

美国现代食品科技系列 14

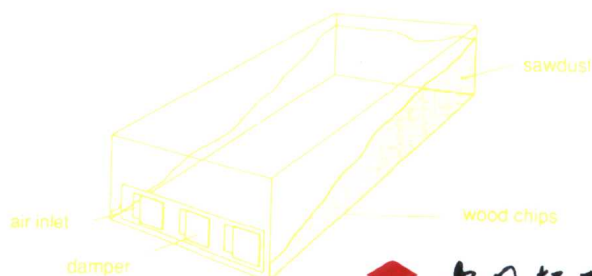
水产品加工技术

(第二版)

[英] G.M.Hall 著 · 夏文水 陈洁 吕兵 译

FISH PROCESSING TECHNOLOGY

PRESERVATION OF FISH BY CURING



中国轻工业出版社

CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS

美国现代食品科技系列 14

水产品加工技术

(第二版)

[英]G. M. Hall 著

夏文水 陈 洁 吕 兵 译

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水产品加工技术: 第二版 / (英) 霍尔 (G.M.Hall) 著;
夏文水等译. —北京: 中国轻工业出版社, 2002.6

(美国现代食品科技系列 14)

ISBN 7-5019-3620-X

I. 水… II. ①霍… ②夏… III. 水产食品—食品
加工 IV. TS254.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 001828 号

《水产品加工技术》(第二版, G.M. Hall, 1997)一书的中文版经英文版权所有
者 Kluwer Academic/Plenum Publishers 许可, 由中国轻工业出版社出版发行。
版权所有, 翻印必究。

责任编辑: 李亦兵 张 彦

策划编辑: 李炳华 责任终审: 滕炎福 封面设计: 张 颖

版式设计: 丁 夕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

*

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 三河市艺苑印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14

字 数: 336 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3620-X/TS·2172

定 价: 30.00 元

著作权合同登记 图字: 01-1999-2752

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

译者序

由英国洛夫巴勒大学(Loughborough University)资深讲师 G. M. 霍尔(G. M. Hall)主编的《水产品加工技术》是一本在英国食品科学与技术专业教学中被广为采用的著名教科书。参编者都来自英国有关大学或研究所,并且是相关研究领域的专家。本书为第二版,在保持第一版介绍水产品传统加工技术并结合详述重要新技术这个特点的基础上,对第一版的内容进行了全面更新和补充。本书既介绍了水产品的传统加工技术,又重点突出了现代加工技术,特别反映了当代水产品加工领域的新进展;本书不仅论述了从基础理论到实用加工技术,而且还论述了从加工到种类鉴定、产品包装、质量控制及运输,内容全面完整,知识先进新颖。本书新增加了 4 章内容,即鱼原料和鱼制品的种类鉴定方法、鱼和鱼制品的改良气体包装、鱼制品运输中的温度模型及其相互关系、水产品的 HACCP 和质量保证。这在有关水产品加工方面的书籍中还是首次。这些内容对水产品加工业防止掺假、提高产品质量具有重要的指导意义。

近年来我国水产品总产量已居世界第 1 位,但水产品加工业的发展还很慢。随着我国经济的发展,人们生活水平的提高,对水产品的需求正在日益上升。这就需要大力发展我国的水产品加工业。译者在长期的教学和科研中感到我国在介绍水产品加工技术方面的书不多,特别是迫切需要全面反映现代水产品加工领域新技术、新进展的书籍。因此,我们希望本书的翻译出版,对我国水产品加工技术的发展能够起到借鉴和促进作用。本书除了可适合高等院校作为有关食品科学与工程专业的教科书外,同时对研究生、科技人员和经营管理人员开发新产品、发展水产品加工业也有很大的参考价值。

参加本书翻译工作的人员和分工如下:

- 夏文水 1. 鲜鱼和冻鱼的生化动力学与质量;2. 鱼的腌制保藏(干燥、盐腌和熏制)
陈 洁 3. 鱼浆和鱼糜制品;4. 鱼的冷却和冷冻;5. 罐藏鱼及鱼制品;6. 鱼原料和鱼制品的种类鉴定方法
吕 兵 7. 鱼和鱼制品的改良气体包装;8. 水产品的 HACCP 和质量保证;9. 鱼制品运输中的温度模型及其相互关系

本书由陈洁作了一定的校阅;全书由夏文水进行总校译。此外,黄松波和张芝芬也作了部分初译工作,在此表示衷心的感谢。

限于译者水平,译书中错误和不确切之处在所难免,恳请读者批评指正。

夏文水

前 言

本书与第一版一样,内容包括了现有的鱼类加工方法和新的加工工艺,以及相关文献资料。前五章覆盖了影响加工、腌制、鱼浆和肉糜、冷却和冻结以及罐藏加工的鱼类生物化学。由于这些现有的加工方法相对成熟,本书中对这些方法的工艺和基础知识方面内容未作过多的介绍,而重点介绍了其工艺的创新和先进的理论。

后四章内容介绍了与鱼类加工相关的新领域,主要是针对鱼类加工工业的日益全球化趋势和来自法律法规与消费者对于更高质量和更安全产品的需求。其中一章综述了对原料鱼和加工鱼制品进行种类鉴定的各种常用方法。对鱼类产品需求的增加以及商业上重要鱼种捕获量的下降已经导致了利用廉价鱼种进行代替和掺假的问题。对这些问题的检验目前主要是基于电泳方面的一些精细的分析技术。另一章讨论了改良气体包装方面的工作,重点为致病菌,包括一些近期刚为人所知的致病菌。接下来的章节描述了危害分析及关键控制点(HACCP)在鱼类加工管理中的应用。由于鱼类加工变得日益复杂,同时加工地点越来越靠近捕鱼地点,因此加工者,不管在发达国家还是在发展中国家,都必须遵守出口市场的卫生法规。HACCP作为一种管理工具,其重要性在渔业部门中正在增加,这一章介绍了HACCP的应用。最后,再考虑到鱼向更远市场运输的增加,有一章内容介绍了温度与鱼质量的关系。该章节的内容不仅显示了用温度监控图来成功预测运输过程中质量变化,而且还涉及到简单的热传递计算知识,这些计算可用于估计如不太复杂的分销系统中冰的使用量情况。

最后,与前一版类似,我们试图在整个内容中都贯穿强调了质量问题。这一版也表明,产品创新和贸易的增加是技术专家面临的新机遇(或新问题)。

G.H.

目 录

1 鲜鱼和冻鱼的生化动力学与质量	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 产卵期的连续变化	(1)
1.3 鱼的状况	(2)
1.4 鱼体组分在鱼质量和可加工性方面所起的作用	(3)
1.5 生物状况和质量相关情况的概要	(17)
参考文献	(18)
2 鱼的腌制保藏(干燥、盐腌和熏制)	(25)
2.1 引言	(25)
2.2 水分含量、水分活度(A_w)和贮藏稳定性	(25)
2.3 干燥	(33)
2.4 盐腌	(41)
2.5 熏制	(47)
参考文献	(54)
3 鱼浆和鱼糜制品	(57)
3.1 引言	(57)
3.2 鱼肌肉蛋白质	(57)
3.3 鱼浆的加工	(61)
3.4 鱼糜	(67)
参考文献	(69)
4 鱼的冷却和冷冻	(72)
4.1 引言	(72)
4.2 改良气体包装(MAP)	(73)
4.3 冷冻	(75)
4.4 在鱼制品加工中冷冻系统的应用	(82)
4.5 在冷却贮藏和冷冻贮藏时的质量变化	(86)
参考文献	(89)
5 罐藏鱼及鱼制品	(90)
5.1 罐藏原理	(90)

5.2	鱼制品的包装设计	(101)
5.3	加工操作和设备	(105)
5.4	特定罐头鱼产品的罐藏操作	(113)
	参考文献	(118)
6	鱼原料和鱼制品的种类鉴定方法	(120)
6.1	引言	(120)
6.2	非感官方法鉴别鱼种的要求	(122)
6.3	电泳与等电聚焦原理	(124)
6.4	鱼肌肉蛋白质	(127)
6.5	电泳的实验操作	(130)
6.6	基于蛋白质差别的鱼品种鉴定方法	(140)
6.7	用于鱼种鉴定的 DNA 技术	(141)
6.8	鱼子	(143)
6.9	总结	(145)
	参考文献	(145)
7	鱼和鱼制品的改良气体包装	(150)
7.1	引言	(150)
7.2	鲜鱼的微生物菌丛	(151)
7.3	鲜鱼的致病菌	(153)
7.4	目前 MAP 在鱼和鱼制品中的应用	(154)
7.5	实验方法	(155)
7.6	前景	(160)
	参考文献	(164)
8	水产品的 HACCP 和质量保证	(169)
8.1	引言	(169)
8.2	HACCP 的定义	(171)
8.3	QMP 的应用	(173)
8.4	计划和执行 HACCP 体系的实践状况	(173)
8.5	HACCP 的验证	(178)
8.6	水产品质量体系的发展前景	(182)
	参考文献	(183)
9	鱼制品运输中的温度模型及其相互关系	(185)
9.1	引言	(185)
9.2	鱼的运输	(186)

9.3 容器和冷却凝胶	(187)
9.4 鱼运输过程中的安全、质量与腐败.....	(190)
9.5 鱼运输过程中的预测模型	(194)
9.6 食品微观模型	(207)
9.7 总结	(208)
参考文献.....	(209)

1 鲜鱼和冻鱼的生化动力学与质量

R. M. LOVE

1.1 引言

鱼的肌肉组织不像纯化学物质那样总是有相同的成分,而是包容了各种不断变化的相互作用系统。这些系统之间的平衡可以广范围地改变而不至于引起鱼的死亡,但是在鱼被捕获且杀死后,常常发现这些变化会影响鱼肉食用的可接受性,也会影响鱼肉加工的适用性。

这些变化的起因以及它们对食品工业的意义是本章的基本内容。特别是通过同时测量两种或多种参数来定量表示这些变化,在评价鱼的生化状况上有着巨大的潜力,本章的主要目的就是突出这些有用的参数。

肌肉组织的某些生化变化是由环境影响所引起的,但是根本的改变是来源于产卵期和相应的物质消耗。由于鱼卵和精子的排放时间通常在幼鱼生长所需的天然食物供应最佳的季节,而不是在鱼双亲健康的季节(Sundararaj 等,1980),从而导致有许多鱼在食物缺乏期间必然要在体内合成大量的胚胎组织。在此时,食物的供应甚至不足以满足普通代谢或身体活动的需求。鱼类解决这个问题是通过剥夺现有或潜在的能量贮存,有时到了极限的程度。

这种资源代谢的方式在不同种鱼类之间会相差很大,因而难以提出普遍的原理。一种鱼类的实验结果不能推知另一种鱼类,但是对单一种类鱼已经进行了许多研究。因此,在本章中,综述内容与其说是全面的,不如说是不完全的,空缺是明显的,一些结论一定是暂时的。

1.2 产卵期的连续变化

不同的能量储备不是同时被动员的,而是随着能量消耗的进程而依次变化的。一般来说,脂类最先被动员(Nagai 和 Ikeda, 1971, Love 列出了后面的作者们,1980, p182),但模式因鱼种类而异。在鲱鱼和类似的多脂鱼中,大部分的脂类贮存在肌肉中,当衰竭发生时开始减少。相反,鳕鱼和其他无脂鱼类把大部分脂肪贮存在肝脏内,结果肌肉在某些时间内没有什么变化。

蛋白质因结构上的重要性,在衰竭过程的后期从鱼肉中被动员,它是排卵完成后首先要被贮存的物质(Black 和 Love, 1986)。

对饥饿试验鳕鱼的能量衰竭进行详细研究的结果归纳于图1.1中。从图中可看出,在衰竭发生时,肝中脂类以及肝和白肌肉中的糖原都被动员了。血合肉像心肌,几乎是连

续地活动,因此它比大部分白肌肉更重要,白肌肉仅仅是间歇地被用于激烈的追逐或逃跑(Boddeke 等,1959)。它的糖原水平在消耗过程中保存一段相当长的时间,只有当蛋白质组织开始分解时才被动员。

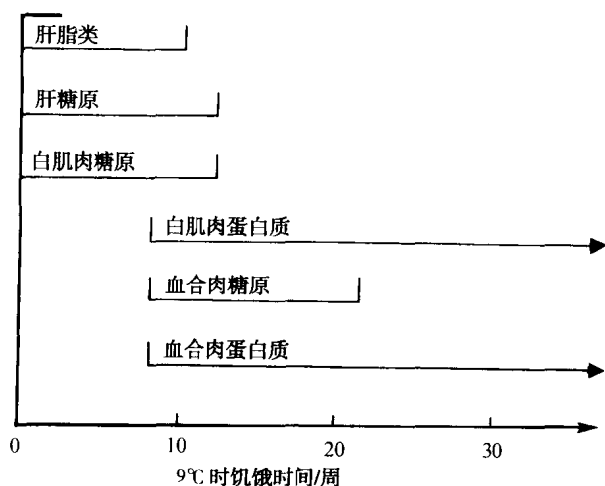


图 1.1 在 9°C 时饥饿状况下的鳕鱼主要能量储备动员开始和结束的示意图(时间为大概值)
(摘自 Love 和 Black, 1986, 经 Springer 同意)

然而,图 1.1 没有考虑鳕鱼肉内的脂肪,因白肌肉中脂肪含量仅为 0.5%,而其中仅有 1% (三酰基甘油)容易被动员,其余是作为细胞结构基本组成的磷脂(Ross, 1977)。结果,鳕鱼只有在实际收缩蛋白组织开始分解时,白肌肉中的脂肪才发生明显的分解。

在鳕鱼中,肝糖原和白肌肉糖原是一道减少的,但对于鲤鱼(Murat, 1976)和金鱼(Chavin 和 Young, 1970)而言,糖原水平在消耗的长期间中保持不变,因为能量是由脂类和蛋白质提供的。

对饥饿的鳊鲈而言,蛋白质储备比脂肪储备被利用的速率大,尽管两种储备提供的能量是相同的(Boëtius 和 Boëtius, 1985)。毫无疑问,今后将会了解更多的种类差异。

1.3 鱼 的 状 况

长期以来,生物学家就一直利用客观测量来试图评估鱼的营养状况。这一概念与鱼作为食品的可接受性密切相连,所以也是有意义的。问题是单一测量都不能独自充分地描述营养状况,如果没有其他测量支持的话,会产生误导。

“体重/长度比率” $\times (W/L^3 \times 100)$ 给出了一个衡量直观消瘦程度的数据,但这对无脂鱼类是不现实的。首先,如图 1.1 所示,在相当长的时期内,鳕鱼肌肉中只有少数的组分被消耗,而肝脂类则持续被利用;其次,即使当肉内蛋白质被除去时,肉的大部分体积还会因相应水的充入而保留。所以在这种鱼中,水和蛋白质含量呈相反关系(Love, 1975, 图 85),就像在鲱鱼体内水和脂类的关系一样(Brandes 和 Dietrich, 1958)。但当鱼在高度耗竭后会逐渐变瘦时(Love, 1988, 图 38),用体重/长度比率会大大低估能量储备的消耗。这种测量法在评估鲱鱼和其他脂类鱼的情况时也许更有用,因为这些鱼在耗竭开始时就动员了肉内的脂肪。

尽管有些缺点,但这种体重/长度比率的大小仍在应用。原因是方法简单,研究人员不必用高级仪器就可测定大量的鱼。Bolger 和 Connolly(1989)查阅了许多关于体重/长度

* 体重与体长的三次方之比,译者注。

指标的统计学评价,得出结论:不管该方法所依据的假设如何,大部分的问题是由被分析的数据所引起的。

性腺体指数(性腺占整鱼体重的比例)和肝体指数(肝脏占整鱼体重的比例)都提供了一些信息——后者对那些大部分能量储存在肝脏里的鱼类是十分有用的。鳕鱼肌肉的水分含量(Love, 1960)反映了蛋白质的损失,但不包含利用肝能量储备耗竭的早期阶段。鳕鱼肌肉耗竭的迟滞期在 9℃ 时长达 9 周(Love, 1969),温度越低,时间越长。

这些方法没有一种能告诉我们一条鱼曾耗竭过但现在正在恢复或者耗竭正在进行。然而,Love(1980,图 139)指出,当鳕鱼正在挨饿时,胆囊变大并显蓝色,而在喂食多时胆囊变小并呈黄色,鳕鱼如果有深蓝色胆汁,那至少已饿了 3d 了。鱼血的几种成分(如脂肪、甾醇、葡萄糖)在饥饿的前 2d 内减少(White 和 Fletcher, 1980: 鳕, *pleuronectes platesa*),而游离脂肪酸的浓度增加(Black, 1983; White 和 Fletcher, 1986),Heming 和 Paleczny (1987: 溪红点鲑, *Salvelinus fontinalis*)也已观察到,皮肤粘液内的酮体浓度与饥饿时间长短呈正相关。

根据这些指数并结合其他更深入的研究结果,可较充分地了解鱼的状况和食用的合适性。

1.4 鱼体组分在鱼质量和可加工性方面所起的作用

1.4.1 脂 肪

脂肪是鱼类中最高能量的贮存形式,像三文鱼、金枪鱼和鲱鱼这样的活跃鱼种比鳕鱼和鳎鱼这些活动少的鱼种带有更多的脂肪,这并非巧合。

鱼中存在两大类脂肪,第一类是三酰基甘油(三甘油酯),是能源贮存的主要形式,通常可以看到这种脂类为油球聚集在肉及肝内,在某些鱼类的内肠里也有。第二类主要是磷脂和胆固醇,是细胞壁、线粒体和其他亚细胞结构的基本组成。因而,它不易作为能量被使用,至少在鳕鱼中,它的动员是与实际收缩蛋白的分解相一致的。

对于食品科学家来说,鱼可食部分中脂肪有三方面的重要性:第一,鱼的油脂含量明显影响熟肉的口感,例如养殖好的多脂鲱鱼,吃起来非常滑溜和多汁,这种感觉就是由油脂产生的,而不是水。在排卵期后,油脂的含量最低,口感主要是发干或似嚼木渣,也许用粗糙或低劣来描述更好一些。不管怎么说,其口味是扫兴的。

第二,现在普遍认为,鱼脂肪对消费者的健康是十分有益的,对于心肌梗死的病人,如果食用多脂鱼,似乎能大大降低复发的可能性,同时也会减轻动脉粥样硬化(Lands, 1986)。以鱼为主要食物的爱斯基摩人和日本人,几乎从不患心脏病(Dyerberg 和 Bang, 1979)。许多其他疾病,如风湿性关节炎甚至癌症,似乎都可以通过吃鱼油而减轻(Drevon 综述, 1989)。

鱼油中的有益物质是多不饱和脂肪酸,特别是二十碳五烯酸,链长 20 个碳原子,有 5 个双键(写作 C20:5),还有二十二碳六烯酸(C22:6)。这两种酸都属于 $n-3$ 系列,也就是说,从甲基开始第一个不饱和键在碳链的第三个碳原子上。

最后,肉脂赋予鱼的风味。脂肪本身有一种轻微的腥味,重要的是它们在冷冻状态时易产生异味,这种异味特别是由不饱和磷脂被空气的氧化而引起的。这些方面现在依次进行讨论。

1.4.1.1 产卵期鱼肉的油性

多脂鱼肉的油性与产卵时间有联系,并随年周期而变化。在性腺不生长的喂养期,脂肪在体内积聚,当性腺开始发育时,仍然继续积聚。当性腺发育到一定阶段后,脂肪被转移到配子体的速率超过饮食的摄入量,此后脂肪积聚量持续下降。在排卵完成后的一段时期内,似乎还会耗减(Campbell 和 Love, 1978: 黑线鳕, *Melanogrammus aeglefinus*; Goldenberg 等, 1987: 无须鳕, *Merluccius hubbsi*)。

鱼的性别有差别,会改变肉或肝内的油性。这部分是由于成熟的雌性性腺与雄性性腺相比更大些,例如,川鲽(*Pleuronectes flesus*)中各自占体重的 18% 和 4.2% (Ziecik 和 Nodzynski, 1964)。雄性鰕虎鱼(*Gobius melanostomus*)的成熟性腺含脂肪总量仅为相应雌性鰕虎鱼脂肪的 10% 左右,所以在成熟过程中不需要储存脂肪(Chepurnov 和 Tkachenko, 1973)。Shatunovskii 和 Novikov (1971)发现,在成熟期雌性鳟鱼的肌肉脂肪消耗比雄性要多。而雌性鲭鱼(*Scomber scombrus*)的肌肉脂肪要消耗更多(Ackma 和 Eaton, 1971)。

雌性鱼在排卵期需要更多的脂肪,相应地在喂养过程中似乎会积聚更多的脂肪。然而,据作者所知,所有发表的实验结果都是与脂肪储存在肝内而不是肉内的鱼种有关(Love 综述, 1980)。实际上对于多脂鱼肉雌性鱼在排卵期比雄性鱼更油腻,但这一点可能不确定。

尽管雄性鱼在性腺发育时需要的脂肪相当少,但它们的体力活动在性交和相互打斗方面都比雌性鱼要多。这个现象是众所周知的(J. A. Lovern, 个人通讯),并被下列事实所支持:即成熟雄性鱼的循环红血细胞数量比成熟雌性鱼或未成熟鱼的要高(Pottinger 和 Pickering, 1987: 褐鳟, *Salmo trutta*)。这就可以解释为什么有报道雌性波罗的海鳕鱼(*Gadus Callarias*)利用储备脂肪,而雄性鱼则大部分利用糖原(Bogoyavlenskaya 和 Vel'tishcheva, 1972)。然而,要确定雄性和雌性多脂鱼的相对多脂程度,还需要做更多的研究。Love (1980)对这个问题作了概述:雌性鱼将储备的脂肪转移到卵巢,而雄性鱼则动员脂肪和糖原作为体力活动时的热能。

1.4.1.2 鱼脂肪与人类健康

在讨论鱼脂肪的保健作用时,必须记住,鱼肌肉中各种多不饱和脂肪酸的比例不是恒定的:我们又一次在讨论动力学体系。鱼食物中的脂肪成分很可能对鱼本身的脂肪成分有重要的影响(Lovern, 1935)。Worthington 和 Lovell (1973)得出结论:斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)的脂肪酸组成 93% 是由差异引起的,其余是由遗传和其他因素引起的。

鱼能从饮食中低不饱和脂肪酸合成出多不饱和脂肪酸,其合成的程度随种类而变化。大鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus tshawytscha*)喂无脂食物时生长非常缓慢,但当仅仅喂食 C18:2 脂肪酸时,就完全恢复到正常生长速率(Lee 和 Sinnhuber, 1973)。虹鳟(*Salmo gairdneri*)在只喂食 C18:2 和 C18:3 脂肪酸时,就能产生一定量的 C20:3、C22:5 和 C22:6 脂肪酸(Owen 等, 1975)。另一方面,大菱鲈(*Scophthalmus maximus*)只能将 3% ~ 15% 的标记前体转变为更长链的脂肪酸,不能增加不饱和度(Owen 等, 1975)。Owen 等认为,海洋中的大菱鲈会在饮食中吃到足量的多不饱和脂肪酸,因而它们不必改性。同

样, Ross(1977)指出, 另一种海洋硬骨鱼——鳕鱼在食用 C18:3 脂肪酸后对增长(链上增加碳原子)和去饱和(增加双键数量)变化都很小。因此, 如果养殖鱼用于人类消费, 则要确保所喂饲的海洋鱼油的新鲜, 且不要与植物油混合, 因为植物油缺乏 $n-3$ 系列的多不饱和脂肪酸(Sargent, 1989)。此外, 如果海洋鱼油在养殖鱼食用前已经被氧化, 那么它们会引起病理症状(Ono 等, 1960)。

水温的年周期也对脂肪不饱和度有重要影响。正如所述, 磷脂是细胞膜的重要组成部分, 当多不饱和度增加时, 脂肪混合物的熔点会下降。这一现象似乎对控制细胞的柔顺性和运动性是极其重要的, 以至于它们在低温下不会变僵硬。Farkas 和 Herodek(1964)观察到: 浮游甲壳动物的脂肪不饱和度在冬天增加, 而在夏天下降; 在小湖里的浮游生物比大湖里的变化程度更高, 因为温度的波动更大。热带鱼的磷脂比冷水域里的鱼更饱和(Gopakumar 和 Nair, 1972; Irving 和 Watson, 1976), Kemp 和 Smith(1970)指出, 环境温度上升 20°C , 实际上金鱼(*Carassius auratus*)的脂肪中 C20:4 和 C22:6 的数量会减半, 而 C18:0(完全饱和)脂肪酸的数量加倍。这些变化在 3~4d 内完成(Smith 和 Kemp, 1971)。所以, 毫无疑问, 鱼体内的这些变化是由酶引起的, 而不是由改变饮食引起的。其他几位作者已经研究了这一有趣现象, Love 综述了他们的研究结论(1970, p216, 217 和 1980, p339, 340)。

最后, 对食用者来说, 养殖的大麻哈鱼比野生同类鱼更有益。这主要是它们有更高含量的脂肪, 因而, 在每单位质量肌肉中 $n-3$ 脂肪酸的绝对量更大(Thomassen 和 Austreng, 1987, 由 Skjervold 引证, 1989)。

1.4.1.3 冻鱼中酸败的产生

冻鱼或冷藏鱼会逐渐产生一种异味或臭味, 像煮过的衣服味、湿纸板味、冷茶味等。对于像鲱鱼或鲭鱼这样肥腻的鱼而言, 食用者不会马上意识到他们正在吃的鱼是酸败的, 除非以前品尝过冷藏多脂鱼。大多数情况下, 鱼尝起来只觉得比正常更油腻, 而这种油腻令人讨厌。

引起鳕鱼异味的化合物是顺-4-庚烯醛(McGill, 1974; McGill 等, 1974)。McGill(个人通讯)认为, 鳕鱼中异味的起因大部分是磷脂中多不饱和脂肪酸被空气所氧化(但在多脂鱼中不是)。在鳕鱼中, 至少是 C22:6(脂肪酸占鳕鱼白肌肉脂肪组成超过 40%)和 C20:5(占 16%)发生氧化, 因为其他多不饱和脂肪酸存在的量小得多(Ross, 1977)。如果鱼在冷藏时变干则脂肪酸更容易被氧化, 冷藏异味的产生更快(Hardy 和 McGill, 1990: 鳕科鱼)。

(1) 鳕鱼和其他无脂鱼类 虽然鳕鱼(*Gadus morhua*)肉中只含 0.5% 的脂肪, 但是在冷藏时, 很快会产生一种强烈的变质味, 不仅是因为 C22:6 和 C20:5 的比例大, 而且也因为脂肪总量的 82% 以上是磷脂(Ross, 1977)。

当鳕鱼饥饿时, 肌肉脂肪中多不饱和脂肪酸的比例减少, C22:6 减少最大, 如图 1.2 所示。由图中可以看出, 饥饿的进展是由肌肉中水分含量的增加所控制, 其量大约相当于蛋白质减少的程度(Love, 1970, 图 85)。C22:6 的优先消失可能表明: 仅仅是与其结合的亚细胞结构的裂解和消失, 但如果得不到饮食中多不饱和脂肪酸的补充, 在饥饿期间, 多不饱和脂肪酸也会通过分解代谢而受到破坏(Love, 1977)。正是如此, Ross 和 Love(1979)将鳕鱼在水族馆里饿了 2 个月, 然后在 -10°C 下冷藏, 这是一种被认为引起脂肪迅速氧化的处理。结果(表 1.1)表明, 饲养鱼的口味、风味比受到中等饥饿的鱼要差得多, 中等饥饿的情况在野外很容易出现。而且, 在这种饥饿的鱼中产生的顺-4-庚烯醛还更少。

这些结果与地理位置有关。在法罗群岛东南捕获的鳕鱼,肉体异常的厚,肝脏很大而

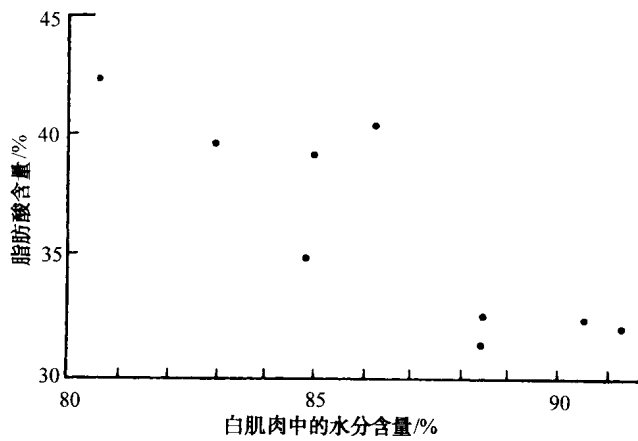


图 1.2 在受饿鳕鱼的白肌肉总脂肪中二十二碳六烯酸 (C22:6n-3)比例的减少。消耗的增加是由肌肉中水分含量的增加来控制的
(摘自 Love,1988;Ross,1977,Farrand 出版社惠赠)

含油多。例如,这一品种的白肌肉中总的脂肪比来自苏格兰东海岸的阿伯丁海岸的鳕鱼要高出 16% 左右,秋季捕获的鱼的脂肪分别是 0.78% 与 0.67% (Love 等,1975)。尽管法罗海岸的鳕鱼脂肪含量相对高一点,但即使在 -30℃ 仅冻藏 3 个月(表 1.2),产生的异味要比其他四个地方的鳕鱼更多或更臭。在这样的条件下正常生产的鱼是一级品,但法罗海岸的鳕鱼实际上不被感官评定者接受。因此,鳕鱼产生

表 1.1 评味员对喂食过和饥饿过的鳕鱼肌肉在 -10℃ 冷藏 5 周或 10 周然后解冻烹制后所产生的异味或臭味进行的评估

	异 味		臭 味		顺-4-庚烯醛 (混合样品)
	5 周	10 周	5 周	10 周	
喂食对照(5 条鱼)	1.5	1.55	3.43	3.55	23.0
饥饿的鱼(5 条鱼)	0.55	0.4	1.28	1.8	3.5
差值	0.95	1.15	2.15	1.75	
显著水平	1%	5%	0.1%	5%	11

(摘自 Ross 和 Love,1979,Blackwell 科学出版社惠赠)

注:得分越高,质量越差,顺-4-庚烯醛的测定是用冷藏 5 周或 10 周的混合肌肉样品(nmol/kg 湿重)。

表 1.2 评味员对鳕鱼肌肉的异味和臭味的评估

捕鱼地点	地图参考	臭 味	异 味
阿伯丁海岸	57-05N 01-15W	1.32±0.51	1.68±0.6
法罗海岸	60-53N 08-20W	2.29±0.84	3.02±0.95
法罗平原	62-34N 06-24W	0.91±0.51	1.45±0.63
冰岛东南	65-27N 13-08W	1.04±0.35	1.7±0.45
冰岛西北	65-35N 25-00W	0.84±0.24	1.37±0.37

(摘自 Love,1975,加拿大环境署、渔业和海洋服务处惠赠)

注:(1) 鳕鱼捕获于 1970 年春季不同的捕获地,在 -30℃ 下冷藏 3 个月,然后解冻烹制。

(2) 商业接受性的上限值是 3 分,n=8。

(3) 法罗海岸结果的平均值在气味(P<0.05)和风味(P<0.01)两方面都与其他地方有极大的不同。

的冷藏异味会因季节性消耗而大大下降,但若喂食丰富的渔场则会增加。

在大多数的这些研究中,还没有区别单一饥饿的影响和卵子或精子合成的影响之间的差别。鱼挨饿试验在水池里进行,并假设性腺成熟有相同的影响。有篇文献(Takama 等人, 1985)的报道结果似乎解决了这个问题。虽然鳕鱼在合成性产物时受到饥饿,肉中不同脂肪酸比例的变化与性腺被切除的饥饿鳕鱼不能区别,但在产生性腺的鳕鱼肝中大量的 C22:6 被消耗掉。根据相同作者观点,C22:6 是这种鱼类性腺中最重要的脂肪酸。因此,无论是成熟还是饥饿所引起,在 C22:6 消耗一定的程度下,鳕鱼肉在冷藏过程中产生酸败应当是相同的。

(2) 鲑鱼类 鲑鱼的情况比较复杂,其肉中主要的能量储备是三酰基甘油。由于三酰基甘油酯含有的多不饱和脂肪酸要少得多(Fraser 等人,数据未发表,Sargent 等人引用,1990),因而饥饿时肌肉中脂肪的消耗会引起多不饱和脂肪酸的相对增加,而不是像鳕鱼那样绝对地减少(Ludovico - Pelayo 等,1984)。由于这种“增加”只有通过低不饱和脂肪的消耗才能见到,因此,饥饿后冻藏不会引起酸败的增加就毫不奇怪了。

这种情况不是直接的,虹鳟尽管 C22:6 含量范围大,但在饥饿后冷藏的异味一样的低;相反,饥饿后再喂食的虹鳟尽管 C22:6 的相对值一样的低,但异味的分数却很高。

Mochizuki 和 Love 做了季节性的研究(Love 简述,1988,数据未发表),在 4 月份的鱼中 C22:6 含量最大,当鱼被杀死后所检测到的冷藏异味最少;而 9 月份时,结果则相反。Mochizuki 和 Love 观察到,虹鳟和大西洋鲑鱼(*Salmo Salar*)都比同时贮存的鳕鱼所产生的冷藏异味和臭味要少得多。值得注意的是,鳕鱼肉中积聚的三酰基甘油集中在包裹肌纤维束的结缔组织膜中,这些研究工作者认为,鳕鱼肉的磷脂受到周围三酰基甘油薄膜的保护。与虹鳟的结果相反,在养殖的未成熟的大西洋鲑鱼肉中,C22:6 含量或冷藏异味没有发现明显的季节性差异(Mochizuki 和 Love,数据未发表)。目前,因涉及到一些变化因素,进一步的推测是无用的。

Burlakova 等(1988)报道了影响脂肪氧化的一些因素,被研究的鱼种类是白鲑(*Coregonus Peled*)。他们发现鱼脂肪的氧化性与多不饱和脂肪含量、磷脂含量和脑磷脂及心脂肪含量有关。然而,有一个复杂的情况,发现天然抗氧化剂如维生素 E、辅酶 Q 和黄酮醇的含量随着脂肪底物的易氧化性而增加。他们还注意到,血合肉中的脂肪比白肌肉中的脂肪容易氧化,这一现象最初是由 Banks(1938)在大西洋鲱鱼(*Clupea harengus*)中看到的。

1.4.2 蛋白质

图 1.1 表明,鳕鱼肌肉中的蛋白质只是在消耗进行很久时才被调用。红肌和白肌一起被消耗,但从更耐用的角度看,游泳时使用红肌(Boddeke, 1959),因为红肌蛋白质的消耗没有白肌快(Black 和 love, 1986)。

组织切片图(图 1.3)中生动地说明了根据饥饿鳕鱼分析数据得到的蛋白质和水分含量两者之间的反比关系(Love, 1970, 图 85)。在鳕鱼的富营养白肌中水分含量似乎是 80.8%或更少一些(Love, 1960)。在这样的组织中,收缩细胞堆积紧密,细胞间的体液很少,所以能获得最大可能的收缩力(Best 和 Bone, 1973)。然而,图 1.3 说明了一个极端的情况,即水分含量可升高至 95.3%。结缔组织的轮廓(图中深黑色)与喂养过的鱼的相似。但其中的收缩物质大大减少,被体液取代,一些细胞似乎不含有任何收缩物质。

当这种鱼被切成片后,大多数水样的内容物自由地流出来,以致鱼片快速卷曲,看起来好像几乎完全由十分明显的结缔组织隔膜(肌隔)组成。当煮熟后,这种鱼片的质构稀松,不需要咀嚼就可以被吮吸。然而,形成这种讨厌质构的原因并不是蛋白质的消耗。假如鱼肉宰后的 pH 是常数,那么水含量可不断增加,甚至超过 85%,但这对质构的影响仅仅是轻微的(Love 等, 1974b)。一个更重要的因素是同时升高的 pH。这种现象将在后一节中讨论。

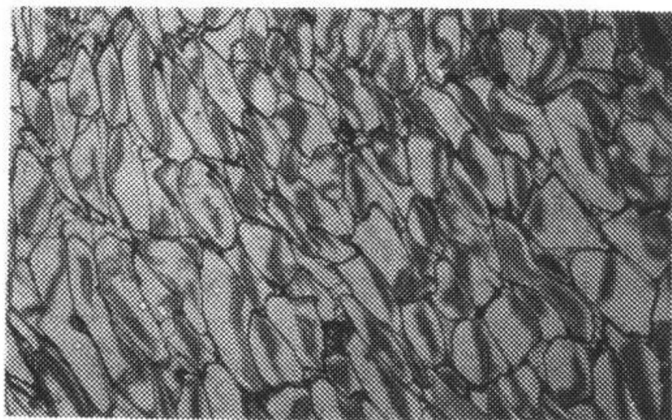


图 1.3 饥饿至水分含量达 95.3% 时鳕鱼肌肉的横截图

黑色的轮廓线为结缔组织,剩余的收缩细胞是灰色暗影区,

与前者肌细胞的内容液在一起

[摘自 Lavéty, 未发表(Crown 版权)]

然而,除了考虑质构外,所述的蛋白质消耗也

影响质量,因为剩下的鱼片中汁液流失和看起来粘稠浑浊。

我们如何最好地评价一批鱼中这方面的状况? 在无脂鱼种类中,测量水分含量是一个好的思路。在某些情况下,甚至有可能通过测定肌肉本身浑浊度的增加来粗略地计算鱼受饥饿的程度(Love, 1962a)。然而,在多脂鱼中,水分含量的初始增加量是与脂肪的减少有关的,这可能会引起误会。

真正需要的是测量蛋白质分解的强弱。很明显,当其他能源被消耗完时,这个过程会加速,这种测量可有助于满足另一种需求——知道正在受饿的鱼的质量实际上是越来越好呢还是仍然在变坏。

细胞的分解和组织的退化与溶酶体的活性紧密相连。经常用酸性磷酸酶的活性作为溶酶体活性的一个指数(De Duve, 1963)。图 1.4 表明,酸性磷酸酶的活性和

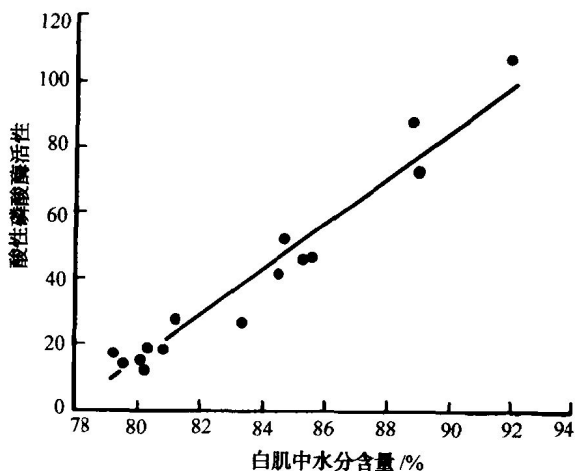


图 1.4 在不断受饿的鳕鱼肉中酸性磷酸酶的活性
(消耗由水分含量增加表示)

活性表示为 30min 内对 - 硝基苯酚磷酸酯被酶催化

释放 μmol 对 - 硝基苯酚/mg 蛋白质

(根据 Black, 1983, Darcey Black 博士惠赠)

鳕鱼肌肉的水分含量有非常密切的关系。

除了这种酶外,Beardall 和 Johnston(1985)对饥饿了 66d 的绿青鳕(*Pollachius virens*)肉中的酸性蛋白酶、芳基硫酸酯酶、酸性核糖核酸酶、 β -葡萄糖醛酸酶的活性进行了研究。在红肌肉中是一个例外,受饿的红肌肉和白肌肉中,所有的这些溶酶体量增加了 70%~100%;他们对另一批饥饿 74d 后的鱼重新喂食,发现在短短的 10d 内酸性蛋白酶和芳基硫酸酯酶的活性下降到非饥饿时的水平。无疑,这是一种鉴定严重受饿鱼开始恢复的极好的新方法。

另一个蛋白质降解的可能标示物是 3-甲基组氨酸。Ward 和 Buttery(1978)在这一点上曾做过研究。据说 3-甲基组氨酸只有在肌肉蛋白质分解代谢时才以游离形式存在于肌肉中。Adno 和 Hafano(1986)已经证实,大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*)在排卵迁移过程中该物质的水平显著增加。有趣的是,这种增加在雌性鱼中特别突出。在测定鱼状况的领域中尚要做许多深入研究的工作。

在这一节中,对肌原纤维蛋白质分解代谢提供能量进行了讨论。对结缔组织蛋白质的分解代谢还没有明确的证据,似乎是在饥饿过程中它们保持完整性。Lavety 和 Love(1972)及 Love 等(1976)曾观察到饥饿鳕鱼的肌隔显著增厚,这可能是肌隔在分离过程中空胶原管(见图 1.3)附加到肌隔表面引起的。Love 等(1982)用标记的脯氨酸做实验,但无法提供在受饿鳕鱼中增加胶原合成的任何确实的证据。

1.4.3 碳水化合物

1.4.3.1 碳水化合物的性质

就像哺乳动物一样,鱼的大部分碳水化合物储备在肝脏中。肌肉中“静止”水平比肝脏要低得多,但红肌肉中的碳水化合物比白肌肉中的要丰富(Love 列出的几位作者,1980,p73)。

碳水化合物以糖原的形式贮存在肝脏中,糖原是一种由葡萄糖单元构成的多糖。例如,在需要给肌肉运动提供能量时,糖原就被分解并以葡萄糖的形式被血液输送到适当的部位。一旦到达时,就立即被利用或暂时再转变为糖原。因此,葡萄糖和糖原都存在于肌肉中,但血液中只有葡萄糖。

如果用富含碳水化合物的食物喂鱼,碳水化合物的储备水平会提高(Tunison 等,1940:溪红点鲑,*Salvelinus fontinalis*;Hochachka 和 Sinclair,1962:虹鳟)。然而,鱼除了吃食肉动物的肝脏和食草类鱼食用植物外,并不习惯消耗大量的碳水化合物。已经有报道,喂食大量碳水化合物的金鱼(*Carassius auratus*)其新陈代谢发生紊乱(Palmer 和 Ryman,1972),而且,当碳水化合物在食物中的比例增加时,实际吸收的比例却下降(Cowey 和 Sargent,1972)。鲶鱼饥饿时,即使适应了高碳水化合物的食物后,它的主要能量来源仍然是脂肪和蛋白质(Machado 等,1988)。

碳水化合物对虹鳟生长的影响不清楚。Luquer 等(1975)报道,当把蔗糖加到富含蛋白质的食物中时,虹鳟的生长明显受到抑制(实验和对照组吸收的蛋白质量相同)。相反,Kaushik 等(1989)发现,大量的各种碳水化合物提高了食物能量的利用度,而且对整体生长或营养保留没有不利影响。