



· 综述 ·  
72-78

S985.1  
TS201.21

# 鱼肉蛋白质组织化方法的研究与应用

刘俊荣\*\*  
(大连水产学院机械系)

**摘 要** 作者介绍了国内外鱼肉蛋白质组织化研究的发展与现状,并对五种现有的组织化方法进行了讨论,提出热塑挤压技术用于鱼肉蛋白质组织化最具有发展潜力。

**关键词** 鱼肉蛋白质;组织化;热塑挤压 **蛋白质**  
**中图分类号** TS201.21

鱼肉蛋白质组织化的目的是将天然鱼蛋白制成具有良好咀嚼性能和持水特征的产品。这些组织化产品大多数具有纤维状结构,并且在随后的水化和热处理中仍然能保持上述性质。组织化鱼蛋白可被作为代肉品,并具有高蛋白、低脂肪的营养特点。鱼肉蛋白质组织化方法的研究对低值鱼的开发利用具有重要意义。

鱼肉蛋白质组织化的研究进程与浓缩鱼蛋白的发展是不可分的。鱼粉是最初形式的浓缩鱼蛋白,1946年联合国粮农组织曾倡导,应对未被利用以及利用不完全的鱼类生产鱼粉用以开发蛋白质资源。以后世界各国纷纷研究包括食用在内的各种浓缩鱼蛋白制品,但用作食用的浓缩鱼蛋白亲水性和亲油性的问题一直未能很好解决。80年代初,铃木种子等人<sup>[1-5]</sup>开发的组织化畜肉状浓缩鱼蛋白在这方面取得了突破性进展。

冷冻鱼糜本身也是一种浓缩鱼蛋白。利用鱼肉肌原纤维蛋白质的性质,由冷冻鱼糜也可生产出各种模拟海产品,此类制品可被赋予天然制品的味道和形状,并且具有纤维状结构。近年来,随着挤压蒸煮、高压技术等新型加工手段在食品工业中的应用,有关鱼肉蛋白质的高压组织化和挤压组织化也越来越趋向于实用阶段。笔者就一些主要的鱼肉蛋白质组织化的方法进行了讨论。

## 1 喷丝蛋白

喷丝蛋白是一种分子水平上的组织化方法。此法采用与合成纺织纤维类似的蛋白质纤维喷丝技术<sup>[6]</sup>。其原理是:先用氢氧化钠将鱼肉制成高浓度、高蛋白溶液,这时由于静电排斥力使蛋白质完全解离成亚基,并且使各个多肽链广泛地展开,从而获得了很高粘度。此粘稠的蛋白质溶液必须先经脱气处理,并同时保持澄清状态,以免在随后的喷丝

收稿日期:1997-12-04  
\* 本文系农业部“九五”渔业重点项目 95-B960804 资助  
\*\* 刘俊荣,1963年生,女,讲师,大连 116023

过程中产生纤维的断裂。然后加压迫使该蛋白质溶液通过含无数小孔的模板（小孔直径为50~150 μm）。当蛋白质经过这些小孔时，展开的蛋白质分子沿流动方向定向，于是这些分子以彼此平行的方式伸展和排列，并进入酸性氯化钠浴中。由于等电点和盐析效应，导致蛋白质凝结。又由于这些分子沿长轴和平行方向的定向使蛋白质细丝间通过氢键、离子键和二硫键等强烈作用，形成水化的蛋白质纤维。再将上面蛋白质细丝移至滚筒上，通过压延使纤维伸展，以便使多肽链间更好的排列，更紧密的缔合，形成更多的分子键。再将纤维放在滚筒间进行压缩和加热，除去部分水分，并促进粘着和提高硬度。若加入明胶、多糖类等粘着剂，并添加相应的风味剂及脂类等成分，纤维细束经切割、调集和压缩等处理后便制成了类似于畜肉的产品。

也有人采用无碱纺丝法处理鱼肉<sup>[7]</sup>。方法是将鱼肉中添加20~40 g/kg的盐及其它辅料，擂溃成鱼浆，鱼浆脱气后通过多孔喷头压入凝固浴液中（喷头孔径在1 mm以下），鱼肉浆在蛋白质变形剂的作用下，发生变形硬化而定型。再经水洗、粘结集束等处理后便生产出模拟畜肉产品。

纺丝法是最精致的组织化方法，但由于技术要求高、工艺复杂，且对原料要求很高，通常必须以蛋白质含量为90%或更高的分离蛋白为起始原料，实际应用上尚有许多缺陷。

## 2 畜肉状浓缩鱼蛋白

畜肉状浓缩鱼蛋白是由铃木种子等人开创，并于80年代初正式研究成功。这项技术的应用使新型浓缩鱼蛋白的开发取得了突破性进展，在日本及世界渔业界产生较大反响。

铃木种子等人<sup>[1~5]</sup>先后对狭鳕、长蛇鲻、白姑鱼、小鳍鳕、沙丁鱼及鲱鱼等做了研究，证明不论是对于低脂白肉鱼，还是高脂红身鱼，通过一系列处理后，均可以生产具有畜肉咀嚼感的、颗粒状浓缩鱼蛋白产品。对于类似于沙丁鱼等多脂原料，应采取必要的脱脂、脱臭处理。以沙丁鱼为例，畜肉状浓缩鱼蛋白基本制造原理是：新鲜原料经采肉后，首先用淡水或碱水对鱼肉进行数次漂洗后再脱水，由此除去了大部分的油脂及水溶性蛋白质等成分。将脱水鱼肉用NaHCO<sub>3</sub>（10 g/L）调至pH为7.4~7.8，鱼肉pH值的大小直接关系到产品的复水性。再加入10 g/L的氯化钠，这样可使鱼肉中部分盐溶性肌原纤维蛋白质溶出并包裹在肌纤维上，由此会使产品复水后产生一定的硬度，使之更接近畜肉口感。鱼肉的脱脂采用乙醇萃取法，将鱼肉浆通过3~5 mm的绞肉机后注入常温（25~30℃）乙醇溶液中，经扭曲、挤压成型的鱼肉在乙醇中发生蛋白质变性，同时由于内部水分脱出而成为多孔疏松结构。将乙醇滤除，再用同样的方法重复一次。经两次常温乙醇处理后的鱼肉再用高温（80~85℃）乙醇处理两次，这时乙醇通过多孔通道进入鱼肉组织内部，将其油脂溶出，重复一次。脱脂效果与乙醇的用量、萃取时间和次数及萃取温度都有很大的关系。最后将脱脂鱼肉风干至含水量不超过13%。该制品呈浅灰色颗粒状，有少许鱼腥味，复水能力良好。显微镜下观察其结构有很多细小空隙并呈松散体。该产品复水后具有畜肉口感，可用于汉堡包等含肉类加工食品的代肉品。

国内刘大嘉等人<sup>[8]</sup>在这方面也做了研究，采用沙丁鱼，并在铃木种子<sup>[4]</sup>的方法基础上做了改进。他们省略了漂洗工艺，在萃取工序中加以弥补，制成长约2~4 cm，略带灰色、

无臭无味的产品, 结果表明是可行的且令人满意。

### 3 模拟海味食品

模拟海味食品是在鱼糜制品技术的基础上生产和发展起来的。鱼肉蛋白质的主体是肌原纤维蛋白质, 具有虾、蟹等甲壳类动物相似的弹性和咀嚼性。但这种模拟技术是基于鱼肉蛋白质未发生变性劣化为前提的, 而冷冻鱼糜的生产过程正是鱼肉肌原纤维蛋白质的浓缩过程。同时更重要的是冷冻鱼糜的生产技术解决或避免了鱼肉蛋白质的冷冻变性问题。这也是冷冻鱼糜技术之突破意义所在。

1965年, 日本在东白令海上开始了海上狭鳕冷冻鱼糜的生产<sup>[9]</sup>。至1970年以后, 鱼糜制品便以冷冻狭鳕鱼糜为主要原料。1975年日本用冷冻狭鳕鱼糜开发了以模拟蟹肉为主的各种海味食品的生产<sup>①</sup>。80年代中期, 由于阿拉斯加雪蟹产量急剧下降, 造成国际市场上蟹肉罐头紧缺, 从而有力促进了日本模拟蟹足棒的生产发展, 该产品在世界各地都很受欢迎, 并且在许多国家进行生产, 其中包括中国。

这一技术的机理是利用鱼肉肌原纤维蛋白质具有形成盐溶胶, 加热后变成富有弹性凝胶的性质。在碎鱼肉中添加10~30 g/kg食盐进行研磨擂溃, 使盐溶性的肌原纤维蛋白质充分溶解出来形成盐溶鱼浆。此鱼浆非常粘稠并具有可塑性, 故可任意成型, 加热后便形成富有弹性的并有一定咀嚼感的凝胶制品。通常在加热前须放置一段时间(在较低温度下), 称之为凝胶化, 凝胶化有增强制品弹性、改善质地的作用。

模拟蟹足棒的仿纤维状细丝是经机器压刻而成的。生产过程大至如下: 将擂溃、蟹肉抽提物、蟹肉香精等调味料以及各种辅料调和后的鱼糜, 于加热的不锈钢传送带上涂布成厚为1.5 mm、宽为120 mm的连续薄带状, 再加热的终端用刻丝装置压出纤维状细丝。再用集束机集成圆棒状, 表面用天然红色素着色。包装切断后于90℃加热10 min后冷却。速冻后产品用冻藏法贮存。

鱼糜制品的组织化特点是鱼肉蛋白质未发生本质改变, 该制品仅限于模拟虾、蟹及贝类等肉质细腻的海产食品, 但不具有畜肉的口感。

### 4 高压组织化

压力法是一种新兴的用于食品加工与保藏的有效方法。所为高压食品加工, 就是利用100MPa以上的压力, 在常温或较低温度下(<100℃), 对食品进行的加工处理方法。食物中蛋白质经高压处理后会发​​生凝聚, 而低分子组织如各种风味成分却不受影响。同时, 高压还可以钝化酶的活性, 使淀粉凝胶化, 杀灭微生物及昆虫、寄生虫等, 而对营养成分和食品原有风味并无损坏作用<sup>[10,11]</sup>。80年代以来, 许多国家纷纷投入力量研究这一技术, 人们关注的一直是高压加工可对食品实施非热力杀菌, 同时又保持食品原有风味的功能, 并取得显著成果。1990年前后, 高压加工食品在日本相继面世, 主要用于果酱、桔子汁及水果蔬菜的加工。

近几年来, 关于高压对蛋白质的变性、凝结及再构造的作用引起许多学者的注意。尤

① 万建荣等. 鱼糜制品技术. 上海水产品加工技术开发中心及日本国际协力副业团论文集, 1989

其是高压对鱼肉蛋白质组织化的作用做了大量研究工作。

Maruha Co. Ltd.<sup>[12,13]</sup>以冷冻狭鳕鱼糜为原料,经添加25 g/kg NaCl 擂溃处理后,再用高压处理。结果发现盐擂鱼浆在0℃时用200~400 MPa 处理10 min 可形成强的凝胶,而在300 MPa 下形成的凝胶强度最强。与热凝胶相比,高压化凝胶具有凝胶强度更强且外观更透明的特点。为阻止高压化凝胶在贮藏期间物理性质发生变化,可将其进行加热处理,热处理后的高压化凝胶的强度及透明度均轻微降低,但对整体品质影响不大。

从实际应用的角度出发,高压处理时的操作压力应越低越好,这样可以减少为满足很高的压力所需要庞大的设备及巨额成本。Yaizu Suisan Kagaku Industry Co. Ltd.<sup>[10,14,15]</sup>对鱿鱼浆、鲑鱼、沙丁鱼和狭鳕鱼糜做了不同温度和压力条件下的处理实验。结果发现,经100 MPa 处理2 min 后,再于55℃加热15 min 的高压化凝胶,其凝胶强度高于单用400 MPa 做高压处理或仅用85℃做加热处理的凝胶。

此外,与普通热凝胶加工方法相比,高压处理可弥补其许多不足。如低凝胶形成能的原料,在鱼糜型模拟海产品的加工上具有很大的限制性,而用高压处理这些低凝胶形成能的鱼肉,可以形成高质的凝胶。另外,日本富山县食品研究所<sup>[11]</sup>对加入鱼油的鱼糜进行高压组织化研究后发现,含20%鱼油的鱼糜其高压化凝胶组织的凝胶强度并不低于无油制品,且高压凝胶里的鱼油对保护鱼糜组织化结构的稳定性有作用。另外,占鱼肉总蛋白含量20%~35%的水溶性蛋白质由于受热后凝集阻碍了肌原纤维蛋白质凝胶的形成,因此在鱼糜生产中,须通过漂洗处理将这部分组分除去。研究结果表明单独对水溶性蛋白质进行高压处理,也可形成弹性凝胶。但若肌原纤维蛋白中混入水溶性蛋白成分时,同样会降低凝胶强度,这与加热凝胶中的现象相一致<sup>[16]</sup>。但即使是含50%以上的水溶性蛋白质的高压凝胶仍有较高的柔性<sup>①</sup>。因此,水溶性蛋白质可以与肌原纤维蛋白质共同进行高压组织化处理。

## 5 热塑挤压组织化

挤压蒸煮技术在食品中的应用已有50多年的历史。挤压蒸煮过程是一个高温瞬时的过程,而挤出机则好似一个高温瞬时的生物反应器<sup>[17,18]</sup>,因为食品原料经挤出机处理后,物料经过复杂的中间产物重新构造造成截然不同的组织化新产品。

挤出机分单轴和双轴两种。单轴挤出机于40年代问世并广泛应用于谷类膨化制品的生产。主要采用小麦粉、谷粉及干燥脱脂大豆粉等低水分物料。双轴挤出机应用于食品行业始于70年代。与单轴挤出机相比,双轴挤出机具有无法比拟的优越性能,如物料能充分、彻底混合揉捏,并且在双轴挤出机运转时,由于双螺杆互相啮合而具有自行擦净的功能,避免了单轴挤出机经常出现的那种螺杆堵塞的物料在套筒表面产生结焦的现象。

双轴挤出机是植物蛋白组织化的主要技术手段,它能产生干燥的纤维状和多孔的颗粒状或块状组织化制品。该制品复水时具有可咀嚼的结构,与纺丝法相比较,无须采用分离蛋白质作为原料,而采用价格较低的浓缩蛋白即可完成组织化处理<sup>[1]</sup>。自60年代以

① Okazaki E, Fukuda Y. The effect of water soluble protein on the high-pressure gelation of fish surimi. Meeting of the Japanese Society of Fisheries Science, 1994. 294

来,许多学者对大豆蛋白的组织化做了大量的研究工作<sup>[19~23]</sup>。

长期以来,鱼、鸡和猪等动物肌肉蛋白质由于其高水分、高脂肪等特点,一直被认为不可能进行挤压组织化处理。双轴挤出机的出现改变了单轴挤出机不能对湿料进行挤压处理的缺陷,为高湿的蛋白原料如鱼类、家畜和禽类碎肉下脚料的组织化提供了可行途径。

Harper<sup>[24]</sup>认为,在150~200℃温度下,模板处压力为1.7~6.0 MPa时,蛋白质在挤出机内的变化历程如下:物料进入加热区以后,蛋白质首先发生变性反应,并与其它组分如油、多糖类等分离,形成蛋白碎片。蛋白碎片在高温下溶化成为连续的、可塑的溶化物。当该溶化物通过挤压模板时,由于转轴和模孔剪切应力及高温高压的作用,使蛋白质沿流动方向被压延而定向,使之平行于挤出方向,产生薄片多孔状结构。因此,蛋白质的挤压蒸煮又成为热塑挤压。蛋白质等物料经双轴挤出机连续地挤出,产生具有一定强度及弹性质构的全新的组织化制品。产品因沿挤出方向形成平行纤维而易撕裂,横向则不易撕开。当物料含有较高的水分、油分时,产品相应的变成多汁松软,水分与油分分布在蛋白质分子间。

富野休二等人<sup>[25]</sup>对鱼糜原料、热塑挤压产物以及加热产物三者间的肌原纤维蛋白质的变化作了研究。结果表明,在套筒温度165~170℃条件下,由肌球蛋白重链、肌动蛋白、原肌球蛋白、肌钙蛋白及肌球蛋白轻链等成分的共同参与下,形成了新的高分子产物。挤出物与加热产物二者间的肌原纤维蛋白的重分子产物有明显的差异。

Kiyotaka Aoki等人<sup>[26]</sup>是最先采用热塑挤压技术进行鱼肉蛋白质组织化研究的。先将原料鱼糜的水分从3.0 kg/kg干物烘干至1.5~2.0 kg/kg干物,他们采用的挤压工艺是:套筒温度为160~180℃,进料速度为30 kg/h,转速150 r/min,冷却模板温度为10℃。采用上述工艺用冷冻狭鳕鱼糜制得类似蟹肉、鱿鱼类具纤维结构的产品。

1984年,日本在农林渔业省的支持下成立了双轴挤压蒸煮研究与发展协会。该协会在鱼肉蛋白组织化等方面做了大量的开发研究工作,并获得成功。先后有KANIKAMA、SEAGRACE等鱼肉组织化产品问世<sup>[27]</sup>,这类产品均具有与蟹类相似的纤维状结构。

蛋白源紧缺一直是人类发展面临的问题。开发低值鱼蛋白是各国水产科技人员不可忽视的研究课题。组织化浓缩鱼蛋白可直接面向消费者,对鱼蛋白的开发具有实际意义。综上所述,在现有的几种组织化方法中,鱼糜制品技术已很完善,其产品已被世界许多国家和地区人民所接受和喜爱,但这类模拟食品仅限于海味食品,难以满足人们对畜肉口感的要求。畜肉状浓缩鱼蛋白具有令人满意的质感,但生产过程的繁杂、大量乙醇的使用以及回收所带来的高成本,是这项技术至今未能推广普及的重要原因。高压组织化不论是技术还是设备都处于研究、完善的过程中,解决设备的技术及成本问题是此项技术推广应用的关键。近年来,随着双轴挤出机设备的不断更新和完善,具有处理高湿高脂的蛋白质基料的优越性能的挤出机,为鱼肉蛋白质组织化提供了实际可行的手段。挤压组织化具有简单高效的特点,可模拟出畜肉的咀嚼感,是一项有发展前景的技术方法。