

甜菜糖蜜制造酒精 連續發酵法

〔苏〕 Ф.С. 格拉特基 著

耿寬度 康 青 合譯

輕工業出版社

甜菜糖密制造酒精 連續發酵法

〔苏〕 Ф.С. 格拉特基 著

耿寬度 康青 合譯

輕工業出版社

一九五六年·北京

內 容 介 紹

本書主要介紹了用制糖廢料制造酒精的連續發酵法。用這一方法制造酒精，能節約原料和燃料，提高生產能力，增加酒精的產量。書中對間歇式發酵法也作了研究，指出了這一方法的缺點。

本書可供酒精工業中的工程技術人員及中等以上的有關技術學校師生閱讀。

目 錄

作者的話.....	4
間歇式發酵的特点及可能实施連續發酵的方法.....	5
糖蜜制造酒精時酵母和主醪的格拉持基連續發酵法.....	10
糖蜜制造酒精連續發酵的化学技術檢查.....	19
連續發酵法的优点.....	33
結論.....	39

作 者 的 話

目前酒精工業仍多採用間歇式發酵法；採用連續式發酵法是一個迫切的任務。

為此，作者制訂了含糖原料製造酒精的連續發酵（酵母及主醪連續發酵）法。這一製造酒精的連續發酵流程，能為酒精廠節約原料和燃料，提高生產能力，並增加酒精的產量。

間歇式發酵的特点及可能實施 連續發酵的方法

通常採用間歇式發酵的工廠，全部醪液的制造是分別進行發酵的，每次發酵都獨立進行：發酵容器注滿醪液即進行發酵，至發酵成熟時將醪液放出。在每一個週期中，發酵過程是按圖1曲線進行的。

圖中所列的條件大致與發酵的一定階段相適應。

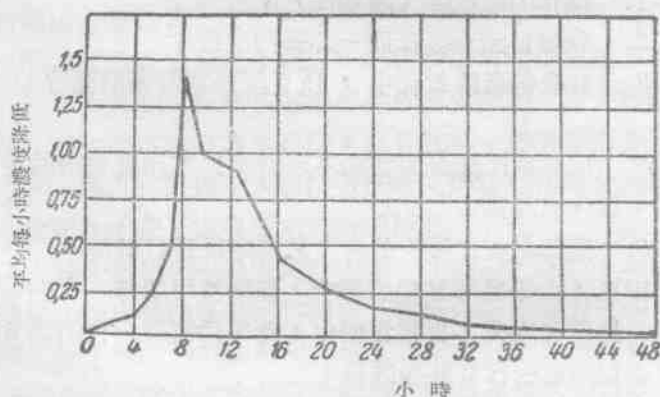


圖1. 間歇發酵曲線圖

每一部分醪液的發酵，須要添加一定量的酵母；酵母繁殖達到最大的發育之後，就開始死亡。這樣做的結果，第一，酵母的發育和營養不可避免地要消耗一部分物質；第二，發酵過程有很大的不均衡性。在這種情況下，很大的一部分非生產時間因所使用的酵母一方面在發育，一方面在死亡而消耗掉。

在實際工作中，有時用增加酵母用量的方法，使發酵

的發育週期有某些縮短；但是，這種情況和整個間歇發酵一樣，沒有可能調節酵母的繁殖過程。曾有过縮短后期——后發酵延續時間——的試驗；結果，如果是在真空之下發酵的酵母的活動力就衰退了。

總之，無論如何都不能消除間歇式發酵的一些基本缺點，而只能緩和。採用間歇式發酵法，每次都要洗刷很多發酵罐，以為下一次發酵做好準備。此外，每次還必須選擇和洗滌酵母，並加入到即將發酵的醪液中。

因此，間歇式發酵的特點如下：

1. 操作的間歇性（週期性）；
2. 發酵自始至終在同一容器內進行；
3. 在全部發酵過程中，所有酵母都與發酵醪混在一起；
4. 所採用的酵母的繁殖不可避免地要消耗發酵醪中的物質，以生成酵母；
5. 酵母在變化較快的各個發酵階段進行發酵。

因此，由於發酵過程的影響，發酵液中的每一個因素：溫度、性質和成分，也常常變化，酵母後裔每一代的成分及其性能都與前一代有某些區別。

在發酵終了時，生成的酵母對各種因素的不利影響的反應，是不完全均一和一致的。這種影響特別表現在發酵終了時。因此，所使用的酵母的各個群，在不同的時間內開始逐漸衰退；最後，對酒精發酵失去了活性。

這完全証實了：微生物在一定程度上有適應不利條件的能力的學說。由於全部發酵過程的短促和發酵環境的改變，各種條件也迅速改變，因之這種適應只限於一定的範圍內。

由于發酵醪中的若干酵母不能充分地適應發酵時的各个条件，所以不能發揮其全部發酵能力。酵母的这种能力，只有在比較長的時間內適應于該环境条件時，才能表露出來。

由于許多酵母細胞的發酵力衰退，生產酒精的能力小，此時炭酸气向上吸引酵母細胞的能力也就不足，結果酵母細胞下沉至發酵容器的底部。由于發酵時酒精的積集，發酵醪液比重的降低，在發酵的不同時期內，酵母的沉淀也不一样。

失去運動的酵母細胞，在其自身作用的範圍內，需要利用其周圍的营养物質。由于营养不足及細胞周圍分解產物的影响，酵母便很快地衰老；最后，这种衰老的酵母不僅不能促進發酵，而且相反地使正常發酵过程遭到困难。因为發酵醪內開始增多的不僅有許多酒精，而且还有一些酵母自身分解的產物。所以在用間歇式發酵方法時，酵母逐漸地分次沉淀和部分死亡，在一定程度上失去了活動力。

从上述全部敘述中得出結論：每一个時期的發酵，取决于最適合于这一發酵环境条件的这一代酵母的活動力。到最后階段，剩下有活動力的酵母漂浮在發酵液內，其余酵母沉落至底部；这些酵母中大部分對繼續發酵是無益的，甚至是有害的。因此，在一定時期內把这种酵母从發酵液中除去是合理的，甚至是必要的。

如果發酵基質和生成的全部酵母始終在同一容器內進行發酵，就不能選擇一个最適于酵母条件的發酵期，而这种条件對發酵的其他階段很少危害。因为很明顯，酵母在一个容器內發酵，不能把各个發酵期嚴格劃分；同時，發酵液中的酵母也不是完全不变和均一的，它包括強壯旺盛的和軟弱而正在衰老的，甚至还有已經死亡的。

發酵最適宜的條件，將是適合於該順序中最旺盛的酵母良好發酵的條件。此時，對最旺盛的酵母可能是「最好的條件」，而對衰老的或將死亡的酵母又是「最壞的條件」。

衰老和死亡的酵母在內外因素的影響下，開始自身分解；其分解物在發酵醪中迅速增加。這種情況，對發酵生產如啤酒釀造、葡萄酒釀造的最終產品的味和香有特別大的意義和決定性的影響；但這種情況對於酒精生產的影響還不很大，因為使感官特性惡化的物質，在酒精精餾中幾乎完全被除去；但仍然有一些影響。

間歇式酒精發酵損失很大；這些損失除了因發酵過程中蒸發的損失外，主要是重新生成酵母，並維持酵母生活所消耗的發酵物的損失。

實際上，從間歇式發酵過渡到大容積的發酵罐，就能夠大大地縮短酵母聚集期的延續時間。此外，不用少量酵母，而用增加酵母的接種量，大約用發酵終了時醪量的 $\frac{1}{10}$ 到 $\frac{1}{2}$ ，也可以達到這一目的。但是，間歇式發酵在酵母繁殖時的糖的損失，甚至將前次發酵終了所獲得的與糖醪等量的全部酵母加入，也不能完全消除。其原因是，在間歇式發酵中，酵母在每一個發酵容器內都經過三個完全不同的階段：集聚、發育和死亡。間歇式酒精發酵顯著特點之一，是在發酵時要損失酵母。

全部敘述說明了：間歇式的酒精發酵過程是一次被利用的酵母機能的變化（質和量的變化）。

連續發酵的可能實施方法

在生產規模逐漸發展和擴大的同時，酒精工業正由單容積的糖醪發酵，過渡到在一個大的發酵罐內依次加入幾個糖

醪的發酵。在這種發酵中，酵母只加在第一個糖醪內。這種方法是走向連續發酵的一個過渡階段；再進一步就是所謂灌注分醪發酵了。在這種方法中，發酵罐是以導管連接着的，發酵醪從這一罐分割到另一罐。主發酵罐的注滿方法，是在注入第一個和最後一個接種有酵母的糖醪經3~4小時後，從該主發酵罐分割糖醪至另一發酵罐。在此時間內，分割出的已接入酵母的糖醪約為一個糖醪的10%。在前發酵結束後，糖醪即成發酵醪。用此方法通常從主發酵罐分割出的糖醪，約為其容量的 $\frac{1}{3}$ 。

上述方法主要用于以谷物和馬鈴薯為原料的發酵。至于糖蜜，同樣也採用逐漸接近于連續發酵的方法；這方法就是用不斷發酵和連續流入醪液的方法，來注滿發酵罐。

連續發酵的可能實施方法可分為二類：

第一：將已制成的全部酵母置于發酵設備內一定的部位上。被發酵的糖醪以一定的速度經過這一部位；流動的速度決定于糖醪與酵母接觸達到一定發酵度所需的時間。用此方法，酵母可以多次被利用。其缺點是不能將各個階段在發酵中的酵母分開，以及找到其中每一階段需要相適應的條件（如溫度的和化學的）。

第二：在發酵的設備中，比較不活動的酵母和糖醪一樣，用緩慢的速度經過許多發酵設備之間所連接的一定空間。全部發酵系統的設備均為發酵醪所充滿。醪液以某種速度進入第一發酵罐，並從此系統中最後的發酵罐中排出。存在發酵醪中的酵母，不僅受到通過發酵器皿流過的液體的影響而順着液體流動方向移動；而且受到它們所引起的發酵作用的影響而向不同的方向移動。這樣，對酵母就須作特別的選擇。因為部分酵母由于本身生理上的組成及發酵醪的特性

会沉降到底部；所以对每个發酵設備应確定其溫度上和物理上的規定。借助这种規定，酵母就可以使自己馴化和適應。因而就能發揮其最大的生產能力，使發酵的曲綫表現为一條直綫。这就是第二類的主要优点。

第二類糖蜜制造酒精連續發酵的可能实施方法，是作者所倡議並已为工廠所掌握的方案。

作者曾進行了多年的科学研究工作，研究由甜菜糖蜜制造酒精的連續發酵方法。經過在實驗室里面和在生產工廠中的多次試驗，發明了用甜菜糖蜜生產酒精的連續發酵方法。

根据这个方法，从糖蜜制造酒精分为兩個連續發酵階段：

1. 酵母的連續發酵（低濃度糖醪的連續發酵）；
2. 主醪液的連續發酵（高濃度糖醪的連續發酵）。

这一方法在苏联衛國戰爭前曾部分地为罗尔維茨酒精工廠和全部地为彼列科夫酒精工廠所採用。在一九四六年四月，按照苏联食品工業部的決定，曾在哈尔科夫酒精托拉斯的伊凡科夫酒精工廠，由有作者参加的專門委員會進行了驗証。

为推廣上述方法所制訂的各种典型材料，对于酒精工廠推廣这一方法的工作有很大的帮助。

糖蜜制造酒精時酵母和主醪的 格拉特基連續發酵法

甜菜糖蜜用廻轉式或適于輸送粘性液体的其他型式的泵2从糖蜜貯槽1送至貯桶3；再由此桶，根据需量經過秤上的桶4來計量糖蜜的重量，進入桶5，以供制备酵母所需的

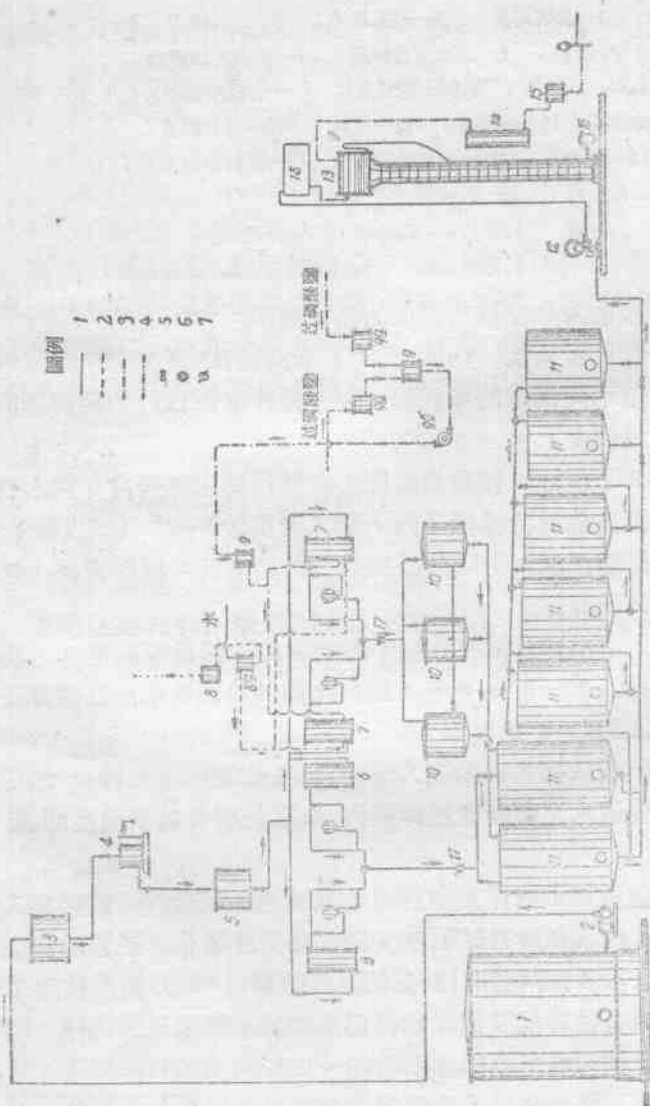


圖2. 甜菜糖蜜製造酒精連續發酵的技術工藝程序

1—糖蜜貯槽； 2—迴轉泵浦； 3—配料桶； 4—秤；
5—分配桶； 6—高濃度稀釋桶； 7—低濃度稀釋桶；
8、8a—硫酸桶； 9、96—桶及泵； 9a—過磷酸鹽浸液桶； 10—酵母罐； 11—發酵罐； 12—膠泵； 13—蒸餾設備；
14—冷卻器； 15—酒精過濾器； 16—膠排出調節器； 17—產品計量器； 18—貯膠桶。

圖例： 1.產品； 2.硫酸； 3.過磷酸鹽； 4.酒精；
5.開門凡耳； 6.三通閥； 7.產品計量器。

低濃度醪液和主醪所需的高濃度醪液。

配制低濃度（糖度計 12° ）和高濃度（ 36° ）的醪液，可以用不同構造的稀釋器。以下是作者所設計的稀釋器的說明（見圖2）。

為了調節稀釋物的溫度，在稀釋器上連接冷、熱水管。在低濃度醪液稀釋桶7內，加入濃度為 $6\sim 8^{\circ}$ （糖度計）的過磷酸鹽浸液，用硫酸調劑至所需的酸度。根據需要，還可以加入硫酸銨。

過磷酸鹽浸液是在桶9a內配制的；然後傾入桶9，再用泵96送至另一貯桶9中，並由此桶供給制备低濃度醪液所需的濃度為 $6\sim 8^{\circ}$ 的浸液。

硫酸從桶8自動流入桶8a，在此處以水稀釋，然後根據需要送入連續糖蜜稀釋桶內，以使制备的低濃度醪液酸化。

如所加工的糖蜜中含氮物質缺乏，硫酸銨可直接加入酵母桶10內（在酵母必需補充營養時）。通常，正常的甜菜糖蜜不需加入硫酸銨。制备低濃度糖醪（ 12° ）輪流使用二個連續糖蜜稀釋桶；由此稀釋得的糖蜜連續進入酵母罐。酵母罐總容積為發酵罐總容積的 $10\sim 12\%$ 。

為了繁殖酵母，連續使用的酵母，應在如下的技術條件

下保證每一毫升內有160~180百万个酵母細胞①。

進入醪濃度	12°
酵母醪濃度	5.0~5.5°
酸度	1.3~1.4°
酒精含量	3.5~3.7%(容積)
發酵溫度	27°C

在酵母罐10內連續製備的具有上述技術指標的酵母，和在糖蜜稀釋桶內製備的高濃度（36°）的糖醪，一起連續進入主發酵罐11，在此連續進行發酵。除了繼續繁殖酵母和維持其生活能力外，連續發酵應在如下的工藝技術條件下進行：

濃度	8.0~8.5
酒精含量	6~7%(容量)
酸度	0.8~0.9°
酵母細胞	80~90百萬個/毫升

具有上述指標的發酵醪，從主發酵罐不斷地流入後發酵罐，一罐一罐地經過3~4次。在此過程中，發酵最終達到如下指標：

濃度	5.5~6.0°
酒精含量	8.5~9.5%(容量)
酸度	0.8~0.9°
溫度	2.8~3.1°C
殘糖分	0.10~0.15%

最後發酵終了の發酵醪放入半容積的後發酵罐內，再以醪泵12送入蒸餾塔13，並經過冷卻器14和酒精過濾器15至貯桶——粗餾酒精受器。提出了酒精的酒糟經過排糟器16自動流出，或以泵輸送至糟池。

①濃度以Balling表示；酸度以(1/20N)表示；酒精含量以容積%表示。

工藝操作規程

工廠開始工作時，先在試驗室按一般的程序制备酵母 L91，接種入林得納罐或專用的培養器中。在這一過程中，必須用預先制备的、已經殺過菌並含有營養物、濃度為 12° 、酸度為 1.2° 的糖醪。酵母加入量為制成的醪液總容積的 10% （溫度為 27°C ）。

酵母在發酵時的溫度，應保持在 27°C 的標準。當酵母在林得納罐或在專用的培養器中發酵到濃度為 5° 時，即將其接入酵母罐中。此時，酵母罐應已準備妥當。用準備好的低濃度醪液連續注滿酵母罐，在第一個酵母罐充滿之後，其發酵醪應具有如下的成分和性質：

濃度	5.5°
酒精含量	3.5% （容積）
酸度	1.3°
溫度	27°C
酵母細胞	160~180百萬個/毫升

酵母醪的這種成分是用連續或間歇式糖蜜稀釋桶的適當開關來調節的。如工廠中缺乏連續稀釋桶來調制低濃度糖液時，則需安設二部間歇式稀釋桶。低濃度糖醪如上所述，應達到下列要求：

濃度	12°
酸度	1.3°

酸化低濃度醪液用工業硫酸。在連續式稀釋器內配制糖醪時，要準確地調劑硫酸用量；通常是在專門的桶內用水稀釋至3~5倍（容積）。

過磷酸鹽浸液的制备：在特備的桶中裝入需要數量的過

磷酸鹽，每一斤過磷酸鹽加入6升溫度為 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的熱水；桶上端留10%的空間，然後很好地混合。在桶中放置6~8小時，並經常加以攪拌以除去灰分。經過上述的時間和除去殘渣，將透明的、濃度為 $6\sim 8^{\circ}$ 的溶液傾入一傾瀉桶中，再從此桶中根據需要投入生產。

上述的殘渣再按每一公斤過磷酸鹽（按第一次總用量計算），加入3~4公升溫度為 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的熱水。此混合物需很仔細地攪拌，然後靜置3~4小時。溶液供下次浸出過磷酸鹽用。

製備低濃度糖醪不需殺菌，僅加入漂白粉作殺菌劑，其加入量，每一公噸投入稀釋桶的糖蜜為200克。

第一酵母罐已滿時，即將該桶50%的酵母醪送入第二個酵母罐中，並繼續不停地將醪液送入第一酵母罐。酵母經罐與罐之間的連接管道（連接全部酵母罐的）從一罐送入另一罐。每罐有一端與總管相連接，以便把從全部酵母罐中放出的酵母送入發酵罐內。在酵母剛開始送入第二個罐時，應同時將低濃度的糖醪送入第二和第一個罐內；在頭兩個酵母罐均為成熟的酵母所充滿以後，即從每一罐中取出 $1/3$ 的醪液送入第三個酵母罐，並同時注入低濃度的糖醪。此低濃度糖醪亦注入前兩個罐內。

當全部酵母罐裝滿成熟的酵母時，即開啓全部酵母罐的放出管，將酵母經底部放出管不斷地送入發酵罐，並同時由糖蜜稀釋桶放出低濃度糖醪到酵母罐內。

應使所有酵母罐的安裝和連接能在需要的時候關閉它們之間的任何一個，以便清洗、殺菌或修理。

在操作期間內，全部酵母罐均裝滿成熟的酵母。

低濃度糖醪從酵母罐的上部送入全部酵母罐內。酵母的

溫度，是依靠提高或降低送入發酵罐內低濃度糖液的溫度來調節的，此低濃度糖液的溫度，一般保持在 $20\sim 21^{\circ}\text{C}$ 。酵母發酵時不允許違反上述條件；因為降低未發酵的糖量將使酵母處於飢餓狀態。

為了保持酵母罐中有固定的液面，提出酵母的量應與送入該罐的低濃度糖液的量相等。

在全部酵母罐中，酵母醪中的酒精含量應為3.5%（以容積計）。如果低於3.5%，則應立即提高送入糖液的濃度；如果含酒精量超過3.5%，則應立即降低送入糖液的濃度。但在從前，酵母發酵的濃度只允許到5°。

經常以空氣緩慢地吹入酵母中，將已準備好的連續發酵用的酵母不停地流進頭兩個發酵罐內，同時將濃度已稀釋為 $35\sim 40^{\circ}$ 的糖蜜送入此兩罐內。主發酵罐所需要的高濃度糖液系用連續式或間歇式糖蜜稀釋器來製備。

此糖液不用硫酸酸化，亦不加入營養物。在糖液中可加漂白粉作殺菌劑；其用量，對一公噸投入稀釋器的糖蜜為150克。

進入頭兩個主發酵罐的酵母和高濃度醪液，用開關或計量器來調節，使其容量相等。當此兩罐充滿時，即應使發酵達到如下要求：

濃度	8°
酒精含量	7%
溫度	31°C

由底部的連接管從兩罐中將發酵醪放出，從上方送入第三個發酵罐內，並繼續以酵母及高濃度醪液注入前兩個發酵罐；其注入量相當於放入第三個罐內的發酵醪量。此時，並不改變發酵醪的上述指標。