

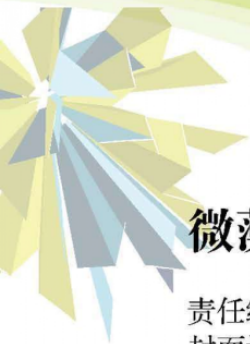
微藻的培养 理论及技术应用

WEIZAO DE PEIYANG LILUN JI JISHU YINGYONG

于建华 编著



内蒙古出版集团
内蒙古科学技术出版社



微藻的培养理论及技术应用

责任编辑：季文波

封面设计：永 胜

ISBN 978-7-5380-2447-0



9 787538 024470 >

定 价：38.00元

微藻的培养 理论及技术应用

于建华 编著

内蒙古出版集团
内蒙古科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微藻的培养理论及技术应用 / 于建华编著. —赤峰 :
内蒙古科学技术出版社, 2014. 11

ISBN 978-7-5380-2447-0

I. ①微… II. ①于… III. ①微藻—研究 IV.
①Q949.2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第249185号

出版发行: 内蒙古出版集团 内蒙古科学技术出版社

地 址: 赤峰市红山区哈达街南一段4号

邮 编: 024000

电 话: (0476) 8225264 8224848

邮购电话: (0476) 8224547

网 址: www.nm-kj.com

责任编辑: 季文波

封面设计: 永 胜

印 刷: 赤峰金源彩色印刷有限责任公司

字 数: 130千

开 本: 880 × 1230 1/32

印 张: 5.5

版 次: 2014年11月第1版

印 次: 2014年11月第1次印刷

定 价: 38.00元

前 言

微藻生物技术是现代生物技术的组成部分之一,它在食品、化妆品、医药、废水净化、环境保护、可再生资源、饲料等行业具有很高的应用价值。在水产养殖行业中,微藻是许多经济鱼类、贝类、虾蟹类等的优良饵料,同时也是一些饵料生物如轮虫、枝角类等的重要饵料。因此,微藻生物技术的发展具有巨大的潜力。

本书围绕微藻生物技术发展这个核心,详细介绍了微藻的主要特征、主要培养种类、生物学特性、经济价值,以及微藻的培养技术与浓缩技术等方面的内容。

本书可作为高等农业院校水产养殖及相关专业的教学参考用书,也可供在水产养殖领域,特别是在水产养殖苗种生产领域中从事科研和生产的技术人员参考。

由于编者水平和所掌握的资料有限,书中难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

于建华

2014年8月

目 录

第一章 微藻的经济价值及应用	1
第一节 概 述	1
第二节 微藻的营养成分	3
第三节 微藻的应用	8
第四节 微藻在水产动物育苗中的应用	13
第五节 微藻的培养现状及应用前景	20
第二章 微藻的生物学特性及主要培养种类	23
第一节 藻类的主要特征	23
第二节 藻类的形态构造	23
第三节 藻类的生殖方式	27
第四节 藻类的生态分类及分布	32
第五节 微藻主要培养种类	36
第三章 微藻的培养技术	51
第一节 微藻生长特性	51
第二节 影响微藻生长的环境因子	57
第三节 微藻的培养方式和培养设施	66

第四节	微藻的培养液·····	72
第五节	微藻培养的操作流程·····	79
第六节	敌害生物的防治·····	92
第七节	微藻藻种的分离和保存·····	98
第四章	微藻的浓缩技术应用·····	107
第一节	微藻浓缩和保存的必要性·····	107
第二节	压力对单胞藻浓缩机滤水效果的影响·····	110
第三节	超滤浓缩对单细胞藻类活性的影响·····	127
参考文献	·····	156

第一章 微藻的经济价值及应用

第一节 概 述

一、微藻的特点

藻类是一种古老的绿色低等植物，在地球上分布甚广，从炎热的赤道至千年冰封的极地，凡是潮湿及光线能到达的地方，不论是江河湖海、沟渠池塘、各种临时性积水，还是潮湿地表、墙壁、树干、岩石，甚至沙漠、积雪上都有藻类的踪迹。但是藻类主要生活在水体中，与人类有着密切的关系，因其大多数种类个体极其微小，平常不易被人们察觉。

微型藻类，简称微藻，是指那些在显微镜下才能辨别其形态的微小藻类，是水体生态系统中的主要初级生产者。与陆地的生物相比，微藻具有以下特点。

(1) 微藻具有叶绿素等光合器官，是非常有效的生物系统，可以充分利用太阳能通过光合作用将 H_2O 、 CO_2 、无机盐转化为有机化合物。由于微藻光合作用固定 CO_2 ，可以减少温室效应。

(2) 微藻的繁殖简单，一般为简单的分裂式繁殖，细胞周期短，易于进行大规模培养，并且微藻通常没有复杂的生殖器官，使整体生物量容易采取和利用。

(3) 可以用海水、碱水或半碱水培养微藻, 在淡水资源短缺和土地贫瘠地区依然可以获得微藻资源。

(4) 微藻营养丰富, 富含蛋白质、脂肪和碳水化合物。某些特殊种类还富含油料、微量元素和矿物质等, 是人类未来重要食品及油料的资源。

(5) 微藻, 特别是海洋微藻, 藻细胞内含有多种生物活性物质, 经过诱导, 微藻可以高浓度地合成这些化合物, 可用于医药品、保健品和化工原料。

二、微藻培养技术的产生和发展

人类认识和利用微藻历史悠久, 早在16世纪的墨西哥, 在当地的市场上就可以见到一种叫“Tecuitlatl”的干饼, 它是阿兹台克人从Texcoco湖中采集螺旋藻(*Spirulina sp.*)晒干制成的食品。而微藻的培养则始于19世纪末, 荷兰微生物学家Beijerinck首先在琼脂平板上分离到了一种小球藻(*Chlorella sp.*)的纯培养物。1919年, 另一位科学家Warburg将这一纯培养物在实验室里作为研究植物生理学的材料。

20世纪50年代后期, 中国开始微藻培养, 小球藻培养发展迅速。螺旋藻在20世纪70年代后期引入到中国, 后来产生了很多生产厂家。同时, 中国还进行了盐藻等生产性试验。随着生物工程技术发展及其在微藻培养上的应用, 使得微藻培养技术发展更加迅速。微藻在生物技术上发展迅速, 主要是因为微藻具有以下几点独特的优势: 微藻的整个生物均可被利用, 没有废弃的部分; 微藻营养物质丰富, 富含

蛋白质、维生素及多不饱和脂肪酸等物质；微藻与农作物相比，单位时间和单位面积的产量高；微藻生产周期短、繁殖快；有的微藻可利用海水进行培养，是开发海洋的有效途径；另外，微藻可进行自动化生产。

目前，在国内外水产养殖中，常用微藻主要有蓝藻、红藻、隐藻、金藻、黄藻、硅藻和绿藻。

第二节 微藻的营养成分

微藻能够增强传统食品的营养组分，从而极大地影响人类及动物的健康。几乎所有微藻的氨基酸类型都优于其他食物蛋白。由于微藻细胞可以合成所有的氨基酸，因此，它们也能为人类及动物提供必需的氨基酸。微藻中的糖类大多以淀粉、蔗糖及其他多糖的形式存在。微藻富含多种维生素，包括维生素A、维生素E、硫胺素、核黄素、叶酸及泛酸等。

一、微藻的营养成分

1. 微藻蛋白

微藻中含有丰富的优质蛋白质，如部分蓝藻与绿藻的蛋白质含量很高，可作为单细胞蛋白的重要来源。小球藻属中以蛋白核小球藻 (*Chlorella pyrenoidosa*) 蛋白质含量较高，一般不低于50%。螺旋藻在蛋白质品质及生产技术方面更为优越，它的蛋白质含量高达60%~70%，含有人体的全部必需氨基酸。藻类的平均蛋白质含量和

植物相似,有的微藻种类蛋白含量甚至高于传统的高蛋白植物。

2. 微藻多糖

微藻多糖是广泛存在于微藻体内的一种天然大分子物质。从海洋微藻中提取的多糖具有很多种生物活性,可以增强机体免疫力,起到抗病毒、抗肿瘤、抗炎症等作用。其中的活性物质多为D-葡萄糖、D-甘露糖、D-半乳糖、D-葡萄糖醛酸等单糖组成的水溶性、中性多糖,根据来源的不同主要可分为螺旋藻多糖、紫菜多糖、微藻硒多糖和褐藻多糖硫酸酯等。螺旋藻多糖是一种由多种氨基酸组成的复杂的多糖,对肿瘤细胞有一定的杀伤和抑制作用。绿藻多糖有抗炎、抗凝血和调节免疫功能的作用。从裸甲藻中取得的乳糖苷多糖和硫酸右旋糖酐具有抑制肿瘤细胞的活性作用。紫球藻多糖由十几种不同糖类组成,是一种高分子多糖。从红藻中可以获得硫酸多糖,对多种病毒具有抑制作用。

3. 不饱和脂肪酸

大部分海洋微藻脂肪酸含量较高。不饱和脂肪酸可以提高脑细胞的活性,降低血液的黏稠度,降低血液中胆固醇、甘油三酯。高度不饱和脂肪酸在海洋生物中含量丰富,主要有亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸、 ω -3系列的二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA)等种类。大多数藻类含有动物所必需的多不饱和脂肪酸。不同种藻类不仅脂肪酸成分差异极大,而且总脂肪酸含量变异也很大。扁藻细胞的平均脂肪酸含量为5.8 μ g。小球藻中富含EPA、DHA,如单细胞红藻紫球藻(*porphyridium cruentum*)中EPA或DHA占脂肪酸总量的33%以上。绿色巴夫藻和绿藻含有较高的C_{20:5}(n-3),含量达到

27.5%。三角褐指藻 (*Phaeodactylum tricornutum*) 中EPA含量很高, 占总脂肪酸的35%以上。金鞭门的等鞭金藻 (*Isochrysis galbana*) 中DHA含量也很高。金藻脂肪酸以 $C_{16:0}$ 、 $C_{16:1}(n-7)$ 和 $C_{18:4}(n-3)$ 为主。螺旋藻中主要富含亚油酸和 γ -亚麻酸。亚油酸是人体必需脂肪酸, 通过EFA途径可形成 γ -亚麻酸。

4. 色素

微藻中除了含有叶绿素以外, 从微藻中提取的色素主要有 β -胡萝卜素、虾青素和藻蓝素等。杜氏藻在适当的条件下, 可以大量合成 β -胡萝卜素。 β -胡萝卜素具有抗氧化、抗突变、抗衰老、预防癌症、增加免疫力等作用。微藻中富含 β -胡萝卜素, 如螺旋藻 (*Spirulina*) 中的 β -胡萝卜素含量是胡萝卜的10倍。类胡萝卜素可以清除自由基, 防止自由基对机体的过氧化损伤, 延缓衰老。藻胆蛋白是红藻和蓝藻特有的色素蛋白, 藻胆蛋白可作为天然色素应用于食品、染料、化妆品等行业, 也可以用于医学领域。

5. 微藻油脂

微藻油脂为单细胞油脂, 主要组成成分是甘油和脂肪酸。微藻在一定条件下, 藻体内可以合成微藻油脂作为细胞膜组成成分。大多数微藻油脂组成成分多数为甘油三酯和 C_{14} - C_{22} 长链脂肪酸。有些微藻具有特殊的油脂, 例如, 次氯酸油脂、卤代不饱和脂肪酸等。绿藻的总酯含量较高, 占干质量的4.2%~34.49%。金藻的总酯含量占干质量的8.5%~46.3%。许多微藻的含油量都可达20%~50%, 部分微藻的含油量可以超过微藻干质量的80%, 远超过最好的产油作物。

二、微藻的代谢产物及应用

地球上约有3万种微藻，它们中存在着丰富而结构独特的有机化合物。这些代谢产物具有多种多样的生物活性，其中，重要的生物活性物质有抗生素类化合物、毒素、微藻色素、高不饱和脂肪酸（PUFA）、微藻燃料及微藻色素。

从小球藻中可以分离到球藻素，这种球藻素具有抗菌功能。从微藻中还可以分离到很多种抗生素，也可以提取毒素。微藻毒素可以导致人和动物中毒，但某些毒素具有很好的药用价值，并且可以作为分子生物学研究工具，因此受到越来越多的国内外专家学者重视。微藻合成的色素主要有叶绿素、类胡萝卜素和藻胆蛋白等三大类。作为天然色素，它们不仅可用于食品和化妆品，还能广泛用于生物工程和医学诊断方面。

三、微藻对水产动物幼体发育的营养作用

（一）微藻对贝类幼体发育的营养作用

1. 消化性

金藻是裸露的细胞，没有细胞壁，贝类幼体很容易消化。小球藻、微绿球藻和盐藻等具有很厚的细胞壁，贝类幼体不能很好地消化。

2. 营养作用

一般贝类幼体发育需要的蛋白质含量为30%~60%。不同的微藻对贝类的营养价值不同，主要与微藻内含有的EPA、DHA含量有关。

很多微藻都富含EPA、DHA,基本都能满足幼体的需要。微藻的碳水化合物含量在某些情况下也会影响贝类幼体的营养。

(二) 微藻对虾蟹类幼体发育的营养作用

对虾类幼体发育到蚤状幼体阶段以后,要滤食微藻。另外,在糠虾幼体和后期幼体阶段,水体中如果存在微藻,也利于幼体的变态和成活。微藻的供给是很重要的。

微藻是虾蟹类幼体HUFA的基本来源,微藻脂肪酸含量的不同往往造成虾蟹幼体生长和成活的不同。另外,维生素含量的差异也会同样影响虾蟹类幼体的营养价值。微藻一般含有维生素C(500 μ g/g)和维生素E(300 μ g/g),培养条件会造成微藻维生素含量的差异。

(三) 微藻对海水鱼幼体的营养作用

在海水鱼育苗时,在幼体的开口阶段,使用绿水育苗可以显著提高海水鱼幼体发育的生长和成活率。微藻可以改善水质,能够改善海水鱼幼体肠道及水环境中微生物的群落结构,利于幼体摄食生物饵料。

(四) 微藻作为生物饵料的营养作用

微藻常作为饵料生物使用,用其投喂轮虫、枝角类、桡足类等。一般微藻氨基酸组成能够满足其他生物饵料的营养需要,但是当微藻的某些必需氨基酸含量显著低于所培养的生物饵料的相应氨基酸时,会影响到生物饵料的营养价值。例如,单纯用等鞭金藻投喂桡足类时,桡足类的产卵量会下降。

微藻HUFA含量不同,会影响到轮虫的HUFA组成。生产上,可以采用含有较高含量HUFA的微藻强化轮虫,以满足鱼虾幼体的营养需

要。特别是桡足类,用含有较高含量HUFA的硅藻、等鞭金藻来培养哲水蚤,可以提高哲水蚤的生殖力和脂肪酸组成。

第三节 微藻的应用

微藻的应用很广泛,在很多行业中有重要的应用。微藻可以作为营养食品和保健食品,可作为食品添加剂;微藻可以作为水产动物及其他动物的饵料及饲料添加剂;微藻可以提取生物活性物质,在医药行业有广泛应用;微藻在开发新能源方面也有重要的应用。

一、作为营养食品和保健食品

微藻中含有丰富的蛋白质、氨基酸、不饱和脂肪酸、维生素、矿物质和色素等,具有极其丰富均衡的营养成分和优良的医疗保健作用。有些藻类已作为人类的营养食品。

微藻的营养价值比较高,因为微藻细胞内含有多种维生素,富含人体必需的8种氨基酸。某些藻类如杜氏藻中含有大量的 β -胡萝卜素,可以有效地抗生物氧化。微藻中还含有多种微量元素,如铁、钠、钾、镁、钙等。微藻中含有藻胆蛋白及多种生理活性物质等,可以将微藻用做食品的生产原料。

陈洪兴用小球藻和大豆为原料,以葡萄糖酸- δ 内酯为凝固剂,确定了小球藻豆腐的最佳生产工艺。王宏和何秋菊在面粉中添加螺旋藻干粉1.2%、盐1%、水42%,制成了营养均衡的螺旋藻面条,其营养成分和感官评分均高于普通面条。鲁玉霞通过把螺旋藻和巧克力

制成块状和粒状,对其风味进行改良,并加入果冻中,制作成了风味别致、营养均衡的螺旋藻巧克力果冻。郭连城等对盐藻粉及盐藻粉软胶囊进行了研究开发,动物实验表明,盐藻粉软胶囊具有抗辐射、抗肿瘤和免疫调节的保健功能。

二、作为人类食品添加剂

微藻中含有一种有效成分,将其添加到食品中作为食品添加剂,可以提升食品的风味和口感。

微藻中可以提取多种有效成分,从小球藻中可以提取叶黄素,其具有抗氧化功能,对老年性眼球视网膜黄斑退化引起的视力下降和失明有预防作用。韩春然等研究了小球藻最佳异样培养条件和提取叶黄素的最好条件。从螺旋藻中可以提取多种食用色素,如胡萝卜素、叶绿素、藻黄素等,同时可以提取玉米黄质、橙红素等食品着色剂。把小球藻干粉或提取物添加到饮料、醋、糖果中,可起到调味作用;将小球藻粉作为食用色素添加到面包中,可以改变面包的外观;将螺旋藻产生的藻胆蛋白作为天然的食用色素添加到冰激凌、糖果、果冻、酸乳酪中,不仅提升了口感,而且外形非常美观。

三、作为水产动物饵料添加剂和禽、畜饲料添加剂

藻体饲料是用螺旋蓝藻、小球藻等微型藻类加工而成,它是单细胞蛋白饲料中易生产、成本低的高蛋白饲料。

小球藻粉蛋白质含量高,营养价值高,是优良的单细胞饲料蛋白源。在饲料中添加10%的小球藻粉会提高肉猪、肉鸡和蛋鸡的生产性

能,改善蛋黄颜色。

四、提取海洋生物活性物质

微藻中含有很多生物活性物质,这些物质具有抗肿瘤功效,见表 1-1。

表 1-1 微藻中的抗肿瘤活性成分

Table 1-1 Antitumor activity materials in micro-algae		
藻种	活性物质	生物活性
颤藻	Acutiphycins	细胞毒活性
念珠藻	吡啶咪唑类化合物	细胞毒活性
伪枝藻	异腈化物	KB细胞
筒孢藻,念珠藻	对环芳烷	细胞毒活性
伪枝藻,单歧藻	拓扑异构酶I型的毒素	细胞毒活性和抗真菌
织线藻,伪枝藻	5- α -吡喃型葡萄糖抗结核菌素	细胞毒活性
单歧藻	Homothamnin A	P388HL抗微生物活性
<i>Honnidium enteromorphoides</i>	特殊多肽	细胞毒活性
<i>Phonnidium sp.</i>	甲醇提取物	抗淋巴白血病、腹水瘤
繁育拟惠氏藻	惠氏藻氨基化合物	KB细胞LoVo细胞
小球藻	耐高温的球蛋白	抗肿瘤
小球藻	单半乳糖基二酰基	抗肿瘤发生

五、作为水产动物的饵料

微藻营养价值丰富,对水产养殖生物有重要的生理作用,如螺旋藻、小球藻等是一种潜在饲料蛋白源替代品。同时微藻含有多种营养元素,适用于许多水产养殖生物,可以降低饲料成本,补充营养元素;微藻所产生的生物活性物质能增加水产养殖动物的抗病能力,提高