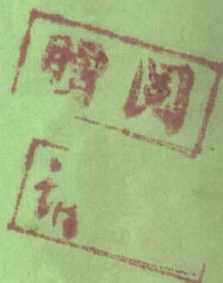


用微生物从石油、 天然气和煤中提取蛋白

(译文集)



中国科学院图书馆

1971.5.

用微生物从石油、
天然气和煤中提取蛋白

(译文集)

中国科学院图书馆

一九七一年五月

前 言

近十多年来，許多国家由于考虑到人口的增长，食用蛋白供应的不足，因此紛紛探索开辟食物来源的新途徑。有些国家对于开发海洋食物資源和利用微生物从石油中提取蛋白的方法十分重视。

在从石油中提取蛋白方面，近些年来已有很大发展。近年来，也有人主張从煤、天然气中制取蛋白。但由于大規模生产的工艺問題，特别是所制取的蛋白的毒性問題沒有完全解决，因此，主要还只是供作飼料之用，而且尚在实验和探索中。

在毛主席无产阶级革命路綫指引下，我国工人阶级和革命科学工作者正在这个領域內从事着多方面的工作，在赶超世界先进水平方面，取得了显著的成績。

为了协助从事这方面工作的同志，了解国外研究情况，我們遵照毛主席“洋为中用”的教导，选編了这本譯文集，供同志們参考。

由于時間仓促，編譯人員水平低，錯誤之处一定不少，欢迎批評指正。

中国科学院图书馆

一九七一年五月

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

目 录

从石油提取微生物蛋白	(1)
应用石油微生物学开辟新的食物资源	(8)
英国石油公司蛋白濃縮物的生产和利用:	
I 生产	(14)
II 碳氢化合物生长的酵母在猪和家禽飼料中的应用	(18)
关于利用甲烷的述評	(31)
用甲烷发酵作食物	(37)
用粗柴油培养酵母	(39)
从石油碳氢化合物制取飼用酵母	(43)
微生物細胞利用碳氢化合物生长	(52)
碳氢化合物发酵及其在工业上的应用	(59)
从石油碳氢化合物生物合成蛋白和脂肪物质的微生物学和	
生理学原理	(71)
細菌脫脂制取蛋白—維生素濃縮物	(75)
用微生物方法从煤衍生物中合成食物	(85)
从碳源生产微生物蛋白	(87)

从石油提取微生物蛋白

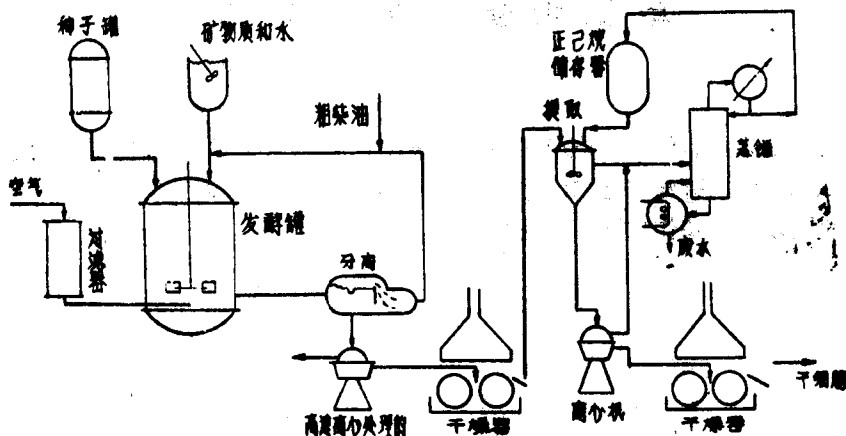
从石油馏份生产单细胞蛋白以供饲料和食物之用，是有很大的可能性的。全世界所消费的原油每年达十亿吨。这种原油含腊约10%可以按照100%重量产额转化为菌体 (Cell mass)，菌体成份约含50%蛋白。这就是说从石油馏份每年生产五千万吨单细胞蛋白是可能的。如果现在市场上过剩的多腊原油被利用起来，它的可能性就更大了。因此，从石油衍生的单细胞蛋白能够弥补从现在到2000年期间世界的蛋白不足。可是，为什么现在这种可能性还未利用呢？原因是，虽然世界大多数石油公司和许多实验室正在大力研究从石油生产单细胞蛋白，但是，很缺乏这方面的经济学知识以及对它的营养价值和食用者能否接受等问题的全面了解。

在以石油为基础的单细胞蛋白生产过程中，烃是细胞生长的主要碳源和能源。它在含水生长介质中以不溶的分散相出现。细胞生长主要发生在油和水之间的界面上。为细胞生长所需要的其他化学药品包括一种廉价的 NH_4^+ 盐形式的氮、 K^+ 、 Mg^{++} 、 Cl^- 、 SO_4^{--} 、 PO_4^{--} 和微量元素。此外，还必须用机械的通气 and 搅拌方法供氧，并且通过与全部三相，即水相、油相和气相的接触分布到细胞中去。从粗柴油生产单细胞蛋白的典型加工流程图见图一。

不久前，一般人对于微生物能利用烃作为主要生长的基质并不了解。虽然大家都知道：在油田上面气体通过土壤的渗出使微生物群发生重大变化；由于微生物的化学反应使某些润滑油应用中产生了腐蚀问题；在喷气燃料箱中能形成一种微生物淤渣，但是并未发觉微生物能利用烃的事实。

1958年，有几个实验室开始研究了微生物对烃的化学反应。早期的工作是关于微生物引起正烷烃氧化的机制，原油馏份的快速微生物脱腊，和尚帕纳 (Champagnat) 从原油馏份生产可食用的酵母。

在过去十年中，人们已经得到大量关于转化烃为菌体作饲料和食物用的知识。同时已出



图一。从粗柴油生产单细胞蛋白的加工流程图。

现不少从石油馏份生产单细胞蛋白的中间工厂。苏联现在至少有三个具有 300—850m³ 大小不等的发酵罐的工厂。这些工厂的产量每年为1,500—5,000吨。据统计,去年苏联从石油生产了10,000吨单细胞蛋白作畜用饲料,其指标是从原油馏份每年生产一百万吨的牲畜饲料酵母。捷克政府已批准建造一个试验工厂,最后将扩大为一个年产十万吨单细胞蛋白的正式工厂。英国石油公司开办数年的两个试验工厂,一个在苏格兰的Grangemouth,采用一种纯净的正烷烃为基质;另一个在法国的拉维拉(Lavera),采用一种250—400℃的粗柴油,年产量为225吨。这些单细胞蛋白产品曾经作为猪和家禽饲料的蛋白补充物进行了广泛的营养试验。英国石油公司在法国拉维拉已开始建造一个单细胞蛋白工厂,该厂的年产量可能达到16,000吨。它们用小鼠和鸡进行了喂养试验。在印度的Jorhat和Baroda也建立了同样的试验工厂,前者是一个年产350吨的工厂;其目的之一是生产供人食用的单细胞蛋白。从Gujarat的原油每年可以生产300,000吨。

在西方,最大的试验工厂是 Nestlé-Esso 公司合营的。其他如海湾、美洲、动力、太阳和壳牌等石油公司都制订有生产单细胞蛋白的研究计划。但是西方大部份研究工作是在大学和政府设立的实验室进行的。在阿根廷、巴西、墨西哥和美国有专门为研究生产单细胞蛋白而设立的实验室。在日本,至少有十四个公司正在研究单细胞蛋白的生产。Mitsubishi 化学公司计划在北海道开办一个年产2,000吨的试验工厂。Kyowo Hakko Kogyo计划在防府开办一个年产40,000吨的工厂。Kanegafuchi 化学公司正在高砂建造一个年产60,000吨的工厂。

虽然有这样规模的努力经营,但从石油生产单细胞蛋白的真正潜力仍是不详的。很明显这里没有单纯的答案,因为许多情况是受当地条件支配的。例如,在西方,炼油厂是为了利用含腊低的原油(<10%正烷烃)而装配的。西方炼油厂中对正烷烃含量高的加工石油的要求也较高。这是用以制造可以生物降解的去垢剂。在其他地区,正烷烃高的石油是没有什么价值的。世界上有些原油含腊成份高达25—40%,乌克兰和蒙古的原油就是这种油的典型。它们在世界市场上是没有什么价值的。但是,如果用微生物脱腊的方法提高它们的质量,则价值就增高了。因此,在某些地区现存的条件可以有利地用来生产单细胞蛋白。

单细胞蛋白生产方法

前面已经说过,从石油生产单细胞蛋白有好几种途径。不同的方法采用不同的石油培养基。每种方法都有它的特殊问题和因地制宜的经济状况。对不同单细胞蛋白的生产进行分类的方法之一就是以培养基作依据。(见表一)

表一 供生产单细胞蛋白用的各种培养基

培养基	微生物	问题
高含腊原油	酵母	细胞中类脂物吸取芳香族化合物。难以从油泥中分离细胞。
粗柴油	酵母	细胞中类脂物吸取芳香族化合物。
正石蜡	细菌	难以回收细胞。
天然煤气 (CH ₄)	细菌	难以回收细胞。培养基的成本可能影响经济核算。
燃烧低质石油馏份产生的烟道气 (二氧化碳)	藻类	生长很慢。 需要日光。高表面/体积比设备。

表二 从石油馏份生产的单细胞蛋白的成份

微生物	培养基	蛋白	脂肪	糖类	灰
		(%)	(%)	(%)	(%)
细菌	CH ₄	35—65	3—7	25—55	2—4
细菌	正石蜡	62—73	10—15	10	6—12
细菌	粗柴油	65—75	1.2*	—	5.6
酵母	正石蜡	54	10	26	7
酵母	正石蜡	66	0.5*	—	—
酵母	粗柴油	62	8	—	7.5
酵母	粗柴油	53	1.5*	—	5.7
藻类	CO ₂	50—60	20	—	8

* 在干燥前，己烷和细胞一起被提取了。

高含腊原油

把高含腊原油的正烷烃馏份转化为单细胞蛋白的主要目的，是为了提高原油的质量，单细胞蛋白不过是加工过程中的付产品。目前，有解脂假丝酵母，中型假丝酵母和热带假丝酵母是最普遍用以脱腊的酵母。一般都喜欢使用热带假丝酵母，因为它的类脂物含量低而且较易回收。在苏联，有些单细胞蛋白是从皱褶假丝酵母制成的。这个酵母对碳水化合物交叉适应良好，因而启发人们改变以石油为基础的单细胞蛋白生产为使用糖蜜生产的快速方法。

粗柴油

这是柴油机燃料和润滑油之间蒸馏出来的石油馏份的名称。它含正烷烃馏份高（以十六烷为代表），通常是从裂化法得到的一种付产品馏份。细菌和酵母都能在粗柴油上生长。曾经在粗柴油上生长的细菌有假单胞菌属，诺卡氏菌属，小球菌属，棒状杆菌属和无色

杆菌属。细菌在粗柴油上生长比酵母快，它们有较高的蛋白含量，并且只需要较简单的培养基。事实证明，细菌的氨基酸含量可以因操作方法的条件而变化。如果打算制造单细胞蛋白来补充饲料或食物中蛋白氨基酸组份，这个特点是很有意义的。酵母单细胞蛋白中通常是赖氨酸含量很高。因此，为了补充谷类食物，酵母可能是可取的单细胞蛋白作用物。

正石蜡

这是一种纯化的正烷烃培养基（90% + 正烷烃）。纯化正烷烃通常是经过进一步加工正烷烃含量高的精馏物得到的。这种方法就是利用分子筛吸附或尿素还原作用。送进发酵罐的全部正石蜡是用来生产菌体的，并把加工条件做了适当的调整。但是，用高纯度培养基和细菌细胞时应注意污染问题，必须保持无菌状态。另一方面，使用高纯度培养基在合适条件下回收细胞，使离心法和干燥法简化。用高纯度正烷烃作发酵罐的填料，培养基价格在全部经济核算中就成为较大的因素。由于对这种单细胞蛋白能进行严格的质量控制，因此可以在肉类代用品中作为食物补充物和蛋白添加剂。我们希望这种单细胞蛋白会有独特的性质来增高它的价值。确实，就是这种能够用遗传学方法来掌握微生物细胞，以控制它们原生质蛋白的氨基酸范围的简易方法，使许多研究人员对这种蛋白源寄托了长远希望。

天然煤气（甲烷）

已经有了许多关于微生物能利用甲烷生产菌体的报告。但是，没有一项工作达到了成吨生产甲烷衍生的单细胞蛋白的程度。甲烷培养基的一个显著优点是细胞不需要彻底的净化，这在粗柴油和原油脱脂过程中是必要的。另一个优点是这种材料相当便宜，每磅约值0.25分。比较起来，原油和粗柴油的价格为每磅1分，精炼的正石蜡原料每磅约2分。利用甲烷的细菌有烷单毛杆菌属，假单胞菌属和*Methyococcus*。因为甲烷是一种气体，维持生长的介质只需要一种水溶盐，通过这种介质甲烷和氧气发生起泡作用。良好生长所需要的氧和甲烷的高分压是危险的，因为这种气体混合物有爆炸限度。如果避免这些情况，生长就慢了。

有人建议用甲醇代替甲烷。一个年产十万吨甲醇的大工厂能生产每磅为1.6分的甲醇。甲醇与甲烷不同，很易溶解，危险性较少，并且对许多细菌菌株，例如假单胞菌属的生长有促进作用。

烟道气（二氧化碳）

从石油衍生的单细胞蛋白并不必须在烃上直接生长。在直射日光多、气候温暖和低值土地的地区，可以燃烧廉价的石油馏份以产生能量和一种二氧化碳气流，藻类能用它们生产菌体。法国石油研究所发明的一种大有前途的方法是培养最大螺旋藻。这种培养物是非洲Chad湖区的土产，当地人发现后用以制成干的藻饼，并在市场上当作食物卖。最大螺旋藻的引人注意特点是它的螺旋形态，它易于丛生并聚集气泡，主要生长在水相表面上，因此，用表面撇沫方法就很易收集。藻类的最大缺点是色泽不美和味苦，因而不大受消费者欢迎。一般说来，藻类的蛋白含量很低，难以得到高蛋白产物。此外，藻类单细胞蛋白的生物价值也低。

营养方面的考虑

如果用单细胞蛋白作为一种食物补充品，细胞蛋白含量应该尽可能地高，而类脂物含量

则要低，以减少由原来石油培养基带来的芳香烃的杂质到最低限度；核酸含量也必须低，因为这些嘌呤和嘧啶的解毒作用会增高血的尿酸水平。联合国食物和农业组织主张每天摄食不超过2克核酸。大多数单细胞蛋白含有约8%的核糖核酸，因此，人食用未加工的单细胞蛋白必须每天少于25克。细菌单细胞蛋白的含氮量很高（以前曾错误地报告为全蛋白氮）。生长较快的细胞能含有13%氮。因为核酸的含量多少依赖于细胞的生长速度，报告过的高达15—20%的蛋白氮可能是核酸氮。如果人消化了全部核酸，就会增高血中尿酸的水平，因此，有高核酸含量的单细胞蛋白在人的食物中是受限制的。

一些典型的单细胞蛋白产品的氨基酸范围列在表三内。与1957年食物和农业组织标准参考蛋白比较起来，可以清楚地看到石油衍生的单细胞蛋白的蛋氨酸和色氨酸低，而赖氨酸和苏氨酸则高。因此，用单细胞蛋白补充以小麦和稻米为基础的膳食最为合宜。但是，营养和食物科学部分离出来的嗜热脂肪芽孢杆菌的一种耐热菌株，在57°C时，在正烷烃上生长时能产生一种蛋白，含蛋氨酸高达2.8%。也有人报告过一种酵母，色氨酸含量高。对理想的菌种或生产具有合意的氨基酸范围的理想变种正在探索中。但是很有可能制造一种单细胞蛋白作为蛋白的完整来源，或作为各种缺乏某些重要氨基酸的食物的蛋白添加剂。

表三 从石油衍生的单细胞蛋白中的氨基酸分布*

微生物	培养基	赖氨酸	蛋氨酸	苏氨酸	色氨酸
		(%)	(%)	(%)	(%)
细菌	CH ₄	5.3	3.4	4.5	—
细菌	正石蜡	6.5	2.0	4.0	0.9
细菌	粗柴油	4.3	1.2	4.0	1.2
酵母	正石蜡	7.0	1.2	3.9	0.5
酵母	正石蜡	7.0	1.8	4.9	1.4
酵母	粗柴油	7.8	1.6	5.4	1.3
酵母	粗柴油	6.8	1.3	5.6	2.3
藻类	CO ₂	4.6	1.4	4.6	1.4

* 作为粗蛋白中氨基酸百分数表示的。

到目前为止，文献中用石油馏份衍生的单细胞蛋白进行喂食实验的报告仅很少几篇。有两篇是用正烷烃和粗柴油制成的英国石油公司酵母蛋白浓缩物，用以补充大鼠、鸡和猪的定量饲料。研究指出，用15—20%单细胞蛋白补充基本饲料可以增加10%的蛋白，这是能够有效地办到的。如果补充量超过30%，就有慢性中毒的迹象。中毒的程度由专用的基本饲料媒介对单细胞蛋白的比率而定。总的说来，这些高剂量单细胞蛋白补充的营养学研究都提出有肾脏病、甲状腺扩大和血中尿酸水平增高的症状。现在大多数研究都针对15—20%单细胞蛋白的补充剂量。

生产方面的考虑

不管它的营养价值怎样，除非需求增加，并且有利可得，否则单细胞蛋白将不会当做一

种饲料或食物补充品出售。与它竞争市场的其他富含蛋白产品列于表四。

表四 可买到的富含蛋白的食品价格

产 品	每 磅 价 格 (按美元计算)	蛋 白 含 量 (%)	每磅纯蛋白价格 (按美元计算)
花 生 粉	0.07	59	0.12
大 豆 粉	0.05	43	0.12
棉 籽 粉	0.05	50	0.10
乳 皮 粉	0.15	36	0.41
酿 母	0.17	48	0.36
酪 朊	0.40	100	0.40

从这个表可以看出,含60%蛋白的粗单细胞蛋白的售价必须不超过每磅7分(每吨140美元),而单细胞蛋白分离物或浓缩物的售价也必须定在每磅12分左右。竞争品主要是油籽粉。如果能生产一种具有非常好的氨基酸范围的单细胞蛋白,它的精制品可以售到每磅40分。

制造技术要求保持最低限度,以便限制成本费。这些限度主要包括培养基、搅拌和通气、冷冻和设备的费用。这些费用的数据扼要地列在表五。根据现在的工艺技术,只有在粗柴油生长的酵母以及在粗柴油和正烷烃上生长的细菌制得的单细胞蛋白,能够作为饲料在经济价值上与油籽粉竞争。这个结论是根据简单地假定这种饲料不会发生慢性中毒问题以及它只需要回收加工而无需离心和干燥的程序。

下面的事实又提出一个问题:烃培养基为细胞生长而氧化时,比糖类培养基需要更多的 O_2 和释放更多的热量。所需要的 O_2 量和所释放的热量也要按照把培养基转化为菌体细胞的效果

表五 单细胞蛋白加工方法的大概费用

单 细 胞 蛋 白 类 型	酵 母 (50%蛋白)		细 菌 (70%蛋白)		
	粗柴油	正烷烃	甲 烷	粗柴油	正链烷烃
细胞产额 (每磅培养基的细胞磅数)	0.80	1.00	0.60	0.90	1.00
培养基的费用 (每磅细胞费用)	1.25	2.00	0.42	1.11	2.00
搅拌费用 (每磅细胞费用)	1.00	1.00	0.70	1.00	1.00
通气费用 (每磅细胞费用)	0.62	0.50	0.83	0.55	0.50
致冷费用 (每磅细胞费用)	1.28	1.03	2.00	1.15	1.03
回收费用 (每磅细胞费用)	0.25	0.25	0.90	0.90	0.90
设备费用	2.00	2.00	3.00	1.00	1.00
分总数 (每磅细胞费用)	6.40	7.70	7.90	5.70	6.40

* 这些数据是根据发酵罐内每公升浓缩物有15克细胞得出的。在正烷烃和粗柴油上生长的细菌,在正烷烃和粗柴油上生长的酵母和在甲烷上生长的细菌的分裂时间分别为2、4和6小时。设备费用是根据可消毒的发酵罐和七年收回成本计算出来的。

表六 培养基和细胞产额对通O₂量和消除热量必要条件的影响

单细胞蛋白 类 型	培 养 基	细胞产额 (克/克)	每100克细胞 所需要O ₂ 的克数	每100克细胞 放出的千卡热量
酵 母	糖	0.50	67	383
酵 母	正 烷 烃	0.85	242	985
酵 母	正 烷 烃	1.00	196	780
酵 母	正 烷 烃	1.15	152	632
细 菌	正 烷 烃	1.00	172	780
细 菌	甲 烷	0.60	410	1.860
细 菌	甲 烷	1.00	253	964

率而定。可发酵的糖类的细胞量产额约为50%，而烃则为50—115%。这些比数列在表六内。一种低产量的正烷烃发酵与糖类发酵比较起来，它需要四倍的O₂输送率和三倍的传热率。因此，微生物学者正在寻找这样的菌体，它们能供给高细胞产额（每100克烃生产多于100克的细胞）和能在高温下生长，从而减少冷却的手续。前面已经提到有人报告过一种在57℃下在正烷烃上生长并且产生高细胞量的耐热细菌。已经用有高输送率的新制空气升液器或涡动发酵罐解决了氧的供应问题。

另一个经济问题是从已定型的发酵罐来取得最佳的产量。在粗柴油上生长的酵母已经获得约为每公斤15克的浓度，每公升1.5—3.5克的产量。为了减少设备的费用，选用了生长率高的菌种。如果细胞按着高速度生长，单细胞蛋白含核酸量就高，因而在喂食时造成中毒问题。如果选定条件从而使生长率由设备来决定，则O₂的输送率或烃的输送率就能成为限定因素。如果O₂是限定了，则烃培养基就过量了。在这样情况下，单细胞蛋白常常有高脂肪含量和缔合烃，因而难以分离和纯化。通常需要限制烃输送率的条件，而在这些情况下，生长主要发生在分散油滴和水质之间的界面处。这样情况造成线性生长，并且需要小心控制烃的添加和分散速度。

由于生产单细胞蛋白时采用的培养基不同从而带来了细胞的回收和纯化有关的工程技术问题。如果使用纯化的正石蜡，在回收过程中（通常是离心处理）用复合表面活性剂就能消除与细胞缔合的未同化的烃。如果用粗柴油做培养基，大量（高达原装料的70%）未同化烃会与细胞缔合。因为这种未同化的烃中含有芳香烃，必须用提取的方法去除，以保证获得卫生和安全的单细胞蛋白产品。用不同溶剂提取是有效的，这是一种混合的极性非极性溶剂如丙醇和正己烷。正在研究其他分离技术，例如用絮凝剂的附聚作用法。

菌体用做单细胞蛋白饲料前，必须先把它们杀死，目前认为加热是最有效的方法。加热还可以减少单细胞蛋白的核酸含量。但是在这个阶段如果用破裂或除去细胞的方法是能够增进产品的生物价值的，所以可以考虑采用其他加工方法。采用酶催化作用破裂细胞壁，采用渗透或机械的方法都正在研究中。但是，大多数研究人员一致认为在目前说来用破裂或除去细胞壁方法生产单细胞蛋白浓缩物，未免太费钱了。

結 論

从前面的讨论可以清楚地看出,要使单细胞蛋白成为大规模的有利可图商业,尚有许多问题待解决。少数问题是技术方面的,现在最大的缺点是产品的毒性和消费者的适口问题。目前,研究的方向一直是创造一种单细胞蛋白生产方法并试验其制成的产品。由于微生物筛选技术和掌握遗传性技术已经十分先进,我们相信发展单细胞蛋白产品的全部方法和它们市场销路是能够改善的。现在已经是时候了,营养学专家和毒物学家必须帮助微生物学家和工程人员来解决关于单细胞蛋白产品所需要的形式和含量的问题,从而使微生物学家和工程人员能够创造出一种可以达到和适应这些需要的生产方法。

译自〔“Process Biochemistry”, June 1970, p. 19—22. 作者:
(英) 汉姆弗雷〕

应用石油微生物学开辟新的食物资源

一、食品需要和酵母食料

只是近十年来,和生物化学的发展相平行,才想到以食用为目的。合理利用微生物的活性问题。事实上,这只是注意到微生物的作用而决非创建新的工业。

面包、干酪、凝乳或者醋不就是微生物活动的通常产物么?

例如人类就干酪一起吃的微生物本身也提供了蛋白质和维生素。

利用微生物作为食品或饲料的想法并不怎么新颖。

在有机体中,根据代谢中吸收现象的重要性,微生物在同等重量时可以提供最大的面积/体积比例。从以下例子可以说明:

500公斤的牛24小时合成200克活物质。

同样重量的大豆24小时提供20公斤活物质。

同等重量的酵母在经典生长条件下同一时间内产生25吨活物质。

考虑到蛋白合成的速度,可以说,产朊假丝酵母 (*Candida utilis*) 比牛快10,000倍。

在谈石油微生物发酵工业获得的进一步发展之前,先回顾关于营养的一些概念是有益的,这些概念能使人更好地了解纯氨基酸合成的意义。

人类为构成其重量16%的蛋白质,需要两种氨基酸来源:

一、通过使糖类、脂类和含氮有机物质变化的化学反应的复杂机制完全合成的氨基酸。

二、人类应在其饮食中获得的氨基酸。由于天然蛋白质的水解,人类获得不能在其代谢过程中重新构成的“必需”或“主要”氨基酸。

一般看来,缺乏某些环节,动物便不能再构成为本种特征的蛋白质链。这一缺乏表现在生长的停顿,甚至由于不能更新组织而死亡。

表1 人类饮食需要的蛋白质

个 体	年 令 (岁)	重 量 (公斤)	蛋 白 质 (克/天)
男人	25—65	70	65
妇女	25—65	60	50
喂奶妇女			100
婴儿	0—1		重量 (公斤) × 3.5
儿童	1—3	12	40
青少年	10—12	35	70
	16—20	65	100

表一说明人类营养需要的蛋白质总量。

此外，人类还应在所吃食物的蛋白质内得到所需比例的氨基酸。

如其中一种氨基酸的量不足，人就不能全部利用这些蛋白质。

例如，人只吃赖氨酸含量不足的大米，就只能利用米饭内蛋白质的67%。

表2内以粗蛋白质%表示的氨基酸需要量和有关食物成分的比较可得到这些数字。

了解一种食品蛋白质的成分就可估计它的营养价值：

如花生饼只含有3.5%的赖氨酸，而鸡需要4.5%的赖氨酸。这就说明花生饼对于鸡是赖氨酸不足的食料。

表2 对各种氨基酸的需要 (以蛋白质%表示)

氨 基 酸	成 人	鸡	猪
精氨酸	0	6.0	1.54
组氨酸	0	0.75	3.2
异亮氨酸	4.2	3.0	4.6
亮异亮氨酸	4.8	7.0	
赖氨酸	4.2	4.5	5.5
蛋氨酸+胱氨酸	4.2	2.25	2.0
苯丙氨酸	2.8	4.5	3.6
苏氨酸	2.8	2.25	3.0
色氨酸	1.4	1.0	0.75
缬氨酸	4.2	4.0	3.1
酪氨酸	2.8	0	0

大豆含6.17%赖氨酸，这就超过了鸡食所需的最低量。

反之，其蛋氨酸含量只为1.33%，证明这种食料是缺蛋氨酸的。

表3说明全部食物对于人来说都表现一两种氨基酸的不足。

表3 各种食物蛋白的营养价值

食 物	限 制 氨 基 酸	欠缺（与鸡蛋成分相比）
牛肉	光氨酸和蛋氨酸	29%
鸡肉	光氨酸和蛋氨酸	31%
牛奶	光氨酸和蛋氨酸	32%
小麦面粉	赖氨酸	63%
大米	赖氨酸	56%
土豆	光氨酸和蛋氨酸	
酵母	光氨酸和蛋氨酸	55%

指出下面一个事实是有意义的：反刍类动物如牛和羊对于氨基酸的需要和只有一个胃的动物完全不同。甚至可以说其饲草蛋白的性质对于它们的生长毫无影响。因为在瘤胃内发育着几十亿微生物，能够为它们自己合成全部氨基酸，在反刍动物胃内被消化。

因此，一头母牛的饲养决定于瘤胃微生物区系的性质要比决定于它所吃的植物多得多。自然界的这一实例，可以作为饮食中直接利用微生物以补充植物蛋白的引言。

人类利用面包房酵母，其目的不但由于释放二氧化碳而使面包发起来，而酵母还可提供补充面粉缺少的氨基酸。

第一次世界大战期间，德国人用酵母以补充食物限制。第二次世界大战期间，德国生产的酵母食料每年几达40,000吨干物质。

法国只在1949—1950年间才对此发生了兴趣。现为科研中心营养生化实验室主任的亚科(Jacquot)教授在这方面的研究较有成效。

“酵母食料”名称是指人和动物食用的已无发酵和繁殖能力的已杀死的酵母。

商业上它们呈粉状或小片状，精制者色较浅，不受空气和水分的作用，可无限期保存。

其目的在于提供价值高的蛋白质，富含谷类所缺乏的必需的氨基酸，还含有重要的维生素如核黄素(乙₂)、吡哆醇(乙₆)、菸酸(PP)、叶酸和泛酸，以及动物机体自我保护和生长所需的各种因子(表4)。

表4 维生素乙₁、乙₂和PP的比较含量毫克/公斤

食 物	硫胺素(乙 ₁)	核黄素(乙 ₂)	菸酸(PP)
酵 母	20—85	30	450
鲜 小 麦	2.0	0.7—1	50
大 麦	6.5	1.2	60
玉 米	5.7	1.4	15
花 生	7.5	3.5	250
大 豆	7.5	4	55

表5 表示各种传统食物和三种酵母食料中所必需的总蛋白的氨基酸含量：

表5 几种酵母和一些食物主要氨基酸成分的比較

氨基酸	小麦粉	牛奶	鸡蛋	牛肉	面包酵母	BP酵母	L.F.P酵母
亮氨酸	5.8	11.8	9.2	8.0	3.7	7.0	8.20
异亮氨酸	3.3	6.5	8.0	6.0	2.1	3.05	4.80
缬氨酸	3.6	6.2	7.3	5.5	2.9	8.4	6.30
苏氨酸	3.3	4.8	4.9	5.0	2.1	9.10	3.20
蛋氨酸	2.0	2.2	4.1	3.2	0.6	1.20	0.70
胱氨酸	1.3	0.7	2.4	1.2	0.08	0.10	1.30
赖氨酸	2.7	8.1	7.2	10.0	4.5	11.6	10.70
精氨酸	2.8	3.5	6.4	7.7	3.0	8.0	5.40
组氨酸	1.2	2.4	2.1	3.3	1.0	8.10	2.70
苯丙氨酸	5.7	4.6	6.3	5.0	2.1	7.90	4.35
色氨酸	1.4	1.4	1.5	1.4	0.6	1.17	1.70

因此,面粉内加酵母或牛奶不但提供更多的氮,尤其是可提高以谷类为主的口粮的质量,事实上是互相补充,谷类含相对丰富的含硫氨基酸,而这正是酵母的限制因素。

关于乙组的维生素,为了更明确地说明表4内数字的价值,加10克石油酵母原料,在学令儿童饮食需要方面会有什么效果呢?这少量的酵母就可满足对硫胺素需要的3/4,和对核黄素、菸酸需要的1/3。

在什么培养基上,可以经济地使这些酵母生长呢?

馏渣,酒精饮料蒸馏残余物;

甜菜和甘蔗的糖蜜,制糖的残余物;

制造乳清、干酪的残余物;

来自纤维素工业的亚硫酸液;

木糖的馏渣。

二、石油发酵

目前在各地约有一千个炼油厂准备和发酵单位进行协作。

1963年法国拉维拉炼油厂的尚泊纳进行了计算:

以石油年产约12.5亿吨为基数,酵母的产量可达到2千万吨,只消耗略高于2千万吨的石油产物。

从1959年起法国石油公司在石油发酵方面占领先地位。尚泊纳向科研諮詢委员会建议使微生物石油脱脂生成蛋白质。

1954年美国人 Beerstecher 发表了“石油微生物学”,共300多页,综述了这些微生物的活动。但这本书并不完全,它没有提到第二次世界大战时德国人为了以合成石腊得到酵母所做的实验。Just和Schnabel 于1948年发表了令人鼓舞的实验结果。1948年 Just 获得关于石腊石油发酵得到微生物的第一个法国专利1,009,198号。

此后各石油公司分别建立半商业性的单位，其规模足以研究化学工艺的问题。下图可说明一个石油酵母的生产单位，由四部分组成：

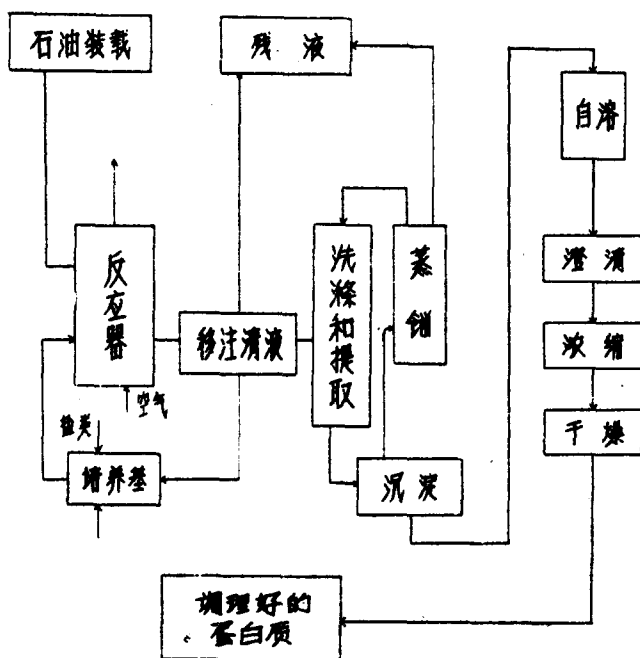


图 1. 酵母食料石油发酵原则性略图

法国石油学院已制出一个油——水相比例可能相当高的培养反应器，这就可以大大缩小