

制酒译丛

第四輯

制酒译丛編輯委員会編

輕工業出版社

制 酒 譯 叢

第 四 輯

制酒譯叢編輯委員會編

輕 工 業 出 版 社

1959年・北 京

目 录

酒精連續發酵的流水操作法	(苏) 先进技术經驗交流 (3)
改进酒精質量的办法	(苏) Г. И. 菲尔特曼 (17)
酒精中复合酯和酸的測定	(苏) М. С. 舒 利 曼 (27)
	О. Ф. 加夫立可娃
酒精生产中麦芽淀粉的利用	(苏) Л. С. 罗士闊娃 (30)
酒精分餾时的蒸汽消耗量	(苏) П. С. 則卡科夫 (35)
关于廢糖蜜醪在醪塔中析出“結垢”的問題 (日本)	
.....	日本發酵协会会誌 (47)
在原料蒸煮和發酵醪蒸餾时有关空气及不凝結	
气体的排除	(苏) С. П. 过良也夫 (52)
以淀粉水解酵素測定淀粉含量的方法	
.....	(比) 比利时魯汶大学杂志 (55)
葡萄酒中的細菌問題	(美) 加里福尼亞大学杂志 (59)
黄豆在釀造啤酒中的应用	
... (苏) Н. В. 利屋諾維奇 Л. Ф. 米列斯科 Т. И. 依格那吉科	(68)
关于淀粉原料进行連續热处理問題的研究	
.....	(苏) “酒精工業”論文 (76)

酒精連續發酵的流水操作法

序 言

目前所有加工糖蜜的酒精工厂，均改为連續生产流程和采用連續發酵。

加工馬鈴薯和谷物原料的各厂，由于尚未找到实现淀粉物質連續發酵的办法，直到最近糖化醪仍不得不采用間斷發酵。实际上在工業中这样酒精厂的比重是很大的，它們的酒精总产量超过65%。

連續酒精發酵的想法最初是在1909年由C. B. 列別皆夫教授提出的，后来C. B. 列別皆夫教授成功地制訂出甜菜糖蜜的連續發酵方法。在1937至1939年間，在全苏酒精工業科学研究院研究員和酒精工業工作人員的参加協助下，連續發酵方法在莫那斯得里申酒精工厂中开始采用了。

妨碍实现淀粉物質連續發酵的主要原因是缺乏防止感染的办法。在發酵糖蜜糖化醪时，可以利用热和無机酸来杀菌，防止感染。在發酵淀粉原料时，虽然这些办法很有效且合适，但由于麦芽酵素的鈍化，这些办法就不能采用了。

为了实现淀粉原料糖化醪的連續發酵，必須寻找在長時間發酵中能防止發酵罐中感染的發生及發展的办法。由于全苏酒精工業科学研究院制訂出了連續流水發酵方法，这项工作任務已經解决了。該發酵方法首先在布尔柴夫精酒工厂中实现了。本書便是叙述該工厂的工作經驗。

一 淀粉原料的連續發酵^①

B. Л. 耶羅紋科 E. П. 斯卡爾金娜 C. B. 彼赫娃

糖蜜糖化醪的連續發酵方法具有很多優點，其中最重要的優點之一是可以顯著的提高1立方公尺發酵罐單位體積的酒精出產率和提高酒精產量。

由於在發酵過程中感染的擴大酸度的增長難於克服，在實行淀粉原料連續發酵時造成失敗。先後所進行的試驗量和工廠的試驗證明，縮減發酵醪在一個發酵罐內的停留時間有着決定的意義，特別是在前發酵時期內。限制發酵醪在罐中的停留，是可以實行淀粉糖化醪的連續發酵過程的，而且含酸量增加不大。

在試驗研究過程中曾查明，分割出的發酵醪經過適當的處理後，是可以用來代替接種酵母，其處理辦法是在酸度高的培養基上保持一定時間。採用分割的發酵醪可以從酒精生產流程中不須培養專用酵母，並且可以省掉為此所消耗的麥芽和人力。

這些情況是以所編制的淀粉原料連續發酵方法為基礎的，此項方法的試驗及生產試驗是在布爾柴夫酒精工廠中進行的。黑麥和壞小麥的糊化、糖化是按單段糖化半連續流程進行的。麥芽乳是以下列方法製造的；首先往麥芽乳製造桶中灌注75%的水，而後加入所有計算量的甲醛水，並添加以循環粉碎機粉碎的麥芽。

在粉碎完畢後，添加其餘的25%的水，並將麥芽乳汲至運送桶內。麥芽乳製造桶，泵和管道在每次放空後必須刷洗和蒸浴；在每班內輪流地蒸浴運送桶二次，糖化罐，麥芽汁泵，管道和

① 根據工程師 B. Л. 耶羅紋科的建議，全蘇酒精工業科學研究院工作小組 (E. П. 斯卡爾金娜, C. B. 彼赫娃, A. H. 拉寧列瓦) 在 1952~1954 年間進行了淀粉原料連續發酵過程的研究工作，參加此項工作的尚有本書作者。配合此項工作的有莫斯科酒精托拉斯工作人員 (M. M. 列里秋克) 和布爾柴夫酒精工廠的工作人員 (И. М. 列別爾曼, M. И. 哈爾基, M. B. 布羅瓦)。

热交换器每晝夜消毒一次。

为了保证糖化醪不断地进行发酵，布尔柴夫酒精工厂装配了二条半成品(麦芽乳和糖化醪)平行运送线，两线轮流使用，即一线在工作时，另一线在此时间内进行消毒(图1)

在发酵工段中设有两个酵母罐(18)(容积各为1.4立方公尺)。它们是在工厂停歇后重开工时用来制造纯粹培养的酵母；1个前发酵罐(19)(容积为11立方公尺)，分割的发酵醪即往此罐中注送；六根串联发酵罐(21)(容积各为33立方公尺)的流送管(27)。前2个发酵罐用来进行主发酵，而其他四个发酵罐作为后发酵罐。除此以外，尚有二台在工作滚筒上装有螺旋式喷嘴的离心泵(23)(24)(能力为20和30立方公尺/小时)。离心泵(23)是用来从主发酵罐中泵汲发酵醪及取发酵醪用，泵(24)是用来从第三发酵罐往后发酵罐中泵送发酵醪用。麦芽汁线引至前发酵罐和前两个发酵罐。

发酵流程的进行如下：用泵(23)将分割的发酵醪从主发酵罐送至事先已准备好的前发酵罐(19)中。在此处将分割的发酵醪进行酸化，冷却和保持5~8小时；此时分割的发酵醪浓度为5~6°。而后将前发酵罐中的分割发酵醪送入第一发酵罐中，同时将糖化醪送入此发酵罐内。在此时糖化醪仅进入第一发酵罐中。放空了的前发酵罐(19)必须洗刷和蒸浴，而后往此罐中放入新割出的发酵醪。

在第一发酵罐装满后，发酵醪从第一发酵罐经流送管(27)送入第二发酵罐中，而后从第二送入第三发酵罐中，以此类推地流送。在装满第四发酵罐以前，从前发酵缸中将事先准备好的割出的发酵醪放入第一发酵罐中；在第五发酵罐装满后，将糖化醪打入第二发酵罐中，而发酵醪从第一发酵罐中用泵(23)送入第二罐中。放空的第一发酵罐进行洗刷和蒸浴，并重新开始工作。

当第一发酵罐准备妥当后，即往第一发酵罐中注入糖化醪

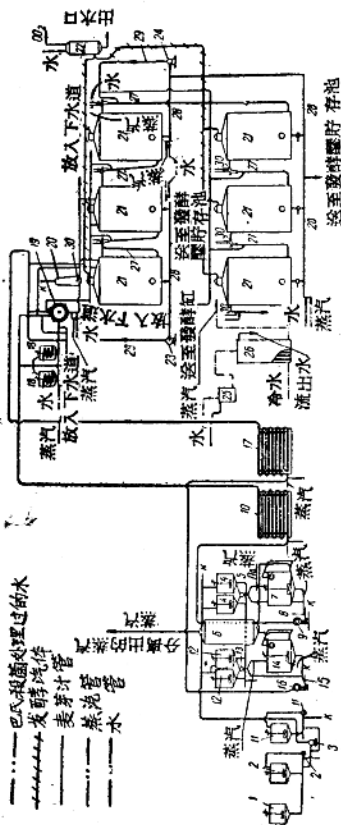


圖 1 加工淀粉原料時的連續流水發醇流程图

半制品第一送線

1. 麥芽洗滌器; 2. 麥芽乳製造箱(裝有粉碎機); 3. 麥芽乳离心机; 4. 麥芽乳貯槽; 5. 麥芽乳計量器; 6. 蒸汽分离器; 7. 第一段糖化罐; 8. 糖集器; 9. 麥芽汁泵; 10. 熱交換器;

半制品第二送線

11. 麥芽箱乳; 12. 麥芽乳貯槽; 13. 麥芽乳計量器; 14. 第一段糖化罐; 15. 糖集器; 16. 麥芽汁泵; 17. 熱交換器; 18. 酵母罐; 19. 前發酵罐; 20. 水壓閥; 21. 發酵罐; 22. 酒精回收器; 23. 主發酵器; 24. 后發酵器; 25. 煮水罐; 26. 水冷却器;

管道及附件

27. 流送管; 28. 發酵抽吸管; 29. 發酵排氣管; 30. 關閉閥。

同时从前發酵罐中將分割的發酵醪放入第一罐中。

在第一發酵罐裝滿后，仍用剛才的泵將發酵醪从第二發酵罐送入第三發酵罐中，發酵醪从第三發酵罐沿着流送管送入以下各后發酵罐中。如果流送管来不及輸送發酵醪时，則以泵(24)將發酵醪从第三發酵罐送入各后發酵罐中。

在連續發酵过程中，前發酵的过程免除了，而主發酵主要是在第一發酵罐中进行，仅部份是在第二發酵罐中进行；后發酵是在第三發酵罐开始的其他各罐中进行(圖2)。

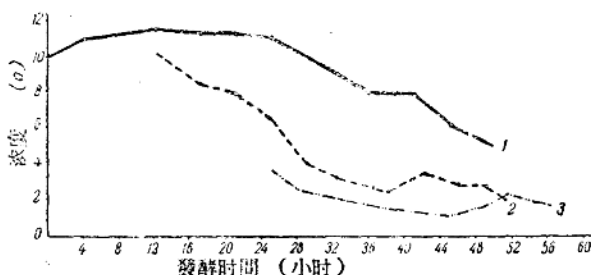


圖2 連續發酵中第一①第二②和第三③發酵罐中的發酵醪濃度变化情况

麦芽汁注入時間为 52~56 小时。在此時間內裝滿五个發酵罐。从一次消毒起至另一次消毒止，后發酵罐的工作時間为 45~55 小时。

为了激起發酵，采用了分割出的發酵醪，此發酵醪是以下列方法制取的。

从第一發酵罐中取出其容量 20% 左右的發酵醪送入事先已准备妥当的前發酵罐中。而后在攪拌器不断的轉动下，以硫酸使分割的發酵醪酸化至 $0.7 \sim 0.8^\circ$ ，並冷却至 $20 \sim 21^\circ$ 。在从發酵罐中提取發酵醪时，發酵醪的濃度应在 $9.4 \sim 13.4^\circ$ 之間(平

均为 10.8°)。在保存一定时间后,分割的發酵醪濃度变动在 4.5 至 7.0° 範圍之內(平均为 5.3°)。

分割出的發酵醪中的酵母細胞为 $45000000\sim100000000$ /毫升(平均为 66000000 /毫升)。在保存一定時間后,酵母細胞数量增加至 $76000000\sim115000000$ /毫升(平均为 90000000 /毫升)。在分割出的發酵醪中芽胞数量最初为 11% ,在保持一定時間 后为 8% 。

为了激起發酵(在裝滿五个罐时),采用兩次添加分割的發酵醪(每份为發酵罐容量的 20% 或發酵醪的 8%)。第一份發酵醪在裝第一發酵罐初加入,而第二份發酵醪是在裝第四發酵罐时加入第一發酵罐中。糖化醪流速按每晝夜裝滿二个發酵罐来調整。

·發酵醪从一个罐到另一个罐的不断流送中,每罐發酵醪的濃度如下:

罐次	濃度(度)	罐次	濃度(度)
第一罐	11.5	第四罐	1.65
第二罐	9.8	第五罐	1.3
第三罐	3.4		

虽然新鮮的麦芽汁不断地流入第一罐中,但每罐的發酵醪濃度是逐漸下降的。在麦芽汁由第一罐轉注入第二罐时,發酵醪的濃度在第一罐中达到 $5.4\sim6.2^{\circ}$,第二罐中 $1.8\sim2.0^{\circ}$,第三罐中 $1.2\sim2.0^{\circ}$ 。

在連續發酵中,各罐酵母細胞的分佈是均匀的,其情况如下:

罐次	酵母細胞数量	罐次	酵母細胞数量
第一罐	138000000 /毫升	第四罐	147000000 /毫升
第二罐	139000000 /毫升	第五罐	169000000 /毫升
第三罐	137000000 /毫升		

成熟發酵醪的指标列于第一。

除了按圖 1 的用泵打送發酵醪的連續發酵方法外，布尔柴夫酒精工厂曾制訂出循环發酵方法，按此种方法發酵过程是以循环动作實現的，即首先从第一罐按順序地裝滿各罐，而后从第一罐轉注入最后一罐中。

糖化醪仅送入一个罐中(或第一罐，或最后一罐)。为了进行發酵，亦采用分割發酵醪。此种方法不需要將發酵醪从一个缸打入另一罐中。

每一循环中往罐中添加麦芽汁的时间为 52~56 小时，而后停止添加，同时所有各罐开始后發酵。此时裝添下一循环的各罐。在每一循环中于 52~56 小时里裝添五个罐。

裝添过程是以下列步驟进行的，重新裝添每罐时，每罐中的糖液应全部發酵，並送去蒸餾，而后洗刷和蒸浴發酵罐，即准备下一循环的裝添工作。

采用循环發酵方法时，各罐中的發酵醪具有不同的濃度。例如，开始裝罐时各罐中發酵醪的濃度如下：

罐次	濃度	罐次	濃度
第一罐	11.94°	第四罐	1.15°
第二罐	10.24°	第五罐	0.8°
第三罐	2.4°		

表 1 成熟發酵醪的各项指标

試 驗	糖 化 醪					成 熟 發 酵 醪							
	濃 度 [°]	酸 度 [°]	麥 芽 糖 (克/100 毫升)	精 糖 (克/100 毫升)	色 元 物 質 (克/100 毫升)	發 酵 度 [°]			酸 度	酒 精 含 量 (%) (容 量)	麥 芽 糖 (克/100 毫升)	精 糖 (克/100 毫升)	色 元 物 質 (克/100 毫升)
						計 算 的	外 觀 的	精 確 的					
循環發酵	15.04	0.15	10.00	3.09	14.30	0.89	0.45	3.40	0.35	8.94	0.35	0.72	1.15
連續發酵	14.85	0.15	10.01	3.01	13.90	0.92	0.55	3.50	0.34	8.15	0.32	0.70	1.12
間斷發酵	15.00	0.15	10.12	2.83	13.77	0.87	0.54	3.70	0.38	8.01	0.45	0.58	1.16

各罐將近裝滿時，各罐中的濃度逐漸下降(圖3)，在停止流入麥芽汁以前，即開始後發酵時各罐濃度如下：

罐次	濃度	罐次	濃度
第一罐	4.1°	第二罐	2.0°
第三罐	0.8°	第五罐	0.55°
第四罐	0.7°		

在這樣的情況下，從往罐中流加麥芽汁起至發酵醪進入蒸餾設備止的發酵時間亦為61~65小時。

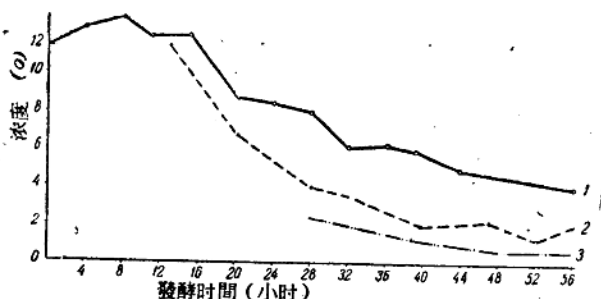


圖3 循環發酵時前三個發酵罐的濃度變化情況

表1中表明，成熟發酵醪的指標同連續發酵中的一樣地良好。

在此表中亦提出了糖化醪間斷發酵(作對照用)中所獲得的發酵醪指標。這些發酵醪的指標與試驗的指標相似。

對比各種發酵分法中的發酵圖表(圖4)可以得出如下結論：

- 1) 採用連續和循環發酵方法時，由於去掉前發酵時間，因而縮短了發酵時間；
- 2) 在頭二個罐中，由於發酵劇烈，後發酵時間延長。

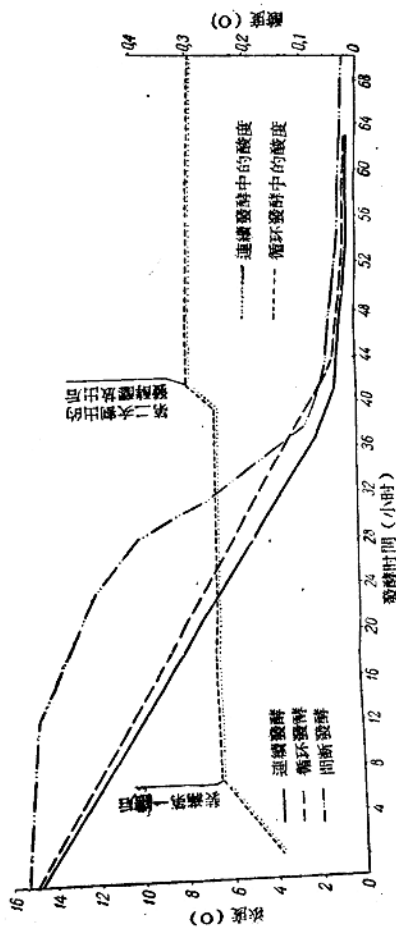


图 4 各种发酵方法的发酵曲线和酸度增长曲线表

表 2 1 小时中 1 立方公尺發酵罐容积的酒精获得量

罐 号	發酵方法	罐的容积 (M ³)	發 酵 时 間 (小时)			時間与 容积的 积 数
			液体在 罐中停 留時間	准 备 工 作	共 計	
1	2	3	4	5	6	7
前 發 酵 罐	} 循环法	7	52	4	56	392
第 一 罐		33	101	3	104	3432
第 二 罐		33	84	3	87	2871
第 三 罐		33	58	3	61	2013
第 四 罐		33	41	3	44	1452
第 五 罐		33	19	3	22	726
共 計						10886

酒精注出試驗中的获得量为 1236.35 公斗 1 小时 中从 1 立方公尺
容积获得的酒精量为 1236.35; 10886 = 0.114 公斗。

1	2	3	4	5	6	7
前發酵罐	}連續法	7	52	4	56	392
第 一 罐		33	62	3	55	1815
第 二 罐		33	53	3	56	1848
第 三 罐		33	53	3	56	1848
第 四 罐		33	23	3	26	858
第 五 罐		33	24	3	27	891
第 六 罐		33	27	3	30	990
第 七 罐		33	12	—	12	396
第 八 罐		33	28	—	28	924
共 計						9962

酒精注出試驗中的获得量为 1176.72 公斗 1 小时 中 1 立方公尺容
积的酒精获得量为 1176.72; 9962 = 0.118 公斗。

1	2	3	4	5	6	7
前發酵罐	} 間断法	7	27	2	29	203
第一罐		33	77	3	80	2640
第二罐		33	70	3	73	2409
第三罐		33	76	3	79	2607
共 計						7859

酒精注出試驗中的获得量为 786.36 公斗 1 小时中 1 立方公尺容
积的酒精获得量为 768.36; 7859 = 0.098 公斗。

3) 当發酵醪从一个罐流送到另一个罐中时, 获得了很好的攪拌, 这便促使糖更充分的發酵。

从表 2 中可以看出, 在循环發酵中 1 立方公尺的發酵容积在 1 小时中获得酒精 0.114 公斗, 在連續發酵时, 获得量为 0.118 公斗; 在采用間断發酵方法时, 获得量为 0.098 公斗。

在比較所述的各方案时, 应当承認采用循环方法时, 管理工艺过程是比較容易的。在此种情况下, 發酵罐工人应当掌握进料的温度, 分割的發酵醪提取和处理。在采用連續發酵时, 發酵醪的汲出和兩台泵工作須同时管理。

然而, 泵出發酵醪的連續發酵是最先进的。在采用連續發酵方法时, 每罐使用时间为 52~53 小时。

在采用循环發酵方法时, 每罐的使用时间(表 2)是長短不同的: 第一罐为 101 小时, 第五罐为 19 小时。从此得出結論: 采用連續發酵时各罐的利用是稳定的, 由此可見, 連續發酵的另一个極重要优点是: 發酵純潔, 酸度不增長。

上述两种方法的試驗是在布尔柴夫酒精工厂中进行的。

根据苏联食品工業部和酒精工業管理局的命令, 在 1956 至 1960 年期间內, 連續發酵方法应在 168 个酒精工厂中加以貫徹。

二、連續發酵方法

M. M. 列里秋克

在 1952 年 8 月根据 B. Л. 耶罗維科所提出的連續發酵方法, 將布尔柴夫酒精工厂發酵車間进行了改裝。

在連續發酵方法初步試驗时, 曾發現由于气体阻塞的形成, 离心泵不能够將發酵液从發酵罐中全部泵出。因此必須改变醪泵的結構。

1953年在該厂机械师 M. И. 哈尔金的领导下, 該厂全体钳工完成了此項任务, 並制出兩台生产能力为15~20立方公尺/小时的醪泵。

在1953年夏季的大修期間內, 該厂曾裝配了第二道流送綫, 並安裝了帶有麦芽乳罐的補充麦芽粉碎机, 兩個麦芽乳貯罐, 第一段的糖化罐, 热交換器和栓塞泵。除此以外, 在通向發酵罐的流送管上並安裝專門的关闭裝置代替魯得罗式 (Лудло) 活門。

兩台酵母糖化醪罐(从酵母制造工段中移裝至發酵工段)。

在將近1953年秋, 第二道流送綫和改裝了的發酵車間已投入了運轉, 並在1953年中該工厂采用了循环半連續式的糖化發酵。

采用此法工作时, 裝罐过程和發酵是循环进行的。在布尔柴夫酒精工厂中, 在麦芽汁不断地进入第一个先头罐的情况下, 以發酵液体从一个罐流入到另一个罐的方式在每一循环中裝滿六个發酵罐中的四~五个罐。

当糖化醪在第一循环中裝滿各缶和發酵醪开始發酵后, 便开始裝添第二循环的各罐。

一个循环中不断流加的时间为52~56小时, 發酵醪的后發酵时间为14~24小时。

从开始裝添一个循环的第一罐起至發酵醪开始进入蒸馏設備止的發酵时间为60~68小时, 从裝滿先头罐起至發酵醪送去蒸馏为止的一个循环先头罐中的發酵时间为88~95小时。每一循环中發酵醪在先头罐中停留的时间較長时, 一般会提高造成發酵醪的含酸量(0.5~0.6°)。因此, 以后改变了裝罐順序: 首先注入第二罐, 而后第一罐。此时麦芽汁仅流加至第一罐中。

操作温度是影响發酵强度的主要因素。当主發酵温度为25~27°时, 后發酵时间为24小时。如果主發酵温度为25~29°,

則后發酵時間總共為 16~20 小時。

該工廠在 1953 年採用循環方法后的工作指標如下：

成熟發酵醪的發酵度 (計劃為 1.02)	0.95°
酸度的增長	0.23°
麥芽耗用量 (與計劃比)	95.21%
酒精產量 (與計劃比)	101.13%

目前確定：發酵中酸度的增長是與半成品在麥芽乳罐中，糖化罐中，熱交換器中，管道中和發酵醪在發酵罐中的停留時間有關係的。

為了防止由於停留時間所引起的酸度增長，根據本方案的倡導者 B. Л. 耶羅維科的建議在該廠中已裝配了糖化液和麥芽乳的第二道流送綫，並且在發酵罐的流送管上安裝了帶有關閉圓片的閘門，代替原來的魯得羅式活門。為了迫使騰出各罐，安裝了離心泵（參照圖 1）。

主發酵各罐與泵相連接，借助於泵可將各罐中的發酵醪泵入第一罐中，以便進行后發酵，后發酵的第一罐與另一台泵相連接，這樣可使發酵醪從第一罐泵入以下的任何一罐中。在發酵罐上部安裝了前發酵罐，其中裝有攪拌器和蛇形管，用來攪拌和冷卻進入此發酵罐中的分割的發酵醪。

在 1954 年該工廠改用了連續發酵法，即當各罐騰出后強制將發酵醪從一個罐打入另一個罐中。這時在個別情況下曾獲得了下列的工藝指標：

	連續發酵	間斷發酵
計劃發酵度	0.84°	0.85°
實際發酵度	0.33°	0.52°
成熟發酵醪的酸度	0.30°	0.37°
酸度增長	0.10°	0.17°

採用強制移送發酵液的連續發酵有助於糖的更好發酵和增加酒精獲得率，並可保證獲得穩定的工藝指標。

三、輸送發酵醪的离心泵

M. H. 临尔金

在采用連續發酵法时，必須將發酵醪由一个罐打入另一个罐中。實踐証明，裝有叶輪或渦輪的离心泵是不能輸送發酵醪的。

为了消除在采用連續發酵方法后泵送發酵醪当中所發生的困难，曾改变了离心泵的工作輪和改裝了进道管。

在离心泵壳內的橫軸上裝上帶有兩個螺旋狀叶輪的工作盤代替原来叶輪(圖 5)。

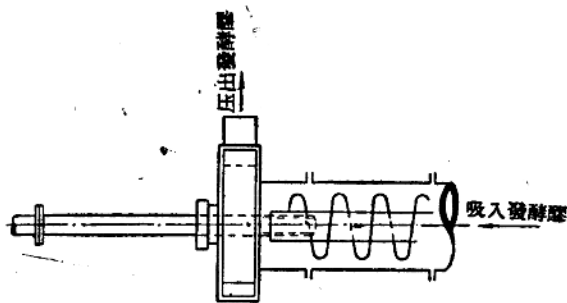


圖 5 輸送發酵醪的离心泵螺旋道

进道管作了加長並在管內裝有叶輪螺旋压送器，其限制旋数約为 2~3。螺旋圈严格地固定在自己的軸上，軸的一端成为圓形。軸的另一端与工作盤的橫軸固結。

螺旋压送器在短管內随同在泵壳內轉动的工作盤轉动。螺旋压送器的軸与工作盤的軸嵌接，在必要的情況下可以拆开。

此处的連接亦可采用其他的連接方式，如螺旋綫（絲扣）連