

渔业

冻结与冻结 装置

章 鸣 编 著

渔业制冷保鲜丛书

冻结与冻结装置

章 鸣 编著

农 业 出 版 社

渔业制冷保鲜丛书
冻结与冻结装置

章 鸣 编著

• • •

责任编辑 陈力行

农业出版社出版 (北京朝阳区东直门内大街)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 2 印张 34 千字

1988 年 7 月第 1 版 1988 年 7 月北京第 1 次印刷

印数 1—1,740 册 定价 0.50 元

ISBN 7-109-00157-1/S·108

出版说明

我国渔业生产发展迅速，为普及和提高从业者的水产品保鲜常识和技术水平，中国水产学会渔业制冷和水工专业委员会、科学普及工作委员会和农业出版社共同组织出版《渔业制冷保鲜丛书》。

本丛书的编者，根据从业者对保鲜基础知识和技术要求，结合编者的经验，进行收集和整理编写的。丛书从基础知识到具体操作；从冷库到渔船；从保鲜设施到具体管理；体现了丛书的系统性。为了使读者了解其他国家在渔业制冷保鲜工作上的规定，特意翻译了《国际鲜鱼保鲜实施准则》和编译了《冷冻水产品管理准则》两书，以供读者参考。

丛书包括：

《冷库制冷循环的分析和计算》

《制冰》

《冻结和冻结装置》

《水产冷库管理》

《渔船制冷装置》

《保温鱼箱和集装箱》

《国际鲜鱼保鲜实施准则》

《冷冻水产品管理准则》

本丛书由孔瑞璋同志担任主编。丛书可供高中以上文化程度从事渔业制冷保鲜工作有关人员参考使用。

中国水产学会

农业出版社

一九八六年八月

• • •

目 录

一、水产品低温保鲜贮藏.....	1
二、水产品的冷却.....	2
三、水产品的冻结.....	4
四、水产品的冷藏和冻藏.....	6
五、冷冻水产品的解冻.....	9
六、冻结装置的选择要求.....	11
七、吹风冻结装置.....	13
八、接触式和浸淋式冻结装置.....	28
九、深冷冻结装置.....	34
十、液态制冷剂冻结装置.....	37
十一、影响冻结时间的因素.....	39
十二、冻结后鱼品的处理.....	41
十三、冻结装置制冷需要量的计算.....	44
十四、冻结装置的技术管理.....	48

一、水产品低温保鲜贮藏

新鲜的水产品在常温下放置一定时间后，它原有的色味和营养价值逐渐变质，甚至腐败不能食用。引起水产品腐败变质的原因主要是由于水产品中含有的酶和微生物的作用。酶的催化作用以及微生物的生长繁殖都需要有一定的温度和水分。如果降低温度改变条件，酶和微生物就很难起作用。因此在低温环境中，酶的活性大大减弱，微生物的生长活动受到抑制，甚至繁殖也被迫终止。这样，经冷冻加工的水产品就可贮藏较长时间而不变质。

易腐食品如经低温加工后通常称为冷冻品。水产品属于易腐食品，经冷却冻结后称为冷冻水产品。水产品的冷冻工艺有冷却、冻结、冷藏、和解冻四方面。

水产品的冷却是一种低温加工过程，把水产品的温度降低到不低于它汁液冻结点的指定温度。贮藏水产品在这样的冷却温度下可保持它最大限度的新鲜状态，但由于部分微生物仍能在低温下生长繁殖，因此这些经过冷却的水产品只能作短时期的贮藏。

水产品的冻结也是一种低温加工过程，但它是把水产品中含有的水分大部分冻结成冰晶，并进一步把它降低到低于其汁液冻结点的冷藏温度。水产品被冻结后，由于过程中引

起的干燥和降温等作用都是不利于微生物的生长活动，甚至有时促使部分微生物的死亡。所以，这是水产品经冻结后可以长期贮藏的原因。

水产品的冷藏是把水产品保持在冷却过程或冻结过程终了温度的条件下作不同期限的贮藏。根据水产品在冷却过程和冻结过程中终了温度的不同，低温贮藏又可分为冷却品的贮藏，又名“冷藏”，和冻结品的贮藏，又名“冻藏”两种，但此二者在习惯上并不加区别而统称为冷藏。

水产品的解冻是把冷冻水产品升温的一种生产过程，其目的是把低温的水产品恢复到常温状态，也就是冷却和冻结的逆过程。

二、水产品的冷却

从水产冷藏库贮藏情况看，贮藏的水产品主要是从海捕鱼货。鱼货被捕捞后在通常的条件下很快就会失掉鲜度而腐败变质，接着就丧失其食用价值。因此在整个渔业生产过程中，做好海上保鲜鱼货的工作是很有必要的。这样，水产品在加工过程中才能保证得到质量优良的原料鱼。由于降温过程可以改变鱼货平时的条件，从而缓慢鱼货鲜度的降低。所以鱼货在海上被捕捞后应立即在渔船上进行冷却保鲜才是保证提高今后加工品质量的主要关键。

鱼货冷却是把鱼体温度降低到接近其汁液的冻结点。鱼体汁液的冻结点与鱼货品种有关，也就是与其组织汁液中盐分浓度的不同而有异，其范围在 -0.6°C — -2°C 之间。鱼体

汁液的冻结点一般取 -1°C 。鱼体冷却后的终了温度是高于鱼体汁液的冻结点，一般是 $0-4^{\circ}\text{C}$ 。由于冷却过程改变了微生物的生活条件，因而也减少了新鲜鱼货受微生物的腐蚀。为了保证鱼货不再重新被污染还必须在冷却前用清水洗涤干净。

冷却保鲜鱼货有三种方法，即冰藏和冷海水以及过冷却保鲜。冰藏保鲜，又称冰鲜，是用人造冰破碎后进行冷却保鲜。这是由于鱼货在碎冰融化过程中被吸去热量而得到冷却。除了要除去鱼货本身热量，还要去掉盛放鱼货的容器以及贮藏用的外围结构及其内部空间空气等热量。由于难以掌握外界多变的各类情况。船上使用的碎冰，一般可根据各地区季节用冰情况配备供应。根据沿海南北地区各渔业公司渔船上用冰统计，每吨鱼货用冰量黄渤海为 0.8 吨；在东海的为 1 吨；南海为 1.2 吨。上述用冰数量是从全年统计平均数求得的，不同季节可适当增减。渔船上常用的冰有透明冰、乳白冰、快速冰和片冰等。透明冰质量较好、耐融、不易结块。乳白冰质量其次，快速冰由于空隙多，质地松，融得快，易结块，因而用它冰鲜鱼货质量较差。片冰是用渔船上的片冰机生产，使用方便，保鲜鱼货质量较好。根据冰鲜操作要求，鱼货经捕捞上船后应立即用清水冲洗干净，而后分类装箱。每层鱼均要撒上一层冰。如果是散舱装鱼时，也要均匀地分层撒冰。

冷海水保鲜是把鱼货浸渍在冷海水中进行冷却保鲜。鱼货温度可保持在 $0-1^{\circ}\text{C}$ 。冷海水由于获得冷源的不同，可分为冰制冷海水和机制冷海水两种。冰制的冷海水是用碎冰与海水混和进行冷却的，而机制的冷海水是用把海水通过机

械制冷进行冷却的。冷海水保鲜方法应用于鱼货数量高度集中，品种比较单一的围网鱼货保鲜上，效果是显著的。

过冷却保鲜，又名微冻保鲜，是把鱼货贮藏在使其鱼体部分冻结的一种保鲜方法。鱼货一般在冰和食盐的混合物中或在低温盐水槽中完成它的过冷却过程。经过冷却处理后的鱼体约有 30% 的水分被冻结，那时鱼体温度在 $-1-3^{\circ}\text{C}$ 。由于鱼货温度略低于其汁液冻结点，并又低于冰藏保鲜温度，所以经过过冷却保鲜处理的鱼货，其保鲜时间较冰藏保鲜的长，一般可延长冰藏保鲜时间的 1.5—2 倍。

三、水产品的冻结

水产品是由许多单独细胞组合而成。细胞内部以及它们之间的空间都具有较复杂的汁液。这些汁液含有不少的无机盐类和蛋白质等。如果把温度降低到其汁液冻结点略下，它们会相继发生物理和化学变化。

冻结过程中，水产品所发生的变化，主要是在温度降低的同时不断相继出现冰晶。冰晶的生成将会大大影响冷冻品的最终质量。生成冰晶需要经过两个过程来完成，即首先要在过冷的低温中形成晶核，而后随着过冷程度的继续而增大晶体。轻微的过冷往往容易移去结晶过程中释出的热量，以致在晶核边不再出现其他晶核，只会使已形成的晶核逐渐增大晶体。这是由于结晶热保持了温度，并处于或接近冻结点，因而出现颗粒（个体）较大的冰晶。冰晶一般在 $-1-5^{\circ}\text{C}$ 温度带中生成大量颗粒较大的晶体。这些冰晶对组织细胞能

起到一定的破坏作用，其破坏程度与冰晶的颗粒大小有关。

水产品冻结降温速度的快、慢与生成的冰晶颗粒大小有紧密的关系。在缓慢冻结过程中，由于停留在临界冻结温度带的时间较长，因而只有少数晶核形成，并产生颗粒较大的晶体，即就是一片连续冰相的冰晶，严重损坏组织结构。在快速冻结过程中，由于迅速越过临界冻结温度带，出现细小颗粒和不连续冰相的冰晶，因而基本保证组织原有状况，并获得良好的质量。

水产品含有较多水分，一般占有重量的70—80%。这些水分是以游离水和胶体结合水的两种形态存在。游离水是普通水存在于其汁液和细胞中。胶体结合水是构成胶粒液膜的结合水。由于各种不同的矿物质，以可溶性盐类和有机化合物的形态存在于这些水分中，因此水产品汁液的冻结点是比纯水低。当被冻结时，这些水分被陆续结晶析出分离，而盐类却仍遗留在汁液里，并使其汁液的浓度逐渐增高。汁液浓度增高到一定程度后，多余的盐类就会沉淀析离。这种现象称为化学性变化。

部分现象也可以说是出于物理性的，因为在冻结过程中，发生了渗透作用会使汁液脱水浓缩，并使盐类被沉淀析离。例如冻结速度在 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下时，细胞内部的水，将脱离细胞在膜外被冻结，使细胞脱水浓缩。此时由于水分从细胞内部移向外部而使细胞发皱或干缩，因而原有组织不再吸回已被析离的水分。解冻后出现液滴，是不可逆性的。冻结速度如在 $20^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上时，组织细胞的内部和外部都会同时相继冻结成无定形状态的冰晶。出现这些冰晶颗粒呈细小，对

组织损坏轻微，因此解冻后是可逆性的。

综上所述，优质的冷冻水产品首先要从新鲜的原料鱼货中得到保证，其次要求快速冻结来完成。冷冻品在冻结过程中，对冻结速度的要求是与被冻结食品的含水量有密切的关系。含水量较多的食品例如水产品应要求有较快速的冻结过程。因此说冻结速度对冷冻品的要求来说是相对的。笼统的为冷冻品制定一个满意的快速冻结定义是不切合实际的。从生产应用上来说，一个快速冻结的冷冻品必须要求在某一特定的冻结速度下，迅速通过临界冻结温度完成冻结。这样的冷冻品就不会因冻结过程影响而被损坏。水产品在冻结过程中生成冰晶时会释放出大量结晶热量，因而影响冻结装置所需要的制冷能力及其结构型式。快速冻结装置为了要迅速越过临界冻结温度带，更需要较缓慢冻结装置具有大量的制冷能力。

四、水产品的冷藏和冻藏

鱼货经捕捞后在常温下会很快降低鲜度，接着就丧失食用价值。由于冷却和冻结可改变鱼货的贮藏条件，因而鱼货鲜度降低的速度较缓慢，并可在长时期贮藏中保持食用价值。但鱼货捕捞后质量下降，一直都在进行，即使把冷冻水产品贮藏在最适宜的条件下，只不过是可能范围内减缓变化而已。

水产品在冻藏过程中会发生些生物化学和物理化学方面的变化。这些变化具体表现在复杂物质分解成为简单的化

合物和组织结构的变化以及重量的减少。复杂物质分解表现在酶元转化并形成乳糖。这种变化叫做酶分解。酶能促使加速酶分解。冷却的水产品在酶化作用中比冻结的明显。

水产品组织结构在冻藏过程中也会发生某些变化，主要是由于它的含有水分。水产品因含有水分在冻结过程中会产生膨胀，其膨胀增量平均为原有体积的5—7%。这要看冻结方式和贮藏状况的差异，会形成不同的结构。这种组织结构是不稳定的，特别在冻藏温度波动时更突出。冻藏温度上升，水产品组织里部分冰晶会融化，但温度再度下降，已融解的水分又会再度结晶。但已消失的原有细小颗粒冰晶结构不再恢复，带来的是遗留下还未融化的冰晶颗粒会逐渐增大。由于冻藏温度不断波动，细小颗粒的冰晶不再增多，反而增长并形成粗大颗粒，因而改变组织里生成冰晶大小颗粒数量的比例。冻藏温度较低时，冰晶颗粒增大的速度会缓慢些。总之，冻藏温度不断波动，冷冻水产品的组织结构就会不断恶化，而恶化程度是与其温度波动的幅度和频率有关。为了防止温度波动影响冷冻品的质量，进一步确定从冻结到消费各个环节中的温度——时间条件，提出了允许温度、时间的管理准则。

长期贮藏水产品时必须注意冷藏间空气的温度和湿度。冷冻水产品的贮藏温度应与它在冷冻加工时的终了温度相同。冷却水产品的贮藏温度应降低到接近它的冻结点，而对冻结水产品，应维持在冻结过程完成时的终了温度。因此冷藏间湿度作为贮藏冷却水产品时应保持在0℃，而冻结水产品时应为-18—-20℃。近来为了减少冷冻品质量的降低，冻

藏温度有越来越低的趋向， -30°C 已为世界各国普遍采用。

最适宜的冻藏温度应根据冷冻品的特点及其化学成分以及预定的冻藏时间来确定。冻藏温度还应保持稳定。但实际上要保持恒温是有困难的，但要设法使其温度变化不超出 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

在冻藏过程中冷冻水产品由于干缩而引起重量损失称为干耗。干耗不仅因引起水产品失重而遭受经济上的损失，而且也影响水产品质量，使冷冻品发生颜色变化，表面发干，肉头发硬，再加上油脂氧化而产生褐斑，习惯上称为冻伤。干耗的原因是水产品周围空气湿度与冷藏间里的空气湿含量之间存在着差距，干耗量的大小，决定于他们之间的差数大小。冻藏温度越低，则冷冻水产品的重量损耗越少，因为空气湿度饱和差同时降低了。空气中含有湿度是微生物繁殖的有利条件，因此降低冷藏间空气的相对湿度，必然会减缓微生物的繁殖；但由于相对湿度的降低，冷冻水产品就会出现较大的干耗。实际上微生物在低温贮藏中已被抑制繁殖，因此把室内空气湿度提高到饱和状态，在实用上还是可行的。冷藏间空气的相对湿度要保持稳定，其波动幅度不允许超过 2%。另外，镀冰和包装也可以防止冷冻水产品的水分消耗，因为它们隔绝了冷冻水产品与周围空气之间的水分交流。

包装和不包装的冷冻水产品在冷藏间里都要堆成垛。堆垛时要注意水产品及其包装的外形和冷藏间容积最大的限度利用率。冷却水产品在贮藏过程中有放热反应和水分蒸发以及排出其他一些气体物质等反应。这些气体物质及其放出的

热量都要立即从贮藏的水产品中排离。因此在冷藏间堆垛冷却的水产品时，更要注意堆垛中间应留有适当空隙，使其有必要的空气流通。但在堆垛时应尽量的紧密，以减少空气流通，以达到将干耗减少到最小限度。

冷冻水产品水分的蒸发主要发生在堆垛的外表层，堆垛内层水分的消失决定于冷冻水产品的堆放密度。增大堆放密度或者扩大堆垛体积都会相应地减少冷冻水产品的干耗。将1—2℃的冷水喷淋到冷冻水产品堆垛上，目的是给整个堆垛包层冰衣防止干耗，也有用防水布、细布等覆盖堆垛，并在覆盖物上镀冰。

冷冻水产品在冻藏过程中所发生的复杂变化是由很多因素造成的。对这些因素如考虑周到，水产品贮藏得好，原有特性也会尽量保持，贮藏时间也延长。总之，要做好水产品的冷藏工作，就必须注意做好其镀冰、包装、堆垛等工作；其次，还要注意冷藏间里空气的温度和湿度以及通风等条件。

五、冷冻水产品的解冻

把冷冻水产品升温而恢复到冻结前状态的操作称为解冻，也就是冻结的逆过程。解冻中冷冻水产品升温超过冻结点时，冰晶开始融化。冷冻水产品的质量，不仅与冻结和冻藏方法有关系，而且也与解冻过程有关。在解冻过程中，必须创造适宜的条件促使冷冻水产品的温度回升到必要的范围里，并要保证最完善地回复到原有性质。实际上，在解冻过程中，要把冷冻水产品完全回复到原样是很困难的。

冷冻水产品的解冻方法应根据其种类、形态、大小、形状和数量等的不同要求而有区别。一般常用的方法有：空气解冻、液体解冻、和微波解冻等。空气解冻是一种最简单而又方便的解冻方法。它是把冷冻水产品放置在特设的解冻间里进行解冻，空气温度保持在 15°C 左右，而其相对湿度为 90—95%。由于冷冻水产品解冻间与热空气之间进行热交换的结果，鱼体温度升高，从而开始促其冰晶融化，待体内温度达到 0°C 时，解冻过程才认为结束。空气的导热性较差，比热又小，因此空气解冻时间长，不利于水产品在解冻后的质量要求。虽然可以利用加速空气流动来减少解冻时间，但结果由于水分蒸发和汁液流失而引起重量损失对水产品的要求来说还是不理想。

液体解冻是一种用液体介质浸泡或喷淋冷冻水产品的解冻方法。解冻用的液体通常有凉水和盐水两种。凉水解冻方法最为普遍。解冻时最好使水流动，此水必须与饮用水同样清洁，并经常定期更换。冷冻水产品往往在解冻的同时吸取它周围的部分水分，因此其重量会相应地增加而弥补冻藏时干耗的水分损失。解冻用的盐水是稀淡的食盐溶液。用于解冻海水鱼的食盐溶液的浓度，以选用 1.3% 的为佳。

微波解冻是一种把冷冻水产品放置在高频感应中加热解冻的方法。它利用微波照射而使水产品内部感应加热解冻。解冻后水产品质量良好，但设备费用昂贵。

冷冻水产品的解冻时间不宜过长，要防止丧失它原有鲜味特性。但是不论应用哪种方法解冻，解冻前的冷冻水产品应当是高质量的，解冻后还应尽量保持在较低的温度下，并

应及早加热烹调食用。

六、冻结装置的选择要求

近来冷冻食品逐年迅速增长，花色品种繁多，并向方便食品发展。为了缩短冻结时间，并提高冷冻食品的质量和生产效率，冷冻食品的冻结加工逐渐推广使用各种连续冻结装置。所谓冻结装置就是用制冷装置降低如鱼品等易腐食品的温度，使其含有水分进行部分或完全冻结，从而取得保鲜效果的机械设备。因食品有不同的品种、形状和长度，冻结装置应采用不同的冻结方法和不同的冻结时间来满足不同食品的要求。

早期曾推荐速冻定义为：所有鱼体温度应在两小时内从 0°C 降至 -5°C ，然后再进一步降温，使冻结完毕时的鱼体平均温度相当于所推荐的贮藏温度。鱼品中心温度如达到 -20°C 时，鱼品表面的温度将需要达到或接近制冷温度（即接近 -30°C ）。这个速冻定义比较广泛，但对冻结时间，甚至冻结速度都不作任何规定，仅指出鱼品应该快速冻结，并在冻结装置内要降到指定的贮藏温度。能把鱼品进行快速冻结的冻结装置，多半也是有能力在足够低的温度下运行，以保证达到鱼品的贮藏温度。

接近鱼体表面的冻结速度是很快的，但深入鱼体中心的冻结速度则逐渐放慢。因此用单位时间内的冻结深度来表示冻结速度仅仅是平均速度，并不能说明实际冻结的情况，但可给人们衡量某种冻结装置的冻结效果。冻结装置一般有四