

全国高等水产院校试用教材

海洋饵料生物培养

湛江水产专科学校主编

水产动植物养殖专业用

农业出版社

全国高等水产院校试用教材

海洋饵料生物培养

湛江水产专科学校主编

海产动植物养殖专业用

农业出版社

前 言

饵料生物培养,是随着海产动物养殖生产的发展与海产动物养殖生产现代化的需要而发展起来的一项新的生产项目,并作为一门专业课程,在高等水产院校海产动植物养殖专业讲授。

《海洋饵料生物培养》由湛江水产专科学校陈明耀主编,上海水产学院张道南、许为群,大连水产学院陈瑞雯协编,并邀请中国科学院海洋研究所郑严,福建省水产研究所陈世杰等同志参加共同编写。

本教材重点介绍海产和半咸水产饵料生物的培养。分海洋酵母、单细胞藻类和动物性饵料生物培养三部分。内容包括各类饵料生物培养的基础理论、基本技能和生产技术。由于国内有关的参考资料较少,为了方便学生学习,教材的取材略广,某些内容可作参考资料性质,不必全部讲授。教材还增加了附编的内容,补充了一些有关饵料生物培养常用的基础知识,供学生以及饵料生物培养工作人员参考使用。

在编写过程中得到厦门水产学院华汝成教授的热情指导;得到中国科学院海洋研究所、水生生物研究所、福建省水产研究所以及许多基层生产单位的帮助和支持;得到金德祥教授、郑重教授、李冠国教授、刘瑞玉教授以及中国科学院海洋研究所饵料组、微生物组、黄海水产研究所饵料组、山东海洋学院生物系、水产系、厦门大学生物系、海洋系有关同志对文稿的全部或有关部分进行审阅并提出宝贵意见。在此表示衷心感谢。

由于我们的政治与业务水平所限以及编写时间的仓促,错漏在所难免,请同志们批评指正。

编著者

一九七九年一月

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 海洋酵母的培养

第一章 海洋酵母的生物学.....	6
第二章 影响海洋酵母生长繁殖的因子.....	14
第三章 海洋酵母的培养基.....	18
第四章 海洋酵母的纯种分离与保藏.....	23
第五章 海洋酵母的培养.....	27

第二篇 单细胞藻类的培养

第一章 培养种类及其生物学.....	40
第二章 单细胞藻类培养的一般方法.....	58
第三章 单细胞藻类在培养过程中生长和繁殖的特征.....	69
第四章 影响培养藻类生长繁殖的因子.....	76
第五章 单细胞藻类的培养液.....	89
第六章 选种.....	106
第七章 藻种的分离、培养和保藏.....	107
第八章 单细胞藻类的培养设备.....	112
第九章 敌害生物的防治.....	119
第十章 底栖硅藻的培养.....	127

第三篇 动物性饵料生物的培养

第一章 褶皱臂尾轮虫的培养.....	135
第二章 卤虫的培养.....	142
第三章 桡足类的培养.....	151

第四章 糠虾的培养	166
-----------	-----

附 编

附录一 目镜测微尺的校正和使用	181
附录二 海洋酵母的分离方法——超滤膜滤器分离法	182
附录三 海洋酵母的鉴定方法和酵母各属检索表(J.Lodder, 1970)	184
附录四 悬滴培养及其油浸物镜的活体观察	192
附录五 单细胞藻类的定量方法	194
附录六 单细胞藻类叶绿素测定法(分光光度法)	198
附录七 尿液有机肥施用表格的应用	202
附录八 微量元素溶液配方	203
附录九 维生素溶液配方	208
附录十 人工海水溶液配方	210
附录十一 漂白粉有效氯的简易测定法	212
附录十二 单细胞藻类培养操作规程	213
附录十三 有关国产筛绢型号、规格对照表	214
附录十四 常遇元素、元素符号、原子量对照表	216
附录十五 常用无机化合物的分子式	217
附录十六 常用药品溶液的配制	217
附录十七 常用计量换算表	218
附录十八 化学试剂规格、符号	219

绪 论

一、饵料和饵料生物

(一) 饵料 凡饲养动物的食物, 统称为饲料。而鱼、虾、贝类等水产动物的食物, 又习惯称为饵料。

(二) 天然饵料和人工饵料 饵料的种类很多, 但一般可分为天然饵料 (Natural food) 和人工饵料 (Artificial food) 两大类。天然饵料是生活在海洋、江河、湖泊等各种水域中可供水产动物食用的水生动、植物; 动植物的尸体; 有机碎屑 (detritus) 和细菌絮凝体 [水中有机碎屑通过细菌作用, 凝集为絮状物, 浮游水中, 称为细菌絮凝体 (floc), 一般大小50—100微米, 可供鱼类吞食。因色白, 故又称海雪 (Sea snow)] 等。人工饵料是指通过人为加工制造的各种饵料。特别是按照养殖对象的营养要求用各种营养物质配制的人工配合饵料, 受到重视并获得较快的发展。

(三) 饵料生物和活饵料 饵料生物是天然饵料最主要的成分, 是在各种水域中生长、繁殖的各种可供水产动物食用的水生生物。饵料生物和养殖对象共同生活在水域中, 是活的生物, 因此又称为活饵料 (Living food)。

二、海产动物养殖饵料

饵料对海产动物养殖的重要性是不言而喻的。过去, 我国海产动物养殖主要是依靠天然饵料。随着养殖事业发展的需要, 开展了饵料生物的人工培养和鱼、虾类人工饵料的试验研究。养殖技术现代化的发展, 对饵料将提出更高的要求。饵料问题解决得好, 又直接关系到养殖事业现代化的发展。

解决海产动物养殖饵料的办法是多方面的, 下面介绍几条主要的途径。

(一) 利用海区中的天然饵料 在天然海区中, 生活着数量众多的水生生物, 对这些天然饵料资源, 应该加以利用。我国历来在天然海区中养殖的贝类和在海港或鱼塢中养殖的鱼类、甲壳类, 都是以天然饵料为饵的。对丰富的天然饵料资源, 今后还应进一步开发利用。

由于海洋面积广大, 从天然饵料的生产力和总量来说是惊人的, 但是从自然海区单位水体存在的天然饵料的数量能否满足养殖动物需要的角度考虑。养殖以植物性饵料生物为饵料的种类 (如大多数的贝类), 因为植物性饵料生物的存在量比较大, 生长繁殖的速度快, 因此一般尚能较好地满足需要。而养殖以动物性饵料生物为饵料的种类 (如大多数的鱼类、甲壳类等), 则由于天然饵料的不足而限制了高密度养殖的可能, 这也是目前依靠天然饵料的海港或鱼塢的鱼类、甲壳类养殖单位面积产量低的主要原因。为了提高鱼类、甲壳类养殖的单位面积产量, 近年来的趋向是进行小面积精养, 通过水体施肥培养饵料生物和投喂人工饵料, 或进行网箱养殖投喂人工饵料, 来补充天然饵料的不足。

(二) 天然饵料的捕捞利用 天然水域中的饵料生物, 在某些海区或某些环境条件下, 某些种类的生物量很大, 可以捕捞利用。

我国南方河口的半咸淡水海区, 春夏之间, 桡足类常大量繁殖, 数量很大, 群众捕捞加工为食品, 称“虾春”。在广大的海区还有资源十分丰富的毛虾、糠虾、荧虾和小双壳贝类, 这都是可以捕捞利用为海产动物养殖的饵料资源。

日本代田昭彦(1975)提出对赤潮生物の利用问题, 当赤潮发生的时候, 生物量特别大, 用一个网口直径为113厘米的浮游生物网, 在夜间几小时内可拖捕几吨的浮游生物。拖曳一公里的距离, 可获得一吨以上的浮游生物。对赤潮生物の利用是应该引起重视并应开展研究的课题。

(三) 人工饵料 人工饵料的原料来源很广泛, 各种廉价的营养物质都可以利用, 初级的人工饵料, 只是把某些可以作为饵料的物质经简单加工配合而成, 加工的主要目的是便于保藏, 最常见的是制成干制品。人工配合饵料则是根据养殖动物的营养要求用各种营养物质配合而成的高级人工饵料。人工配合饵料的营养组成主要有蛋白质、脂肪、淀粉、维生素和生长刺激素, 加上防腐剂、防酸化剂、索饵因子混合由粘合剂粘合加工成大小、形状适合的饵料, 配制后可以立即投喂(湿品), 也可以干燥后保存, 以干品投喂。配制人工配合饵料的原料, 有鱼粉、血粉、蚕蛹、各种动物的内脏、食品工业的废弃物、各种主杂粮的粉剂、各种油粕、米糠、酵母、各种植物的可利用部分、各种维生素和生长刺激剂等。近十多年来人工配合饵料在日本等国获得较快的发展, 已进行企业化生产。近年来我国也开展了人工配合饵料的试验研究, 取得了一定的成绩。

人工配合饵料的原料来源虽然广泛, 但大多数原料是人类的食品或畜、禽的饲料, 在人类食品还不是十分丰富, 各业俱兴的今天, 要进行人工配合饵料的大量生产, 原料(尤其是蛋白质资源)问题往往不容易解决, 特别是联系到养殖成本时更是如此。为了解决饲料和饵料原料不足的困难, 近年来, 英国、苏联、日本等国大力发展石油酵母的培养, 希望通过这一途径, 解决饲料和饵料的蛋白质资源问题。

(四) 饵料生物的培养 人工饵料在使用上有其局限性, 对海产动物的幼体阶段(以及一些种类的成体阶段)并不理想。其原因主要是育苗阶段投喂活饵料比投喂人工饵料有更大的优越性。首先是人工饵料易引起水质变坏, 而活饵料不影响水质, 具有色素体的植物性活饵料在白天进行光合作用产生氧气, 并吸收养殖动物的排泄物分解产生的有害物质(如氨), 对水质有改良作用, 其次, 养殖动物对活饵料喜欢吃, 容易消化, 吸收迅速, 增肉率与生产速度比人工配合饵料高, 因此近十多年来, 活饵料的人工培养, 受到广泛重视, 并获得了迅速的发展。

(五) 活性污泥和有机污泥 在有机质十分丰富的泥土中, 生活着大量的细菌和原生动物, 这样的泥土是细菌和原生动物的微生物集合体, 称为活性污泥。把活性污泥中的细菌和原生动物分离滤出作为饵料的问题, 已成为研究的课题。

日本代田昭彦等(1975)提出鱼塘泥由于饵料残渣、鱼类排泄物和浮游生物尸体很多, 营养价值高。城市污水的沉淀池泥土, 有机氮含量比塘泥高数倍, 维生素B₁₂含量也大, 比塘泥营养更丰富。这些泥土称为有机污泥。可以把有机污泥风干作为底栖动物的饵料。也可以在有机污泥中再加入磨碎的植物叶或其他营养物质, 使有机污泥的营

养价值提高,称之为人工有机污泥。

活性污泥和有机污泥的研究是值得注意的动态。

三、饵料生物培养

饵料生物培养是解决海产动物养殖饵料的一个重要方面。活饵料具有不影响水质,养殖动物喜欢吃,容易消化吸收,生长速度快的优点。特别是海产动物的人工育苗阶段,以活饵料为饵,育苗效果比使用其他饵料好,因此培养活饵料成了目前解决幼体饵料的主要方法。随着海产动物养殖事业的发展,养殖方式由半人工养殖向全人工养殖过渡,鱼类、甲壳类、贝类人工育苗的广泛开展,饵料生物的培养就愈来愈显示出其重要性。也正是由于海产动物人工育苗的需要,推动着饵料生物培养的迅速发展。

饵料生物培养的方式有两种。一种为采用专用的饵料培养池培养,培养的种是经过筛选的优良品种,培养达到一定浓度后投喂幼体摄食。另一种为直接在培苗池中施肥培养,培养的种类混杂,不能人为控制,数量的控制和水质的保持也比较困难。本教材内容重点介绍前一种培养方式。

培养的饵料生物中必须经过筛选。作为人工培养的优良饵料生物应具备下列条件:

- 1.不同的动物及同种动物的不同发育阶段对饵料大小的要求不同,饵料生物的个体大小应适合于养殖动物的摄食。
- 2.饵料生物在水中的运动速度与分布情况,便于养殖动物摄食。
- 3.容易被养殖动物消化吸收,营养价值高。养殖动物生长、发育迅速。
- 4.饵料生物及其代谢产物无毒,养殖动物的成活率高。
- 5.饵料生物的生长、繁殖迅速,对环境的适应能力强,易于大量培养。

人工培养的饵料生物分植物性饵料生物和动物性饵料生物两大类。植物性饵料生物又分海洋酵母(真菌类)和单细胞藻类两类。

(一) 海洋酵母(Marine yeast) 1969年日本开始培养海洋酵母,并用海洋酵母为饵料培养轮虫、卤虫和对虾的蚤状幼体,获得良好效果。

近年来,我国也开始了对海洋酵母的分离、筛选、培养和饵料效果的研究,取得了一定的成绩。

(二) 单细胞藻类 单细胞藻类的大量培养研究,国外开始于第二次世界大战前后。近十多年来,随着各国贝类和甲壳类育苗生产的企业化,单细胞藻类的培养获得迅速发展。

我国自五十年代开始,中国科学院水生生物研究所、上海水产学院、中国科学院海洋研究所、黄海水产研究所等单位,即对淡、海水单细胞藻类开展采集、分离和培养研究。1960年前后为解决代饲料问题,开展了群众性的淡水小球藻、栅连藻的大面积养殖;山东、广东、福建等省的一些单位开展了海水扁藻的大面积养殖试验。1966年马氏珠母贝人工育苗成功并普遍推广,广东、广西两省区的珍珠养殖场基本上都进行了扁藻的培养生产。随后跟着对虾、贻贝、海参、鲍鱼……等海产经济动物人工育苗的广泛开展,沿海各省均进行了多种单细胞藻类饵料的生产性培养,积累了单细胞藻类大量生产的宝贵

经验。

(三) 动物性饵料生物 动物性饵料生物的种类繁多, 目前作为饵料培养的对象有轮虫、卤虫、桡足类、糠虾、双壳贝类的卵和幼体等。

1. 轮虫 在日本等国家, 已广泛培养褶皱臂尾轮虫为鱼类、甲壳类幼体的饵料。

我国在五十年代即对壶状臂尾轮虫和褶皱臂尾轮虫进行培养研究, 并作为仔鱼和虾的糠虾幼体的饵料。近年来, 随着虾类育苗生产的开展, 不少科研、教学和生产单位都进行了褶皱臂尾轮虫的大量培养生产。

2. 卤虫 利用卤虫的休眠卵孵化成无节幼体, 直接或经过一定时间的培养, 作为鱼类、甲壳类幼体的饵料, 已为国外普遍采用。

我国在六十年代初期开始, 对卤虫休眠卵的采捕、干制、孵化、培养和饵料效果进行了试验。此后, 卤虫幼体在我国鱼类、甲壳类的育苗中作为饵料广泛使用。

3. 桡足类 桡足类是鱼类、甲壳类幼体阶段的重要饵料。近年来, 国外对桡足类的培养研究, 逐渐增多, 但研究多着重于生物学方面。

我国近年来也开展了桡足类的培养研究, 并进行了大面积培养试验, 取得了一定的成绩。

4. 糠虾 糠虾是海马和其他许多鱼类的优良饵料。

日本、欧美等国家对日本新糠虾 (*Neomysis japonica*)、中型新糠虾 (*Neomysis intermedia*) 等的生物学进行了研究。苏联在六十年代后期曾将糠虾引入水库, 增加了水域饵料基础, 提高了水库养鱼的数量和质量。

我国近年来对黑褐新糠虾的生物学进行了研究, 并对糠虾的大量培养开展了试验。

5. 双壳贝类的卵和幼体 双壳贝类的卵和幼体, 作为动物性饵料具有下列优点:

(1) 双壳贝类的卵、担轮幼体和早期面盘幼体, 大小在60—120微米之间, 适合鱼类、甲壳类幼体摄食。

(2) 可通过人工授精的方法, 获得大量的贝类幼体。不少双壳贝类为养殖对象, 来源广泛, 在鱼类、甲壳类的人工育苗期间, 容易找到合适的处于繁殖盛期的双壳贝类。

(3) 双壳贝类幼体, 营养丰富, 一般5—7天内, 消化体内卵黄, 不用投饵, 即可在水中正常生活。

因此, 我国以及日本、苏联等国家在鱼类、甲壳类的人工育苗中广泛应用双壳贝类的卵或幼体作为鱼、虾幼体的动物性饵料。

6. 其他 还有许多海洋动物, 如多毛类环节动物、钩虾、岩虾 (*Periclimenes* sp.)、磷虾等, 都是有培养前途的动物性饵料生物。

四、海洋饵料生物培养的发展趋势和今后的任务

近年来临海的各国都十分注意开发浅海资源, 发展海产动植物养殖生产。饵料生物培养受到普遍重视。

从发表的专著来看。1965年福格 (G. E. Fogg) 发表了《藻类培养和浮游植物生态学》一书, 1969年德鲁普 (M. R. Droop) 发表了论文《藻类》, 都概述了单细胞

藻类培养的基本方法。1970年在西德的赫耳果兰 (Helgoland) 召开了一次国际性的 饵料生物培养会议, 有29个国家的258位科学家参加了大会, 发表了正式论文64篇。1972年史密斯 (Smith) 等发表了海洋无脊椎动物培养的论著, 论述了饵料生物在经济动物养殖中的作用并指出了当时国际养殖经济动物所采用的一些有效饵料生物一般性培养记录。1973年斯坦 (J. R. Stein) 编写了《藻类学方法手册——培养方法和生长测定》一书。1975年日本的代田昭彦 (A. Shiota) 发表了《水产饵料生物学》专著。1976年金尔 (O. Kinne) 编写了海洋生态学第Ⅱ卷第一部分, 论述了海洋植物的培养。国际上饵料生物的培养, 已进入一个新的发展阶段, 预计不久的将来, 将会有更大的进步。

我国的情况也完全一样, 由于海产动物养殖发展的需要, 饵料生物培养得到了重视。近年来, 有关的科研、教学、生产单位成立了专门研究组织或安排了专人负责饵料培养的科研和生产工作。在各有关单位的努力下, 都不同程度地取得一定的成绩, 使近年来我国的饵料培养工作, 获得了较快的发展。

虽然我国的饵料培养工作有了较快的发展, 但是距离形势的要求还很远, 还存在不少问题, 急需研究解决。

(一) 海洋酵母培养方面

应进一步深入研究, 筛选优良品种, 重点解决大量生产、储藏和应用问题。

(二) 单细胞藻类培养方面

1. 积极开展单细胞藻类新藻种的分离、培养研究 虽然我国培养的单细胞藻类种已达二十种以上, 但大多数种只是进行过小型培养试验, 能成功地进行大量生产的种不多, 只有亚心形扁藻、三角褐指藻、新月菱形藻等几种。角毛藻和湛江叉鞭藻等一些种类也正在试验生产中。这些种类不能满足各种经济动物人工育苗的需要。今后一段时间应继续开展新藻种 (包括目前已分离出来的一些新藻种) 的分离、培养研究。筛选出更多的优良单细胞藻类饵料品种来供应育苗的需要。

2. 建立一个全国性的保种中心, 把各地分离获得的纯藻种培养保藏好, 并随时供应有关单位使用。

3. 对目前培养的优良单细胞藻类饵料种, 深入进行生长、繁殖、营养等基础理论的研究。

4. 单细胞藻类培养技术的改进 目前我国采用的开放式静水不通气一次培养法的培养技术应进一步改进完善。在有可能的情况下, 试验通气连续培养法的培养技术。

5. 加强对敌害生物污染的防治研究 目前单细胞藻类饵料大量生产的主要矛盾是由于敌害生物的污染和危害而造成生产不稳定, 不能保证在育苗生产中的持续供应, 对敌害生物的防治研究必须重点进行。特别是研究大量用水的有效消毒方法。

(三) 动物性饵料生物培养方面

1. 我国对于动物性饵料生物的培养研究比较薄弱, 尤其是生产性大量培养的成功经验不多, 今后应首先重点研究轮虫、卤虫、桡足类、糠虾等培养种类的生物学和大量培养技术。

2. 积极开展有培养前途的优良品种的培养研究。

第一篇 海洋酵母的培养

作为饵料生物的海洋酵母，是七十年代才开发利用，并获得迅速发展的培养种类。

日本旭化成有限公司用麦芽汁海水琼脂，从日本竹筴鱼 (*Trachurus japonicus*) 胃含物中分离培养出来的一种海洋酵母菌，可用来培养轮虫、卤虫等动物性饵料生物，并可供作鱼类、虾类早期幼体的饵料。海洋酵母的培养在国外发展很快，已完成了工业企业化规模的生产。

在我国，中国科学院海洋研究所、山东海洋学院和上海水产学院等单位，从饵料角度，开展了海洋酵母菌种的分离、筛选、培养和饵料效果试验等方面的研究。

海洋酵母的细胞，很适合海产动物初期幼体摄食和消化吸收。经过国内外实验证明，海洋酵母完全可以作为海产经济动物，如海参、对虾等幼体的直接饵料或间接饵料。

海洋酵母适于工业化大量生产。生产稳定，产量高，周期短。海洋酵母的活菌株产品，可低温贮存。因此，能有效地保证饵料供应。目前，单细胞藻类饵料生物培养，在大量生产方面，还存在着不稳定性，要确保饵料的供应，有时还有困难。而海洋酵母的生产则可弥补这一缺陷。

其次，海洋酵母比其他酵母，如面包酵母、石油酵母等更适于作为海产经济动物幼体的饵料。因为后者在水中的分散性差，饵料效率低，即使是活酵母，在海水那样离子浓度高的液体中也是不稳定的，细胞中的有效成分会渗出，不仅降低了饵料本身的营养价值，还会引起水质变坏，细菌繁生。而海洋酵母体内成分在海水中是极稳定的。

因此，海洋酵母是发展海产动物养殖，不容忽视的，具有广阔前景的饵料生物。

第一章 海洋酵母的生物学

第一节 海洋酵母的分类

海洋酵母 (Marine yeast) 是一个生态类群，指的是生活在海洋中的酵母类。一般地说，海洋酵母在耐盐性上和陆生酵母具有不同的特征。海洋酵母和其他酵母一样，是同属于真菌门中的微生物。

海洋酵母的分类主要是以娄德 (J. Lodder) 的分类系统为主；结合海洋酵母研究的具体情况，在某些方面作了些修改〔娄德的分类系统参考1952年（第一版）及1970年（第二版）的《酵母分类研究》(The yeasts. A taxonomic study) 一书〕。

根据娄德的分类系统，首先是依据形态特性，如根据其是否有有性过程，能否形成子囊孢子或掷孢子、担孢子、冬孢子而把酵母分为几大类。以形成子囊孢子的酵母归

入子囊菌纲 (ASCOMYCETES), 原子囊菌亚纲 (Protoascomycetes), 内孢霉目 (Endomycetales)。下设四科: 双足囊菌科 (Dipodascaceae)、内孢霉科 (Endomycetaceae)、酵母科 (Saccharomycetaceae)、蚀精霉科 (Spermophthoraceae); 形成掷孢子的酵母, 归入担子菌纲 (BASIDIOMYCETES) 的掷孢酵母科 (Sporobolomycetaceae); 形成担孢子或冬孢子的酵母归入担子菌纲 (BASIDIOMYCETES) 的黑粉菌目 (Ustilaginales), 下设黑粉菌科 (Ustilaginaceae); 不产生子囊孢子或掷孢子、担孢子、冬孢子的酵母菌, 归入半知菌纲 (FUNGI IMPERFECTI), 以梗孢目 (Monillales), 隐球酵母科 (Cryptococcaceae)。从海洋中分离到的酵母, 大部分包括在酵母科 (Saccharomycetaceae), 隐球酵母科 (Cryptococcaceae), 蚀精霉科 (Spermophthoraceae), 内孢霉科 (Endomycetaceae)。在分类上, 广泛分布在梅氏酵母属 (Metschnikova)、酵母属 (Saccharomyces)、汉氏酵母属 (Hansenula)、毕氏酵母属 (Pichia)、德巴利氏酵母属 (Debaryomyces)、掷孢酵母属 (Sporobolomyces)、假丝酵母属 (Candida)、隐球酵母属 (Cryptococcus)、克氏酵母属 (Kloeckera)、红酵母属 (Rhodotorula)、球拟酵母属 (Torulopsis)、丝孢酵母属 (Trichosporon) 等十多个属。

我国沿海, 从南到北, 已分离和筛选出不少海洋酵母菌株, 已用于和正在用于海产经济动物人工育苗幼体的直接的或间接的饵料试验。最常见的有红酵母属 (Rhodotorula) 和球拟酵母属 (Torulopsis)。菌株的鉴定工作, 正在进行中。有关分类鉴定具体方法和酵母各属检索表 (J. Lodder, 1970), 参考附编附录三。

第二节 海洋酵母的形态及其构造

海洋酵母为多形的, 不运动的, 单细胞微生物。种类很多。海洋酵母细胞有各种形状, 有圆形、椭圆形、腊肠形。有的海洋酵母在培养基上可形成丝状体, 这是由酵母细胞出芽生殖时, 许多芽连接的结果。这种菌丝又称为假菌丝。假菌丝的细胞间有明显的隔膜, 很容易彼此分开。

一般海洋酵母的细胞长约 3—10 微米, 宽约 1.5—5.5 微米 (根据十多种分离菌株具体测量的数值范围), 其形状与大小常受培养条件及培养时间的影响而改变。不同种的海洋酵母, 它们的形态与大小也有相似, 因此不能单凭形态与大小来辨别它们的类型。

在液体培养基中, 有些海洋酵母, 能在液体表面形成一层薄膜, 还有些能在液体底部产生沉淀。在固体培养基上, 海洋酵母形成各式各样的菌落, 有湿润的、干燥的甚至扩散型的, 有的还在菌落上具有毛刺或乳头状凸起, 边缘光滑整齐或不整齐等; 在菌落颜色方面, 最常见的是白色和红色两类, 其中又有色泽和程度上的差别, 而实际上是反映了不同的菌株种类, 此外还有淡黄色、紫色和黑色的酵母菌落。这些菌落常带粘性。培养时间较长的菌落呈皱缩状, 并较干燥 (图 1—1)。

在显微镜下观察海洋酵母细胞的内部构造, 可见到细胞壁和细胞核, 有时还可见到一至两个液泡和各种不同的颗粒。

海洋酵母的细胞壁, 在细胞幼年时较薄, 细胞成熟时较厚。细胞壁的主要成分为醇

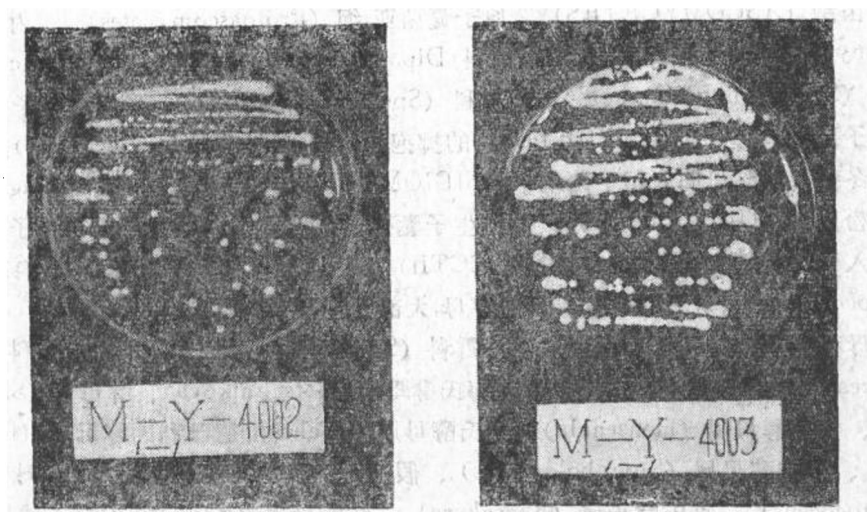


图 1—1 海洋酵母不同菌落类型

- (1) M—Y—4002菌株：白色、湿润、光滑、粘稠、边缘整齐
 (2) M—Y—4003菌株：乳白、干燥表面有褶皱、扩散生长、边缘不整齐

母纤维素，是一种碳水化合物，与高等植物细胞的纤维素不同。

紧贴细胞壁的内壁有细胞膜。具有半渗透性。营养物质的吸收与废物的排除都是通过这层膜完成的。某些种的细胞外层有粘液层。

海洋酵母具有明显的定形的核，核呈圆形或卵形，其直径为1.0微米左右，核的位置不定，一般位于细胞中央，依细胞的形状及发育程度而定。每个海洋酵母细胞只有一个核，用碘液染色后，就可以清晰地看见核膜、核仁及染色质，染色质的数目依菌种而异。

当海洋酵母细胞发育时，细胞质的变化很大。幼年细胞的细胞质浓稠而均匀，很容易为苯胺染料着色。在老年的细胞里呈现出许多微粒和液泡。大多数的细胞，尤其是球形与椭圆形细胞，只有一个液泡，长形的细胞有时有两个液泡，位于细胞的两端。细胞中的颗粒，是细胞的代谢产物，如异染颗粒，肝糖及脂肪粒。异染颗粒是酵母菌的贮藏物质，在生活的细胞中有折光性，分散在液泡或原生质中。老年细胞积累的较多，幼年细胞较少。肝糖是海洋酵母的贮藏物质，当培养基中营养物质丰富时多存于液泡中，用稀碘液着色即可见肝糖呈棕色。海洋酵母菌细胞中，还含有不同大小的脂肪粒，有折光性，也是细胞的贮藏物质。

第三节 海洋酵母细胞的生物化学组成

研究细胞的生物化学组成，可以了解细胞中各种组成物质的物理化学性质，以及这些组成与细胞所履行的功能的关系。下面叙述仅是海洋酵母菌中已被测定的少数菌株的例子。

海洋酵母含有水分、矿物质和有机物。

一、水分

水分是细胞组成的主要成分。海洋酵母含水量，一般有73—75%。不同种类的海洋酵母菌细胞含水量固然不同，就是同一种海洋酵母菌细胞含水量也是随着其生存条件及生活时间而异。

二、矿物质

海洋酵母细胞除去水分以外，剩下的便是由各种矿物质与有机物质构成的干物质。矿物质呈游离状态存在，或者结合于有机物质中。矿物质对维持细胞渗透压、电荷平衡及原生质膜的选择性起着重要作用，一般海洋酵母菌的灰分含量是6.0—10.0%。

细胞的灰分含量，随培养基条件而不同，一般生长在无机盐含量高的培养基中，菌体的灰分含量也较高，菌体一般含有 P_2O_5 ， SO_3 ， K_2O ， MgO ， CaO ， Fe_2O_3 ， SiO_2 等灰分元素。

三、有机成分

有机物质在海洋酵母菌细胞中占有干物质的90—94%包括蛋白质、糖类、脂类等。

(一) 蛋白质 蛋白质是海洋酵母菌细胞中干物质的主要成分。一般占细胞干物质的30—50%。

在氨基酸组成上和其它酵母比较，在质与量上并没有大的差异。

(二) 糖类 海洋酵母菌细胞含有35—60%糖类。在细胞内含有肝糖，作为贮藏的养料。

(三) 脂类 海洋酵母菌细胞含1—5%脂类，脂类是组成细胞半渗透性原生质膜的成分，也是细胞内的贮藏物质。

此外在维生素的组成方面也与面包酵母、石油酵母等比较没有特别的不同点。

海洋酵母菌细胞中除蛋白质、糖类、脂类、维生素等有机物质外，还有其它有机物，如各种色素，生长刺激素等。

第四节 海洋酵母的生长和繁殖

海洋酵母在适宜的环境条件下，不断地吸收营养物质，并按一定的方式进行代谢活动。如果同化作用超过异化作用，则原生质的总量不断增加，就引起了生长。生长即原生质含量的增加。生长不仅指个体细胞，而且也适用于群体生长。

当细胞生长到一定程度时，母细胞以出芽、分裂等方式形成基本上相同的子细胞，这就称为繁殖。繁殖是建立在生长基础上的个体数目增加的现象。

在适当的条件下，生长和繁殖始终是交替进行的。生长到繁殖是一个量变到质变的发展过程。

大多数海洋酵母是以芽殖方式繁殖，有少数几种进行裂殖，亦有有性孢子繁殖。

1. 芽殖 通常母细胞先长出一个芽，然后渐渐长大而与母细胞分离。有时小芽尚未脱离母细胞，芽体又行出芽以至形成短链；有的海洋酵母菌出芽以后再行出芽，如此连续进行，各芽相互连结而成丝状，又名假菌丝。少数种类也可产生节状真菌丝。芽殖方式有多种，因种而异，是酵母分类的依据（图 1—2，图 1—3）。

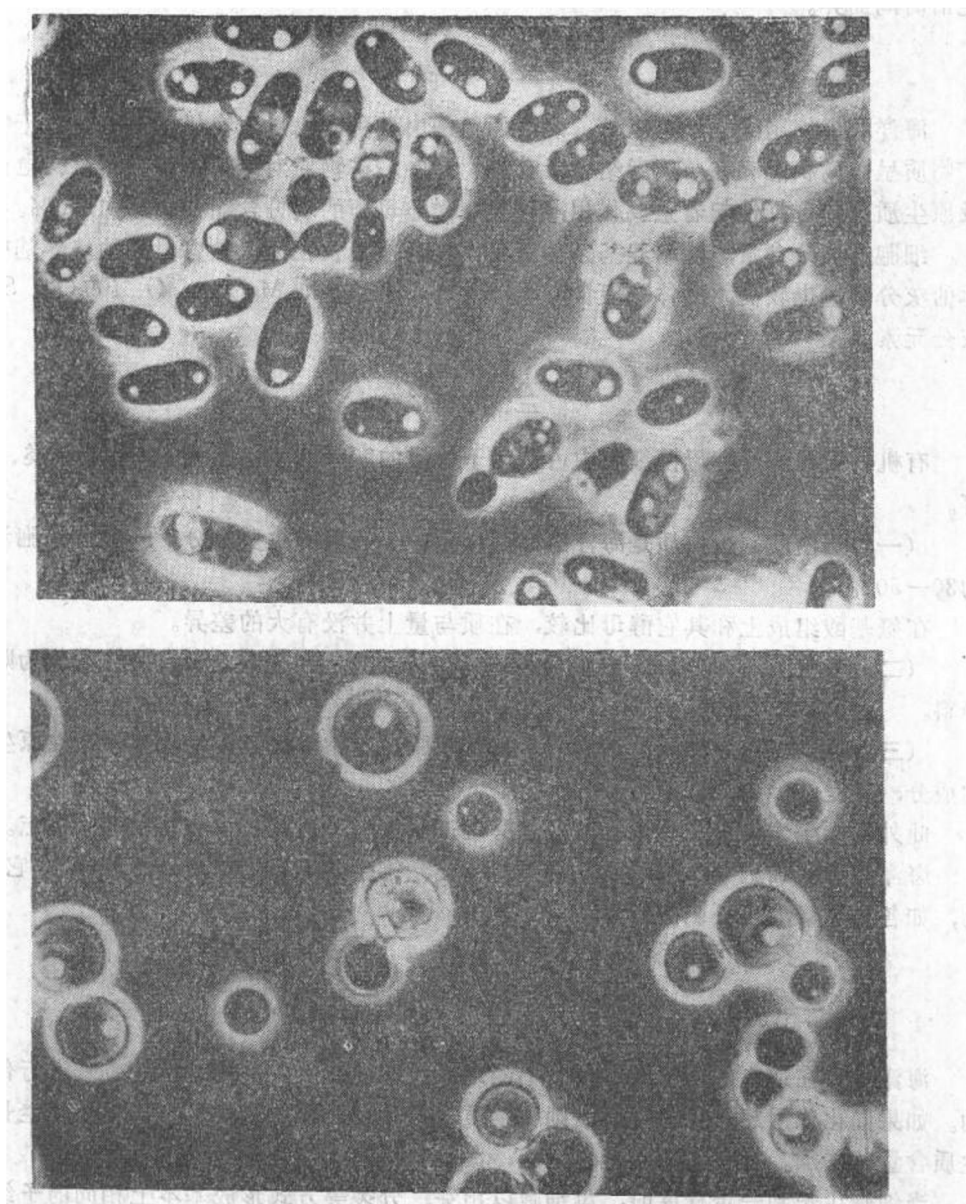


图 1—2 海洋酵母菌及其芽殖

上: *Rhodotorula mucilaginosa* ($\times 3400$) (H. G. Hoppe)

下: *Debaryomyces hansenii*, ($\times 3750$) (H. G. Hoppe)

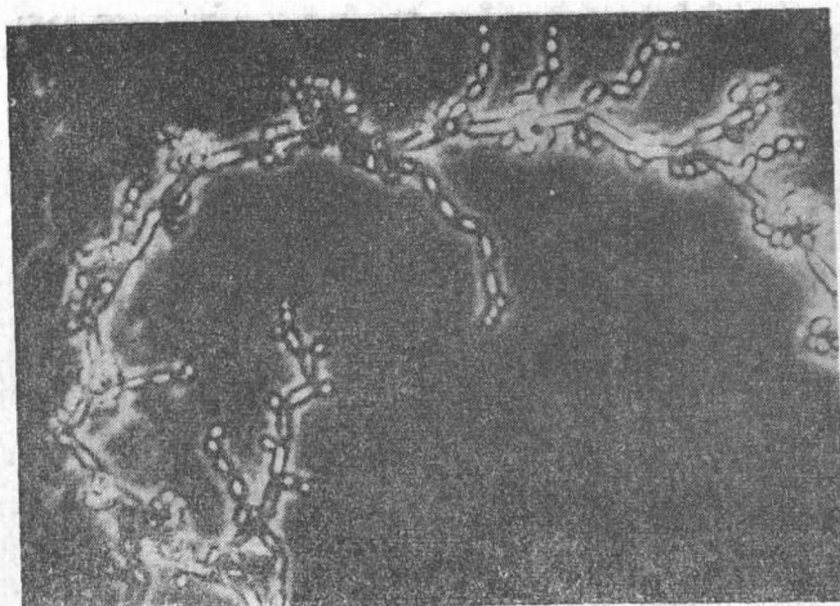


图 1—3 海洋酵母菌的假菌丝
Candida parapsilosis ($\times 1300$) (H. G. Hoppe)

2. 裂殖 裂殖酵母属的酵母，以分裂方式繁殖，其进行过程是细胞先行延长，至一定程度后中间生一横隔，而形成两个子细胞。有时繁殖速度很快，两个子细胞尚未分离开以前又各生一横隔，如此连续进行，形成短链（图 1—4）。

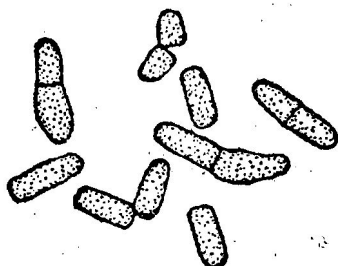


图 1—4 裂殖酵母菌的细胞分裂（裂殖）

3. 形成配子 海洋酵母菌往往在多次出芽繁殖或分裂繁殖后，或在培养基中营养耗尽，通气良好情况下，以形成子囊孢子的方式进行繁殖。子囊孢子的形成，一般不经过受精作用，只以单性生殖而进行。有时也通过有性过程而产生。这时，两个相邻的细胞各产生一特殊的突起，并彼此逐渐接近，两突起接触后，它们之间的隔膜开始溶化，两个细胞内的原生质通过形成的管道融合（每个细胞即是一个配偶子），两个细胞核也结合在一起生成接合孢子。

此接合孢子逐渐增大，以后又经减数分裂生长并分化成 8—12 个呈圆型子囊孢子。这种包有子囊孢子的囊，称为子囊。海洋酵母能否形成子囊孢子，以及子囊孢子的数目和形状，都可作为鉴定酵母的依据。

形状和大小相同的细胞相结合叫做同配生殖，形状和大小不等的细胞相结合叫做异配生殖。

酵母的子囊孢子，遇适宜环境条件下便萌发，其发芽方式随酵母种类不同而异。一般是先膨胀，然后子囊壁破裂。孢子脱出并开始生长，重新以出芽方式，或以分裂方式繁殖（图 1—5）。

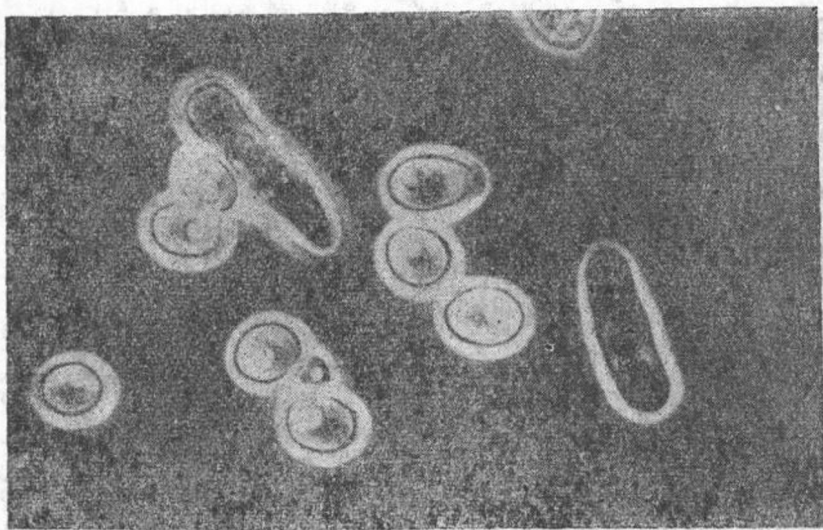


图 1—5 海洋酵母菌的子囊孢子
Hansenula anomala 细胞和子囊孢子 ($\times 3000$) (H. G. Hoppe)

第五节 海洋酵母的分布及其生态习性

海洋酵母广泛分布于自然海域中, 作为海洋生产力的一员。很早以前, 海洋酵母就被细菌学家所发现。关于海洋中酵母菌的分布, 最早报道见于Fisher的著作(1894), 他在大西洋进行海洋微生物的调查研究时所收集到的资料证实, 酵母菌不仅能在近岸区域发现, 而且也能在外洋区域发现。他在大洋中所找到的酵母中, 有一种近似于醭酵母(Mycoderma), 其它的几乎全部是白色的与红色的球拟酵母(Torulac)。

此外Tsiklinsky, Gräf, Issatchenko, Hunter, Nadson, ZoBell, Bhat等多人, 在世界各地海洋, 海洋沉积物, 海藻藻体上, 鱼类以及生活在海洋中的哺乳动物, 鸟类等肠的内含物中均分离出了多种海洋酵母。

海洋酵母的种类和出现频率, 通常在沿岸区域较多, 在外海区域, 则是表层水中较多。仅有一些种类能生长及繁殖在外海及大洋中。在远离海岸的深层水中也生活着酵母菌。如在里海, 鄂霍次克海, 格陵兰海和太平洋的观测站上, 在1000多米深的水层中都发现了酵母菌。又如在太平洋西北部的某一观测站, 甚至在水深2500米处, 发现了大量的不同种的酵母菌。在浮游生物捕获物中, 酵母菌的存在则更多。在50—90%的样品中, 都发现了海洋酵母(表1—1)。

酵母菌在不同深度海洋中的广泛存在, 使人确信, 海洋酵母能在低温、高压、相当高浓度的盐类以及厌氧条件下发育, 它们能够忍耐着海洋中任何一种控制生长的因子的极限, 如渗透压、静水压、温度、酸碱度或氧张力等。

Kriss曾进行了试验, 发现在用滤膜过滤, 除去所有悬浮微粒, 并进行灭菌的海水中, 酵母菌仍能够大量繁殖。他所分离得到的酵母菌种, 除少数是形成菌丝体类酵母菌