



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



食品冷冻工艺学

实验指导

● 沈月新 主编

● 制冷与冷藏技术等专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

食品冷冻工艺学实验指导

沈月新 主编

制冷与冷藏技术等专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

食品冷冻工艺学实验指导

沈月新 主编

责任编辑 林维芳

出 版 中国农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发 行 新华书店北京发行所

印 刷 中国农业出版社印刷厂

* * *

开 本 787mm×1092mm16 开本

印 张 3.5 字数 74 千字

版、印次 1995 年 5 月第 1 版

1998 年 5 月北京第 3 次印刷

印 数 4,001~6,200 册 定价 4.70 元

书 号 ISBN 7-109-03402-X/TS·43

ISBN 7-109-03402-X



9 787109 034020 >

主编 沈月新 (上海水产大学)
编者 夏达金 (浙江水产学院)
包建强 (上海水产大学)
审稿 陈兆益 (湛江水产学院)

前 言

随着冷藏技术的发展和人民生活水平的提高,利用低温来保持食品的品质已在我国得到广泛的应用,并取得很好的效果。《食品冷冻工艺学》课程中介绍了食品冷却、冻结、冻藏、解冻等工艺的基本理论和各种食品的冷冻、冷藏方法。为了使学能加深理解课堂中所学到的知识,使理论与实践密切相结合,并为进行食品冷冻工艺方面的科学研究奠定实验技术基础,我们编写了《食品冷冻工艺学实验指导》一书,以配合课堂教学,加强学生的实验技术和操作技能训练。

本课程是着重研究食品冷冻实用技术的应用科学。它以食品微生物学、生物化学和传热学等有关知识为基础,在学过食品冷冻工艺学专业课后学习的专门实验指导书。

本书由上海水产大学沈月新主编,参加编写的有浙江水产学院夏达金,上海水产大学包建强。编写分工:实验一、二、六、七、九、十二由沈月新编写;实验三、五、八、十一由夏达金编写;实验四、十由包建强编写。

在编写过程中,我们广泛收集国内外、食品冷藏实用技术方面的资料,注意吸收国外在食品冷冻工艺的科学研究和实际生产中的先进测试方法和测试技术,力求使内容符合先进性、新颖性、实用性,对教学、科研、生产都有较大实用意义和参考价值。由于时间仓促以及实验条件和水平的限制,书中难免有不足之处,希望读者给予批评指正。

编 者

1993年10月

目 录

实 验 一	水果、蔬菜贮藏中低温冷害的识别	1
实 验 二	食品冻结温度曲线的测定	4
实 验 三	冷冻切片观察冻鱼肌肉纤维变化的方法	7
实 验 四	真空解冻和微波解冻技术	10
实 验 五	鱼类鲜度的感官鉴定	12
实 验 六	鱼类鲜度 K 值的测定	15
实 验 七	冻鱼肌肉组织保水能力的测定	21
实 验 八	冻鱼肌肉蛋白质变性度的测定	23
实 验 九	保温鱼箱隔热效果的测定	26
实 验 十	鱼类肌肉质地测定	30
实验十一	蔬菜烫漂后过氧化物酶活性的测定	32
实验十二	冷冻食品质量的一般检查	35
附 录 一	主要水产品的国家标准、部标准	41
附 录 二	SB 型塑料保温鱼箱的主要规格、技术指标	45
附 录 三	奥特瓦质地测定仪测试室的类型和用途	46
附 录 四	铜—康铜热电偶毫伏值与温度换算表	47
附 录 五	白鲢在冻藏过程中肌肉切片的显微照片 (64×)	49

实验一 水果、蔬菜贮藏中低温冷害的识别

一、实验目的及原理

新鲜的水果、蔬菜是具有生命活动的有机体，它们进行着呼吸作用。在贮藏时，要保持其活体状态。但采摘后的水果、蔬菜不能再从植株上得到水分和营养的供给，只能利用生长过程中贮存的营养物质进行新陈代谢，随着营养成分的消耗和水分的失去，水果、蔬菜的品质不断发生变化，最后失去食用价值。为了延长新鲜水果、蔬菜的贮藏寿命，可采用降低环境温度的方法来降低水果、蔬菜的呼吸强度，延缓水果、蔬菜生命活动的进行，减少体内营养物质的消耗。但是贮藏环境的温度也不能降得过低。不少品种的水果、蔬菜在高于冻结点但低于某一临界温度的低温下贮藏一段时间后，由于生理代谢失调而造成组织坏死。这种因低温而产生的生理病害称为冷害。水果、蔬菜的低温冷害有各种症状，一般是表皮产生下陷斑点或变色，果肉或果心褐变，果实不能正常后熟等。

本实验是通过观察比较几种新鲜的水果、蔬菜类食品，在适温及临界温度以下的低温环境中贮藏的结果，识别低温冷害发病的时间及症状。

二、实验原料与器具

原料：香蕉、柑桔、黄瓜、鸭梨。

器具：搪瓷盘、直读式测温仪、0℃冰箱、适温通风贮藏库。

三、实验方法

1. 预先收集几种主要水果、蔬菜低温冷害的样品，供鉴别使用。例如，鸭梨的黑心病，香蕉的褐变，黄瓜的水浸斑点病等。
2. 将柑桔、黄瓜、鸭梨及未熟香蕉若干斤分成两组，分别贮藏于 0℃ 冰箱及适温 (13—15℃) 通风贮藏库内。
3. 用直读式测温仪定期测量 0℃ 冰箱及适温通风贮藏库中空气的实际温度，并作记录。
4. 定期 (约 3 天一次) 观察、比较两种不同温度下的贮藏结果。记录水果、蔬菜的外观，出现低温冷害的时间，病症及病斑的形状、大小、色泽、气味等。
5. 品尝病果与正常果实的口味和质地，统计发病率，并记入水果、蔬菜冷害观察表 1-1。

表 1-1 水果、蔬菜冷害观察表 (种类:)

贮藏温度	好果		病果									
	个	%	轻微		中等		较重		全腐		合计	
			个	%	个	%	个	%	个	%	个	%
冰箱 (℃)												
适温 (℃)												

四、注意事项

1. 实验原料应选择新鲜的、无病害的水果、蔬菜。
2. 实验中应定期观察检查冷害发生的情况，作好记录，并写上观察日期。

五、问题与讨论

1. 水果、蔬菜贮藏中发生低温冷害的机理是什么？不少品种的水果、蔬菜在高于冻结点但低于某一临界温度的低温下运输或贮藏一段时间后，由于生理代谢失调而造成组织坏死。分析低温冷害发生的机理，目前有以下几种认识：

(1) 生理代谢反常：一般来说，水果、蔬菜的呼吸作用随温度下降而逐渐减弱，但对冷害敏感的水果处在临界温度以下，呼吸作用反而会增强，呼吸商增大，使水果、蔬菜的生理代谢失调。

(2) 有毒物质的积累：植物细胞内存在着两种类型的生化反应，一种导致有毒物质积累，另一种是消除这些有毒物质。水果、蔬菜在临界温度以上时，细胞中有毒物质的产生和消除是处于平衡状态。当温度低于临界温度时，水果、蔬菜细胞中消除有毒物质的反应受到抑制，导致有毒物质的积累，造成低温冷害。不少研究表明，敏感品种水果发生冷害后，果实中某些酚类物质含量增高，这些物质在酶的催化作用下发生氧化和聚合反应，这是造成果肉褐变的原因。

(3) 质膜透性的变化：对冷害敏感的水果、蔬菜如果处于临界温度之下，细胞膜的状态发生变化，由原来的液晶状变成固态凝胶状。细胞膜的这一相变，造成膜的透性增加，扰乱离子平衡，使某些酶活性受抑，引起代谢失调。各种有毒中间产物的积累，造成细胞的伤害和死亡。细胞膜的相变化引起与膜结合的各种参与有氧呼吸反应的酶活化能增高，使有氧呼吸部分生化反应速度大大降低，而引起丙酮酸、乙醛、乙醇等有害物质的积累，造成组织伤害或死亡。另外，细胞膜变化所引起的有氧呼吸受抑和原生质流动停止，会造成植物组织进行生命活动时所需能量来源 ATP（三磷酸腺苷）的减少，其最终结果引起冷害发生。

2. 水果、蔬菜贮藏中的低温冷害有些什么症状？在水果、蔬菜贮藏中出现的低温冷害，其一般症状是表皮产生凹斑或变色，果肉或果心褐变，果实不能正常后熟等。但各种水果、蔬菜因组织结构差异和伤害程度不同，低温冷害的症状也不同。表 1-2 列举了几种水果、蔬菜低温冷害的病症。

表 1-2 水果、蔬菜低温冷害的症状

水果名称	病变初期症状	病变严重时的症状
鸭 梨	果心种皮上出现褐色斑块，发展时逐步扩展到整个果心，但外表无明显病变症状	果肉部分出现界线不明的褐变，果皮略呈暗色，果实风味变差，并带有异味，不能正常后熟

(续)

水果名称	病变初期症状	病变严重时的症状
香 蕉	果皮呈烟色褐变	果皮由烟色变为暗褐色。经高温催熟的果品后熟不良,果皮呈黑色,果肉有僵硬感,淀粉转化成糖缓慢,果味淡而略带涩味
黄 瓜	表皮出现凹斑、水浸状斑点	质地变软,表皮出现较多水浸状斑点和锈斑,部分发生腐烂
柑 桔	果皮出现凹斑	整个果皮褐变,油胞结构破坏,面皮层出现浅褐色,果肉呈暗色半透明状,风味差,略带苦味
西 瓜	瓜皮颜色正常,瓜肉脆度下降,食用时有糊状粘连感觉	果实严重软化,瓜肉结构破坏,呈稀糊状
青 椒	表皮出现水浸状斑点和锈斑	质地变软,表皮出现较多水浸状斑点和锈斑,并有小块腐烂,种子和花萼褐变

3. 影响水果、蔬菜出现冷害的因素有哪些?

(1) 冷害与水果、蔬菜的品种有关:水果、蔬菜可分为两大类。一类对冷害不敏感,其抗寒力强,在低温下可长期贮藏,并能保持良好的质量。另一类是对冷害敏感的品种,当处于发生冷害的临界温度以下贮藏或运输一段时间后,就会引起低温伤害,并随着时间的延长伤害逐渐严重。

(2) 冷害与水果、蔬菜的产地有关:产地不同,水果、蔬菜发生冷害的临界温度有很大差异。例如香蕉是生长在热带的水果,温度低于 12°C 就会发生冷害,而苹果是生长在温带的水果,发生冷害的临界温度为 $0-4^{\circ}\text{C}$ 。即使是同一品种的水果、蔬菜,由于生长地区的气候条件不同,发生冷害的临界温度也会有变化。

(3) 冷害与水果、蔬菜的采摘期有关:水果、蔬菜的采摘日期一定要适时,根据不同的品种而定。早摘或迟收都会造成冷害的发病率增高。

(4) 冷害与水果、蔬菜贮藏过程中的相对湿度有关:以苹果为例,降低贮藏过程中的相对湿度可减少冷害的发生,而对于香蕉等热带水果来说,相对湿度高可减轻冷害的程度。

4. 水果、蔬菜出现冷害的临界温度为多少?影响水果、蔬菜出现冷害的因素很多,但不同品种的水果、蔬菜发生冷害的临界温度有很大差异。表 1-3、4 列举了几种水果、蔬菜冷害的临界温度。

表 1-3 水果冷害的临界温度

(邱田, 1980)

种类	香蕉	芒果	橄榄	菠萝	柑桔	橙子	梅子	柠檬	
								黄熟果	绿熟果
临界温度 ($^{\circ}\text{C}$)	12-14.5	7-11	7.2	4.5-7.2	4-6	2-7	5-6	0-4.5	11-14.5

表 1-4 蔬菜冷害的临界温度

(R. E. Handenberg, 1986)

种类	黄瓜	青椒	茄子	扁豆	西红柿	
					完全成熟	绿熟
临界温度 (°C)	7	7	7	7	7-10	13

水果、蔬菜发生冷害不仅与温度有关，还与放置时间的长短有关。因为水果、蔬菜出现冷害需要一定的时间，如果短时间放置还不会引起低温伤害，随着放置时间的延长，冷害出现并逐渐严重。

主要参考资料

1. 刘恩等，果品贮藏中的寒害，《食品科技》，11，1978，3-6。
2. 西條了康、新堀二千男，食品のテルドと流通（後編），《冷凍》，64（5），1989，236-240。
3. 邨田卓夫，コールドチェーン研究，6（2），1980，2-10。
4. R. E. Handenberg et al., "The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. US Department Agricultural Hand-book 66", Superintendent of Documents, Government Printing office, Washington, DC 20402, 1986, 50-51.

实验二 食品冻结温度曲线的测定

一、实验目的及原理

食品冻结温度曲线是食品在冷却、冻结过程中，食品温度与所经历时间的关系曲线。在食品冷却、冻结的不同温度阶段中，放出的热量是不均衡的。当食品刚被冷却时，食品的温度不断下降，但降到某一个温度时，食品中的水分开始冻结，并有冰结晶形成，这个温度即为食品的冻结点。当食品继续被冷却时，其冷量主要用来夺取食品中大部分水分冻结成冰时所放出的大量潜热，因此较长时间食品温度降不下来，曲线几乎呈水平状。这段温度区间通常为-1—-5℃，称为最大冰晶生成带。此后，食品温度又较快下降，直至冻结终温。另外，食品厚度对冻结时间有很大影响。在食品、冷却、冻结过程中，食品温度始终以表面为最低，厚度越大，越接近中心，温度越高。因此，在描述食品不同深度部位的降温情况时，就有多条曲线。

通过本实验，要求掌握以下内容：

1. 食品冻结曲线的测定方法和热球式风速仪的使用方法。
2. 绘出食品中心温度的冻结曲线，并确定食品的冻结点。
3. 根据食品表层及不同深度测点的降温情况，绘出多条曲线。

二、实验原料与器具

原料：新鲜的淡水鱼或海水鱼（每条约重 250g—500g）。

器具：台秤、直尺、搪瓷盘、低温冰箱或冷冻箱、多点数字式温度记录仪、铜—康铜热电偶、热球式风速仪。

三、实验方法

1. 先将低温冰箱或冷冻箱的温度降至 -25°C 以下，用热球式风速仪测定箱内空气流动速度。如果不是送风式低温冰箱或冷冻箱时，可接一电风扇进去，以缩短实验时间。

2. 将新鲜原料鱼置于清洁的搪瓷盘内，如果是活鱼要用橡皮锤击毙。用直尺测量鱼体的长度及厚度，并用台秤将原料鱼称重。

3. 将铜—康铜热电偶与多点数字式温度记录仪连接。根据多点数字式温度记录仪接线柱的序号，对铜—康铜热电偶进行编号。如果铜—康铜热电偶原来已有编号时，需将两者的对应关系记录下来。

4. 将铜—康铜热电偶的测温端从鱼体背部分别斜插到鱼体中心、表层及两者之间的部位，并予以固定。然后将实验鱼放入低温冰箱或冷冻箱的适当位置进行冻结。另用一热电偶测点，测量冷冻箱内空气温度。

5. 开动多点数字式温度记录仪（使用方法见说明书）。每 7—10min 记录一次温度，直至鱼体中心温度降至 -15°C 时停止记录。关闭多点数字式温度记录仪，将实验鱼从低温冰箱或冷冻箱中取出。

6. 将所记录的温度、时间数据加以整理，在坐标纸上先绘出食品中心的冻结温度曲线，并确定该食品的冻结点。然后根据鱼体表层和中间部位测定的数据，绘出多条曲线。

四、注意事项

1. 本实验中为了能测出鱼体中心、表层及两者之间不同深度部位的冻结温度曲线，实验原料鱼最好选用厚度大的较为适宜。

2. 为了使热电偶测温端能较顺利地插入鱼体所要测温的各个部位，可预先准备好几个清洁的注射器针头，在鱼体上先用针头打洞后再插入铜—康铜热电偶的测温端。

3. 将热电偶测温端从鱼体背部斜插到鱼体中心部位时，一定要掌握其深度。如果插得过深，热电偶测温端进入鱼体腹部，因厚度减小，会影响测定结果。

4. 当实验精度要求较高时，可对测量所用的仪器采用校验的方法加以修正。

五、问题与讨论

1. 为什么要测定食品冻结温度曲线？食品冻结温度曲线是反映食品在冷却、冻结过程中，温度与所经历时间的关系曲线。通过食品冻结温度曲线的测定，可知道食品的冻结速度和冻结质量。因为冻结速度对冻品质量有很大影响。冻结速度快，细胞内外几乎同时产生冰晶，冰晶细小、数量多、分布均匀，对细胞组织结构损伤小，解冻时复原性好。冻结速度慢，冰晶主要在细胞外产生，且数量少、块状、分布不均匀，对细胞组织结构有较大

损伤,解冻时较多液汁流失,食品质量下降。掌握食品的冻结速度还可决定冻结产量。因为冻结速度快,食品的冻结时间短,冻结装置的周转率高,冻品的产量大。所以,通过食品冻结曲线的测定,可了解食品的冻结速度和冻结时间,对于提高冻结品的质量,增加冻结产量,降低能耗,提高冻结设备的效率是非常必要的。

2. 为什么鼓风可缩短食品的冻结时间? 低温静止空气冻结是靠空气自然对流带走食品的热量而进行冻结。由于空气运动速度慢,空气的导热系数又小,一般为 $0.03-0.12\text{m/s}$,所以食品冻结时间很长。为了克服低温静止空气冻结速度慢的缺点,可在设备中加置风机,使空气运动。冷空气在风机的作用下,以一定的速度在低温室内循环,大大增加了食品表面与空气之间的对流传热系数,使食品冻结时间明显缩短。图 2-1 所示是 $-35^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$ 的冻结室内,鼓风后风速与冻结时间减少率的关系。在送风冻结装置中,风速一般为 $3-5\text{m/s}$ 。如超过 5m/s ,冻结时间的缩短就不显著。

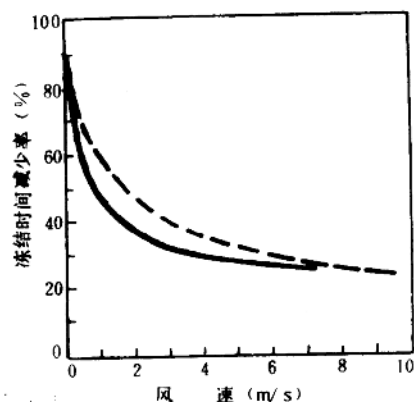


图 2-1 风速与冻结时间减少率的关系

—— 风向与冻结品平行 (盘冻)
—— 风向与冻结品垂直
(食品冷冻法, 1970)

3. 食品冻结温度曲线平坦段的长短与哪些

因素有关? 食品冻结速度的快慢主要表现在冻

结温度曲线中平坦段的长短。该平坦段的长短与下列因素有关: 食品种类、含水量、厚度、包装形式、导热系数、对流传热系数、冻结方式、冷却介质的种类、温度等。例如食品用液氮直接喷淋冻结时, 由于温差

达 200°C 以上, 热交换非常强烈, 冻结速度极快, 比普通空气冻结提高 $20-30$ 倍。从图 2-2 中可看出, 鲱鱼用液氮冻结, 通过最大冰晶生成带时间为 9min , 而一般空气冻结则要 190min , 冻结温度曲线平坦段明显缩短。此外, 比较食品在盐水和空气两种介质中的冻结温度曲线, 由于盐水的导热性能比空气好, 食品冻结速度快, 曲线平坦段短。因此, 食品冻结时采用导热性能好的冷却介质, 可大大缩短食品的冻结时间。

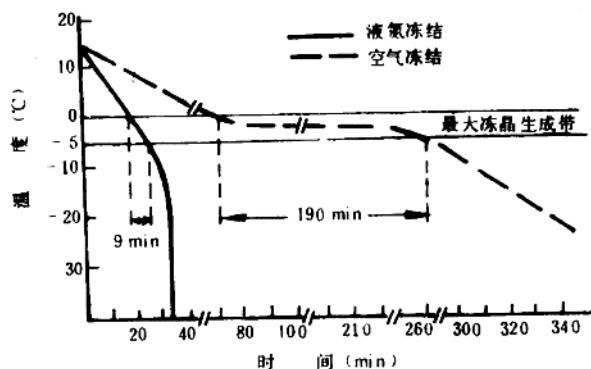


图 2-2 鲱鱼液氮冻结与空气冻结的比较

(制冷技术问答, 1981)

主要参考资料

1. 达式奎等,《食品工程测试》,上海交通大学出版社,1987,372-393。

2. 加藤舜郎等,《食品冷冻法》(改订二版),恒星社厚生阁,1970,121—122。
3. 徐世琼等,《制冷技术问答》,农业出版社,1981,398—403。

实验三 冷冻切片观察冻鱼肌肉纤维变化的方法

一、实验目的及原理

鱼在一般冻结条件下,其内部形成的冰晶体大小不太均匀,内部尚有极少量未被冻结的浓缩液。由于浓缩液的水蒸汽压与小冰晶的水蒸汽压分别高于大冰晶的水蒸汽压,蒸汽压高的一方就向低的一方转移,水蒸气不断附着并凝结在大冰晶体上面。随着冻藏温度的频繁波动与冻藏时间的延长,大冰晶体越长越大,小冰晶体的数量逐渐减少,甚至消失,鱼体内部冰晶的分布也越来越不均匀,导致鱼肌肉纤维的变形和损伤日益加剧。本实验是在冻鱼原有的冻结状态下进行切片(冷冻切片),通过显微摄影、放大,观察冻鱼肌肉在不同冻藏期或不同冻藏条件下的冰结晶长大以及导致肌肉纤维变化的程度。

通过本实验,要使学生掌握冷冻切片、组织固定、显微摄影、照片分析等技能,了解冻结、冻藏对鱼肌肉纤维所产生的变化及其破坏作用。具体要求如下:

1. 以新鲜鱼为原料进行冷冻切片、显微观察和摄影。
2. 以冻藏一个月以上的同品种冻鱼(要求鲜度、规格一致)为原料,进行冷冻切片、显微观察和摄影。
3. 比较鲜鱼与冻鱼两者观察的结果,分析冻鱼肌肉纤维所发生的变化。

二、实验原料与器材

原料:鲜活鱼,冻藏1个月以上的同品种冻鱼(要求鲜度、规格一致)。

器材:

1. BLQ型半导体冷冻生物切片机(由SCR制冷调节器、冷台及冷刀组成)。
2. XSP-18A型生物显微镜。
3. ZB-1型生物显微摄影仪。
4. 海鸥DF-1型单镜头反光照相机。
5. 电冰箱。
6. 上海牌(或公元牌)DIN21°135全色胶卷。
7. 载玻片、镊子、手术刀、手术剪刀、蓝、绿滤光片、棉花、擦镜纸、绸布、纱布、滴管。

三、实验方法

1. 切片前的准备:

(1) 接好半导体制冷器(冷刀和冷台)与整流电源(制冷调节器)的水路和电路,即

按图 3-1 联接。

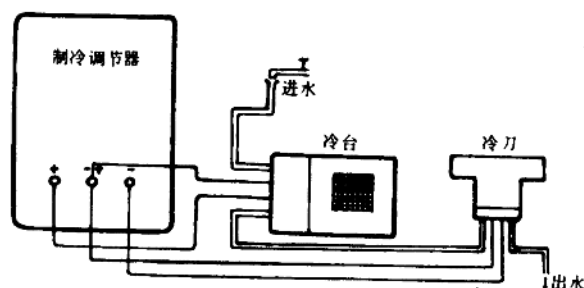


图 3-1 半导体冷冻切片机电路及水路示意图

水流次序为：自来水→冷台进水→冷台出水→冷刀进水→冷刀出水→下水

制冷器冷台、冷刀的电线与整流电源输出接线柱的联接：把冷台的正极（红色导线）联接到整流电源背面台的“+”极接线柱上。冷台的负极（绿色导线）联接到整流电源背面台的“-”极接线柱上，冷刀的正极（红色导线）联接到整流电源背面台的“-”极接线柱上（冷台的负极和冷刀的正极同时联接在一个接线柱上）。冷刀的负极（绿色导线）联接在整流电源刀的“+”极接线柱上。

冷台背面热继电器引出 2 根 0.35mm 绿色导线，联接整流电源背面“断水装置”2 个接线柱，不分“正”“负”极，任意联接即可。

联接导线时切切注意，不能接错，以免烧坏制冷器。

(2) 制冷器工作前，先接水流，再接通电路，以避免仪器烧坏。将“转换”开关拨向“刀台”，调节电流到 18—20A 之间，使刀台制冷，冷台出现白霜约 1mm，手接触冷台有粘感时即可贴组织块。

2. 冷冻切片

(1) 取材：取鱼背部肌肉（新鲜鱼与冻藏鱼取材要一致），修成长宽各 1cm，厚 4—5mm，形状尽量规则。

(2) 冻固：将组织块移至冷台的适当位置，用滴管在组织块边滴几滴水，便于组织块迅速冻结后牢固地粘于冷台上。若遇到组织块过脆，“切片”不能成膜时，应降低电流，升高冷台温度，片刻后切片。

(3) 切片：推拉动作要求稳健、缓慢、速度均匀，切至组织块最后还剩 2—3mm 时应停刀。此时切下的组织膜片连于组织块上，便于裱贴。

(4) 裱贴：用载玻片直接贴取组织膜片，或用器械（手术刀等）挑起已展开的膜片，迅速地、轻轻地置于载玻片上，使组织膜片保持原形平伏地裱贴到载玻片上。

(5) 固定：将裱贴组织膜片的载玻片保存于干燥、阴凉、防尘的地方，让其自然干固（此片可保存一个月，不影响实验失真）。

3. 显微摄影

装上 10×物镜，将 6.4×摄影目镜装在接筒的目镜座内，其各配套件按图 3-2 所示装置好。取下显微镜的目镜管，装上摄影仪，用显微镜上的固定螺钉固定好。

将裱贴组织膜片的载玻片置于显微镜工作台，通过对光部分进行观察，使视场内充满物象，如视场有偏移不圆或不充满的现象，则可松开调节固定螺钉，平移摄影仪与接筒的配合位置直到充满视场为止，同时固定调节螺钉将摄影仪固定。

调节视度调节圈，直到对光部分分划板上的“+”线条清晰为止，再调节显微镜，使分划板上的物象清晰为止。

选用 DIN21°135 全色胶卷，光源前加蓝、绿滤光片各 1 块，光源强度以视感正常为限，按 1s 曝光进行拍摄。

最后冲洗、印相。

四、注意事项

1. 原料鱼（新鲜鱼与冻藏鱼）的品种、规格要一致，作为

实验原料的冻鱼，在实验前一个月预先把它放在冻藏库或冰箱里，因为经过一段时间的冻藏，冰晶长大极为明显，此时与新鲜鱼一起进行冷冻切片显微摄影，其结果就有明显对比。如果采用刚生产没有几天的冻鱼作为原料鱼，其结果与新鲜鱼的肌纤维分布状态没有多大差异。这一点要注意。

2. 在冷冻切片机工作过程中，应始终保持水流畅通，并保证有一定冷却水流量，一般每分钟流量为 400ml 以上。使用者要牢记：工作前先通水，后通电；工作结束先断电，后关水。否则将烧坏机器。

3. 冻鱼修正为组织块，然后移至冷台上粘贴时，此过程要注意二点：一是整个操作要迅速，因为小小的组织块，很容易融化（尤其是高温季节），融化后的组织块在冷台上重结晶，则切下的膜片就会失真；二是冻鱼的组织块很难牢固地粘贴在冷台上，在切片的同时往往会使整个组织块脱落，故将冻鱼组织块移至冷台时，在组织块边缘用滴管滴几点水，冻结后才会使组织块牢固地贴在冷台上。

4. 用冻鱼组织块切片时，开始切下的膜片不宜取样，待切至组织块最后还剩 2—3mm 时，此时切下来的膜片进行裱贴，较能准确地反映鱼经过冻结、冻藏后的肌肉纤维分布的实际状态及其破坏程度。

5. 原料鱼修为组织块，不宜过厚、过大。过厚（这里指新鲜鱼）影响热量传导，组织块表面常常冻固不良。过大则“铺片”不易完整。

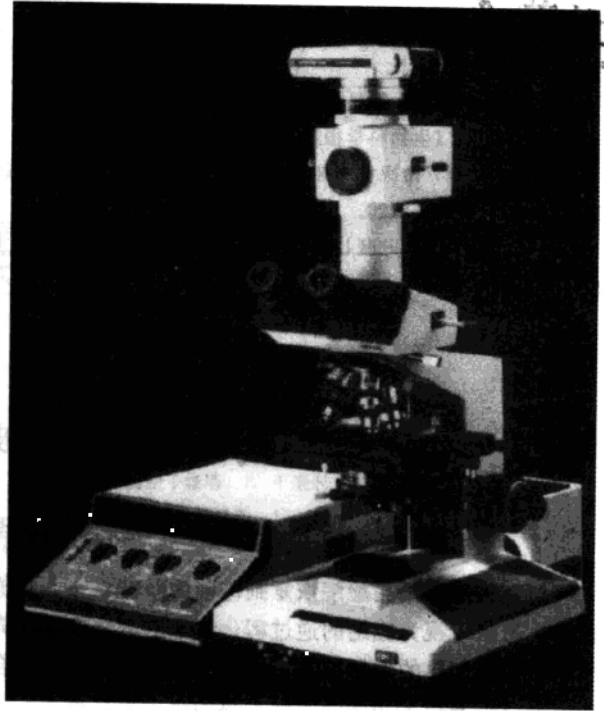


图 3-2 自动显微摄影装置图

主要参考资料

1. 郑国昌等,《生物显微技术》,人民教育出版社,1979。
2. 王柏杨,《生物科学摄影基础》,北京人民教育出版社,1980。
3. 佐藤繁雄,冷凍すり身中のタンパク質の分散状態の電子顕微鏡の研究,《日本水産学会誌》,50(12),1984,2117-2126。
4. 岡田猛,凍結貯蔵したコイミオシンBの電子顕微鏡にみる形態観,《日本水産学会誌》,52(2),345-353。

实验四 真空解冻和微波解冻技术

一、实验目的及原理

解冻是使冻结品融解恢复到冻前的新鲜状态,是冻结时食品中形成的冰结晶还原融解成水,所以可视为冻结的逆过程。解冻的方法有解冻介质温度高于冻结品的外部加热法和冻结品内部加热的电解冻法,以及两者结合使用的组合解冻法。本实验着重了解外部加热法的真空解冻技术和冻品内部加热的微波解冻技术。

真空解冻的原理是在真空状态下,水在低温时就沸腾(例如当容器内压力为 $1.3 \times 10^3 - 2.0 \times 10^3 \text{Pa}$,水在 $10 - 15^\circ\text{C}$ 时即沸腾),沸腾时形成的水蒸气遇到更低温度的冻品时就在其表面凝结成水珠。每公斤水蒸气在冻品表面凝结时放出 $2.09 \times 10^3 \text{KJ}$ 热量,这部分凝结热被冻结品吸收,使冻结品温度升高而解冻。

微波解冻的原理是利用电磁波对冻品中的高分子和低分子的极性基团起作用,尤其是对水分子的作用,使极性分子在电场中改变双轴分子的轴向排列,分子之间进行互相旋转、振动、碰撞产生摩擦而发热。该热量使冻品的温度升高,达到解冻的目的。微波解冻是冻品的表面和内部同时发热,频率越高,分子间的碰撞作用越大,发热量越多,解冻也越快。根据国际上的规定,工业上用的频率只有 915MHz 和 2450MHz 两个波段。

通过本实验,要使学生了解解冻原理的基础上,掌握冻结品的真空解冻和微波解冻技术,以及操作要点。

二、实验原料与器材

原料:冻鱼(用于真空解冻实验的冻鱼需带有预埋的热电偶)。

器材:温度记录仪(与预埋热电偶相配套)、真空解冻装置(图 4-1)、微波炉。

三、实验方法

(一) 真空解冻

1. 把带有冻结前预埋热电偶的冻鱼作为样品鱼。

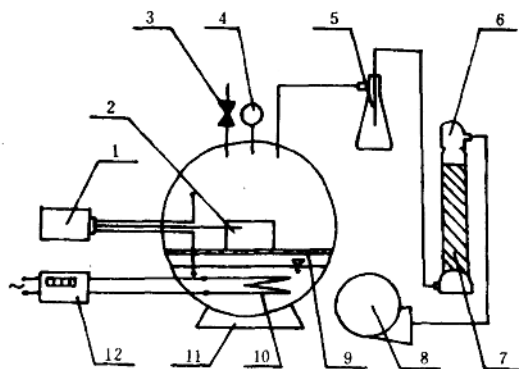


图 4-1 真空解冻装置示意图

1. DR 型数字温度仪 2. 解冻品 3. 真空调节阀
4. 真空表 5. 冷井 6. 真空干燥塔 7. 干燥剂
8. 真空泵 9. 网状隔板 10. 电加热器 11. 真空箱 12. WMIK-402 温控仪

2. 把样品鱼放入真空解冻装置内，并把盖密封好。
3. 把热电偶与温度记录仪相联结。
4. 打开真空泵，把压力抽至 $1.3 \times 10^3 - 2.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 。
5. 注意观察温度记录仪，当达到一定温度（ 0°C 或 -5°C ）时，打开放气阀，使真空装置内压力回升，解冻结束。
6. 在解冻过程中记录时间—温度关系，画出解冻曲线。

（二）微波解冻

1. 把鱼放入微波炉中。
2. 按下自动解冻按钮，启动微波炉。
3. 在解冻过程中，密切注意冻鱼的变化。
4. 在冻鱼已处解冻完成状态时，结束解冻。

四、注意事项

1. 在真空解冻中，真空腔内的压力应保持稳定。
2. 在真空解冻中，时间—温度关系以压力达到 $1.3 \times 10^3 - 2.0 \times 10^3 \text{ Pa}$ 时开始记录。
3. 在微波解冻中，解冻终了状态以整体所处状态为基准。由于无法正确地测出温度，故只能根据经验结合观察来判断，应防止过分解冻或处于半解冻状态。

五、问题与讨论

如何正确掌握微波解冻的终了状态？由于微波腔内不能放置任何金属物质，因此在解冻过程中无法正确测定解冻的温度，这给判断解冻是否完成造成了极大的困难。

为了正确掌握微波解冻的终了状态，可以采用以下三种方法：

- （1）模拟法：指导实验教师在学生实验前，选用与实验所用鱼样个体类似的同种鱼类