

# 花胶品质改良研究进展

谭忠发, 陈鑫, 周晓满, 余煌, 杨沁莹, 谷雅婷, 张秋婷, 卢永翎, 吕丽爽\*

(南京师范大学食品与制药工程学院, 南京 210023)

**摘要:** 花胶是我国传统海产美食, 属“四大海味”之一, 近代列入“八珍”, 具有很高的营养和药用价值。目前, 花胶以传统的家庭或酒店烹饪预制菜为主, 其加工产品较少, 存在产品深加工程度低、原料综合利用差、废弃物造成环境污染等问题。花胶工业化加工产品形式尚处于初级阶段, 影响花胶加工产品深度开发的瓶颈问题尚未有相关研究报道。本文主要介绍了花胶的基本营养成分、花胶制品的主要产品形式、影响花胶品质的主要因素以及相关改良措施。主要包括: 花胶产品的脱腥技术、凝胶特性和加工过程中热稳定性。本文从理论和实践技术方面对花胶品质的改良措施进行了深入探讨和概述, 比较了各种方法的利弊, 提出未来的发展方向, 以期今后开发出品质更加优良的花胶产品提供一定的理论支撑和研究思路。

**关键词:** 花胶; 胶原蛋白; 即食花胶; 热稳定性; 脱腥

## Studies on the quality improvement of fish maw

TAN Zhong-Fa, CHEN Xin, ZHOU Xiao-Man, YU Huang, YANG Qin-Xuan,  
GU Ya-Ting, ZHANG Qiu-Ting, LU Yong-Ling, LV Li-Shuang\*

(School of Food Science and Pharmaceutical Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

**ABSTRACT:** Fish maw is a traditional seafood delicacy in China, one of the “four major seafood”, and listed as “eight treasures” in modern times, with high nutritional and medicinal value. At present, fish maw is mainly prepared by traditional family or hotel cooking, and its processed products are few. There are problems such as low degree of deep processing of products, poor comprehensive utilization of raw materials, and environmental pollution caused by waste. The form of industrial processing products of fish maw is still at the initial stage, and there are no relevant research reports on the bottleneck problems that affect the in-depth development of fish maw processing products. This paper mainly introduced the basic nutritional components of the fish maw, the main product forms of the fish maw products, the main factors affecting the quality of fish maw and the relevant improvement measures, mainly including deodorization technology, gel characteristics and thermal stability during processing of the fish maw products, then discussed and summarized the improvement measures of the quality of fish maw from the aspects of theory and practical technology, compared the advantages and disadvantages of various methods, and put forward the future development direction, in order to provide certain theoretical support and research ideas for developing better quality fish maw products in the future.

**KEY WORDS:** fish maw; collagen; ready-to-eat fish maw; heat stability; deodorization

基金项目: 大学生创新创业训练计划项目(202210319116Y)、国家自然科学基金项目(32272433)

Fund: Supported by the Provincial College Students' Innovation and Entrepreneurship Training Program (202210319116Y), and the National Natural Science Foundation of China (32272433)

\*通信作者: 吕丽爽, 教授, 主要研究方向为功能性食品及食品化学。E-mail: lishuanglv@126.com

\*Corresponding author: LV Li-Shuang, Professor, School of Food Science and Pharmaceutical Engineering, Nanjing Normal University, No.2, Xuelin Road, Qixia District, Nanjing 210023, China. E-mail: lishuanglv@126.com

## 0 引言

花胶,又被称为鱼胶、鱼鳔、鱼肚、鱼泡等,是将各类鱼的新鲜鱼鳔经过清洗等预处理、再脱水干制制得的一种鱼鳔干制品<sup>[1]</sup>,是中国的一种传统食品和补品,属四大海味之一,近代被列入“八珍”之一,素有“海洋人参”之誉。古籍《本草新编》《本草经逢原》均有记载其“补精益血”“鳔胶合沙苑蒺藜名聚精丸,为固精要药”等功效。花胶营养价值丰富,以高胶原蛋白、低脂肪著称,并富含多种维生素和钙、锌、铁、硒等多种矿物质元素,具有补肾、补血、止血等营养和药用价值<sup>[2]</sup>。近年来,随着人们对健康与养生生活方式的追求,花胶产品的市场需求量与日俱增。但市场上花胶产品品类较少,且产品质量不尽人意,比如:产品鱼腥味残留严重、产品加工中热稳定性差。此外还有工业化产品深加工程度低、下脚料浪费严重等问题。以上问题限制了花胶工业化产品的进一步发展。本文主要对花胶的营养价值、产品品种以及品质改良的关键技术进行了综述,尤其是针对当前市场产品存在问题,如花胶产品的热稳定性以及脱腥等进行解析,以期为今后开发出品质更加优良的花胶产品提供参考。

## 1 花胶的营养价值

### 1.1 蛋白质

花胶,又称为鱼鳔,也被称为气囊,由3层组成:外膜、黏膜下层和黏膜。外膜几乎完全由胶原纤维组成,是胶原蛋白的良好来源。由于品种差异,花胶的蛋白质含量大约在80%左右,其中以胶原蛋白为主,占总蛋白含量的50%以上。梅鱼、鳕鱼、草鱼鱼鳔胶原蛋白含量分别占鱼鳔中总蛋白的64.43%、73.93%、59.68%<sup>[3-5]</sup>,而鲫鱼鱼鳔组织中胶原蛋白的含量为115.05 mg/g<sup>[6]</sup>。鱼鳔胶原蛋白属于I型胶原蛋白,紫外光谱分析显示花胶胶原蛋白在235 nm处有最大峰出现,在280 nm处无明显吸收峰,可用于与一般胶原蛋白相区别<sup>[7]</sup>。

### 1.2 氨基酸

花胶中还含有大量呈味氨基酸和功能性氨基酸,这赋予了花胶独特的风味和生理功能,使其具有独特的饮食和药用特性。花胶蛋白质中的功能性氨基酸,如甘氨酸(Gly)>脯氨酸(Pro)>丙氨酸(Ala)~谷氨酸(Glu)>精氨酸(Arg)>天冬氨酸(Asp)为花胶中含量在前六的优势氨基酸,其中功能性氨基酸与总氨基酸的占比约为0.68~0.69<sup>[8]</sup>。此外,有报道大黄鱼花胶中含有呈味氨基酸约为58 g/100 g<sup>[8]</sup>。

### 1.3 脂肪酸

花胶中的脂肪含量根据鱼类的品种不同而有所差异,

一般低于1%。石首鱼中的饱和脂肪酸:单不饱和脂肪酸:多不饱和脂肪酸的比例为56:25:19。在黄花鱼花胶的多不饱和脂肪酸中,花生四烯酸(arachidonic acid, AA)、二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA)和二十碳四烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA)等含量最多,这些脂肪酸有利于降低动脉粥样硬化指数和血栓形成指数<sup>[8]</sup>。而在淡水鱼——白鲢鱼鳔中共检出了13种脂肪酸,其中饱和脂肪酸:单不饱和脂肪酸:多不饱和脂肪酸的比例约为1:1:1<sup>[9]</sup>。

### 1.4 矿物质

与其他海产品类似,花胶中含有Na、K、Mg、Fe、Cu、Zn等多种人体必需的矿物质元素。不过花胶商品中矿物质种类的定性定量尚未见相关文献报道。而鱼鳔中的矿物质元素分析发现:白鲢鱼鳔中含有Ca、K、Mg、Zn、Mn、Cu、Se<sup>[9]</sup>,黄唇鱼鱼鳔中含有Fe、Cu、Mn、Zn、Cr、Co、Se、Ca、Mg、K和Na<sup>[10]</sup>。

## 2 花胶产品

### 2.1 花胶半成品

干制花胶制品是传统菜肴的主要食材,比如红烧鱼肚、花胶炖雪梨、花胶鸡、花胶排骨汤、花胶煲汤、花胶牛奶等<sup>[11]</sup>。在家庭自制花胶菜肴中,能够影响花胶品质的主要因素是干制花胶的等级、干燥工艺条件、泡发工艺以及烹饪配方和烹饪工艺<sup>[12]</sup>。干制花胶制品的干燥方法包括晒干、自然风干、热风干燥、冷冻干燥、远红外干燥等,其中晒干和风干较为常见,冷冻干燥的花胶产品质量最好,但所需要的成本也最高。干制花胶泡发的目的在于让干花胶复水,使其充分吸收水分,达到组织溶胀、恢复口感、清除杂质等效果。不同的泡发方法对干制花胶的品质有显著影响。常用的方法为水泡发法,经对比冷水、热水、碱水等浸泡泡发法,得出冷水泡发速率慢但花胶更有嚼劲的结论;碱水泡发更快、更嫩滑,但是口感和营养价值略有降低<sup>[13]</sup>;热水泡发速率更快且泡发后的花胶更加嫩滑和软酥。除传统的水泡发法,还包括超高压法、超声波法、高温烘烤法等新型的泡发方法。此外,泡发液的种类也会影响泡发效果,比如不同来源如自来水、海水、蒸馏水等对泡发效果都有所差异。也可以添加不同的溶质如碘化钠、氯化钙、碳酸氢镁等。超高压法可以减少浸泡泡发时间,不会破坏食品原有的营养物质和风味。超声波法可以提高干制花胶的吸水速率、缩短泡发时间,但干制品内部的结构可能会受到影响<sup>[14]</sup>。

传统的花胶制品需要首先进行清洗、泡发,然后才能进行烹饪,而泡发工艺直接影响了菜肴的品质,因其工序烦琐、耗时等原因,不能满足当前便捷食品的市场需求,

使得部分消费者望而却步。随着食品加工业和物流业的迅猛发展,鲜冻花胶出现在花胶市场上,一定程度上缩减了烹饪时间。但因其保存及运输条件要求苛刻,且保质期较短,花胶品质在储存期仍会发生变化,使得鲜冻花胶并未有广泛的普及。

## 2.2 即食花胶产品

由于生活水平的提高和快节奏生活方式的发展,消费者对方便与快捷食品的需求增加,即食花胶产品应运而生。近些年,市面上出现了种类丰富的即食花胶食品,如油炸花胶、即食花胶粥<sup>[15]</sup>、牛奶花胶、花胶奶冻、茶香鱼胶果冻、即食花胶饮料、鱼胶营养液<sup>[16]</sup>以及各种风味的即食花胶罐头等。例如曾丽等<sup>[17]</sup>从鱼鳔中提取出了胶原蛋白,添加乌龙茶研制出了一种新型的茶味鱼鳔胶原蛋白保健果冻产品。即食花胶产品需要满足食用方便、营养、保健、风味好、无腥、口感与传统花胶一致等特点。然而即食花胶在生产加工的过程需进行清洗、切碎、脱腥、泡发、调味、杀菌罐装等工艺,这些工艺会对花胶品质的风味和质构产生影响。另外,在即食花胶加工过程中“花胶化水”导致体积缩小,在储藏期间,花胶罐头的质构会发生变化,口感会变得软烂、甚至是溶解。这些问题严重影响即食花胶的口感和品质,是当前行业发展的瓶颈问题,亟待解决。

## 2.3 花胶胶原蛋白肽产品

花胶是药食两用食品,花胶胶原蛋白寡肽具有抗氧化、抗疲劳、抗衰老、促进伤口愈合等功能,在食品、医药等领域具有广阔的应用前景<sup>[11]</sup>。胶原蛋白肽的制备工艺主要包括原料预处理、蛋白质提取、酶解、分离纯化等流程,其中蛋白酶种类和酶解时间对胶原蛋白肽活性有显著影响<sup>[18]</sup>。

## 2.4 其他花胶制品

花胶又可以作为添加剂,具有澄清、增加膜韧性和黏合的功能,被广泛应用于食品、保健品、化妆品、医药等领域。花胶因其特殊的纤维结构可以被作为葡萄酒、啤酒等制酒工艺的澄清剂,澄清效果优于明胶和皂土,因此花胶也被用于去除茶类饮品长期贮藏出现的混浊和沉淀<sup>[12]</sup>。花胶因其致密的纤维结构在一定条件下具有良好的凝胶强度,在制膜过程中加入可以提升膜的韧性等性能<sup>[11]</sup>。刘世峰<sup>[19]</sup>以花胶、明胶和糯米为原料制备了一种高性能可食用胶黏剂,可应用于儿童用品。历史上,鱼胶还被用作修复保护文物黏合剂的原料,对文物有良好的保护效果,且不污染环境,是良好的修复材料<sup>[20]</sup>。另外,研究人员将葡萄糖氧化酶固定在鱼胶膜上,可制成成本低、携带方便的葡萄糖生物传感器,用于测定人体血糖含量,监控健康状态<sup>[16]</sup>。

## 3 花胶产品的脱腥

花胶是由鱼鳔经过脱水而制得的,不可避免地会带有一些腥味,而不同的消费者对腥味的可接受程度不同,因此,脱腥工艺在即食花胶食品的开发过程中十分重要。

### 3.1 鱼腥味形成来源

鱼类的腥味来源主要包括两个方面,一方面是鱼类所生存的水体环境中存在带有腥臭味的淤泥吸附在鱼体表面,或在呼吸作用下使带有腥味的有机物残留于鱼体内部,具体包括放线菌和浮游藻类在活动产生的土臭味素和二甲氨基苄醇<sup>[21]</sup>,因此海水与淡水的鱼腥味是有所区别的。另一方面,鱼体内部发生氧化三甲胺的分解、脂肪氧化等生物化学反应也会产生腥味<sup>[22]</sup>。此外,鱼中富含的不饱和脂肪酸发生氧化分解后所产生的醛类、酮类及羧酸类等具有挥发性的次级氧化产物也是腥味的主要来源之一。这些反应也是导致大多数鱼类最终腐败变质的主要因素。

### 3.2 腥味脱除方法

水产品的腥味脱除方法可以分为物理、化学、生物方法,但针对花胶产品的脱腥方法较少。花胶产品中腥味物质难以去除可能是由于部分腥味物质与蛋白质结合。

#### 3.2.1 物理法

传统的物理脱腥法有吸附法、微胶囊法和真空蒸馏法等<sup>[23]</sup>。SUN等<sup>[24]</sup>研究发现将鱼明胶与 $\beta$ -环糊精复合可以通过抑制草鱼片的脂质氧化来防止鱼腥味的产生;PAN等<sup>[25]</sup>利用活性炭吸附红鳍东方鲀明胶的腥味,效果显著,但是活性炭吸附法可能会降低产品风味且导致部分营养价值损失。此外,萜烯类化合物也具有一定的吸附异味作用。王小康等<sup>[26]</sup>研究发现减压蒸馏法可以在一定程度上去除罗非鱼皮胶原蛋白的腥味,原因在于减压条件下加热使异味成分随水蒸气排出而达到脱腥的效果。物理法脱腥虽得到了一定改善,但脱除效果不彻底。

#### 3.2.2 化学法

化学脱腥方法包括了酸法、碱法、盐法、抗氧化剂法以及美拉德反应法等。酸碱盐脱腥是利用酸碱盐处理水产品,导致蛋白质结构发生展开,将原本与蛋白质紧密结合的腥味物质分离,从而达到脱除腥味的目的<sup>[27]</sup>。高加龙等<sup>[28]</sup>通过先用酸调节pH到某一数值,再用氢氧化钠将pH调回7.0的方法顺利地脱去了鲮鱼水解蛋白液的苦腥味。

一些植物中含有大量的天然抗氧化剂,比如黄酮类化合物和多酚类化合物,它们不但可以抑制不饱和脂肪酸的氧化,而且抗氧化剂的某些结构可以与腥味化合物发生包合、配位等化学反应,从而消除腥味。陈奇等<sup>[29]</sup>研究发现使用红茶提取液和紫苏混合液对淡水鲢鱼进行处理具有显著的脱腥效果,主要利用了红茶中的茶黄素、茶红素和

紫苏中的木犀草素等黄酮类化合物,通过消除甲基硫醇化合物和钝化酶活性而达到脱腥的目的<sup>[30]</sup>。花胶蛋白或腥味物质与糖类发生美拉德反应,产生一系列风味物质,可以掩盖不良气味,或通过消耗腥味物质的游离氨基,从而实现产品的脱腥。许庆陵等<sup>[31]</sup>比较了活性炭法和美拉德反应法对牡蛎蛋白酶解液进行脱腥的效果,表明美拉德反应法的脱腥效果更佳。化学法脱腥可以实现定向脱除腥味成分,相对于物理脱腥,效果较为明显,但化学物质是否为食品添加剂,是否会造成危害物残留,使用应慎重,需系统考察论证。

### 3.2.3 生物法

生物脱腥法指的是利用微生物如酵母菌,经过微生物的新陈代谢过程或者是在微生物酶的作用下使其转变成无腥味物质<sup>[32]</sup>。沈瑞敏等<sup>[33]</sup>探讨了甜酒曲、乳酸菌及酿酒酵母3种微生物制剂对鱼鳞胶原蛋白肽的去腥工艺,其中甜酒曲的去腥效果最佳。章新等<sup>[34]</sup>选用乳酸菌及酿酒酵母为菌种,对鱼的副产物进行发酵处理,发现酵母菌和乳酸菌发酵有效抑制了微生物杂菌繁殖,降低了鱼腥味。付湘晋等<sup>[35]</sup>研究发现酵母发酵法对鲢鱼蛋白的脱腥效果优于活性炭吸附和 $\beta$ -环糊精包埋法。生物法脱腥安全性相对较高,但由于菌种选育开发难度较大,相关研究较为有限。

不同脱腥技术的组合联用一定程度上可以取长补短,提升脱腥效果,将是未来发展方向,例如:物理吸附与微生物脱腥联用;化学酸或碱法与发酵处理联用;香辛料中风味物质对腥味的覆盖与香辛料所含多酚与腥味成分结合的联用,超声技术处理与物理覆盖腥味联用等,届时需结合具体加工工艺综合考量。

## 4 花胶胶原蛋白机械强度及热稳定性研究

工业上批量生产的花胶制品,尤其是即食花胶因需符合国家商业无菌要求以及货架期要求,必需经过灭菌工艺,而高温灭菌导致花胶蛋白结构失稳,使得花胶产品的口感软、通透度降低、在储藏和运输过程中发生“水化”溶解等现象,严重影响花胶制品的品质。主要原因可能是由于花胶的胶原蛋白与哺乳动物的胶原蛋白相比凝胶性和热稳定性均较差,杀菌过程中温度的改变很容易对花胶胶原蛋白的结构和性质产生一定影响,进而影响花胶的凝胶强度和热稳定性<sup>[36]</sup>。从胶原蛋白组成和结构的角度的分析,其原因可能是鱼类I型胶原蛋白的亚氨基酸含量普遍要低于陆生哺乳动物。亚氨基酸含量随着I型胶原蛋白的来源不同有较大的变化,亚氨基酸(脯氨酸和羟脯氨酸)中的吡咯环有助于形成三螺旋结构稳定的非共价键,在维持胶原蛋白三螺旋结构的稳定性方面发挥重要作用<sup>[37]</sup>。因此,提高花胶胶原蛋白及其制品的机械强度

和热稳定性有利于促进花胶胶原蛋白的加工和利用,保证产品的品质。

### 4.1 不同鱼类品种对胶原蛋白热稳定性的影响

大多数水产胶原蛋白主要从鱼皮和鱼骨中提取,但是鱼类品种的不同对胶原蛋白的变性温度也具有显著性影响,有研究得出规律:深海鱼的变性温度一般会低于淡水鱼的变性温度,这可能与鱼类所生活的环境温度有关。例如鳙鱼、草鱼、石斑鱼、安康鱼、鲟鱼鱼鳔胶原蛋白的变性温度分别为38.6、37.6、33.8、29.8和30.5℃<sup>[36,38]</sup>。

### 4.2 不同来源部位对胶原蛋白热稳定性的影响

鱼的不同部分所含的胶原蛋白具有不同的特点,经多名研究学者研究发现,来源于鱼类内部胶原蛋白的变性温度会显著高于鱼类外部的胶原蛋白。比如ZHANG等<sup>[36]</sup>研究发现通过酸结合胃蛋白酶法从鲟鱼鱼皮、鱼鳔和鱼骨中提取的胶原蛋白热变性温度分别为28.5、30.5和33.5℃。这可能是由于不同部分的胶原蛋白含量、多肽组成和氨基酸组成有所不同,并且蛋白质的结合形式也有所不同。鱼骨中含有一定量结合态的矿物质,可能会提高其胶原蛋白结构的稳定性。胶原蛋白的热变性温度与肽链的交联作用密切相关,交联越多,分子内的亚氨基酸的含量越高,形成的氢键就越多,胶原蛋白的热稳定性也就越好,热变性温度就越高<sup>[39]</sup>。草鱼花胶的酸提胶原蛋白(34.3℃)与猪皮胶原蛋白的热变性温度类似,很可能作为哺乳动物胶原蛋白的替代来源<sup>[40]</sup>。

### 4.3 不同提取工艺对胶原蛋白热稳定性的影响

常用的胶原蛋白提取方法有酸法、碱法、酶法、盐法、发酵法以及复合方法。低温酸提法可以最大限度地保留胶原蛋白的三螺旋结构,从而保持生物活性;缺点为提取率较低、耗时较长、且容易溶剂残留<sup>[37]</sup>。改良胶原蛋白的提取工艺条件可以提高其热稳定性,例如改变pH、提取温度和提取时间等都会对所得胶原蛋白的性质产生影响<sup>[41]</sup>。LIN等<sup>[42]</sup>发现,延长提取时间会降低胶原蛋白的热稳定性,适当缩短提取胶原蛋白的时间有利于提高胶原产品的稳定性。

酶法提取胶原蛋白的条件更为温和、提取率高、提取时间短、与活性相关的结构较为完整,相对成本较高<sup>[43]</sup>。而碱法提取胶原蛋白会破坏胶原蛋白分子之间的共价交联,进而导致其热变性温度更低<sup>[44]</sup>。因此,为了保持胶原蛋白天然的结构特性,应选取低温、温和条件,且要尽可能减少胶原蛋白暴露于化学试剂中的时间。为了降低生产成本和提高胶原蛋白的产量,生产过程中常会将多种方法结合使用KAEDWANG等<sup>[45]</sup>采用酸溶和胃蛋白酶联合提取黄鳍金枪鱼鱼鳔中可溶性胶原蛋白,产量得到了显著提升。在实现高效低成本的工业化提取的同

时,如何保证胶原蛋白结构的稳定性仍是一个迫切需要解决的问题。此外,除了提取率、加工成本和加工对环境的友好程度等因素外,采用不同方法制备的胶原蛋白,其组成和结构也有所不同,导致所得胶原蛋白的功能特性存在差异性。

#### 4.4 不同改性方法对胶原蛋白热稳定性的影响

花胶胶原蛋白,仍然可以采用物理、化学或生物方法等多种改性方法来改变其结构从而提高花胶胶原蛋白的热稳定性和凝胶性,满足实际生产应用的需要。

##### 4.4.1 物理改性法

物理改性胶原蛋白的方法一般包括紫外线(ultraviolet, UV)照射、 $\gamma$ 射线、热处理、超高压、重度脱水<sup>[46]</sup>。由于物理改性对胶原蛋白的影响较弱,其通常只作为辅助方式或者与其他改性方法联合使用。YUNOKI等<sup>[47]</sup>发现真空热交联和UV辐照交联都提高了大马哈鱼皮胶原蛋白的热变性温度,有效地改善了其热稳定性,同时降低了其溶解性。重度脱水法是通过脱水缩短胶原蛋白活性基团之间的距离进而使其发生物理交联,从而提高胶原蛋白的热变性温度<sup>[48]</sup>。物理改性法制备得到的胶原蛋白的优点在于其不引入化学试剂,无污染、无残留;缺点是花胶产品本身为干制品,交联度的提高不明显。对于胶原蛋白,难以获得均匀一致的交联,稳定性相对较差。

##### 4.4.2 化学改性法

化学改性胶原蛋白是运用化学方法在胶原蛋白肽链内、肽链间、侧链基团之间通过酰胺化反应、糖基化反应或甲基化反应形成稳定的共价键,如酯键、二硫键、酰胺键等,从而改善胶原蛋白的力学或热稳定性,是目前较为常用的改性方法<sup>[49]</sup>。KANTH等<sup>[50]</sup>也发现经过双醛纤维素处理后的I型胶原蛋白的交联量会发生增加,其热稳定性和酶稳定性也随之增加。王丽霞等<sup>[51]</sup>使用碳化二亚胺修饰胶原蛋白的羧基基团,发生酯化或酰胺化反应,证明碳化二亚胺提高了胶原蛋白热变性温度和抗酶解能力。

盐类可以改变胶原蛋白的静电力作用,促进蛋白质之间盐桥的形成,进而改变了胶原蛋白的凝胶强度和热稳定性。盐离子对胶原蛋白的改性效果与pH、盐的种类、离子强度等相关。

酚类化合物可以通过与胶原蛋白相互作用,提高其功能特性。多酚类物质活性较高,可被氧化成醌或半醌,与蛋白质之间通过非共价作用或共价作用形成蛋白质-多酚复合物<sup>[52]</sup>。袁毅<sup>[53]</sup>将0.6%的茶多酚添加至鱼胶中,发现其凝胶硬度增加,黏性降低、胶原蛋白含量显著增加。从作用机制方面可以得出,酚类化合物对改善花胶热稳定性及凝胶特性具有很好的应用前景。

蛋白质的化学改性虽然可以有效地提高其热稳定性,但一定程度上造成化学物质的残留,因此更倾向于物理改性和生物改性方法。

##### 4.4.3 生物改性法

目前常用的生物改性方法有酶解法和发酵法。酶法改性主要使用不同的蛋白酶催化小分子间或分子内部之间发生相互作用。例如,谷氨酰胺转氨酶(glutamine transaminase, TG)酶可以催化蛋白质中谷氨酰胺残基的 $\gamma$ -酰胺基和赖氨酸残基的 $\epsilon$ -氨基形成分子间共价交联,使蛋白质凝胶结构发生变化,进而改变蛋白质的凝胶强度和热稳定性。例如于楠楠等<sup>[54]</sup>通过添加0.5%的TG酶提高了鱼糜凝胶的热稳定性。针对花胶的TG酶改性研究较少,张杰等<sup>[55]</sup>通过添加紫苏叶等预处理后,采用TG酶、复合磷酸盐等添加剂,有效地解决了产品生产销售过程当中花胶溶解化水的问题。然而,也有学者实验证明TG酶的添加并不能够提高花胶的凝胶特性和变性温度<sup>[53]</sup>。推测,可能是由于酶处理的条件以及花胶的来源不同造成的。

发酵法是利用微生物菌种在生产代谢过程中产生的蛋白酶来水解底物蛋白,改变其性质<sup>[56]</sup>。发酵法可以在条件比较温和条件下进行,工艺简单、生产成本低、易于工业化。常用的发酵方法有乳酸菌发酵法、酵母发酵法,但存在耗时等缺陷。

## 5 前景与展望

花胶是一种营养丰富、口感好的食物,同时也具有药用功效,这使得它成为药食同源养生保健品的绝佳选择。随着我国经济的迅猛发展以及食品工业技术的提高,花胶的产品开始走出简单烹饪和预制菜的传统加工方式,扩展到批量化、工业化生产阶段,应市场需求,快捷式、方便即食花胶制品的品类有待进一步的开发和丰富。如根据不同消费群体设计产品形式:老年滋补型、女士美容养颜型、儿童营养型等。根据产品品类设计:花胶营养液、花胶QQ糖果、花胶膏、花胶果冻等。丰富的产品加工形式需要现代化工业技术的支撑,针对花胶产品的特点,如蛋白稳定性、胶凝性、成膜性,鱼腥味的残留等问题,研发相关加工技术,包括膜分离提取技术、非热加工灭菌技术、微生物定向除腥技术等,从而提升产品品质。

此外,目前我国尚未制定花胶制品的生产工艺、产品品质控制标准和相关的法律法规。产品的监管和标准的制定也是今后花胶产品研发不可或缺的重要一环。

## 参考文献

- [1] 朱凯悦,孙娜,董秀萍,等. 鱼胶的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(3): 284-290.

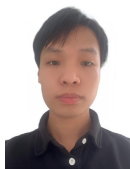
- ZHU KY, SUN N, DONG XP, *et al.* Research progress of isinglass [J]. Food Ferment Ind, 2022, 48(3): 284–290.
- [2] 邓秋婷, 吴孟华, 张英, 等. 鱼鳔的本草考证[J]. 中药材, 2018, 41(3): 749–752.
- DENG QT, WU MH, ZHANG Y, *et al.* Materia medica of fish bladder [J]. J Chin Med Mater, 2018, 41(3): 749–752.
- [3] 王丰雷, 徐宝贵, 徐敏, 等. 梅鱼鱼鳔胶原蛋白的制备及抗疲劳活性实验[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 2019, 38(4): 309–315.
- WANG FL, XU BG, XU M, *et al.* Study on preparation and anti-fatigue effect of collagen from redlip croaker (*Callichthys lucidus*) swim bladder [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed), 2019, 38(4): 309–315.
- [4] 李娜. 鳕鱼鳔胶原蛋白和胶原肽特性及对细胞衰老进程干预作用与机制[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
- LI N. Study on characteristics of collagen and enzymic peptides in cod swim bladder and its effect and mechanism of intervention on cellular aging process [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.
- [5] 詹永献. 草鱼鱼鳔胶原蛋白理化性质及结构特点的研究[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2012.
- ZHAN YX. Physicochemical properties and structural characteristics of collagen from grass carp of swimming bladder [D]. Luoyang: Henan University of Science and Technology, 2012.
- [6] 贡雯玉, 卞欢, 吴海虹, 等. 高效液相色谱法检测鲫鱼不同组织中的胶原蛋白含量[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 65–69.
- GONG WY, BIAN H, WU HH, *et al.* Determination of collagen in different tissues of crucian carp (*Carassius auratus*) by high performance liquid chromatography [J]. Food Sci, 2015, 36(14): 65–69.
- [7] 李玉玲, 范志强, 刘雯恩, 等. 鱼鳔胶原蛋白的研究进展[J]. 大连海洋大学学报, 2020, 35(1): 31–38.
- LI YL, FAN ZQ, LIU WEN, *et al.* Advances in the study of collagen in fish bladders [J]. J Dalian Ocean Univ, 2020, 35(1): 31–38.
- [8] WEN J, ZENG L, XU YH, *et al.* Proximate composition, amino acid and fatty acid composition of fish maws [J]. Nat Prod Res, 2016, 30(2): 214–217.
- [9] 汪安利, 祖晋锋, 时文强, 等. 白鲢鱼鳔营养成分分析与评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(8): 2219–2224.
- WANG ANL, ZU JF, SHI WQ, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional components in swim bladder of silver carp [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(8): 2219–2224.
- [10] 区又君, 廖锐, 李加儿, 等. 野生黄唇鱼 *Bahaba flavolabiata* 肌肉和鳔营养成分的分析与评价[J]. 海洋学报(中文版), 2010, 32(3): 113–120.
- OU YJ, LIAO R, LI JER, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional composition of the muscle and swim bladder of the wild yellow lip fish *Bahaba flavolabiata* [J]. J Ocean (Chin Vers), 2010, 32(3): 113–120.
- [11] 巫丹. 鱼胶在食品工业中的应用研究[J]. 现代食品, 2020, (19): 33–34, 37.
- WU D. Application of fish gum in food industry [J]. Mod Food, 2020, (19): 33–34, 37.
- [12] SITTICHOKE S, SOOTTAWAT B. Effect of drying and frying conditions on physical and chemical characteristics of fish maw from swim bladder of seabass (*Lates calcarifer*) [J]. J Sci Food Agric, 2015, 95(15): 3195–3203.
- [13] 向怡卉, 苏秀榕, 董明敏, 等. 盐渍海参水发技术的研究[J]. 食品科学, 2007, 337(12): 153–156.
- XIANG YH, SU XR, DONG MM, *et al.* Research on salt-pickled sea cucumber hydration technology [J]. Food Sci, 2007, 337(12): 153–156.
- [14] 黄旭辉. 超声波处理对海参复水品质的影响及机理研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2019.
- HUANG XH. Research on the effects and mechanisms of ultrasonic processing on the quality of sea cucumber rehydration [D]. Fujian: Fujian Agricultural and Forestry University, 2019.
- [15] 丁洁新, 刘伟琴. 一种即食鱼胶粥的生产设备及生产工艺: 中国, CN111743108A[P]. 2020-10-09.
- DING JX, LIU WQ. A production equipment and production process for ready-to-eat fish gelatin porridge: China, CN111743108A [P]. 2020-10-09.
- [16] 段振华, 高倩, 汪菊兰, 等. 鱼鳔营养口服液的加工工艺研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 194–196.
- DUAN ZH, GAO Q, WANG JL, *et al.* Study on preparing technology of a nutrition oral liquid from fish swimbladder [J]. Sci Technol Food Ind, 2010, 31(8): 194–196.
- [17] 曾丽, 李丽, 王加斌, 等. 茶味鱼鳔胶原蛋白果冻的研制[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2013, 32(4): 334–339.
- ZENG L, LI L, WANG JB, *et al.* Processing of air bladder collagen jelly with tea flavor [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed), 2013, 32(4): 334–339.
- [18] 李玉玲, 范志强, 刘雯恩, 等. 鱼鳔胶原蛋白的研究进展[J]. 大连海洋大学学报, 2020, 35(1): 31–38.
- LI YL, FAN ZQ, LIU WEN, *et al.* Advances in the study of collagen in fish bladders [J]. J Dalian Ocean Univ, 2020, 35(1): 31–38.
- [19] 刘世锋. 一种可食用胶粘剂的制备方法: 中国, CN109679580B[P]. 2021-08-24.
- LIU SF. A method of preparing edible adhesives: China, CN109679580B [P]. 2021-08-24.
- [20] 杨璐, 王丽琴, 黄建华, 等. 文物胶料鱼鳔胶的红外光谱、拉曼光谱及氨基酸分析[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2011, 41(1): 63–66.
- YANG L, WANG LQ, HUANG JH, *et al.* The investigation of fish bladder glue, a kind of binder commonly used in painted relics, by using FTIR, micro-Raman spectroscopy and amino acid analysis [J]. J Northwest Univ (Nat Sci Ed), 2011, 41(1): 63–66.
- [21] 胡苑, 施文正, 卢瑛. 鱼类腥味脱除技术研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(5): 282–287.
- HU Y, SHI WZ, LU Y. Recent advances on deodorization technology of fishy odors [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(5): 282–287.
- [22] 卢祺, 刘津延, 刘方芳, 等. 鱼类腥味物质及脱腥技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(8): 285–291.
- LU Q, LIU JY, LIU FF, *et al.* Research progress on fishy smell and

- technology of removing off-odor [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2019, 40(8): 285–291.
- [23] 吴静, 黄卉, 李来好, 等. 鱼制品腥味产生机制及调控措施研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(24): 254–261.
- WU J, HUANG H, LI LH, *et al.* Research progress on the mechanism and regulation of fishy taste of fish products [J]. *Food Fermentat Ind*, 2019, 45(24): 254–261.
- [24] SUN XY, GUO XB, JI MY. Preservative effects of fish gelatin coating enriched with CUR $\beta$ CD emulsion on grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4 °C [J]. *Food Chem*, 2019, 272: 643–652.
- [25] PAN JF, JIA H, SHANG MJ. Effects of deodorization by powdered activated carbon,  $\beta$ -cyclodextrin and yeast on odor and functional properties of tiger puffer (*Takifugu rubripes*) skin gelatin [J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 118: 116–123.
- [26] 王小康, 林绮莲, 黎颖, 等. 罗非鱼皮胶原蛋白中腥味物质的鉴定及不同脱腥方法的脱腥效果比较[J]. *食品科技*, 2016, 41(5): 234–239.
- WANG XK, LIN QL, LI Y, *et al.* Identification and elimination of odorous compounds from *Tilapia* skin collagen [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 41(5): 234–239.
- [27] 董婧琪, 王圆圆, 闫保国, 等. 水产品腥味物质形成机理与脱腥技术研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(5): 189–194.
- DONG JQ, WANG YY, YAN BG, *et al.* Progress in research on the formation mechanism of and deodorization technology for fishy substances in aquatic products [J]. *Food Res Dev*, 2022, 43(5): 189–194.
- [28] 高加龙, 文健峰, 吉宏武, 等. 鲮鱼水解蛋白脱腥脱苦研究[J]. *现代食品科技*, 2009, 25(5): 498–502.
- GAO JL, WEN JF, JI HW, *et al.* Deodorization of grey mullet protein hydrolysates [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2009, 25(5): 498–502.
- [29] 陈奇, 黄寿恩. 鱼制品脱腥工艺的研究[J]. *食品科学*, 2007, (6): 163–167.
- CHEN Q, HUANG SEN. Study on deodourization process of fish [J]. *Food Sci*, 2007, (6): 163–167.
- [30] 周蓓蓓, 胡王, 陈小雷, 等. 鱼制品腥味物质检测分析及去除技术研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(14): 185–192.
- ZHOU BB, HU W, CHEN XL, *et al.* Research progress on determination, analysis and removal of fishy odours coming from fish products [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(14): 185–192.
- [31] 许庆陵, 周勇强, 战宇, 等. 牡蛎水解蛋白制备及脱腥技术研究[J]. *食品研究与开发*, 2012, 33(10): 1–5.
- XV QL, ZHOU YQ, ZHAN Y, *et al.* Research on preparation and deodorization technology of hydrolysis protein from oyster meat [J]. *Food Res Dev*, 2012, 33(10): 1–5.
- [32] 姚慧, 苑宁, 魏月, 等. 鱼制品脱腥技术研究[J]. *农产品加工*, 2017, (5): 54–56.
- YAO H, YUAN N, WEI Y, *et al.* The research of deodorization technology about fish products [J]. *Farm Prod Proc*, 2017, (5): 54–56.
- [33] 沈瑞敏, 罗璇, 李航, 等. 微生物制剂发酵法脱除鱼鳞胶原蛋白肽腥味工艺研究[J]. *中国酿造*, 2020, 39(2): 173–176.
- SHEN RM, LUO X, LI H, *et al.* Deodorization process of fish scale collagen peptide by microbial fermentation [J]. *China Brew*, 2020, 39(2): 173–176.
- [34] 章新, 郑毅, 叶文彬, 等. 微生物发酵对鱼下脚料脱腥作用的影响研究[J]. *安徽农学通报*, 2015, 21(5): 111–113.
- ZHANG X, ZHENG Y, YE WB, *et al.* Study on the effect of microbial fermentation on the deodorizing effect of fish scraps [J]. *Anhui Agric Sci Bull*, 2015, 21(5): 111–113.
- [35] 付湘晋, 许时婴, Kim Jinmoon. 酸碱法提取鲑鱼蛋白脱腥及酵母脱腥机理[J]. *食品与生物技术学报*, 2009, 28(1): 57–62.
- FU XJ, XU SY, KIM J. Removing the fishy flavor of silver carp protein by yeast fermentation and the mechanism [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2009, 28(1): 57–62.
- [36] ZHANG X, ADACHI S, URA K, *et al.* Properties of collagen extracted from *Amur sturgeon Acipenser schrenckii* and assessment of collagen fibrils *in vitro* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2019, 137: 809–820.
- [37] ZHAO WH, CHI CF, ZHAO YQ, *et al.* Preparation, physicochemical and antioxidant properties of acid- and pepsin-soluble collagens from the swim bladders of *Miituy croaker (Müchthys müituy)* [J]. *Mar Drugs*, 2018, 16(5): 161.
- [38] DONG Y, DAI ZY. Physicochemical, structural and antioxidant properties of collagens from the swim bladder of four fish species [J]. *Mar Drugs*, 2022, 20(9): 550.
- [39] 高玲玲, 侯成立, 高远, 等. 胶原蛋白热稳定性研究进展[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(5): 195–207.
- GAO LL, HOU CL, GAO Y, *et al.* Advances in collagen thermal stability research [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2018, 18(5): 195–207.
- [40] LI YS, YANG LH, WU SJ, *et al.* Structural, functional, rheological, and biological properties of the swim bladder collagen extracted from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *LWT*, 2022, 153: 112518.
- [41] 梁健华. 胶原蛋白的提取、性质及其应用的研究进展[J]. *现代食品*, 2021, (16): 44–49.
- LIANG JH. Research progress in extraction, properties and application of collagen [J]. *Mod Food*, 2021, (16): 44–49.
- [42] LIN YK, LIU DC. Effects of pepsin digestion at different temperatures and times on properties of telopeptide-poor collagen from bird feet [J]. *Food Chem*, 2006, 94(4): 621–625.
- [43] GAURAV K, NIDHEESH T, GOVINDARAJU K, *et al.* Enzymatic extraction and characterisation of a thermostable collagen from swim bladder of rohu (*Labeo rohita*) [J]. *J Sci Food Agric*, 2017, 97(5): 1451–1458.
- [44] YOSHIMURA K, TERASHIMA M, HOZAN D, *et al.* Preparation and dynamic viscoelasticity characterization of alkali-solubilized collagen from shark skin [J]. *J Agric Food Chem*, 2000, 48(3): 685–690.
- [45] KAEWDANG O, BENJAKUL S, KAEWMAANEE T, *et al.* Characteristics of collagens from the swim bladders of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) [J]. *Food Chem*, 2014, 155: 264–270.

- [46] 周丹, 尹伊秋, 沈艳琴, 等. 胶原蛋白的改性研究进展[J]. 印染, 2022, 48(10): 78–81.  
ZHOU D, YIN YQ, SHEN YQ, *et al.* Research progress on modification of collagen [J]. *Print Dy*, 2022, 48(10): 78–81.
- [47] YUNOKI S, SUZUKI T, TAKAI M. Stabilization of low denaturation temperature collagen from fish by physical cross-linking methods [J]. *J Biosci Bioeng*, 2003, 96(6): 575–577.
- [48] 付佳奇. 鲤鱼鱼皮胶原蛋白交联物的制备研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2015.  
FU JQ. Preparation of carp fish skin collagen cross-linked product [D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2015.
- [49] 张亚飞, 逢欣雨, 叶张靖, 等. 胶原蛋白改性方法与应用[J]. 渔业研究, 2020, 42(2): 185–194.  
ZHANG YF, PANG XY, YE ZJ, *et al.* Collagen modification methods and applications [J]. *J Fish Res*, 2020, 42(2): 185–194.
- [50] KANTH SV, RAMARAJ A, RAO JR, *et al.* Stabilization of type I collagen using dialdehyde cellulose [J]. *Proc Biochem*, 2009, 44(8): 869–874.
- [51] 王丽霞, 赵寰, 靳淑凤, 等. EDC 交联离子化胶原支架材料的生物学表征[J]. 口腔医学研究, 2015, 31(4): 343–348.  
WANG LX, ZHAO H, JIN SF, *et al.* Biological characterization of ionized collagen scaffold with EDC cross-linking [J]. *J Oral Sci Res*, 2015, 31(4): 343–348.
- [52] 黄子林, 孔祥珍, 张丽娜, 等. 蛋白质与多酚相互作用研究进展[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(3): 195–202.  
HUANG ZL, KONG XZ, ZHANG LN, *et al.* Advances in the study of protein-polyphenol interactions [J]. *J Chin Cere Oils Ass*, 2021, 36(3): 195–202.
- [53] 袁毅. 即食鱼胶品质稳定性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2022.  
YUAN Y. Study on the quality stability of ready-to-eat isinglass [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2022.
- [54] 于楠楠, 王卫东, 陈学红, 等. TG 酶对高温杀菌鱼糜凝胶特性影响[J]. 食品工业, 2020, 41(4): 98–101.  
YU NN, WANG WD, CHEN XH, *et al.* Effects of glutamine transaminase on gel properties of high-temperature sterilization surimi [J]. *Food Ind*, 2020, 41(4): 98–101.
- [55] 张杰, 何跃建, 刘标明, 等. 一种即食鱼胶的去腥及品质改良的工艺方法[J]. 食品安全导刊, 2021, (20): 148–150.  
ZHANG J, HE YJ, LIU BM, *et al.* A process method for the deodorization and quality improvement of ready-to-eat isinglass [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2021, (20): 148–150.
- [56] 任晓岚, 叶敬榕, 张凤英, 等. 食源性功能蛋白改性方法的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(9): 30–34.  
REN XL, YE JR, ZHANG FY, *et al.* Research progress on modification methods of foodborne functional proteins [J]. *Cere Oils*, 2022, 35(9): 30–34.

(责任编辑: 于梦娇 黄周梅)

## 作者简介



谭忠发, 主要研究方向为功能性食品及食品化学。

E-mail: 313226246@qq.com



吕丽爽, 教授, 主要研究方向为功能性食品及食品化学。

E-mail: lishuanglv@126.com