
- [20] 许光辉, 陈佩璐, 黄恺飞, 等. 一种高溶出度海马粉的制备方法及其应用: 202311774366.X[P]. 2024-04-19.
- XU G H, CHEN P L, HUANG K F, et al. A preparation method of high-dissolution seahorse powder and its

- application: 202311774366.X[P]. 2024-04-19.
- [21] 李晓云, 谢荣华, 陈胜, 等. 干燥方式对香芋条干燥特性及品质的影响[J]. 食品与机械, 2025, 41(9): 196-202.
- LI X Y, XIE R H, CHEN S, et al. Effects of different drying methods on drying characteristics and quality of taro strips[J]. Food & Machinery, 2025, 41(9): 196-202.
- [22] 许美津, 林海生, 黄和. 水产品中常见致病菌检测技术研究进展[J]. 食品与机械, 2025, 41(8): 197-205.
- XU M J, LIN H S, HUANG H. Research progress in detection techniques of common pathogenic bacteria in aquatic products [J]. Food & Machinery, 2025, 41(8): 197-205.
- [23] 邱桂仙. 海马养生酒的组方研究[J]. 职业与健康, 2006 (2): 138.
- QIU G X. Research on the formula of Haima health wine[J]. Occupation and Health, 2006(2): 138.
- [24] 盛琳, 罗海燕, 杨健, 等. 复方海马酒加工方法的研究[J]. 食品与药品, 2011, 13(3): 122-124.
- SHENG L, LUO H Y, YANG J, et al. Study on processing method of compound hippocampus liquor[J]. Food and Drug, 2011, 13(3): 122-124.
- [25] ZENG L, ARMANI A, WEN J, et al. Molecular identification of seahorse and pipefish species sold as dried seafood in China: a market-based survey to highlight the actual needs for a proper trade[J]. Food Control, 2019, 103: 175-181.
- [26] 史筱莉, 徐永健, 牟金婷, 等. 大海马和刁海龙氨基酸与脂肪酸的组成分析与评价[J]. 中国海洋药物, 2017, 36(2): 75-83.
- SHI X L, XU Y J, MOU J T, et al. Analysis of amino acids and fatty acids of *Hippocampus kuda* and *Solenognathus hardwickii* [J]. Chinese Journal of Marine Drugs, 2017, 36(2): 75-83.
- [27] 刘艳红, 熊张平, 季春艳, 等. 干燥方式对太和香椿芽品质的影响[J]. 食品与机械, 2020, 36(9): 201-206.
- LIU Y H, XIONG Z P, JI C Y, et al. Effect of three drying methods on the quality of Taihe toona sinensis bud[J]. Food & Machinery, 2020, 36(9): 201-206.
- [28] FENG B Y, ZHANG H, ZHANG D Y, et al. Comprehensive biochemical analysis and nutritional evaluation of fatty acid and amino acid profiles in eight seahorse species (*Hippocampus* spp.) [J]. Heliyon, 2024, 10(12): e33220.
- [29] 张永明, 董登攀, 汪海燕, 等. 膨腹海马的生物学特征与人工养殖技术研究进展[J]. 海洋湖沼通报(中英文), 2024, 46(4): 190-198.
- ZHANG Y M, DONG D P, WANG H Y, et al. Research advances on the biological characteristics and breeding technology of seahorse (*Hippocampus abdominalis*) [J]. Transactions of Oceanology and Limnology (in Chinese and English), 2024, 46(4): 190-198.
- [30] 吴娟娟, 田佳宁, 陈奕蒙, 等. 膨腹海马(*Hippocampus abdominalis*)磷脂及其脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2025, 50(7): 118-123.
- WU J J, TIAN J N, CHEN Y M, et al. Analysis of phospholipids and their fatty acid composition in the *Hippocampus abdominalis*[J]. China Oils and Fats, 2025, 50 (7): 118-123.
- [31] XU Y, RYU S, LEE Y K, et al. Brassicasterol from edible aquacultural *Hippocampus abdominalis* exerts an anti-cancer effect by dual-targeting AKT and AR signaling in prostate cancer[J]. Biomedicines, 2020, 8(9): 370.
- [32] 肖辉裕, 马爱军, 孙志宾, 等. 不同月龄膨腹海马表型形态性状与体重之间的关系[J]. 水产学报, 2025, 49(2): 139-153.
- XIAO H Y, MA A J, SUN Z B, et al. Relationship between phenotypic morphological traits and body weight of *Hippocampus abdominalis* at different months[J]. Journal of Fisheries of China, 2025, 49(2): 139-153.
- [33] WOODS C M C, MARTIN-SMITH K M. Visible implant fluorescent elastomer tagging of the big-bellied seahorse, *Hippocampus abdominalis*[J]. Fisheries Research, 2004, 66(2/3): 363-371.
- [34] YANG F Q, YANG Y, XIAO D D, et al. Anti-photoaging effects of antioxidant peptide from seahorse (*Hippocampus abdominalis*) in *in vivo* and *in vitro* Models[J]. Marine Drugs, 2024, 22(10): 471.
- [35] 宁一霏, 毕添玺, 陈奕蒙, 等. 膨腹海马脂质及其脂肪酸组成分析[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(17): 178-183.
- NING Y F, BI T X, CHEN Y M, et al. Analysis of lipid and fatty acid composition of the *Hippocampus abdominalis*[J]. Food Research and Development, 2024, 45(17): 178-183.
- [36] 王琳, 焦阳, 魏霞, 等. 膨腹海马的保健功效研究及产业化开发进展[J]. 食品与药品, 2024, 26(4): 394-399.
- WANG L, JIAO Y, WEI X, et al. Research progress on health care function and industrial development of *Hippocampus abdominalis*[J]. Food and Drug, 2024, 26(4): 394-399.
- [37] ZHANG Y Y, RYU B, CUI Y H, et al. A peptide isolated from *Hippocampus abdominalis* improves exercise performance and exerts anti-fatigue effects via AMPK/PGC-1 α pathway in mice [J]. Journal of Functional Foods, 2019, 61: 103489.
- [38] MUTHURAMALINGAM K, KIM S Y, KIM Y, et al. Bigbelly seahorse (*Hippocampus abdominalis*) -derived peptides enhance skeletal muscle differentiation and endurance performance via activated P38MAPK/AKT signalling pathway: an *in vitro* and *in vivo* analysis[J]. Journal of Functional Foods, 2019, 52: 147-155.
- [39] TIRABASSI G, SUDANO M, SALVIO G, et al. Vitamin D and male sexual function: a transversal and longitudinal study [J]. International Journal of Endocrinology, 2018, 2 018(1): 3720813.
- [40] KIM H S, JE J G, RYU B, et al. Antioxidant and angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptides from *Hippocampus abdominalis*[J]. European Food Research and Technology, 2019, 245(2): 479-487.
- [41] KIM Y M, JEON Y J, HUH J S, et al. Effects of enzymatic

- hydrolysate from seahorse *Hippocampus abdominalis* on testosterone secretion from TM3 Leydig cells and in male mice [J]. Applied Biological Chemistry, 2016, 59(6): 869-879.
- [42] JE J G, KIM H S, LEE H G, et al. Low-molecular weight peptides isolated from seahorse (*Hippocampus abdominalis*) improve vasodilation via inhibition of angiotensin-converting enzyme *in vivo* and *in vitro*[J]. Process Biochemistry, 2020, 95: 30-35.
- [43] LEE H G, NAGAHAWATTA D P, YANG F Q, et al. Antioxidant potential of hydrolysate-derived seahorse (*Hippocampus abdominalis*) peptide: protective effects against AAPH-induced oxidative damage *in vitro* and *in vivo*[J]. Food Chemistry, 2023, 407: 135130.
- [44] WOODS C M C, VALENTINO F. Frozen mysids as an alternative to live *Artemia* in culturing seahorses *Hippocampus abdominalis*: use of frozen mysids in culturing seahorses[J]. Aquaculture Research, 2003, 34(9): 757-763.
- [45] 新食品原料安全性审查管理办法[J]. 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会公报, 2013(6): 1-3.
- Administrative measures for safety review of new food ingredients[J]. Gazette of the National Health and Family Planning Commission of People's Republic of China, 2013(6): 1-3.
- [46] ZHANG W, ZHANG Y H, ZHANG L, et al. Bioaccumulation of metals in tissues of seahorses collected from coastal China [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2016, 96(3): 281-288.
- [47] 鲁俊, 林芑宏, 宁燕, 等. 中国3种野生海马的食用安全性评价[J]. 中国渔业质量与标准, 2023, 13(3): 9-17.
- LU J, LIN P H, NING Y, et al. Edible safety assessment of 3 wild seahorses in China[J]. Chinese Fishery Quality and Standards, 2023, 13(3): 9-17.
- [48] LIU Y, SHANG D W, YANG Y J, et al. Bioaccumulation of contaminants in wild seahorses collected from coastal China [J]. Frontiers in Marine Science, 2022, 9: 1021170.
- [49] KIM J A, LEE J Y, HWANG S D, et al. Microplastic and *Vibrio harveyi* co-exposure induces oxidative stress in big-belly seahorse *Hippocampus abdominalis*[J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2025, 279: 111124.
- [50] SUH J H, XIA S D, NING Y, et al. Effects of microplastics and attached heavy metals on growth, immunity, and heavy metal accumulation in the yellow seahorse, *Hippocampus kuda* bleeker[J]. Marine Pollution Bulletin, 2019, 149: 110510.
- [51] DOMÍNGUEZ-LÓPEZ M, BELLAS J, SÁNCHEZ-RUILOBA L, et al. First evidence of ingestion and retention of microplastics in seahorses (*Hippocampus reidi*) using copepods (*Acartia tonsa*) as transfer vectors[J]. Science of the Total Environment, 2022, 818: 151688.
- [52] 何丽斌, 祁剑飞, 林金波, 等. 膨腹海马人工繁殖与育苗关键技术[J]. 应用海洋学学报, 2022, 41(4): 701-707.
- HE L B, QI J F, LIN J B, et al. Artificial propagation and seedling technique of *Hippocampus abdominalis*[J]. Journal of Applied Oceanography, 2022, 41(4): 701-707.
- [53] XU Y J, MU J T. Study on an integrated eco-aquaculture system for rearing the yellow seahorse, *Hippocampus kuda* bleeker[J]. Aquaculture Research, 2017, 48(6): 2 868-2 875.
- [54] 李玉伟, 宋锋, 卢强, 等. 膨腹海马工厂化养殖技术[J]. 科学养鱼, 2021(7): 64-65.
- LI Y W, SONG F, LU Q, et al. Factory farming technology of *Hippocampus abdominalis*[J]. Scientific Fish Farming, 2021 (7): 64-65.
- [55] 孔祥青, 类成通, 秦四勇. 膨腹海马工厂化育养技术探究[J]. 中国水产, 2023(10): 58-60.
- KONG X Q, LEI C T, QIN S Y. Research on the factory rearing technology of *Hippocampus abdominalis*[J]. China Fisheries, 2023(10): 58-60.
- [56] WILSON Z, CARTER C G, PURSER G J. Nitrogen budgets for juvenile big-bellied seahorse *Hippocampus abdominalis* fed *Artemia*, mysids or pelleted feeds[J]. Aquaculture, 2006, 255(1/2/3/4): 233-241.
- [57] 刘江雪. 膨腹海马缘何落户黄海之滨[N]. 日照日报, 2024-10-14(B01).
- LIU J X. Why did the *Hippocampus abdominalis* settle on the coast of the yellow sea?[N]. Rizhao Daily, 2024-10-14(B01).
- [58] 戴为卿. 国际新兴食品领域的法律监管及其借鉴[J]. 食品与机械, 2025, 41(3): 62-66.
- DAI W Q. Legal supervision of international emerging food fields and its reference[J]. Food & Machinery, 2025, 41(3): 62-66.
- [59] 张颖. 福建海马破冰出海[N]. 福建日报, 2025-07-03(2).
- ZHANG Y. Fujian seahorses break the ice and sail overseas [N]. Fujian Daily Press Group, 2025-07-03(2).
- [60] 王春植, 雷少斐, 胡婧. 海马能否成为海水养殖新宠?[N]. 农民日报, 2024-08-15(6).
- WANG C Z, LEI S F, HU J. Can seahorses become the new favorite in Marine aquaculture? [N]. Farmers'Daily, 2024-08-15(6).
- [61] 游丽君, 李雪. 食品专业类人才创新能力提升的探索与实践 [J]. 食品与机械, 2025, 41(7): 257-258.
- YOU L J, LI X. Exploration and practice on improving the innovation ability of food-major talents[J]. Food & Machinery, 2025, 41(7): 257-258.