

食用酵母 的生产和研究

上海市科学技术編譯館 譯
中国农业科学院資料室

上海科学技术出版社

內 容 提 要

食用酵母是一种可供食用或飼用的微生物。它不但生长快，产量高，而且营养丰富。本书收集了国外的有关試驗研究資料28篇，反映了这方面的生产和科研水平。内容包括利用酵母菌生产蛋白質和脂肪的生产程序、工艺設備和营养价值等的研究和探討。可供食品工业生产技術人員、有关科研人員和高等院校师生参考。

食用酵母的生产和研究

(譯 丛)

上海市科学技术編譯館
中国农业科学院資料室 譯

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷三厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印張 9 26/32 插頁 1 字數 259,000

1962年5月第1版 1962年5月第1次印刷

印數 1—3,000

統一書号：15119·1664

定 价：(十四)1.75元

前 言

人类利用酵母菌来制造食品，早在古代就已开始。二十世纪以来，随着生产和科学技术的不断发展和提高，世界各工业发达的国家都大规模发展食用酵母的生产，并进行着利用微生物生产食品的科学研究工作，积累了不少资料。食用酵母有三个优点：（1）可以充分利用农业副产品和工业废料作为原料，来源充沛，成本低廉，同时也有利于改善城市的环境卫生；（2）酵母菌生长迅速，与栽培作物相比，有不受自然气候影响，不占耕地面积，生产周期短，产量高的特点；（3）含有蛋白质（包括人体必需的氨基酸）、脂肪（含有人体必需的亚油酸和亚麻酸）以及多种维生素（特别是维生素B族），营养丰富。目前酵母脂肪尚在试验研究阶段，但前途亦不可忽视。从这些事实来看，介绍国外这方面的资料对促进我国微生物工业的发展，将有一定的作用。

本书是由上海市科学技术编译馆和中国农业科学院资料室分头选译后汇集出版的。在编选过程中，承上海市轻工业局、上海市轻工业研究所、中国科学院微生物研究所、上海市轻工业设计院等单位大力协作。又承上海市轻工业研究所顾问陈騊声先生热情支持，审校上海市科学技术编译馆的选题和译稿，特此一并致谢。

由于编者水平有限，编选经验不足，缺点和错误在所难免，希望读者多多批评指教，以便改进今后工作。

編 者

1962年4月

目 录

(一)

前 言

食用酵母和飼料酵母 S. C. Prescott, C. G. Dunn	1
用木材糖生产飼料酵母	
W. H. Peterson, J. F. Snell, W. C. Frazier	6
用木材水解液和蒸餾廢液生产飼料酵母 E. E. Harris, J. F.	
Seaman, R. R. Marquardt, M. L. Hannan, S. C. Rogers	23
用木材糖蒸餾廢液生产酵母 E. F. Kurth	33
用木材糖蒸餾廢液生产飼料酵母 E. F. Kurth, V. H. Cheldelin ..	41
用亚硫酸廢液生产食用酵母	
G. C. Inskeep, A. J. Wiley, L. P. Hughes	48
用果类下脚压出汁生产飼料酵母	
A. J. Nolte, H. W. Von Loesecke, G. N. Pulley	61
用馬鈴薯淀粉厂廢液生产圓酵母 C. O. Reiser	67
用肥皂廢液(含甘油)生产食用和飼料酵母	
大塚謙一, 多田清次	75
德国的木材糖生产及将木材轉化为酵母和酒精	
E. G. Locke, J. F. Saeman, G. K. Dickerman	87
食用酵母对于糖蜜內非糖碳的利用	
P. N. Agarwal, W. H. Peterson	107
食用酵母对鼠类无毒性 A. E. Bonder, B. H. Doell	121
不同糖蜜生产的食用酵母产量和維生素含量	
P. N. Agarwal, K. Singh, P. S. King, W. H. Peterson	132
酵母生物素含量的研究 Wei-Shen Chang, W. H. Peterson	142
通气和搅拌对食用酵母的产量及其蛋白質和維生素含量的影	
响 K. Singh, P. N. Agarwal, W. H. Peterson	147

食用啤酒酵母的加工法 S. C. Prescott, C. G. Dunn	159
---	-----

用連續发酵法生产面包酵母——1. 设备与工艺

A. J. C. Olsen	160
----------------------	-----

用連續发酵法生产面包酵母——2. 自动化仪表 H. N. Sher ... 171

(二)

酵母的理論产脂率 M. P. Steinberg, Z. G. Ordal	192
---	-----

影响 *Rhodotorula gracilis* 酵母合成脂肪的各种因素

S. C. Pan, A. A. Andreasen, P. Kolachov	195
---	-----

利用紅酵母进行微生物脂肪合成

L. Enebo, L. G. Anderson, H. Lundin	209
---	-----

不同发酵条件对 *Rhodotorula gracilis* 酵母脂肪生成率的影响

P. Steinberg, Z. Ordal	220
------------------------------	-----

利用微生物生产油脂(I)——菌株的选择与培养基条件

辰己忠次, 中川昌平	231
------------------	-----

利用微生物生产油脂(II)——从廢糖蜜生产油脂酵母

辰己忠次, 中川昌平, 柳干雄, 片桐英郎	241
-----------------------------	-----

用肌醇缺乏的酵母生产脂肪 S. W. Challinor, N. W. R. Daniels ... 247

禾草紅酵母脂肪的脂肪酸成分 L. Hartman, J. C. Hawke, F. B.

Shorland, M. E. di Menna	249
--------------------------------	-----

在不含細胞的酵母提出液中脂肪类合成的研究 L. M. Corwin,

L. J. Schroeder, W. G. McCullough	257
---	-----

低蛋白酵母匀浆中的脂肪类合成——綫粒体和乙二胺四醋酸

盐的作用 Seymour Greenfield, Harold P. Klein	264
--	-----

附 录

一、生产脂肪的霉菌的初步調查

M. Woodbine, M. E. Gregory, T. K. Walker	273
--	-----

二、利用真菌从混合纖維素基質生产纖維酶

S. N. Basu, S. N. Ghose	280
-------------------------------	-----

三、纖維素的酶水解 E. T. Reese ... 297

食用酵母和飼料酵母

—S. C. Prescott, C. G. Dunn—

为人类食用而培养的酵母叫食用酵母或营养酵母，为饲养牲畜而生产的酵母叫飼料酵母。这两种酵母的繁殖条件是相似的，但是食用酵母一般是经过精炼，处理条件要求较高。干燥而除去苦味的啤酒酵母是酿酒业的副产品，也可经过加工后供食用及制药用。

食用酵母是丰富的蛋白质和各种维生素 B 的来源。在干燥状态下，它通常含有约 50% 的蛋白质。以适当的比率与其他食物配合应用时，它是一种很好的补充营养物，可以补动物蛋白质或维生素 B 的不足。

飼料酵母主要是将废弃的，剩余的，或廉价的碳水化合物作为原料制成的一种牲畜饲料。例如，利用纸浆厂的亚硫酸废液生产飼料酵母不但可以扩大饲料来源，同时又避免水源的污染。

有关繁殖食用和飼料酵母的基本项目

菌种 选择一种食用酵母时，必须考虑到许多因素。这种酵母应该具有高营养价值、可口的滋味、生化和培养上的稳定性、同化相当广泛的含氮和含碳物质的能力，以及生长迅速，产量高，容易回收等特点。

生产上普遍用的酵母是产阮假絲酵母 (*Candida, utilis*)，即所谓“圓酵母” (“*torula Yeast*”) 也称作产阮圓酵母 (*Torulopsis utilis*)。其他在生产上应用或在实验室中广泛研究的酵母有阿伯利亚假絲酵母 (*C. arborea*)，热带假絲酵母 (*C. tropicalis*)、(*C. pulcherrima*)、(*C. rcukaufii*)，异香汉逊氏酵母 (*Hansenula anomala*)、甜香汉逊氏

酵母 (*H. suaveolens*)、茁芽絲孢酵母 (*Trichosporon pullulans*)，以及啤酒酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*)。另外研究了几种酵母，它们是有生产脂肪价值的微生物，将在后面谈到。

产朊假丝酵母的优点在于它能同化多种多样的碳源和氮源，包括半乳糖、木糖、醋酸、乙酰醋酸、延胡索酸、苹果酸、乳酸、丙酮酸及丁二酸。因此，它能利用木材和其他物质。此外，它还含有较多的蛋白质及各种维生素 B。

产朊假丝酵母是一种不产孢子的酵母，有好几个菌株，有一种叫 *C. utilis major* 的，所产的细胞较大；另一种耐热产朊假丝酵母 (*C. utilis thermophila*)，能在比其他酵母更高的温度下生长。

在以糖蜜为原料进行繁殖时，一般选用啤酒酵母。这种酵母不能同化半乳糖和木糖。

种子量 一般种子的细胞浓度以能使每毫升培养基中含有 1 亿至 2 亿个细胞为宜。

原料 生产食用酵母时，原料应该来源丰富，成本低廉，而且又易于为菌种所同化。在大规模生产中，亚硫酸废液、糖蜜及木材糖的应用是成功的。至于水解的谷类、柑桔压出汁、果汁、淀粉厂的蛋白质废液、水解的橄榄油渣滓，以及其他原料，经适当处理后，也可利用。

原料的预处理 为了达到糖化，除去多余的离子或毒物和调整酸碱度的目的，可能需要对原料作预处理。

氮源 繁殖食用酵母的氮源一般是氨、硫酸铵、磷酸氢二铵、尿素，以及从水解谷类得到的氨基酸。

磷源 在德国，大规模生产时，是用磷酸氢二铵及过磷酸钙作为磷源。在美国，磷酸氢钾和过磷酸钙的应用是成功的。

其他营养物 如果原料中缺少其他营养物成分，可以加入氯化钾，硫酸镁，或氯化镁等养分。

培养啤酒酵母时，可以在培养基中加入特种辅助生长物。

繁殖条件 在间歇繁殖食用酵母的工艺中，各方面的控制和生产面包酵母很相似。但是在连续生产时则不然。

酸碱度 根据所用的原料以及发酵条件而有差异，一般最初的酸碱度是调整在 4.5 左右。对酸碱度的控制现在已有采用自动酸碱度控制和记录器的。

温度 一般地说，25~30℃ 的温度较为适宜，偶然也用高达 37℃ 的温度。

通气 通气是酵母生产中重要因素之一，所以必需大量地供应气体。

在液体中，一定容积的气泡的表面面积是随气泡体积的减小而增加的。所以小气泡的接触面较大气泡大，与培养基的接触时间也较长。因此，供应小气泡时空气需要量较少，但是成本较高，必须设法改进。

发沫 过多的发沫必须用化学抗泡剂或机械除泡设备，配合通气速度的调整，而加以控制。

所用的抗泡剂必须是对酵母本身和食用者都没有毒性，用量少而效率高，性能稳定以及价格低廉。此外，它对产品的回收应无影响。

应用机械去除泡沫，第一次是在德国 Waldhof 工艺中使用的，现在在连续生产工艺中也普遍地应用，效果甚好。

产量 产量视所用的酵母、培养基，以及繁殖条件而定。产量（干酵母）普通可达到含糖量的 53~64%。表 1 是各种酵母的产量及蛋白质含量的数据。

用酵母生产脂肪

这里所用的“脂肪”系指不能被水溶化而能被醚及其他脂肪溶剂溶化的物质。酵母含有脂肪酸中的甘油酯、磷脂及固醇。所发现的脂肪酸包括肉豆蔻醚酸、软脂酸、硬脂酸、十六酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、饱和的 C_{20} 和 C_{22} ，以及可能还有少量的其他脂肪酸。磷脂是由 75% 卵磷脂及 25% 脑磷脂组成的，一般只占干酵母重量的 1~2%。固醇（甾醇）包括麦角甾醇（最主要）以及少量酵母甾醇和啤酒酵母甾醇（cerevisterol）。

在特种条件下进行培养时,有很多微生物能产生脂肪,表2是酵母生产脂肪的一些数据。

表1 在不同培养基中生长的酵母的产量及蛋白质含量

酵 母	培 养 基	干 酵 母 产率%	蛋 白 质 含量%	参 考 文 献
产阮假丝酵母 (<i>Candida utilis</i> No. 3)	木材水解液	35~40 ^①	—	<i>I.E.C.</i> , 37:30 (1945)
产阮假丝酵母	木材水解液	30.5~52.6 ^②	51.9~58.6	<i>I.E.C.</i> , 40:1220 (1948)
产阮假丝酵母	亚硫酸废液	29.6~39.2 ^②	51.0~52.7	同上
产阮假丝酵母	发酵渣滓	47.0~52.0 ^②	50.0	同上
产阮假丝酵母	木糖蒸馏废液	53~63 ^③	52.9	<i>I.E.C.</i> , 38:617 (1946)
(<i>C. utilis</i> Anheuser- Busch)	糖蜜(甘蔗) Puerto Rican	45.1~48.4 ^④	33.1~50.8	<i>M.I.T.</i> <i>Research Rept.</i> , 1944.2.18
产阮假丝酵母	糖蜜(甜菜)	53.5~65.3 ^②	43.7~60.6	<i>Arch. Biochem.</i> , 14:105 (1947)
产阮假丝酵母	糖 蜜	56 ^②	平均超过50 ^⑤	<i>Arch. Biochem.</i> , 4:389 (1944)
产阮假丝酵母	果 汁	53 ^②	平均超过50 ^⑤	同上
产阮假丝酵母 (<i>C. utilis</i> var. <i>Maj</i>)	—	59~62 ^③	56	<i>Nature</i> 152 (3862):526 (1943)
阿伯利亚假丝酵母 (<i>C. arborea</i>)	糖蜜(甜菜和甘蔗)	55~64 ^②	38.8~49.4	<i>Arch. Biochem.</i> , 14:105 (1947)
异香汉逊氏酵母 <i>Hansenula anomala</i>	木材水解液	35~40 ^①	—	<i>I.E.C.</i> , 37:30 (1945)
甜香汉逊氏酵母 (<i>H. Suaveolens</i> Y-838)	木材糖蒸馏废液	53~63 ^③	53.4	<i>I.E.C.</i> , 38:617 (1946)
(<i>Mycotorula</i> <i>lipolytica</i> P-13)	木材水解液	35~40 ^①	—	<i>I.E.C.</i> , 37:30 (1945)
(<i>Mycotorula</i> <i>lipolytica</i> P-13)	木材糖蒸馏废液	53~63 ^③	51.0	<i>I.E.C.</i> , 38:617 (1946)
白 地 霉 (<i>Geotrichum</i> <i>candidum</i>)	糖蜜(甜菜和甘蔗)	55.8~60.0 ^②	31.2~41.9	<i>Arch. Biochem.</i> , 14:105 (1947)
啤 酒 酵 母 (<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i>)	糖蜜(甜菜和甘蔗)	42.1~54.3 ^②	42.5~53.1	同上

①根据总还原糖量 ②根据总糖量 ③根据糖耗量 ④根据糖蜜中的糖量

⑤在大多数情况下

表 2 酵母生产脂肪的一些数据

酵 母	原 料	脂肪含量、 干重量的%	脂肪系数	参 考 文 献
<i>Candida reukaufii</i>	—	25.3	—	<i>Branntweinwirtschaft</i> , 3:65 (1949)
脂 肪 酵 母 (<i>Lipomyces lipoferus</i>)	葡萄糖	50~63	—	<i>Biochem. J.</i> , 38:480 (1944)
脂 肪 酵 母	糖 蜜	—	—	<i>Advances in Enzymol.</i> , 8:299 (1948)
斯达氏脂肪酵母 (<i>L. starkeyi</i>)	葡萄糖	50~63	12~13	<i>Wallerstein Labs. Commun.</i> , 9(27):160 (1946)
粘 红 酵 母 (<i>Rhodotorula glutinis</i>)	葡萄糖	35.4	9.8	<i>Svensk. Kemi. Tidsskr.</i> , 55:41(1943)
粘 红 酵 母	轉化糖	50~60	16~18	<i>Advances in Enzymol.</i> , 9:653 (1949)
粘 红 酵 母	糖 蜜	20.4~52.5	16~18	<i>Arch. Biochem.</i> , 11:383 (1946)
粘 红 酵 母	葡萄糖	59.0	18.4	<i>Arch. Biochem.</i> , 23:419 (1949)
粘 红 酵 母	木 糖	—	7.2~9.5	同上
茁芽絲孢酵母 (<i>Trichosporan pullulans</i>)	亚硫酸廢液	—	—	<i>Arch. Biochem.</i> , 25:316 (1950)
				<i>Zeit. angen. Chem.</i> , 35:110 (1922)
				德國專利: 305091, 306365 (1920)

(上海市科学技术編譯館稿摘譯自 Industrial Microbiology, Chap. 3
1959, 学微譯, 錢君淦校)

用木材糖生产饲料酵母

W. H. Peterson, J. F. Snell, W. C. Frazier

德国在用木材糖生产酵母方面作了广泛的研究。Fink 和 Lechner 采取 Scholler 和 Bergius 的方法(1,2,3)用木材水解液生产饲料酵母并发表了三篇论文。他们采用了所谓矿物酵母(*Torulau-tilis*), 提出: 酵母蛋白质的合成, 消耗了供给的 92% 的氨态氮。这种转化是从约含 1.5% 还原糖的醪液取得的, 以醪中还原糖总量计算所产的干酵母, 转化率达 40%。酵母的蛋白质含量(按氮含量计算)很高, 为干物质的 55~59%。采用 Bergius 法生产的木材糖有较高的酵母产量(按每百克还原糖计算), 但是, 由于所产酵母的蛋白质含量较低, 作为蛋白质来源而论, 并不优于用 Scholler 法生产的木材糖所产的酵母。

Fink 和 Lechner 的第二篇论文(3)提出了木材糖和糖蜜在氮含量方面的比较数据, 木材糖所含可同化的氮只有糖蜜所含的 1/10~1/15。他们结论说, 8 小时发酵周期的连续移植工艺是宜用于大规模生产的。用 100 公斤干木材总共生产了 12 公斤左右酵母蛋白质。

发 酵

必需对水解液作预处理工作, 才能使木材糖发酵成功。一般地说, 这种预处理包括下列步骤: 中和到酸碱度 4.5 左右; 把亚硫酸钠和水解液一起加热, 进行澄清或去毒; 将水解液稀释到可发酵的糖浓度(同样也减低了毒性物质的浓度); 最后, 加入适量的磷源, 供生产细胞用。

发酵的数据大都得自两类不同容量的发酵。一类是将每分 90

毫升的培养基, 分别放在 500 毫升的锥形瓶内, 并用含有 0.1 克细胞 (按干重计算) 的 10 毫升酵母悬浮液进行接种。这样, 种子用量相当于每升培养基中 1 克酵母 (干物质)。培养基是水解液或糖蜜——麦芽根浸出液 (下文将予详述)。然后将该培养基的锥形瓶放在 30°C 的振荡器中, 振荡器的冲程长度为 10 厘米, 操作速率每分钟 90 周。16~24 小时后取出锥形瓶, 进行分析。第二类发酵是用 5 加侖耐热玻璃瓶装 6300 毫升稀释的水解液培养基进行的, 并通过帆布通气器按每分钟 20~80 升的速率将空气压入瓶中。培养基中加入 700 毫升种子。种子浓度相当于每升 1 克干物质。瓶是在 30°C 恒温水浴器中培养的, 16~24 小时后进行分析。

分 析 方 法

酵母的测定 将 10 毫升均匀的发酵液装在称量过的试管内进行离心分离。离心分离之前, 用蒸馏水将细胞洗涤一次。在 100°C 下干燥 18~24 小时后, 再称量试管和酵母。这个方法后来有所改进, 即在最后的离心分离之前, 用 1 毫升 6*N* 盐酸洗涤。

产量的高低显然视分离的时间而定。如果让发酵时间进行得比消耗全部糖所需的时间更长, 则迅速的自溶作用会严重地影响所能获得的最高酵母产量。

还原糖的测定 使用了 Schaffer 和 Somogyi (5) 所述的微量测定法。用含 5 克碘化钾的 50 号试剂时, 煮沸 30 分钟。对水解液中糖的测定作了各种试验; 在分析不同糖浓度的水解液试样的结果中并未发觉有不相符合之处。加入亚硫酸盐对结果也未发生任何可以察觉的差别。试验证明, 对经过离心分离的醪的上层清液和对整个醪的分析, 结果并无差异。

酒精的测定 将醪的试样加以蒸馏, 再把已知数量的重铬酸盐加入馏出物并加热。用碘化钾使过量的重铬酸盐还原, 释出的碘是用硫代硫酸钠滴定的。对装在一瓶内的酒精和水的溶液, 在和发酵期间完全相同的条件下进行试验, 结果表明在 24 小时的通气期内酒精有 58% 的损耗。通气率为每分钟约 20 升。在一个高

得多的通气率下, 24 小时内酒精损耗了 87%。木材水解液经过正规发酵后, 所存有的酒精大约在 0.01 和 0.1% 之间。酵母产量低时, 一般在发酵醪中有较多的酒精。

磷的测定 采用了 Holman⁽⁴⁾所述的比色法。

水解液的预处理

第一个问题是测定能使水解液发酵所需要的预处理程度。原来的水解液不能发酵到合理的程度, 因为它含有毒性物质, 必须去除或使其钝化, 才能得到良好的发酵。由于毒性物质所致的各种现象, 也可用这样的假定来说明: 即糖类的不相宜的化学结构由于去毒处理而有利地改变了。

发酵用水解液的制备, 采用下列四项预处理方法:

第一预处理法 (PT-I) 加入物料的数量是以 4% 还原糖(按葡萄糖计算)为准的。加入氢氧化铵(28%)调节酸碱度至 3.5, 并加入亚硫酸钠(约 0.1%), 使酸碱度达到 5; 12 小时后, 用滤纸过滤溶液并添加硅藻土助滤; 把氢氧化铵(28%)加入净滤液中, 使酸碱度为 9.0; 加入浓硫酸使酸碱度回到 4.5, 并再过滤; 用蒸馏水把滤液稀释成两倍; 把 0.2% 的磷酸二氢钾加入稀释的滤液中。

这种方法是为了处理重金属(来自水解器)浓度较高的水解液而用的; 对多数水解液并不使用这项方法。

第二预处理法 (PT-II) 加入物料的数量是以含有 4.5% 还原糖的水解液为准。加入氢氧化铵(28%, 约 0.63%), 使酸碱度达到 2.5, 并加入氢氧化钙(约 0.3%)使酸碱度达到 4.5。过滤溶液并稀释至 2% 的还原糖含量; 再把 0.24% 的磷酸二氢钾加入稀释的滤液中。

这项预处理是为制备较浓的发酵溶液(2% 还原物质)用的, 以后进行日常培养时浓度就较低(1~1.5% 还原物质)。这是因为观察到把培养基的酸碱度调节到 7 以上而后加热时, 不但破坏了一些糖分而且也降低了它的发酵性能, 所以对 PT-I 作了如上的改进。

第三預处理法 (PT-III) 加入物料的数量以 5~6% 还原糖为准, 用量如下: 浓氢氧化铵 0.6% (以容量计算)、碳酸鈣 1.6% 以及亚硫酸钠 0.05%。把溶液加热到沸腾后加以冷却并过滤; 然后把滤液稀释成 1% 左右的还原糖含量; 再加入磷酸二氢鉀 0.45%。

这是采用的第一个正规方法。亚硫酸钠用量约为 Fink 和 Lechner⁽³⁾ 所用的三分之一。

第四預处理法 (PT-IV) 加入物料的数量是以 5~6% 还原糖为准的。加入碳酸鈣使酸碱度达到 5.0 (每 5 克还原糖用 0.75 克左右), 随后加入 0.05% 亚硫酸钠。把溶液加热至沸腾后 (用直接蒸汽), 加以冷却, 通过一迭滤纸过滤, 并用硅藻土助滤。然后按照每克还原糖加入 0.06 克尿素和 0.05 克磷酸二氢鉀, 并把溶液稀释到发酵所需要的浓度。

这是最成功的方法, 并在多数的日常发酵中采用。它与 Fink 和 Lechner 所用的方法有下列区别: 它利用了浓度较低的亚硫酸钠 (对糖浓度言), 并且包括了一项业已证实肯定有益的热处理; 用磷酸二氢鉀为磷源, 而氮源则用尿素而不用氢氧化铵。

酵母的选择与馴化

进行淘汰试验 (screening experiment) 以求出那些酵母能在水解液培养基中生长良好。这种酵母必须既能利用戊糖又能利用己糖来增殖细胞, 因为在木材水解液中几乎四分之一的还原糖是戊糖。因此, 面包酵母是不相宜的。这种酵母还应该对木材水解液所含的许多非糖化合物反应不敏感, 至少能馴化于这类化合物。用木材糖培养时, 它应该有较高的细胞产量, 并富有营养。表 1 比较了各种酵母发酵能力的典型结果。

产脲圆酵母 3 号 (*Torula utilis* No. 3), P-13 和热带假丝酵母 (*Candida tropicalis*) 被认为最有希望, 并进一步加以研究。除表 1 所列各酵母之外, 还试验了一种用亚硫酸废液培养的面包酵母, 结果发现它不能很好地发酵已处理过的水解液培养基。

表 1 酵母在木材水解液中的生長

微 生 物	发酵時間 (小时)	最初糖含量 (按葡萄糖 計算,%)	最初糖含量 的 发 酵 量 (%)	按总还原糖 量計算的干 酵母产率 (%)
I 組 ①				
<i>S. cerevisiae</i>	24	1.50	57	4.1
	48	1.50	67	4.7
<i>S. cerevisiae</i> A.T.C.C. 764	24	1.50	67	7.3
	48	1.50	71	17.2
<i>Torula utilis</i> No. 3	24	1.50	67	24.3
	48	1.50	86	39.1
II 組 ②				
<i>Candida guilliermondi</i>	24	1.58	92	23.5
<i>Candida tropicalis</i>	24	1.58	91	32.9
<i>Candida krusei</i>	24	1.71	74	22.5
<i>Endomyces magnusii</i>	24	1.71	86	15.0
<i>Hansenula anomala</i>	24	1.71	90	30.4
P-13 (未經鉴定的)	24	1.71	91	40.4
<i>Rhodotorula</i> sp.	24	1.58	43	10.3
<i>Torula utilis</i> No. 3	24	1.58	81	33.2
III 組				
<i>S. cerevisiae</i>	24	1.50	75	15.3
	48	1.50	83	20.1
<i>S. cerevisiae</i> , A.T.C.C. 764	24	1.50	63	17.2
	48	1.50	73	27.9
<i>Torula utilis</i> No. 3	24	1.50	70	29.8
	48	1.50	89	39.9

①培养基: 云杉水解液 4 号, 按 PT-IV 预处理; 搖瓶培养液(100 毫升)。III 組另含 0.25% 玉米浆(按干重量計算)。

②培养基: 云杉水解液 16 号, 按 PT-IV 预处理; 搖瓶培养液(100 毫升)。

把产朊圆酵母 3 号作为一种发酵戊糖的微生物, 用含有純淨的木糖(木材水解液中的戊糖以木糖为最多)和阿拉伯糖的各种培养基进行了試驗, 結果这个菌株发酵了所供给的木糖的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ 左右。由发酵木糖生产的酵母产量視培养基中是否有玉米浆而定, 范围在 20~36%。阿拉伯糖的发酵量是微不足道的。

对产阮圆酵母 3 号 P-13 和热带假丝酵母, 连续进行了三次驯化试验。一般的方法如下: 把酵母在水解液洋葱培养基(或单用水解液培养基, 或在水解液培养基中加入糖蜜和盐类)上作平面培养。从这些平面上选出一些有希望的菌落, 再用水解液洋葱进行 7 至 15 次移植培养。

早期的试验未能从任何培养物产生驯化的或改进的菌株。所有原始和驯化的培养物的最高酵母产率平均约为 30% 干酵母(按总还原糖量计算)。

后来采用了以前任何技术不能发酵的洋松水解液 107 号对酵母菌株进行驯化, 获得了很大的成功。表 2 列举了这项研究的摘要, 并指出各种微生物经过五至十次移植后有驯化的可能性。P-13、热带假丝酵母、异香汉逊氏酵母 (*Hansenula anomola*) 以及产阮圆酵母的某些菌株的反应特别良好。它们经过 5~10 次的移植培养后就能引起最大的驯化。在测定酵母驯化的潜力方面, 产阮圆酵母的菌株似乎是重要的。对产阮圆酵母 2 号和 *Torula utilis major* 也曾用水解液作过移植培养, 可是驯化效应对这些菌株比产阮圆酵母 3 号低得多。虽然好几种酵母的产量和对驯化的反应都很好, 但是继表 2 所报告的那些试验之后, 各项试验都选用了产阮圆酵母 3 号, 因为它的营养价值好。在振荡培养瓶中驯化酵母是成功的, 但用量较大(7000 毫升)时则不然。到了第三次移植时, 发酵进行得很慢, 产量经常降低 50%。

表 2 驯化对糖的利用率和酵母产率的影响

微 生 物	最初还原糖量的发酵量① %		按总还原糖量计算的 酵母产率(干重, %)	
	第 1 次移植	第 12 次移植	第 1 次移植	第 12 次移植
异香汉逊氏酵母	75.1	88.5	27.0	40.5
热带假丝酵母	75.1	90.1	29.3	41.3
P-13	77.4	92.3	20.5	43.7
产阮圆酵母 3 号	70.2	91.8	22.9	38.1

① 最初还原糖含量 1% 左右。

种子的制备和使用

采用哪一种种子取决于许多因素。经验证明，如果菌株已经驯化改进，种子的最后阶段应在水解液中生长。实际上，如果需用大量的种子，要用一种能使酵母生长良好的高浓度培养基；水解液培养基就不能令人满意。研究工作指出，用含有生长因素的培养基(培养基2)可以生产一种更强壮的细胞。这样的原种菌株用水解液培养时，其产量常常比用木材糖培养的驯化菌株高。

以下是试用过的各类种子培养基：

1. 葡萄糖 2%；尿素 0.6%；硫酸镁 0.1%；磷酸二氢钾 0.1%；氯化钠 0.2%；氯化钙 0.04%； $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.01%；微量的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ；酸碱度 5.0。这种培养基不能产生象浓培养基(培养基2)那样大量的种子。

2. 甜菜糖蜜 5%；含有淀粉酶的麦芽膏 2%；玉米浆 0.75% (以容积计算)；磷酸氢铵 0.1%。这种培养基即使开始时的接种量很少，在 16 小时内能产生大量的种子。经用 10% 麦芽根浸出液代替含有淀粉酶的麦芽膏，结果并无差异。在后来的发酵过程中，在这种培养基上繁殖的细胞，比来自任何其他培养基的种子始终显示了较短的诱发期。

假使需要不带有培养基的种子，可用离心机分离并在使用前加以洗涤。经过离心分离和未经离心分离的种子产量并无可以察觉的差别。

3. 采用云杉、洋松和南方黄松的水解液作为种子最后阶段的培养基。糖浓度必须在 2% 以下才能获得相当高的酵母产量。培养基的制备法与用这几种木材制备发酵培养基的第四预处理法相同。这种培养基未能获得大量种子；在 18~20 小时的培养期终止后，尽快地使用了这些种子。

表 3 概括了各种种子的产量结果。

种子量 在日常发酵中，种子的标准是每 1000 毫升培养基用 1 克细胞(干重量)。这一种子用量在稀释的糖溶液(1%)中有适