

# 发酵译丛

FAJIAO  
YICONG

- 轻工业部食品发酵工业科学研究所《发酵译丛》编辑委员会
- 轻工业出版社

第 3 期

# 发 酵 译 丛

第三期

轻工业部食品发酵工业科学研究所  
《发酵译丛》编辑委员会

轻工业出版社

**发酵译丛**

**第三期**

轻工业部食品发酵工业科学研究所  
《发酵译丛》编辑委员会

轻工业出版社出版  
(北京阜成路3号)  
轻工业出版社印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行  
各地新华书店经售

787×1092毫米1/16 印张，7 字数，154千字

1987年1月 第一版第一次印刷

印数：1—1,900 定价：1.55元

统一书号：15042·2121

## 目 录

酒精发酵的问题与展望——原料问题与转换技术	( 1 )
国外酒精生产新技术	( 11 )
用固定化菌体进行酒精发酵	( 15 )
用根霉菌直接发酵生木薯淀粉生产酒精	( 22 )
鲜甘薯低温蒸煮酶法糖化生产酒精	( 28 )
现代鲜啤酒——日本的“纯生”啤酒	( 36 )
起泡和啤酒的风味	( 43 )
世界酒花概况	( 51 )
酒花制品中 $\alpha$ -酸的异构化方法	( 58 )
葡萄酒的澄清和稳定方法	( 64 )
起泡果酒的生产方法	( 67 )
用固定化微生物分解红葡萄酒中的苹果酸	( 68 )
适于葡萄酒苹果酸 乳酸发酵的乳酸菌活性菌株的选择方法	( 75 )
由好热菌土壤梭孢壳产生的纤维素酶及其制法	( 77 )
酒精饮料的老熟方法	( 84 )
生物工程学的主要技术——微生物和酶の利用	( 86 )
以废纤维质为原料酶法制取结晶葡萄糖	( 91 )
与黑曲霉积累柠檬酸有关的酶的研究	( 95 )
传感器及其在发酵控制中的应用	( 99 )

# 酒精发酵的问题与展望

## —原料问题与转换技术

石川不二夫

### 原料的问题

#### 一、原料的重要性

要使“物”的技术实用化并形成工业，必须构成原料与资源、加工与转换方法、需要与市场这三要素能协调的体系，而这三者是相互影响的。

国内资源缺乏的日本，包括能源在内的多种原料，长期以来大部分依靠进口，二次石油危机对日本的基础材料工业影响很大。由此可见，资源与原料问题给日本的工业和技术带来了严酷的条件，酒精也不例外。

#### 二、不同国家和地区的特征

酒精发酵的原料是农产物及其加工中的副产物。由于它受到气候、农业形态，特别是农业制度和政策的影响，因此其情况随国家和地区而不同。

酒精的原料统而言之有糖质原料和淀粉质原料，关于纤维素系资源正在进行原料化的技术开发，然而这些原料决不是随意通过单纯的贸易机构都可以买到的。现将主要国家和地区酒精产量与原料的情况列于表1。

##### 1. 美国

谷物（玉米）的比例非常高，1979年发酵酒精的85%（475,000kl）是用谷物生产的。由于“汽油酒精”（汽油90:酒精10）的导入，以玉米为原料的酒精生产有明显的增长。不用说这是因为美国有强大的玉米生产力之故。

最近几年，美国的玉米收获量有一定的上升，已从1.7亿吨增加到2亿吨。

##### 2. 法国

1979/1980年酒精的总产量为590,000kl，除去用乙烯生产的127,000kl外，其余463,000kl发酵酒精大部分是用果实（几乎全是葡萄）和甜菜制造的。以果实类原料生产的230,000kl酒精中约有140,000kl是白兰地等蒸馏酒，非蒸馏酒仅86,000kl。以甜菜为原料生产的153,000kl酒精中，废糖蜜为原料的为60,000kl，其中有53,000kl用的是本国的甜菜废糖蜜。谷物酒精不过600~700kl。

##### 3. 联邦德国

表 1

世界的酒精生产量 (1979或1979/1980年, kl)

	谷 类	果实类	废糖蜜	甜菜	纸浆废液	甘 蔗	乙 烯	其 他	合 计
法 国		230,000	60,000	153,000			127,000	20,000	590,000
联邦德国	52,000	25,000	24,000				144,000	56,000	301,000
英 国	333,000		17,000				184,000		534,000
其他西欧国家									659,000
苏 联									3,128,000
其他东欧国家									765,000
美 国	475,000	47,000	4,000		19,000		709,000	13,000	1,267,000
其他北美国家									85,000
阿 根 廷			160,000						160,000
巴 西			1,000,000			2,390,000			3,390,000
其他南美国家									400,000
菲 律 宾			49,000						49,000
泰 国			97,000						97,000
印度尼西亚			25,000						25,000
印 度			361,000						361,000
南 朝 鲜	60,000		7,000					88,000	155,000
日 本	16,000		52,000				83,000	254,000	405,000
其他亚洲国家									26,000
澳 大 利 亚			95,000						95,000
非洲国家等									184,000

1979/1980年度生产的301,000kl酒精中, 发酵酒精占157,000kl (52%)。最多的是用马铃薯生产的酒精, 为56,000kl, 另外, 用谷类制造的约52,000kl, 其中44,500kl是蒸馏酒, 非蒸馏酒仅为7,400kl。

用果实类生产的25,000kl中, 有20,000kl是蒸馏酒。甜菜废糖蜜酒精为24,000kl。

#### 4. 英国

以谷物为主要原料。其产量中, 大部分也是蒸馏酒。除蒸馏酒外, 用谷物制得的酒精为32,700kl, 用废糖蜜制得17,600kl。

#### 5. 以甘蔗为基础的产糖各国

酒精生产几乎全是以制糖副产物废糖蜜为原料。值得注意的是巴西, 它是在国家酒精计划指导下直接用甘蔗来大量生产酒精的。1982/1983年度用废糖蜜生产了酒精1,000,000kl, 用甘蔗汁生产4,830,000kl, 总计5,830,000kl。废糖蜜的产量, 受到世界砂糖供求量的制约。

在阿根廷, 几年前也曾用甘蔗汁的糖浆来生产酒精。

以甘蔗为基础的产糖各国是向日本输送废糖蜜和酒精的重要供给源。

#### 6. 日本的情况

众所周知, 在第二次世界大战结束之前, 日本是以甘薯和马铃薯为主要原料的, 并从台湾等地输入用甘蔗生产的酒精。战后, 由于经济上的原因逐渐改为进口废糖蜜, 从1971年起还开始从产糖国等输入粗馏酒精。

作为发酵酒精的原料以废糖蜜为最多(进口废糖蜜+冲绳产废糖蜜), 谷类主要是进

口玉米。估计用鲜甘薯、薯干片等杂原料生产的酒精为24,000~25,000kl, 包含在其他栏内。其他栏的大部分为进口的粗馏酒精。

日本的国产原料, 有主要用于蒸馏酒的鲜甘薯 60,000~70,000t, 薯干片 4,000~5,000t, 而冲绳产的废糖蜜, 其原料依赖国外的程度非常高。

### 三、原料种类

#### 1. 废糖蜜

世界废糖蜜总产量为30,000~35,000kt (千吨) (见表2), 其中约20%用于生产酒精。除用作酒精等发酵原料外, 在发达国家废糖蜜在饲料方面的用途很大 (见表3)。其产量和价格受国际砂糖市场和世界上甘蔗收种情况的影响, 另外例如在北美还受到饲料用谷物价格的影响。

废糖蜜原料受砂糖生产的影响, 其产量有一定的限度。为了大量地生产燃料用酒精, 巴西正在直接用甘蔗大量生产酒精。

日本输入废糖蜜在1970年为900余kt, 进入80年代有减少的趋势。它的价格变动较大, 据海关的统计, 1978年度至1982年度的五年中, 最高的是1981年4月, 到岸价为157美元, 最低的是1982年2月, 到岸价为52美元, 差2倍。这种价格的不稳定性, 也是造成在石油价格相对便宜稳定时期导入合成酒精的一个原因。

#### 2. 玉米

玉米是带有美国巨大生产率特征的原料。全世界玉米产量3.5亿吨, 美国生产一半以上。它主要用作饲料, 也用于食用。从发酵的观点来说, 它本应是蒸馏的原料, 但近年来却大量被用于生产汽油酒精。由于连续两年丰收, 玉米的库存量极大。日本也以30,000~40,000日元/t的廉价进口了不少玉米。

在美国, 能以玉米制造酒精, 这是以能在数量上、价格上稳定供应玉米为基础, 加之确保了酒精制造过程中副产物作为饲料的市场, 并非常有效率地、经济地推行这种综合化的技术系统的结果。今后日本国在考虑酒精原料和变更工艺方法的时候, 也必须注意这一问题。

#### 3. 甘薯

在适于种植甘薯的地区, 它是重要的酒精原料。在日本, 由于在价格方面与进口玉米淀粉竞争, 最大用途的淀粉甘薯已减少, 因而生产量从1955年全日本的7000kt减少到1980年的仅1300kt。

今后若打算增加日本国产原料, 则甘薯是有希望的作物之一, 当然要作为工业用酒精的原料, 还需要通过改良品种、改善栽培技术和作业的合理化等来提高其生产效率, 降低价格。

附带提一下, 世界上生产甘薯最多的是中国, 1979年世界甘薯总产量为114,000kt, 而中国约占其中的80%, 产量为92,000kt。

#### 4. 其他有可能性的原料

表 2

世界废糖蜜产量的推移 (单位: kt)

地 区	年 度	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	1982/83 (估计)
西欧		3,849	4,506	5,077	4,638	4,448	4,209	4,204	5,218	5,091
其中欧洲共同体		2,900	3,362	3,565	3,276	3,033	3,148	3,125	3,859	3,737
东欧		1,477	1,820	1,786	1,977	1,876	1,787	1,501	1,832	2,020
苏联		2,800	2,700	2,585	3,250	3,350	2,850	2,695	2,350	2,650
北、中美		5,903	6,435	6,743	6,971	7,289	6,686	6,648	7,243	6,912
其中美国		1,570	1,930	1,894	1,600	1,625	1,753	1,710	1,804	1,675
墨西哥		1,189	1,057	1,074	1,335	1,446	1,311	1,141	1,307	1,258
危地马拉			226	212	194	180	187	240	293	293
古巴		1,530	1,500	1,950	2,200	2,350	1,950	2,100	2,320	2,185
多米尼加		380	410	428	384	425	302	335	382	345
南美		5,116	4,835	5,452	7,080	7,121	7,362	6,928	6,630	6,738
其中巴西		3,218	2,952	3,617	5,176	5,142	5,247	5,002	4,749	4,830
阿根廷		669	577	559	599	802	793	654	565	565
非洲		1,856	1,859	2,087	2,118	2,139	2,182	2,138	2,379	2,557
其中南非		627	624	726	759	678	671	616	739	778
亚洲		5,636	5,906	6,698	6,963	6,835	5,202	6,574	9,018	7,742
其中印度		2,018	1,702	2,059	2,971	2,600	1,582	2,130	3,475	2,800
泰国		678	910	1,223	962	1,059	676	1,029	1,736	1,157
印度尼西亚		291	297	338	368	393	400	386	397	440
巴基斯坦		205	299	357	410	220	231	354	497	461
马来西亚		20	28	30	46	52	19	20	20	22
菲律宾		890	1,050	940	808	873	789	827	885	900
中国		845	895	900	685	860	810	1,140	1,295	1,300
中国台湾省		230	260	360	222	295	273	288	259	218
大洋洲		657	701	728	746	683	741	842	871	863
其中澳大利亚		586	620	642	641	577	598	713	719	720
世界总计		27,293	28,762	31,156	33,726	33,723	31,019	31,530	35,541	34,578

F.O.Licht's的国际废糖蜜报告。



表 3

主要国家废糖蜜的用途

国别	用途	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	来源
日本	酒精	401,649	313,682	322,400	174,681	145,246	121,215	238,999	废糖蜜进口座谈会 (仅是进口部分,不包含国产部分)
	饲料	350,574	354,235	363,753	354,738	316,051	277,986	282,426	
	氨基酸、核酸	130,481	164,737	220,463	199,494	220,517	227,146	231,844	
	酵母	54,029	57,855	62,029	51,001	55,122	63,421	62,134	
	其他	364	252	228	210	902	884	488	
	合计	937,097	890,761	968,873	780,124	737,838	690,654	815,891	
美国	酒精	18,550	39,220	30,210	46,640	43,460	25,970		1加仑换算成5.3公斤。 1981年为估计数。
	饲料	3,528,740	3,276,460	2,757,060	2,750,700	1,930,790	2,255,680		
	酵母、柠檬酸	534,770	491,310	493,433	411,810	410,750	398,560		
	药用、食用废糖蜜	255,460	135,680	110,240	102,290	99,640	101,230		
	合计	4,337,520	3,942,670	3,390,940	3,311,440	2,484,640	2,781,440		
联邦德国	酒精、酵母		212,791	187,932	223,544	157,067	178,900		里希德国际废糖蜜报告
	饲料		825,095	901,418	783,810	761,648	1,051,987		
	其他		146,393	70,825	153,764	167,848	126,678		
	合计		1,184,279	1,160,173	1,166,118	1,086,563	1,357,545		
法国	酒精		252,000	236,000	198,000	232,000	264,000		(1981年为估计数。)
	饲料		511,000	484,000	496,000	437,000	470,000		
	酵母		243,000	262,000	294,000	285,000	280,000		
	其他		94,000	110,000	146,000	191,000	190,000		
	合计		1,100,000	1,092,000	1,134,000	1,145,000	1,204,000		
荷兰	酒精					170,000			
	饲料 酵母					445,000 65,000			
	合计					680,000			
英国	酒精					119,227			
	饲料					231,398			
	其他					940			
	合计					351,565			

• 欧洲部分由于没有历年数,因而整理成前一年的,例如,1980/81为1980年数。

### 木薯

木薯属热带和亚热带生长的多年生灌木,其根中含有淀粉、糖分等,成分与甘薯类似。在生长地区除作食用外,其颗粒和小片大量地被用作家畜的饲料,作为酒精生产的原料也是可能的。泰国和印度尼西亚在日本的协助下正在进行适于木薯的酒精制造工艺的开发。巴西也在进行这方面的开发,但也有情报说它暂时停止了这一工作。

全世界木薯的生产量约110,000kt,主要的生产国有巴西、印度尼西亚、扎伊尔、泰国、尼日利亚等,其单位面积产量除印度尼西亚达到15t/公顷外,其他国家均较低,约为10t/公顷。据说气候干燥、管理粗放,它也可以得到收获,如加以合理的栽培管

理，其单产可以提高到20t/公顷。在试验中通过积极的施肥和管理曾取得过更高的收获量。

全世界有几百个木薯品种，不用说通过品种的改良可以增加收获，特别是为使播种和收获等作业容易，需要改良和提高栽培技术。这是想要大规模利用木薯的重要课题。

#### 糖高粱

糖高粱品种的种类很多，育种改良的余地很大。在纬度比较高的地方也可以栽培。与甘蔗一样其渣可作燃料。因其生成最高糖度的日照条件与甘蔗不同，所以可把它作为甘蔗收获期前后的原料加以栽培。由于将它和木薯配合起来可以利用其渣作为燃料，可以提高工厂的开工率等原因，今后有希望成为潜在的酒精原料之一。

#### 5. 通过应用技术的开发有可能利用的原料——纤维素系资源

如果能将农产废弃物、废次材、间伐材等纤维素系资源作为酒精原料的经济的应用技术实用化，那么资源的可能供给量将变得非常大。

不用说除转换技术之外，还有收集和运输问题，为此所需的劳动力和成本问题也和转换技术的开发同样重要，必须加以研究。

利用木材糖化法生产酒精，这在第二次世界大战中部分欧洲国家曾经试验过，但认为它的能效率相当低。

## 转换方法

### 一、战后酒精生产技术的变迁与特征

由于地理条件的不同，日本的酒精发酵与国际情况相比，大致有以下特征。

#### 1. 原料价格

日本用作发酵酒精原料的国内农产物的价格较高，因而进口原料的比例高。由于国际行情的变动，有时进口原料也能廉价到手，但即使这样海上运输费的负担也很大。

#### 2. 能源供给

在能源方面日本主要依靠进口，特别是石油基本上要靠进口。为此，要不断努力通过进口来源的多样化、节能和代用能源的开发来降低对石油的依赖程度。这是能源政策上的重要课题。

#### 3. 选址和环境的制约

日本要在狭小的国土上开展大规模的工业生产，在选址和环境方面的规定是非常严的。

在以上的条件下，日本国的酒精制造技术是从以下方面展开的：

#### 1. 重视原料利用率

由于原料价格高，即使只提高利用率百分之几（1~2%），对降低成本也是重要的。

不仅重视发酵率，也重视蒸馏率。

## 2. 发酵醪的高浓度化

甘薯原料方面，已经由阿米诺法和麸曲法到液体曲阿米诺酒母折衷法、液体曲法，进而变成了目前主流的酶添加法，从而已使成熟醪的酒精浓度达9%。

废糖蜜原料方面，尽管由于发酵醪酒精含量高浓度化会使酵母的生长、发酵受到妨碍，发酵时间有所延长，但为了充分利用现有设备，还是实行了高浓度化，成熟醪的酒精浓度已达到12~13%，以求节省蒸馏工程的蒸汽和减少蒸馏废液量。

## 3. 制品的高质量化

由于日本固有的条件造成了原料成本偏高，上面所说的那些努力仅是这个问题对策的一个方面，另一方面为了确保和开拓用途，还进行了制品的高质量化。这也是与重视质量的日本那种“用户至上”的思想相适应的。

随着抽出蒸馏的导入普及，加之减压蒸馏法（中沸点不纯物除去法）的开发普及，日本的发酵酒精已达到国际上少见的高质量。

## 4. 废液处理技术的多样化

旧的国营酒精厂在工厂排水法施行（1959年6月）之前就导入了甲烷发酵法。石冈（1956年3月），磐田（1959年3月），千葉（1960年3月），出水（1961年2月），肥後大津（1966年3月）都先后采用了此法。

但是，随着规定日益严格，没有多久就变得不相适应，于是实行废液的浓缩并进一步导入了部分燃烧法。近永（1967年10月），千葉（1972年1月），出水（1974年3月），肥後大津（1977年1月）即是如此。

现在已将废糖蜜原料的蒸馏废液浓缩，然后用作肥料和饲料；此外，有的排入土壤有适应特性的农田，有一部分投弃到外洋，可以预料不久投弃到海洋的做法将被禁止。关于杂用排水现在施行的是活性污泥处理法。

# 二、新的技术开发与课题

用发酵原料直接制造酒类和蒸馏酒的情况且不说，在生产工业用酒精，特别是生产燃料用酒精的情况，其转换方法必须进行许多技术革新。

## 1. 资源化技术

农产废弃物，木材系未利用资源含有的纤维素、半纤维素等多糖类。如果能开发出将这些东西作为经济的酒精原料的技术，那么酒精原料的可能供给量将会有飞跃性的增长（当然还有收集和运输的问题）。为此，需要开发以下几个技术：

- ① 适于各种未利用原料的前处理技术；
- ② 纤维素、半纤维素的分解技术（特别是酶法）；
- ③ 五碳糖利用技术；
- ④ 木质素利用技术。

换言之，也就是物理、化学的前处理技术，包含各种有用微生物的检索和利用遗传工程手段的有用微生物的育种，以及作为木材的重要成分木质素的有效利用，都具有降

低成本的作用。

## 2. 省能化技术

在转换方法中为了提高能效率需要开发：

- ① 无蒸煮或低温蒸煮的糖化方法；
- ② 闪蒸发酵（与蒸馏方法相组合的总系统的最适化对于节能是重要的）；
- ③ 采用加压/减压的多效蒸馏；
- ④ 膜分离（分离生成的发酵产物——酒精/水）；

## 3. 高效化技术

- ① 采用固定化菌体（酵母/细菌）的连续发酵；
- ② 连续糖化（生物反应器的开发）；
- ③ 高温发酵菌的检索育种（并具有节能效果）。

## 4. 处理废液的有效资源化技术

例如在废糖蜜原料的酒精制造中，蒸馏废液的处理无论对于能耗还是对于成本都是很重要的因素。为了降低酒精的成本，进而为发展燃料用酒精开拓道路，有必要开发解除这种负担的技术和综合利用的系统。不限于还原土壤和用作肥料、饲料，而应该广泛地进行研究。甲烷发酵也由于地域条件等应进一步加以研究。在废糖蜜为原料的酒精工厂，曾将蒸馏废液经过甲烷发酵，结果可以节约工厂燃料约1/3。

# 三、日本新能源综合开发机构 (NEDO)

## 酒精事业本部的事例

关于转换方法的省能化，NEDO酒精事业本部正在着手进行几个课题的开发。当然现在还谈不上是成果，仅借此机会向大家介绍一些情况。

### 1. 甘薯的低温蒸煮/酶糖化

以往的标准是在128℃加压蒸煮30min的条件下，每100m<sup>3</sup>发酵槽添加糖化酶5kg，液化酶3kg。但通过各种预备试验后，在三个工厂进行了生产性试验，结果在80℃下蒸煮60min就大致可满足要求。与常法相比，可以期望在蒸汽费和酶费方面使成本降低，此外还可求得作业时间的缩短，装置和工程的简化。详细情况已介绍于“発酵と工業”1983年第8期。

### 2. 闪蒸发酵

预备性阶段的实验设备已于1981年度设置在千葉酒精工厂内（现属NEDO酒精事业本部技术开发研究室）。其概略如图1所示。90l发酵槽5只。发酵液可串连通过，也可并联使用。闪蒸筒1个，容积约20l，13m高设在屋外。使发酵液借助闪蒸作用而加快发酵/糖消费的速度，降低发酵液中的酒精浓度，其实例示于图2。此实验使用的是总糖分51%的泰国产废糖蜜，发酵液的初始总糖分高达约30%。闪蒸温度32~35℃，真空度5.3~9.3kPa（40~70mmHg）。投料量84l（但是要补给闪蒸掉的水分量），向闪蒸筒的供料量为20l/h。通过闪蒸酒精的回收率63.8%，闪蒸回收酒精的平均酒度30.4%。

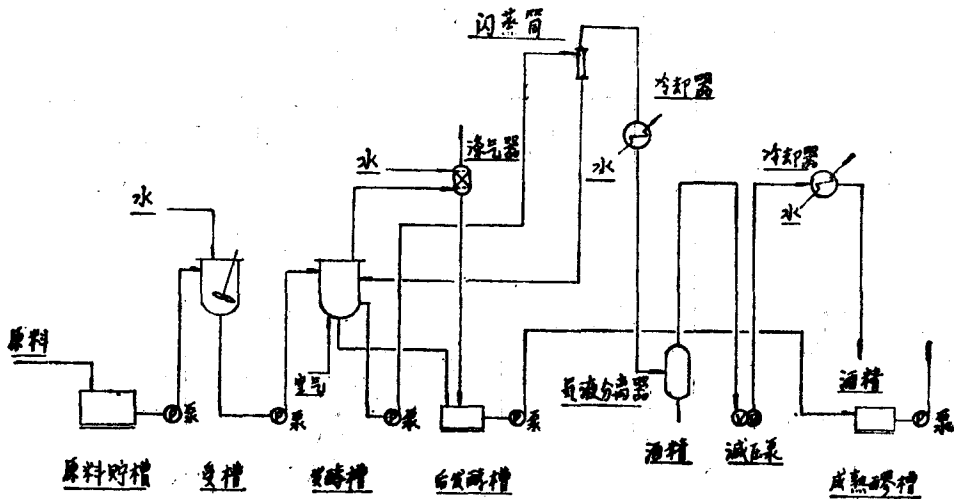


图1 闪蒸发酵中试装置流程图

以上是为了搞清闪蒸效果在单纯条件下进行实验的结果。开发能保持预定发酵率和糖消费率进行连续闪蒸发酵的体系将是今后基本的研究课题。

### 3. 多效蒸馏

如所周知，通过加压或减压可以节减蒸馏能耗。为了开发此类的实用化技术，设计了如图3所示的试验装置进行了实验。醪塔、浓缩塔合在一起共52层，醪塔直径500mm，浓缩塔直径310mm。脱水塔58层，直径400mm。设计成向醪塔与浓缩塔加压，使脱水塔减压，在加压/常压、常压/减压条件下进行实验。在这样组合的情况下，浓缩塔顶部的蒸汽被供给脱水塔的重沸器。在向醪塔与浓缩塔加压(顶部 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 表压，底部约 $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 表压，与常压情况相比约有 $0.4\text{kg}/\text{cm}^2$ 表压程度的加压)的条件下进行实验，实验的规模是进料量10%酒精溶液约 $500\text{l}/\text{h}$ ，结果每小时可得无水酒精 $46\sim 49\text{l}$ ，即使不给脱水塔供给外来蒸汽也能运转，与常压下通常的运转相比，蒸汽使用量约可减少一半。

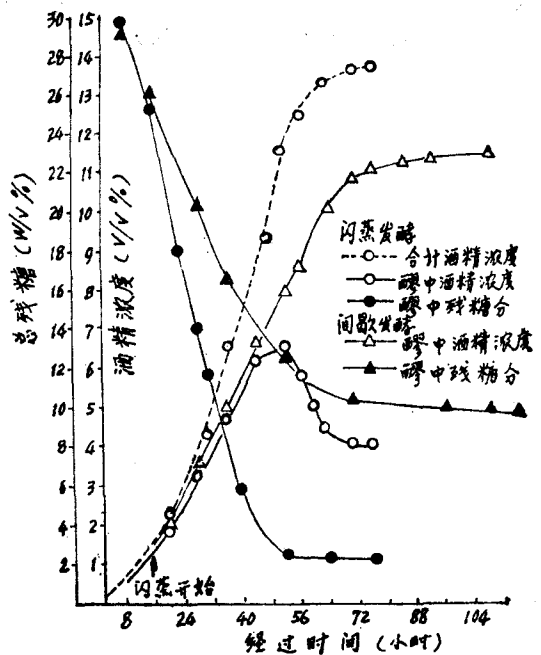


图2 醪中的酒精浓度和总残糖

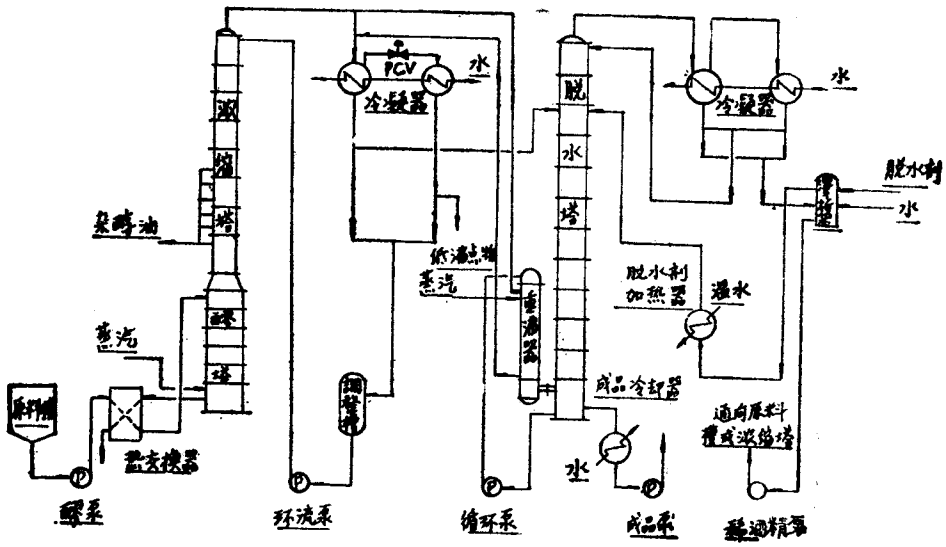


图3 蒸馏中试装置流程图

(高寿清 节译自“発酵と工業”1983, 41,  
No.11, 918~925可达校)

# 国外酒精生产新技术

Б. А. Устичников等

当今，世界上用发酵法制造酒精最为先进的工艺流程有：Vogelbush公司的所谓级联式流程；Alfa-Laval公司的Biostil连续式流程；Allied Breweries和Gohn Brown公司的Alcon流程；以及Tate and Lyle公司的酒精生产流程。

Vogelbush公司的流程是介于间歇发酵和连续发酵之间的中间流程（或称过渡流程）。此流程利用5~7个发酵罐组成糖质原料发酵的流水线。在利用循环酵母的条件下，发酵持续时间仅10~14小时，而在不利用循环酵母的条件下为22~30小时。

近来对此过程进行了改进，可获得较高的酒精出率，但要求增加一定的投资。

在Alcon流程中，则利用了絮凝酵母，这种酵母可在重力作用下分离出来，并回到生产周期中去。

在Tate and Lyle公司的工艺过程中，同样亦是应用絮凝酵母。为了消除和避免发酵醪的污染，可从发酵系统中除去野生酵母和细菌，从发酵罐上部排出，并保持比较低的pH值。在利用絮凝酵母的条件下，产生的主要问题是如何控制酵母产生沉淀的特性，这在利用低糖量糖蜜的条件下是特别重要的。

在Alfa-Laval公司的Biostil流程中，应用离心分离机分离出酵母，并将酵母循环再用，进行连续发酵。

Biostil工艺流程与传统的工艺流程相比，其不同之处在于，可将高浓度原料直接导入发酵罐中，鉴于可连续不断地从发酵醪中分馏出所形成的酒精，所以不必要用大量的工业用水稀释料液，也没有必要预防酵母受抑制。

将蒸馏后所残留下来的废物（酒精糟）进行浓缩。酒精糟在进行最终干燥或燃烧前进行蒸浓，只需要消耗极少量的能量，或者完全不要求消耗能量。与此同时，可将大量宝贵的副产物加以回收利用。这样处理污水所花的费用就很少了。

Biostil试验装置的酒精生产能力为每昼夜12,000l，已于1981年4月在澳大利亚的昆士兰投入运行。该装置与邻近采用间歇式工艺流程的一家酒精厂相比，可以保证获得较高的酒精产率，原料既不要求消毒，也不要求采用巴氏灭菌法（这可能系指利用糖蜜和甘蔗汁糖浆为原料的条件而言——译者注）。

连续过程可持续若干个月，与常规方法相比，酒精糟的容积要缩减一半还多。其中干物质的含量为32%左右（按重量计），这个过程只要一人操作即可。

连续式工艺过程的酒精出率为90~93%（按Гей-Люссак方法计）；而利用循环酵母的间歇式过程——85~90%；未利用循环酵母者——80~85%。

在进行间歇式和连续式发酵两种流程相互比较时，必须考虑到生产规模和所使用的原料。在Alcon过程中，对于每昼夜生产能力600,000l以下的工厂仅需用一个发酵罐和一个沉淀池即可。

在瑞典，已按Alfa-Laval公司的连续发酵流程，提出了由小麦生产酒精的方案，

所制得的酒精将作为汽油的掺合剂。

按这种方式由小麦和大麦生产酒精的工厂，已在1983年底投产。在这个系统中，还增设有相应的辅助设备，这样，就可制得淀粉及其衍生物。

方案的主要特点在于运用了Alfa-Laval公司的发酵和蒸馏的连续过程，可保证酒精生产的高产率、低能耗、废液量少。由于本法可连续地分馏出从发酵醪中所形成的酒精，故原料就没有稀释的必要性。

由于蒸馏后的废液浓度相当高，因此在最终干燥或燃烧前将其进行蒸浓，耗能极少，或者根本不需要耗能。由于其在低温下进行干燥，这样就有可能获得高蛋白动物饲料。

在美国和英国的许多工厂中，通常利用谷物原料按连续式流程生产酒精。这些流程的实质归结如下：谷物颗粒在具有孔径为3.2~4.8mm筛板的锤式粉碎机中进行粉碎，随后导往蒸煮工段，并加入少量液化酶以促进淀粉的分解。蒸煮醪在高于150℃的温度条件下保持一定时间后，急速冷却至100℃，然后在真空冷却器中冷至80℃，再次加入由枯草芽孢杆菌(*Bacillus Subtilis*)或地衣形芽孢杆菌(*Bacillus licheniformis*)培养而制得的耐热性 $\alpha$ -淀粉酶作为液化酶。在这个阶段还要加入石灰，使醪液富含钙盐。

将液化过的醪液冷至32℃，导入发酵罐，并加入由曲霉(*Aspergillus*)或雪白根霉(*Rhizopus niveous*)所制得的酶制剂和酵母。每吨谷物的无水酒精产率为356~379l；与此同时，每吨马铃薯的酒精产率为114~125l。

十分清楚，利用絮凝酵母就可省掉离心分离阶段。在这种条件下，当醪液被充分糖化至含95个葡萄糖当量单位时，由于发酵过程很快，麦芽糖则未被发酵。

应当指出，从发酵罐排出的醪液中可能还含有不到1%的麦芽糖，后者的发酵速度比葡萄糖要慢得多。应使料液糖化到这样的程度，即在进入发酵罐的醪液中仅含有25个葡萄糖当量单位，并在糖化过程中不断加入葡糖苷酶，使其达到这样的目的，即酵母在发酵的同时使麦芽糖和葡萄糖水解。这样的酵母已为许多研究者所获得，但迄今为止尚未用于工业生产。塔式发酵设备现已被广泛地应用于啤酒酿造工业，但在酒精工厂中尚未获运用，可能是因为规模太大之故。

纤维素是一种量大面广的最普通的有机物质，同样可以利用作为酒精生产的原料。

据估计，纤维素的世界年产量大约为1000亿吨。为了利用这些原料，必须首先将其水解为葡萄糖。

尽管有许多微生物具有分解纤维素的活性，但主要的被研究对象仅两种——木霉和曲霉。

美国学者提出了一种工艺方法，将木霉培养在纤维素水溶液中，以制取纤维素酶。

胞外酶可通过简单过滤法进行回收，而余下的富含酶的培养基则与经预处理过的纤维素废物混合在一起。

纤维素酶可被纤维素所吸附，它们可以部分地回收和再循环。

与利用纤维素物质这一课题相关联的大量的研究工作，现在转向制定酒精生产的一步法工艺，在此条件下，纤维素类废物首先用蒸汽处理，将干物质进行消毒灭菌，然后



将其水解为可发酵糖类，并加入酶制剂和酵母，以进行糖化和发酵，所形成的酒精则可藉真空分馏法连续导出。

根据国外学者的预测，由纤维素制取酒精的方法，只有几年以后才能实现。目前最严重的障碍是如何提高霉菌的纤维素酶的得率和变更水解期，使水解时间缩短到24小时。

与此同时，对利用耐高温（65~85℃）的纤维素酶，以及能耐高温浓度酒精的酵母方面进行了有效的研究。

波兰华沙发酵工业研究所的学者在寻找具有一定生物学特性的新的高产酵母菌株方面，进行了有效的研究工作。他们将酿酒酵母（*Saccharomyces cerevisiae*）和糖化酵母（*S. diastaticus*）进行种间杂交而获得了一株性能优异的新菌株，其特点是具有使含糖量22.5%以下的糖液进行强烈酒精发酵的能力。与原始菌株相比，可提高酒精得率10%。在上述糖度条件下，酒精得率为理论值的96%，而当糖浓度为27.5%时，则超过80%。

选育所得的酵母新菌株具有高耐热性，糖液的发酵温度可达37℃。

进行酒精发酵日益应用不同的细菌，例如运动发酵单胞菌（*Zymomonas mobilis*），已经查明，按酒精的最高产率计算，运动发酵单胞菌可比酿酒酵母高30%。

同样也查明，在温度37℃条件下，所有的细菌菌株所形成的酒精比酵母均要多些。当发酵温度高达40℃时，酒精产率下降50~60%。pH值（最适4.5~6.0）和所用碳水化合物原料品种，同样对过程的产率有重大影响。现在，在筛选嗜热性菌株方面，仍在继续开展研究工作，以期能选育出具有高酒精产率的嗜热菌株。

发酵单胞菌属（*Zymomonas*）培养物对于不同的遗传学操作法来说，是很好的研究对象，用它比用酵母更容易获得具有一定专一性的菌株，例如，可耐更高的酒精浓度。

近几年来人们对利用固定化酵母生产酒精的兴趣增加了。

美国研究者用装有以藻朊酸钠为基质的固定化细胞层的生物反应器，进行了连续酒精发酵研究。为了固定细胞，则利用了角叉菜作为载体。

英国研究者在研究用固定包含在果胶或藻朊酸钙凝胶颗粒中的酿酒酵母（*Saccharomyces cerevisiae*）细胞CM-20制取酒精的方法。

日本学者研究出了由甘薯制取酒精的工艺方法。该法是基于用由扣囊拟内孢霉（*E. fibuliger*）1 F000111培养所得的葡萄糖淀粉酶和纤维素复合酶（Целлюлозин）MC对甘薯进行预处理。纤维素复合酶MC是纤维素酶、半纤维素酶、果胶酶以及其他水解酶的粗制剂的混合物。应用葡萄糖淀粉酶和纤维素复合酶MC就可完全省去甘薯的热处理阶段。纤维素复合酶可以极大地降低培养液的粘度和促进酒精出率的提高。

在中国，生物工程获得了广泛的发展。利用微生物制取 $\alpha$ -淀粉酶的第一座工厂于1964年投产。现在，中国正在组织酶制剂的工业化生产。例如：由枯草芽孢杆菌（*Bacillus Subtilis*）制取 $\alpha$ -淀粉酶，由多粘芽孢杆菌（*B. Polymyxa*）制取 $\beta$ -淀粉酶，由黑曲霉制取葡萄糖淀粉酶，由枯草芽孢杆菌制取蛋白分解酶，由假康宁木霉（*Trichoderma Pseudokoningi*）制取纤维素酶。

在民主德国，则提出了制取高活性酶制剂的专利方法。这些酶制剂有 $\alpha$ -淀粉酶、 $\beta$ -