



水产品 资源有效利用



林洪 曹立民 刘春娥 吴燕燕
编著



化学工业出版社



水产品 资源有效利用

林洪 曹立民 刘春娥 吴燕燕
编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

水产品资源有效利用/林洪等编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 1
(水产品加工实用技术系列)
ISBN 978-7-5025-9609-5

I. 水… II. 林… III. 水产品 资源利用 研究 IV. S937.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 022908 号

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 尤彩霞

责任校对: 凌亚男

装帧设计: 关 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 13 字数 286 千字 2007 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010 64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

序

水产品加工的研究对象主要是来源于以海洋为主的各种水生生物资源。海洋特殊的水体环境蕴育了海洋生物的特殊性和多样性，为人类提供了大量的优质食品、保健品、药品及生物材料。对水产资源的合理开发利用，形成了以海洋水产食品为主要目标的水产品加工业。

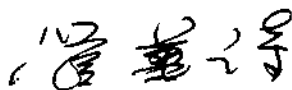
我国水产资源丰富，种类繁多，其中鱼类 3000 多种、虾蟹类 900 多种、贝类 800 多种、藻类 1000 多种，此外还有各种棘皮动物、腔肠动物、软体动物等。随着现代科学技术的迅速发展，水产品加工技术不断提高，水产品加工业在国民经济中的地位日益提升，已成为海洋经济新的增长点。

水产资源重要的开发价值主要可分为两大类：一类是水产食品。另一类是生特功能制品。水产食品营养丰富、味道鲜美，除了具有优质高蛋白、高度不饱和脂肪酸、丰富的微量元素、膳食纤维等营养和功能成分外，还含有大量的水溶性抽提物，从而构成了水产食品特有的风味模式，成为人们摄取动物性蛋白质的重要来源之一。水产品与畜禽产品相比，蛋白质生特价高且氨基酸组成合理，而脂肪含量较低。随着我国疾病谱的变化，特别是高血压、高血脂、高血糖等疾病发病率的上升，以及人们对水产品的深入了解，水产食品消费量正在日益增加，随着生物技术、分析技术等现代技术的应用，水产食品将逐步向高值化和高质化方向发展。

生物功能制品包括海洋功能性食品、海洋生物功能材料、海洋药物及各种功能制品。由于海洋生物的特点，它已成为研究开发各类生物功能制品的原料。特别值得指出的是，海洋生物中食有的具有独特化学结构及生理功能的天然产物正在不断被发现，为防治严重威胁人类健康的疑难病症带来了希望。

为全面系统了解水产品加工领域的研发进展，借鉴国际先进技术和经验，并应用于我国水产品研究、开发与生产中，在国内水产品加工领域著名专家倡议下，编纂了水产品加工系列丛书。本套丛书的作者都是长期在水产食品加工和海洋生物功能制品一线工作的科研教学人员，有着较深厚的系统理论知识和相关科学研究经验。该丛书包括《水产品化学》、《水产品资源有效利用》、《水产品营养》、《水产品加工与贮藏》和《水产品质量与标准化》五个部分，全面系统地总结了水产品加工利用领域的最新研究成果和进展，对我国水产品基础理论研究、新食源和新药源的开拓、水产食品安全保障将具有重要的参考价值；对提高人们对海洋水产品的整体认识，推动水产品加工科研、开发、教学和管理，提高我国水产品加工业的技术水平，也将具有重要的应用价值和现实意义。

中国工程院院士、
原中国海洋大学校长、
我国海洋药物与食品著名学者

Handwritten signature in black ink, appearing to read '王震' (Wang Zhen).

2006年6月18日

前 言

2004年,我国水产品总产量为4901.8万吨,全国水产品人均占有量38.7kg,2004年有水产加工企业8745家,年加工总量1427万吨,实际水产加工品总产量1032万吨。冷冻水产品仍是重要组成部分,达599.3万吨,藻类加工品44.7万吨,鱼糜及其制品32.98万吨,干制品70.5万吨,罐制品14.4万吨,动物蛋白饲料168.3万吨,鱼油制品2.3万吨,其他加工品77.3万吨。折合原料1382.3万吨,占水产品总产量的28%。

从整个加工行业来看,存在的主要问题是原料和加工的需求矛盾突出,天然渔业资源的衰退是主要原因,而养殖品种由于成本过高,难以成为加工的原料;精深加工和综合利用开展得还不够充分等。

在水产品加工过程中会产生大量的加工废弃物,其质量占原料鱼的40%~50%,其中除一小部分作为低值饲料、肥料出售外,绝大部分都没有充分回收利用,造成大量的宝贵营养成分浪费的同时还严重污染了环境;并且随着水产业的发展,产生的废弃物还会越来越多,从而严重制约我国水产品加工业的持续发展,与当前我国倡导的创建资源节约型、环境友好型社会的精神相背离。

随着水产加工业的发展,人们对鱼类加工的附加值提出了更高的要求,低附加值、品种单一的产品已不能满足人们的高层次多种类的需求;另外,人口的增长、食物资源的日益短缺也要求我们必须综合利用现有资源,提高鱼体的利用价值。甚至,将下脚料利用好,其创造的价值超过某些低值鱼加工制品本身的价值,从而提高我国水产业的竞争力,推动我国水产品事业持续健康发展。

当前,国际水产品加工业的发展主要显现如下趋势:①低值水产品

综合开发利用速度加快；②优质产品深加工品位提高；③合成水产食品异军突起；④保健、美容水产食品备受青睐。从我国产业支持的方向看，水产品加工今后也是明显以大宗产品、低值产品和加工废弃物的精加工和综合利用为重点。因此，如何促进这项前途无量的“朝阳产业”上档升级，使其能成为带动能力强、辐射作用大的龙头支柱产业，带动区域经济的快速度展，将是一个非常重要的课题。

水产品加工后剩下的鱼头、鱼鳍、尾、碎肉、胆、骨、鳞、内脏、皮等，含有大量营养物质。利用这一生物质资源，可制成各种精深加工产品，一直也是世界备国化学化工、食品、生物、医药、环境保护等众多领域普遍关注的研究热点，如秘鲁海洋渔业研究所已研究成功一种利用加工过程中的鱼体废弃物提取胶原蛋白的方法。这种方法是利用加工鱼类后的废弃物（如鱼皮、鱼骨、鱼鳞、鱼刺等杂物），用酸性溶液处理并使其软化，然后再经过提取浓缩、脱色、脱臭的工序，展终生产出无色、无味的凝胶状胶原蛋白。这种胶原蛋白可广泛应用到食品、医药、保健品、化妆品中去。一般每10t鱼废弃物可提取3t成品胶原蛋白。提取胶原蛋白后的废渣可用作动物饲料。日本也充分利用加工废弃物生产一种专用肥料，这种产品能够控制土壤中不必要的微生物和昆虫的生长，特别适于高尔夫球场草地施肥。目前，日本、美国的水产加工副产物已经能达到根据其化学组成和生化特性进行分类利用的程度，其加工产值速鱼肉的几倍到几十倍。

在我国，目前鱼加工废弃物的利用途径主要包括：①加工成饲料鱼粉；②鱼头、鱼骨加工成鱼骨糊、直骨粉、鱼香酥；③从鱼内脏中提取鱼油，提炼二十碳五烯酸（EPA）、二十二碳六烯酸（DHA）制品；④从鱼鳞中提取鱼鳞胶；⑤鱼皮制革；⑥鱼肚（鱼鳔经清洗干燥而成）加工；⑦胶原蛋白的提取；⑧酸贮液体鱼蛋白（饲料添加剂）的生产。因此尽快寻找到科学实用的高新技术对鱼加工废弃物进行深度综合开发，使之变成高附加值的新产品并将其产业化，是降低产品成本、充分利用

生物资源、提高企业经济效益的关键，也是环境保护的要求。对于我国经济社会发展的现状和发展循环经济的理念来说，都将具有深远的意义。

本书参考了国内外最近 5 年关于海洋生物资源利用的文献，结合编者多年的工作经验，以最终产品为目标，介绍了原料的特性、加工方法或成熟的工艺技术、产品应用领域。以期为海洋水产品加工与资源开发的研究生提供一本系统的教科书、为水产品加工利用的同仁提供一本方便实用的参考书。

本书的资料收集得到了中国海洋大学食品学院研究生孟昭宇、孙建华、王立、李德昆、付晓婷、李振兴、隋建新、王士稳、王慧、张翠、路世勇、孙图南、王晓斐的大力帮助，陈莲芝女士为本书的图来和文字处理做了大量工作，在此一并表示感谢！

本书疏漏之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2007 年 1 月

目 录

1 蛋白质的开发与利用	1
1.1 鱼肉蛋白	1
1.1.1 鱼肉蛋白组成	1
1.1.2 鱼糜	2
1.1.3 冷冻鱼糜	5
1.1.4 鱼糜熟制品	10
1.1.5 模拟海洋制品	17
1.2 鱼胶原蛋白	19
1.2.1 基本特性	19
1.2.2 应用	23
1.2.3 提取技术	26
1.2.4 应用前景	30
1.3 水解蛋白	32
1.3.1 水解蛋白的性质	32
1.3.2 水解蛋白的生产工艺	34
1.3.3 水解蛋白的异味及消除方法	38
1.3.4 水解蛋白的应用	41
1.3.5 水解蛋白的发展前景	47
1.4 鱼精蛋白	47
1.4.1 性质	47
1.4.2 提取与纯化	48
1.4.3 应用	49
1.4.4 展望	53
1.5 饲料蛋白	54
1.5.1 鱼粉	55
1.5.2 其他替代品	56
1.5.3 研究动态	57
参考文献	57
2 鱼油的开发与利用	59
2.1 鱼油的化学组成及其特点	59
2.1.1 组成	59
2.1.2 鱼油的理化性质	63

2.2 多不饱和脂肪酸的提取与纯化	67
2.2.1 尿素包合法	67
2.2.2 超临界 CO_2 萃取法提取海藻中多不饱和脂肪酸	69
2.2.3 分子蒸馏法提取多不饱和脂肪酸	71
2.2.4 微生物生产二十碳五烯酸	72
2.2.5 选择性酯化纯化多不饱和脂肪酸	74
2.3 鱼油的精制	75
2.3.1 工艺	75
2.3.2 回收率与色泽气味	76
2.3.3 鱼油精制过程中 DHA 和 EPA 的变化	76
2.4 应用	76
2.4.1 鱼油制剂	76
2.4.2 高纯度鱼油制剂	79
2.4.3 国内外制剂的状况	80
2.4.4 鱼油的应用	81
2.4.5 鱼油应用的趋势	84
2.5 鱼肝油	84
2.5.1 鱼肝提取油	84
2.5.2 鱼肝油产品	86
参考文献	88
3 碳水化合物的开发与利用	91
3.1 褐藻多糖的利用	91
3.1.1 褐藻胶	91
3.1.2 岩藻聚糖	101
3.2 琼胶	105
3.2.1 琼胶原料	105
3.2.2 化学成分与结构	106
3.2.3 特性	107
3.2.4 用途和生物活性	108
3.2.5 琼胶的生产	109
3.2.6 应用	110
3.3 卡拉胶	110
3.3.1 化学组成和结构	110
3.3.2 特性	112
3.3.3 生物活性	112
3.3.4 卡拉胶的生产	114
3.3.5 卡拉胶的应用	114
3.4 甲壳质与壳聚糖	116
3.4.1 发展过程	116

3.4.2	甲壳质在自然界中的存在	118
3.4.3	甲壳质与壳聚糖的性质	119
3.4.4	甲壳质与壳聚糖的制取方法	128
3.4.5	壳聚糖的应用	131
3.5	海藻膳食纤维	136
3.5.1	提取方法	137
3.5.2	制取	137
	参考文献	138
4	矿物质	139
4.1	碘	139
4.1.1	碘的性状和生理功能	139
4.1.2	碘的生产工艺	139
4.1.3	碘的应用	140
4.2	硒	141
4.2.1	硒的生理功能	141
4.2.2	水产品中硒的分布	143
4.2.3	硒制品的研制	143
4.3	钙	144
4.3.1	鱼骨粉的加工	145
4.3.2	活性钙原料	146
4.3.3	生物钙	146
4.3.4	活性钙	147
4.3.5	鲨鱼钙片研制	151
4.3.6	氨基酸螯合钙	152
4.3.7	前景	153
	参考文献	153
5	活性成分的开发与利用	155
5.1	甘露醇	155
5.1.1	结构与性质	155
5.1.2	提取工艺	155
5.1.3	应用	157
5.2	萜类化合物	159
5.2.1	简介	159
5.2.2	海洋生物萜类	159
5.2.3	提取工艺	159
5.3	褐藻多酚	160
5.3.1	分布	160
5.3.2	提取	161
5.3.3	食用安全性	161

5.3.4 生物活性	161
5.4 鱼精核酸	162
5.4.1 提取	162
5.4.2 应用前景	163
5.5 虾青素	164
5.5.1 结构及性质	164
5.5.2 提取工艺	165
5.5.3 应用	169
5.6 河豚毒素	172
5.6.1 河豚及河豚毒素简介	172
5.6.2 河豚毒素提取	177
5.6.3 应用	179
5.7 甾类化合物	180
5.7.1 甾类化合物的简介	180
5.7.2 海藻中的甾类化合物	180
5.7.3 水产动物中的甾类化合物	182
5.8 类胡萝卜素的开发与利用	184
5.8.1 性质与结构	184
5.8.2 提取方法	185
5.8.3 海藻中类胡萝卜素的开发	186
参考文献	187
6 其他	189
6.1 贝壳	189
6.1.2 工艺品制造方面的应用	189
6.1.3 养殖业方面的应用	190
6.1.4 作为食品添加剂	190
6.1.5 医药方面的应用	190
6.2 鱿鱼墨与乌贼骨	191
6.2.1 鱿鱼墨	191
6.2.2 乌贼骨的利用	193
参考文献	193

1 蛋白质的开发与利用

1.1 鱼肉蛋白

1.1.1 鱼肉蛋白组成

鱼肉蛋白质主要指鱼、虾、贝的肌肉蛋白质。以同一种类的鱼体来看,蛋白质含量周年大体保持一定数值,不像水分和脂质因季节而变动很大,但产卵而溯河不摄取饵料的鲑鱼,其肌肉中的蛋白质有所减少。由于鱼糜制品的弹性与鱼肉蛋白的性质密切相关,因此研究鱼肉蛋白就显得尤为重要。

鱼、虾、贝类肌肉中的蛋白质根据其溶解度性质可分为3类(见表1-1):可溶于中性盐溶液(离子强度 $I \geq 0.5$)中的肌原纤维蛋白(也称盐溶性蛋白质),可溶于水和稀盐溶液(离子强度 $I \leq 0.1$)的肌浆蛋白(也称水溶性蛋白)以及不溶于水和盐溶液的肌基质蛋白(也称不溶性蛋白)。通常所说的粗蛋白除了上述3类蛋白质外,还包括存在于肌肉浸出物中的低分子肽类、游离氨基酸、核苷酸及其相关物质,氧化三甲胺、尿素等非蛋白态含氮化合物。鱼肉的蛋白组成与哺乳动物的横纹肌接近,只是各部分的比例有所不同,鱼肉的肌基质蛋白含量只有10%,而哺乳动物的肌基质蛋白含量略高些,达到15%,这是鱼肉口感比畜肉鲜嫩的原因之一。

表 1-1 鱼、虾、贝类肌肉蛋白质的分类

分 类	溶解度	存在位置	代 表 物
肌浆蛋白(20%~50%)	水溶性	肌细胞间、肌原纤维间	糖酵解酶、肌酸激酶、小清蛋白、肌红蛋白、肌球蛋白
肌原纤维蛋白(50%~70%)	盐溶性	肌原纤维	肌动蛋白、原肌球蛋白、肌钙蛋白
肌基质蛋白(<10%)	不溶性	肌隔膜、肌细胞膜、血管等结缔组织	胶原蛋白

1.1.1.1 肌原纤维蛋白

鱼肉的肌原纤维蛋白质占其全蛋白质量的50%~70%,主体以肌球蛋白和肌动蛋白所组成,是支撑肌肉运动的结构蛋白质。鱼种之间肌原纤维的热稳定性有很大差异,热水性鱼类较稳定,而冷水性鱼类稳定性较差。这是鱼肉在鱼糜加工中必须予以考虑的一个重要因素,即如何提高肌原纤维蛋白的稳定性,防止其蛋白质变性。

(1) 肌球蛋白 肌球蛋白在肌原纤维蛋白中占40%~50%,它构成了肌原纤维中的粗丝,每一根粗丝约由300个分子的肌球蛋白组成。

肌球蛋白有一个重要的性质,即具有ATPase(ATP酶)的作用,可以将ATP分解为ADP,在生理条件下形成粗丝,与肌动蛋白组成的细丝相结合。鱼类肌球蛋白的基本结构和生物化学功能与兔的肌球蛋白相同,氨基酸组成和物理化学性质也几乎相



同。仅有一点不同的就是鱼类肌球蛋白的稳定性差,易于受外界因素的影响而发生变性,导致加工产品品质的下降。如果以Ca-ATPase失活速度为指标,其稳定性与鱼类的栖息水温有显著关系。一般来说,肌球蛋白变性温度从高到低的排列顺序为兔子、鲸、罗非鱼、鲤、狭鳕。例如,罗非鱼适于在温水中栖息,而狭鳕一般栖息在纬度较高的海域内,所以在保鲜和加工狭鳕时应严格控制温度在10℃以下,否则极易变性。

(2) 肌动蛋白 肌动蛋白是形成细丝的主要蛋白,占肌原纤维蛋白的20%。呈球状(G-肌动蛋白),相对分子质量约4.2万,由单一的多肽链组成,每摩尔肌动蛋白中含有一摩尔的3-甲基组氨酸,并与一摩尔的ATP及 Ca^{2+} 结合着。G-肌动蛋白在生理盐水环境下聚合,构成右旋的双螺旋结构,变成F-肌动蛋白。两者之间的变换是可逆的。G-肌动蛋白聚合时,ATP分解为ADP和磷酸。肌动蛋白与肌球蛋白结合能生成肌动球蛋白,它能提高肌球蛋白的 Mg^{2+} -ATPase活性。

将鱼肉的横纹肌用高浓度中性盐溶液抽提,可以得到高黏度的肌球蛋白和肌动蛋白的复合体,也称为肌动球蛋白,加冷水调节离子强度到0.25以下,肌动球蛋白便凝集而沉淀。用肌动球蛋白可以在试管内做肌肉的收缩和松弛实验,它是构成鱼类肌肉的主要蛋白质,所以一直是鱼肉加工贮藏的重要研究对象。

1.1.1.2 肌浆蛋白

肌浆蛋白质存在于肌纤维鞘与肌原纤维之间,是由肌纤维细胞质中存在的白蛋白和代谢中的各种蛋白酶以及色素蛋白等构成,有一百多种,相对分子质量1万~10万,分子形状都近似球形,其含量为总蛋白含量的20%~35%,其主体是与分解有关的酶类。红肉鱼的肌浆蛋白含量多于白肉鱼,由于肌浆蛋白中含有较多的组织蛋白酶,所以,红肉鱼死后组织的分解和腐败变质的速度大于白肉鱼。肌浆蛋白稳定性较好,不易因受到外界因素的影响而变性,但其存在对鱼糜制品凝胶强度的形成不利,因而在加工鱼糜制品时,一般采用漂洗的方法予以去除。

1.1.1.3 肌基质蛋白

肌基质蛋白是由胶原蛋白、弹性蛋白和连接蛋白构成的结缔组织蛋白,占全部蛋白含量的2%~10%,远远低于陆产动物(占15%~20%)。所以,鱼肉的肉质一般比畜产动物的肉质更酥软。

1.1.2 鱼糜

1.1.2.1 概述

鱼糜俗称鱼肉泥,某些地区也称为鱼浆,鱼糜食品是利用鱼肉为原料加工而成的食品。鱼糜食品能够把滋味、外观和鲜度较差的鱼,通过添加混合的调味料、维生素、无机质等添加剂改良品质,从而制出营养丰富、美味可口、取食方便的食品,所以越来越受到世界各国的重视。

我国的鱼糜食品生产有着相当悠久的历史。像广东潮州的鱼丸,福建的燕皮、鱼面鱼丸,上海的鱼糕、鱼圆,大连的鱼卷、鱼饼、鱼丸等,都是有名的传统产品。已研制开发了一系列新型高档的鱼糜制品和冷冻调理食品,以鱼丸、虾丸、鱼香肠、模拟蟹肉、模拟虾肉、模拟贝柱、鱼糕、竹轮和天妇罗等鱼糜制品为主。

日本的鱼糜食品加工也有着相当悠久的历史,早在1496年就有文字记载。



从1960年以来,以狭鳕为主要原料的鱼糜食品迅速发展,特别是在突破了冷冻生鱼糜的生产技术之后,鱼糜生产量跃上了一个新台阶。我国出口的鱼糜制品,大多数产品都加工成各种形式的模拟蟹肉,少量被加工成虾和扇贝模拟食品。

鱼糜制品营养丰富、高蛋白、低脂肪、原料来源丰富,不受鱼种、大小的限制,可就地及时加工,而且产品具有食用方便、美味可口、风味独特等优点,因此受到消费者的普遍欢迎。我国2004年产量已达32.9万吨。

目前世界各国生产鱼糜制品的原料鱼种主要包括阿拉斯加狭鳕、太平洋无须鳕、非洲鳕、沙丁鱼、鳗鱼、带鱼、梅童鱼、金线鱼、鲹等鱼种,生产鱼糜制品的主要国家有日本、美国、俄罗斯、中国、泰国、韩国、智利、阿根廷、新西兰、新加坡和欧盟各国等。据联合国粮农组织发布的有关统计资料表明:2004年全球鱼糜产量达到55万吨~60万吨。世界最大的鱼糜生产国为美国、泰国和日本;主要消费市场为日本(40万吨,2004年)和韩国(10万吨,2004年),相比较而言,美国和欧盟市场较小。日本和韩国同时也是世界上最大的鱼糜进口国,年进口量分别为30万吨和10万吨。

1.1.2.2 鱼糜凝胶化

(1) 凝胶形成及弹性的形成原理 鱼类一般都以冻结方法进行保存的,但这种方法会使鱼肉蛋白质发生冷冻变性,失去其原有的一些加工特性。冷冻鱼糜的加工原理实质上就是一种以保藏为目的、使鱼肉蛋白质不致产生冷冻变性的加工技术。而鱼糜制品加工的关键就是如何促进鱼糜凝胶化,提高鱼糜制品的弹性。

在鱼肉中添加食盐,经研磨、擂溃形成非常黏稠的鱼肉糜,加热后失去了可塑性而形成富有弹性的凝胶,鱼肉的这种能力叫做凝胶形成能。

鱼肉中含有70%~80%的水分,其中大部分水是通过肌纤维间及蛋白质粗丝间的毛细管保持在肌肉组织中的。鱼肉一经加热,蛋白质由于变性凝固而失去保水功能,水分释出成游离水。但是,当在鱼肉中加入2%~3%的食盐后,再经擂溃破坏肌肉组织,在盐的作用下,蛋白质分子之间生成化学键(分子键),形成立体网状结构,把自由水封闭在网中,这种牢固的网状结构称为凝胶,它具有很好的弹性,而形成凝胶的这一过程也就是弹性形成的过程。

(2) 凝胶形成的影响因素

① 鱼种 不同鱼种的鱼糜,其凝胶形成能也不同。据研究表明:鱼肉肌球蛋白含量的多少与其制品弹性强弱成正比。如小黄鱼、黄姑鱼、海鳗、鲈鱼、乌贼、带鱼、狭鳕等白色肉鱼类的肌球蛋白含量在8%~10%之间,凝胶形成能力较强,弹性较强。而鲑鱼、沙丁鱼等红色肉鱼类的肌球蛋白含量在6%~7%之间,而且富含色素,脂肪较多,凝胶形成能力较弱,弹性较差。此外,淡水鱼类比海水鱼类的凝胶形成能力弱,软骨鱼类比硬骨鱼类凝胶形成能力弱。

② pH值和鲜度 鱼肉肌原纤维蛋白质的等电点为pI 5.2~5.5,也就是说在此范围的鱼肉所形成的凝胶弹性最差。而当pH为6.5~7.5时,在盐的存在下,蛋白质分子间容易形成分子键相结合,且容易形成网状结构并封闭自由水,此时,鱼肉所形成的凝胶弹性最好。因此,生产鱼糜制品,调节pH值是十分必要的。

鱼类在刚捕获时,肌肉pH值几乎为中性,当原料鱼鲜度下降后,由于pH值的降低,凝胶形成能立即下降。红色肉鱼类的凝胶形成能下降速度最快,如沙丁鱼和鲑鱼在鱼体僵



硬末期, pH 下降到 5.6~6.0, 接近等电点, 其潜在的凝胶形成能就减少一半。而多数白色肉鱼类在死后凝胶形成能的下降速度缓慢, 如大、小黄鱼和白鲧鱼等, 因为白肉鱼死后的 pH 最低只下降到 6.2~6.6, 不在等电点范围而接近凝胶形成最适 pH6.5~7.5 的范围。

③ 原料鱼捕捞季节和捕捞方法 鱼在最佳生长期体内积累了最多的营养物质, 饱满度也高, 而在产卵前鱼肉的凝胶形成能力显著降低。如鲈鱼鱼肉的脂肪在 3 月最高, 6 月最低, 沙丁鱼的脂肪含量变动最大, 在 2%~35% 范围, 3~4 月份是含脂肪最低期, 8~12 月份是含脂肪最高期。因此, 作为冷冻鱼糜的原料鱼应尽量选择产卵前以及鱼肉脂肪含量较低的季节所捕获的为宜。

原料鱼的捕捞方法也和鱼糜的凝胶形成能力有一定的关系。鱼类在死亡之前挣扎越少, 鲜度下降越慢, 加工后的鱼糜质量就越好; 而死亡之前经过剧烈挣扎的鱼, 其体内能量消耗过多, 鲜度下降较快, 容易变质, 因此, 加工后的鱼糜质量也较差。

④ 漂洗

a. 除去水溶性蛋白质 可相应提高盐溶性蛋白质的浓度, 水溶性蛋白质富含妨碍鱼糜凝胶化的酶和诱发凝胶劣化的活性物质, 通过漂洗使之除去, 同时相应提高对鱼糜凝胶的形成起主要作用的盐溶性蛋白质的浓度。

b. 除去金属盐离子 金属盐离子可促进蛋白质变性, 特别是钙、镁等多价金属盐离子会妨碍蛋白质分子基团的亲水力, 对冷冻变性有着极大影响, 而且对鱼糜弹性的形成起着妨碍作用, 通过漂洗, 可除去部分多价金属离子。

⑤ 食盐的影响 生产鱼糜制品时加入食盐, 其目的有两个, 其一为调味, 其二是促使盐溶性蛋白充分溶出, 提高制品的凝胶形成能, 增强弹性。

加入食盐的量以 2%~3% 为宜。从理论上讲, 在产生盐析现象 (食盐浓度 > 12% 时) 以前再多加些盐有利于盐溶性蛋白的溶出, 但从味觉上考虑, 多加食盐会使制品太咸。食盐的量太少, 则不利于盐溶性蛋白的溶出, 不利于弹性的形成。

⑥ 加热的影响 加热的目的有三个, 一是使鱼糜形成具有弹性的凝胶, 二是杀死部分微生物, 三是使掺加了淀粉的鱼糜制品中的淀粉糊化。

a. 凝胶化 加盐擂溃后成型的鱼糜凝胶, 一般要在 50℃ 以下放置一段时间, 进行网状结构的构造形成反应, 使蛋白质分子链充分相互缠绕, 把自由水包埋在其中, 形成稳固的立体网状结构, 增加鱼糜制品的弹性和保水性, 这一过程称为凝胶化。

b. 凝胶劣化 一般来说凝胶化的温度越低, 凝胶效果越好, 而凝胶化温度越高, 则凝胶速度越快, 但是在以 60℃ 为温度中心、50~70℃ 温度带范围, 对于鱼糜会发生凝胶构造劣化反应, 使鱼糜弹性破坏, 这一现象称为凝胶劣化。产生凝胶劣化现象的原因, 日本学者认为是由于鱼肉蛋白质中存在着对温度特别敏感的碱性蛋白酶, 这种酶在 60℃ 时活性最强, 它使凝胶弹性结构受到破坏, 导致鱼糜弹性下降。

c. 二段加热法 鱼糜凝胶化是在盐和热的作用下产生, 而加热的温度和加热方式决定了鱼糜的凝胶化效果。鱼糜在 50℃ 以上高温很快失去可塑性, 变成富有弹性的凝胶, 但 50~70℃ 又是凝胶劣化的温度带范围, 加热时应尽快通过此温度带, 减少凝胶劣化时间, 在此温度带停留的时间越短, 凝胶受破坏越少, 制品弹性就越强。因此, 要减少鱼糜凝胶劣化, 提高鱼糜弹性, 必须采用二段加热法, 即先在 50℃ 以下缓慢凝胶化一段时间后, 然后加热使鱼糜凝胶快速通过 50~70℃ 温度带, 使制品中心温度快速

达到 75℃ 以上。

鱼糜制品高温快速加热的方法很多,常用的方法有蒸、煮、烤、炸等。不同的加热方法,其制品弹性的强弱有很大差异,一般来说,在后段加热中,加热的速度越快,通过凝胶劣化带的时间越短,则制品弹性越强,同一鱼糜制品,油炸制品比蒸煮制品的弹性强,就是因为加热温度高的缘故。

⑦ 冷冻变性防止剂和弹性增强剂的影响 鱼肉在冻结贮藏过程中会产生蛋白质冷冻变性,使其凝胶形成能降低,因此,在生产鱼糜和鱼糜制品时必须添加冷冻变性防止剂和弹性增强剂。常用的冷冻变性防止剂和弹性增强剂有白砂糖和山梨醇等糖类、聚合磷酸盐、谷氨酰胺转氨酶和碱性氨基酸等。

⑧ 糖类的影响 鱼肉漂洗脱水后含有较多的水分,水分越多,冷冻变性越严重。加入糖类的目的就是改变鱼肉中水的状态和性质,这是由于糖类化学结构中的-OH 基团和水结合,从而改变了水的状态和性质,一般来说糖类化学结构中的-OH 基团越多,防止鱼糜冷冻变性的效果越好。常用的糖类有山梨醇、白砂糖和蔗糖酯等,加入量为脱水鱼肉的 5%~8%。

⑨ 聚合磷酸盐的影响 聚合磷酸盐不仅是鱼糜冷冻变性防止剂,而且是鱼糜制品弹性增强剂。加入聚合磷酸盐的第一个作用是提高鱼糜的 pH 值至中性,在漂洗后的脱水鱼肉中加入 0.3% 聚合磷酸盐(焦磷酸钠和三聚磷酸钠的等量混合物),脱水鱼肉的 pH 值就从 6.7 上升至 7.1~7.3,此 pH 值下鱼糜冷冻变性的速度最小,盐渍时弹性网状结构的形成能力最强。加入聚合磷酸盐的第二个作用是提高鱼糜离子强度,防止由于漂洗而使鱼肉离子强度降低所引起的鱼肉吸水膨润和脱水困难。加入聚合磷酸盐的第三个作用是能与漂洗后残留下来的钙、镁等多价金属盐离子和聚合磷酸盐相互作用生成螯合物,从而减少金属离子对鱼糜冷冻变性的促进作用,降低金属离子对鱼糜弹性凝胶形成能的妨碍作用,提高了鱼糜的质量。

⑩ 谷氨酰胺转氨酶的影响 谷氨酰胺转氨酶在鱼糜制品的生产中作为弹性增强剂,其作用是通过催化蛋白质中的谷氨酰胺残基和赖氨酸残基发生交联反应,促进鱼肉蛋白质弹性网状结构的形成,使蛋白质的塑性和保水性等功能得到改善,从而提高鱼肉蛋白质的凝胶形成能。据研究,谷氨酰胺转氨酶的添加量在 0.2% 时,其催化效果最佳。

此外,氨基酸特别是谷氨酸、天冬氨酸对鱼糜冷冻变性有很强的防止效果。带有一-OH 基的碱性氨基酸(如赖氨酸、精氨酸等),还有带-SH 基的氨基酸和多肽类(如半胱氨酸、谷胱甘肽等)也有防止鱼糜冷冻变性和提高弹性的作用。

1.1.3 冷冻鱼糜

1.1.3.1 特点

(1) 冷冻鱼糜生产原理 冷冻鱼糜就是将原料鱼经采肉、漂洗、脱水等工序加工后,加入糖类、多磷酸盐等防止蛋白质冷冻变性的添加物,在低温条件下能够长时间贮藏的一种鱼糜制品的新型原料。冷冻鱼糜的加工原理实质上就是一种以保藏为目的、使鱼肉蛋白质不致产生冷冻变性的加工技术。

(2) 冷冻鱼糜特点

① 由于加入了蛋白质冷冻变性防止剂,使鱼肉的抗冻性提高,贮藏期延长,使得过去