

大學叢書

製糖工業及糖品分析法

上 冊

陳 駒 聲 著

商務印書館發行

大學叢書

製糖工業及糖品分析法

上冊

陳駒聲著

商務印書館發行

編輯凡例

- 一、書中通用之英文符號如 $^{\circ}\text{C}.$, $^{\circ}\text{F}.$, $\%$, $\text{N}/1$, $\text{N}/10$ 等等, 悉仍其舊。
- 二、書中各種化學名詞皆根據前國立編譯館命名原則。
- 三、書中各種度量衡名詞皆根據前全國度量衡局所規定者; 但各種單位以暫用英制為主, 溫度以攝氏百度表為主。
- 四、本書圖號按編數排列, 如第一編第一圖者, 爲圖 1.1, 第二編第一圖者爲圖 2.1, 餘類推。
- 五、本書所用參考書籍及雜誌四十餘種, 詳載書末, 以 Heriot: The Manufacture of Sugar from the Cane and Beet 及 Spencer-Meade: A Handbook for Cane Sugar Manufacturers and their Chemists 兩書爲最主要。前書取材適當, 說理明晰, 各國大學多採爲課本; 後書詳述糖品分析法, 爲製糖工廠之通用參考書。至於著者在山東及美國之實地製造經驗, 並各國最新發明, 均擇要敘述, 以期完善。

自序

數年來吾國建設突飛孟晉，糖業亦漸呈勃興之象；兩粵糖廠相繼創辦，四川、福建、浙江正在試種新品種之甘蔗，不久可以設廠，廢置十年之山東博益糖廠亦告復工，政府又設立管理機關，商民組織產銷協會，以此朝野共同努力，國內食糖何患不達於自給自足之境域！不佞從事糖業垂二十年，深愧無多貢獻。茲鑒於國糖將興，而研究改良之資料，極感貧乏，爰本經驗所得，並廣攷載籍，編成是書。自原料之播種方法，以至於製造程序，而終於各項分析及糖廠管理，均已舉其大凡，可爲大學教本及一般從事實業者之參攷。雖棉力所限，博涉難精，而首尾一貫，前者尚無全書，此不佞所以自勉，并欲與海內同志共切劘者也。

此書之編輯，承同事林岩泉、張燕剛、陶謀瑩、沈觀泰諸君供給材料；馮鎮、王化鵠、陳士麐、徐昌沛、盧志祥、陳松生、李義坦諸君協助一切，附此誌謝。

民國二十六年七月著者識

再 版 增 刊

製糖工業之新進展

一 甘蔗新品種

近十餘年來甘蔗之育種及選種研究，成績甚著。H. 109 乃夏威夷前數年最有名之蔗種，現已被新品種 H. 37—1933 所排斥。波多黎各 Media Luna 新種，已可與稱雄一時之爪哇 P. O. J. 2878 相抗衡。英領圭亞那之 D.14/33 亦較 P. O. J. 2878 爲佳。根據 Venezuela 最近試驗結果，斷定新發現之 Coimbatore 甘蔗 Co. 421 之成績，確在 P. O. J. 之上。此品種在他國種植成績，亦極優良云。

最近南非洲甘蔗試驗場，由 Co. 421 及 Co. 312 (此由 Coimbatore 輸入)接種所得之 N:Co.，成績尤可驚人。茲將該場用各品種在 Umhlattuzi 之淤積土壤試種(種植時間 22 個月)結果列次：(見次頁)

有一處 N:Co. 每英畝可生 130 噸甘蔗，或 16 噸蔗糖。又有一處，N:Co. 每英畝可生 120 噸甘蔗，或 18.18 噸蔗糖。可知甘蔗生長能力之蘊蓄甚富。最新蔗種在適當環境之下，每英畝不難達到 190 噸。現在各國甘蔗產量在 35—40 噸，已認爲滿意者，亟宜奮起研究，俾甘蔗每

英畝產量均能達到理想之域。

品 種	每英畝甘蔗噸數	每英畝蔗糖噸數	依據蔗糖產量 評定之級數
N:Co. 79.....	101.00	15.30	1
N:Co. 330.....	109.20	15.29	2
N:Co. 154.....	102.80	14.80	3
N:Co. 291.....	117.40	14.78	4
N:Co. 349.....	116.40	14.77	5
N:Co. 164.....	107.60	14.44	6
N:Co. 310.....	110.69	14.07	7
N:Co. 352.....	117.80	13.88	8
Co. 281.....	93.20	12.46	9
N:Co. 163.....	88.66	12.09	10
N:Co. 151.....	86.40	11.84	11
Co. 454.....	84.20	11.08	12
N:Co. 144.....	70.40	9.45	13
M.P.R. 28.....	59.00	8.22	14
P.O.J. 2725.....	64.00	7.99	15

二 連續滲出器

連續滲出器已為一般新式甜菜製糖所採用，最著稱者，為美國銀工程公司(Silver Engineering Works of Denver, Colorado)之出品。茲將該滲出器工作成績，與普通滲出器比較如次：

	Twin Falls 工 廠	Hampa 工 廠	Nyssa 工 廠
普通滲出器			
每日最大能力(甜菜噸數).....	1945.00	2111.00	2350.00
連續滲出器			
每日平均能力(甜菜噸數).....	2354.00	2816.00	3209.00
連續滲出器之能力較多於普通滲出器之%...	21.00	33.30	36.60
糖之總損失——普通滲出器.....	0.29	0.32	0.24
糖之總損失——連續滲出器.....	0.21	0.16	0.20
僱用之人數——普通滲出器.....	24.00	21.00	21.00
僱用之人數——連續滲出器.....	3.00	3.00	3.00

滲出器滲出汁之 pH 值，須時常檢視，否則蔗糖不免轉化，且滲出器亦易被腐蝕。pH 值之降低，或因微生物繁殖之故，可用甲醛溶液加於 pH 值最低之處。此外亦可將滲出用水，通以氯氣，或維持滲出汁最低溫度於 68°C. 以上，以防微生物之繁殖（參閱 Sugar, May, pp. 24—27, 1948）。

關於連續式滲出器之內部改造方法，可參閱 Andre Smet 報告（Sugar, June, pp. 28—35, 1948）。據云連續滲出器內部改設兩重螺旋，而液之流速加倍，可使滲出能力增加百分之二十左右，且糖之損失亦可由 0.36%（對甜菜言）減至 0.23%。

三 離子置換法

甘蔗或甜菜於其生長時，自土壤中吸收鈉、鉀等礦物質成分。此等礦物質成分於製糖過程中，遺留於蔗汁或甜菜汁中，妨礙一部蔗糖之結

品，使有價值之蔗糖，形成廢糖蜜而損失。此等鈉、鉀等成分，在過去製糖技術上，均未能使之與糖汁分離，為過去製糖技術上一大缺點。離子置換之原理在化學上已知達一百餘年，實用上採用於水之處理，亦已達四十餘年。遠在 1896 年，德國之 Harm 曾設想利用沸石 (Zeolite) 置換甜菜汁中之鈉鉀離子，惜未有多大成就。近十年來由於採用合成樹脂作離子置換劑之研究，使製糖技術上覓一新改革之途徑。1941 年糖業聯合公司在美國加省之 Betteravia 進行試驗，首先獲得一完滿結果。離子置換法最初試驗時，大多係於蔗汁或甜菜汁經石灰處理澄清後行之。美國銓基靖公司則認為糖汁未經石灰處理之前，行離子置換，對於製糖更有利：(1) 蔗汁或甜菜汁加石灰處理後，實際上當增加汁中之礦物質分量，反之，糖汁先經離子置換處理後，加石灰處理之手續，當可減少或完全廢除；(2) 糖汁中帶有非糖物質，不但使汁中結晶品之糖夾帶雜質，且妨害蔗糖之結晶，使有價值之糖不能結晶而變為糖蜜，同時又使加熱器，效用罐，蒸發罐等表面生成污垢；故在製糖上，此等非糖物質於其未產生不良影響之前，以愈早除去為佳。糖汁直接行離子置換，或先經其他澄清處理後行之，經試驗證明，其效果相同，故此法採用之先後，仍應視糖廠當地之情形與需要而定。

(A) 離子置換法之優點 離子置換法之優點，就甜菜甘蔗，及其他食糖液汁中試驗之結果，可概括如下：

(1) 可直接自生汁製造食用白糖，無須經過粗糖，紅糖等階段，製糖成本將大為降低。

(2) 蔗糖之提出率可達 95—96%，甜菜糖蜜不必再用史蒂芬 (Stef-

fen)方法提出蔗糖。

(3) 糖汁中灰分可除去 95—98%，有機非糖質可除去 90%。

(4) 由於灰分與非糖質之除淨，可增加蒸發罐之效能，因而減少去垢之費用。

(5) 製成之糖汁清白色淡，不含石灰鹽分與膠質。

(6) 製成糖汁中之純度可達 96—98%。

(7) 可自其他食糖液汁，如麥芽浸出汁，鳳梨汁，水解澱粉液，再溶糖液，及糖蜜等中製成高級之食用糖漿或液體糖。

(B) 離子置換法之原理 採用於製糖上之離子置換作用，有兩式之離子置換物質，即陽離子置換劑與陰離子置換劑。是項置換劑乃合成樹脂。陽離子置換樹脂為一粒狀物質，與四十多年衆所採用之水軟化劑，沸石相似。陽離子（鹽基根）置換劑具有一特殊作用力之氫離子（ H^+ ），能置換出糖液中所含鹽分中陽離子，如 Na^+ ， K^+ ， Ca^{++} ， Mg^{++} 及有機陽離子。經去陽離子作用後之糖液，其中之鹽分乃帶游離之陰離子（酸根）。如是使糖液通過陽離子置換劑後生成一酸性糖液，乃立即使之又通過陰離子置換劑以除去其游離之酸及其他無用成分。此陰離子置換劑亦為一粒狀物質，具有除去酸類之特性。如是處理後之糖液僅含有游離作用低之溶質。離子置換劑可使之復原連續應用。陽離子置換樹脂用強酸，如硫酸之稀溶液使之復原。樹脂通過復原溶液中時，前所吸收之陽離子又為氫離子（ H^+ ）所置換，立即恢復其原有之置換作用力，又可繼續供用。陰離子置換樹脂用鹼類，常用者為 $NaOH$ ， NH_4OH 或 Na_2CO_3 之稀溶液使之復原，即鹼液置換出樹脂前所吸收之酸根，使恢

復其原有之效用。

從前之陽離子置換劑爲無機質，其有效之 pH 範圍有限，且僅應用於水之軟化，常稱之爲鈉循環(Sodium cycle)。現今所採用之陽離子置換劑，應兼有鈉循環及氫循環(Hydrogen cycle)之作用，且常爲合成之樹脂。此法欲完成其除去無機質成分之效能，必須與一適當之陰離子置換劑並用。由於陰離子置換劑之發明與改進，及適當強力陽離子置換合成樹脂之發現，使此法得實際採用於糖汁及糖漿之處理。此等合成樹脂均須具有必需並主要之特性，即效力強，固定力大，持久性長。

(C)離子置換法之設備與操作 離子置換法在技術上並經濟上之價值，美國銓基靖公司曾在 Connecticut 之 Stamford 試驗室，魯州大學之 Audubon 糖廠，及其他甜菜、甘蔗糖廠中從事研究至數年之久。該公司曾與 Manati 糖業公司並 Holly 糖業公司合作創辦兩較大規模之試驗工廠於古巴之 Oriente 省及加利福尼亞之 Alvarado 廠，前者係對蔗汁之試驗，後者係對甜菜汁之試驗，均證明離子置換法採用於製糖技術上當有實際與有利之價值。Alvarado 試驗工廠之機件設備有液汁冷卻機，及離子置換汁之過濾與澄清設備。離子置換裝置包括四組置換機與連帶之唧筒、容槽、復原設備及工具等。每組置換機各具有一陽離子置換槽與一陰離子置換槽，液汁可連續通過其中。槽內襯橡皮，槽徑 6 呎，高 10 呎，裝置樹脂層高 3 呎。凡流通酸及液汁之管、活塞等，均須爲耐酸材料，通常均內襯橡皮(如圖 1)。

生汁可任意通入任何陽離子置換槽，甜水或流出汁可自任何陰離子置換槽移出。槽之前面排列生汁管、甜水管、流出汁管及襯鉛酸液管。

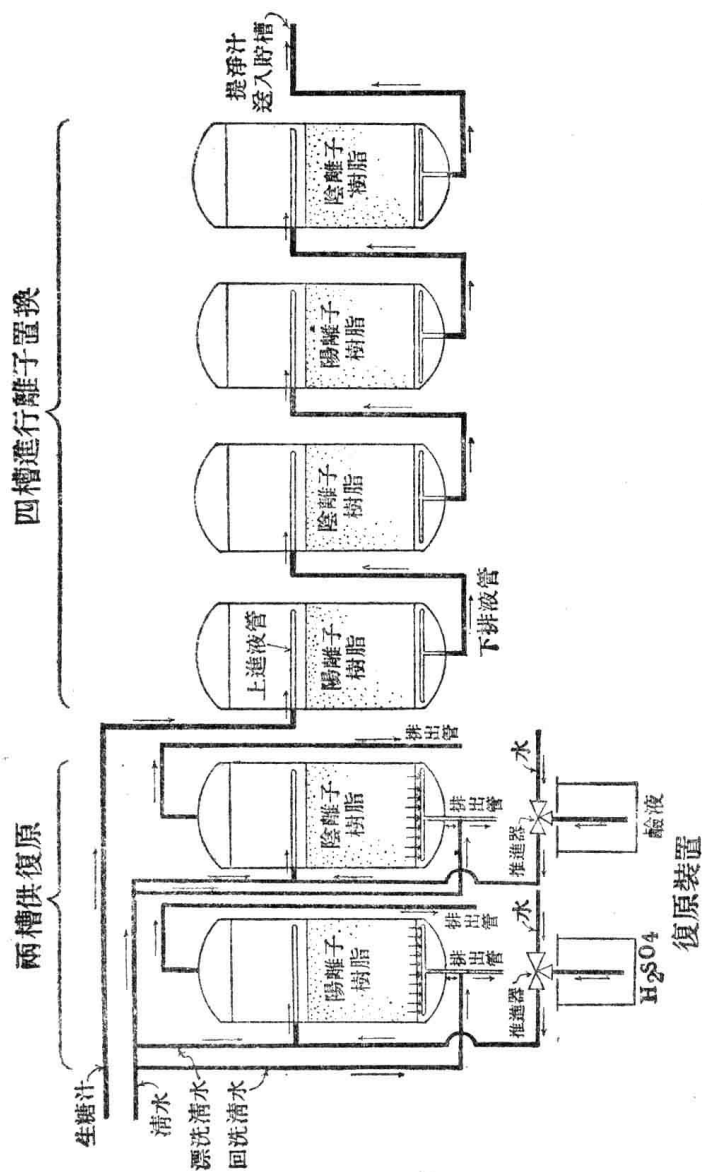


圖 1. 離子置換設備操作進行圖解

回流水管及鹼液管，則裝設於槽之後面。管件如是排列，使生汁或復原液之流通易於管理。操作上每班僅需一工人與一助手。大量製造上可利用機動活瓣(Motorized Valves)與自動管制，使人工更為減少。該試驗工廠於 1946 年 9 月 1 日開工，於整個甜菜收穫季中，大都連續工作至四十四日之久。

浸漬罐流出之甜菜汁每夾帶有懸浮物質或多量污物，須於未通入離子置換槽之先，於液汁進行冷卻前或經冷卻後充分除淨之；液汁冷卻之溫度以在 $20^{\circ}-22^{\circ}\text{C}$. 之間為佳。經冷卻至 $20^{\circ}-22^{\circ}\text{C}$. 後之清甜菜汁，乃並行或連貫通入陽離子與陰離子置換槽。經離子置換後之純淨汁仍難有不能為樹脂所置換之樹膠及膠質等，可經濾過或用較廉之化學劑除去之。本篇僅就甜菜汁之離子置換法加以闡述，對於其他糖汁或糖漿之處理，雖各有獨特之手續，但仍大同小異。冷卻液汁通入離子置換槽之時間以愈快愈佳，不但可減少糖分之轉化作用，且可使機件達到最高之製造能力。置換操作開始之時，自陰離子置換槽流出之液在 $0-5^{\circ}\text{Brix}$ 之間稱為「進汁」(Sweetening on)。於操作開始時，樹脂層中之水為汁所擠出，其中 75% 為不含糖之清水，可留供下次應用。糖汁繼續通入，流出汁之濃度逐漸增加達於原有之糖汁濃度，不過減少已被除去之非糖固形質之分量。流出水含糖 $0-1^{\circ}\text{Brix}$ 之間者常排入水溝中；含糖水在 $1-5^{\circ}\text{Brix}$ 者則收回留供浸漬罐應用；含糖在 5°Brix 以上者為製糖汁。糖汁繼續通入槽中，直至樹脂之離子置換能力達到飽和狀態時，乃停止通汁，而通入清水以擠出樹脂層中之糖汁，流出汁之濃度又逐漸降至 5°Brix ，此時稱為「停汁」(Sweetening off)。

停汁後，各槽即行水洗與復原，此時陽離子置換槽與陰離子置換槽乃分開操作。水洗乃除去離子置換進行中沉積於樹脂層中之外來物質，水洗時將樹脂層提高並加搖動（槽內樹脂層之上部，留有空間，即因便於水洗之故），使樹脂疏鬆並整齊。設水流速度適宜，水洗操作約需 10—15 分鐘，即可將全部外來物質除淨。

其次為離子置換劑之復原手續，前已提及，陽離子層用硫酸之稀溶液復原之，陰離子層用 NaOH ， NH_4OH ，或 Na_2CO_3 之稀溶液復原之。此間鹼質之採用，視其對於特殊離子置換劑之有關價值與效力而定，並非純為經濟之問題。酸復原液置換出陽離子置換樹脂自汁中吸收之陽離子，鹼復原液則除去陰離子置換樹脂吸收自去陽離子糖汁中之酸類。用於復原後之帶鹽液乃送入廢液槽，此廢液經連續使用後仍各帶有微量之酸或鹼，可混合之使中和成鹽。樹脂層經復原即可重新應用。

(D)離子置換法之價值 第一表示 Alvarado 試驗工廠四十四日工作之結果。離子置換處理法對於甜菜滲出汁中所含之轉化糖並不不如用石灰澄清處理法上之遭受破壞。處理汁及最後糖漿中之轉化糖均相當增加。此轉化糖之增加，大多係受細菌作用之結果，因在試驗工廠中無法保持潔淨，致細菌之為害較大。設液汁能有效維持在 20°C ，並保持冷卻器及各冷汁管潔淨，轉化之損失可減少至對糖為 0.3% 或對甜菜為 0.05%。

離子置換處理對蔗糖收回量之增加受下列二條件所影響：

(1)離子置換中非糖質之除去。

(2)離子置換中轉化之進行。

第一表 經離子置換後甜菜汁成分之變化

分 析 事 項	甜 菜 滲 出 汁	離 子 置 換 後 甜 菜 汁
Brix	12.75	10.11
純度	87.45	96.41
pH	6.20	8.70
蔗糖	11.15	9.74
還原糖	0.80	2.06
總糖分	88.25	98.47
測定酸度(用酚酞試劑)		
ppm as Ca CO ₃	420.00	0
鈉 ppm as Ca CO ₃	963.00	24.00
鉀 ppm as Ca CO ₃	1592.00	5.50
硬度 ppm as Ca CO ₃	1566.00	48.00
測定之陽離子總量	4121.00	77.50
灰分除去百分率	—	98.30
非糖質除去百分率	—	87.00

故工廠欲蔗糖收回量達到最高度，須先有完善之設計與巧妙之技術，使在此兩矛盾之條件下得到有利之平衡。

甘蔗生汁之離子置換處理法與甜菜糖汁之處理相同。

第二表示 Clewiston 小試驗工廠中對於生蔗汁及離子置換後蔗汁之分析結果。處理後蔗汁可直接蒸發結晶之而成白糖。就美國銓基靖公司與 Manati 糖業公司合作之較大規模試驗工廠中之工作記錄，證明此法在大規模製糖上將有極大之經濟價值。據某工程諮詢公司之報告，每日壓蔗 2500 噸之工廠，採用離子置換法與通常先製粗糖後用活性

炭製造精製糖之經濟價值比較如下：

(1) 創立一新離子置換糖廠之機件設備費將較應用活性炭精製糖廠者為低。

(2) 離子置換法將使生產費減低 7.5%。

(3) 按精製糖每噸 93.0 美金, 糖蜜每噸 11.69 美金, 離子置換後之糖漿每噸 33.4 美金計算, 離子置換法可使糖廠之盈利增加 27.3%。

第二表 經離子置換後甘蔗汁成分之變化

分 析 事 項	生 蔗 汁	離 子 置 換 後 蔗 汁
Brix	15.50	13.20
純度	82.50	90.75
pH	5.20	8.50
蔗糖	12.79	11.98
還原糖	6.11	8.40
總糖分	88.61	99.15
測定酸度(用酚酞試劑)		
ppm as Ca CO ₃	400.00	0
鈉 ppm as Ca CO ₃	10.00	0
鉀 ppm as Ca CO ₃	1500.00	17.00
硬度 ppm as Ca CO ₃	726.00	0
測定之陽離子總量	2236.00	17.00
灰分除去百分率	—	93.20
非糖質除去百分率	—	92.85

關於甜菜汁之離子置換法, 可以參閱 Sugar, July, pp. 24—29, 1947 及 Sugar, May, pp. 22—23, 1947。林岩泉同學譯文見臺糖通訊

第一卷第十七期。

關於離子置換法之新進展，可參閱 Sugar, Dec. pp. 27—29, 1948。

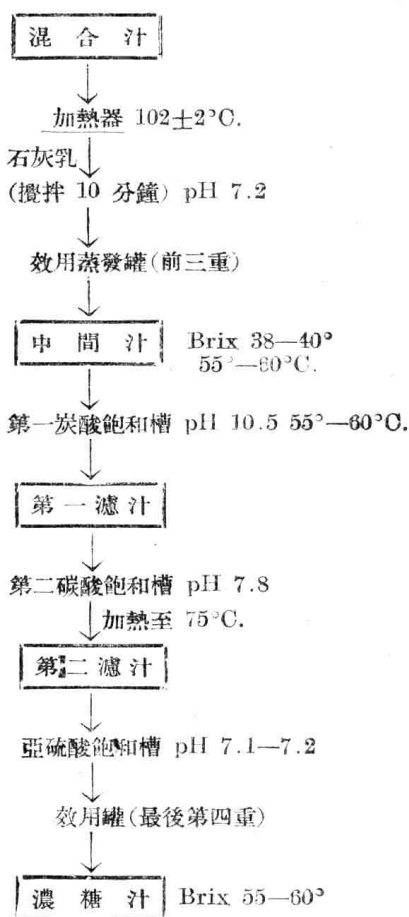
四 炭酸飽和之自動管理

(1) 炭酸飽和之管理 第一炭酸飽和之管理，尚須人力，而第二炭酸飽和之管理，現則完全自動，不借人力，其結果較使用人力者尤佳。其自動管理方法與下述石灰混合槽自動管理方法略同：Bristol pH 管理設備，具有 Bristol pH 記載器，此器與石灰乳供給管制活瓣 (Bristol's synchro-valve with valve positioner for controlling lime flow) 相接連。此外於槽旁液面下二、三尺設一小管，此管與循環唧筒相接連，由此唧筒隨時將槽內糖汁樣品送入上述 Bristol pH 記載器，藉以測定其 pH 值，而由 pH 值之高低，隨時可以自動管制石灰乳出口活瓣之開關，即 pH 值低於標準者，石灰乳自動下流，合於標準者，石灰乳自動停流。

(2) 二氧化硫飽和之管理 二氧化硫飽和法之自動管理，與第二炭酸飽和法所述者相似。自動管制器與 SO_2 發生爐之氣管相接連。pH 值高於標準時，則 SO_2 氣管開放，低於標準時，則關閉，如是糖汁可以維持恆定之 pH 值。

五 中間汁炭酸飽和法

此法之製造順序，與普通炭酸飽和法不同之點，乃將粗汁先加石灰後，再行蒸發，所得濃縮液（即所謂中間汁），再行炭酸飽和，其過程如次：



茲摘錄臺灣糖業公司試驗此法，所得要點如次：

(1) 用熱加灰法，溫度 $102 \pm 2^{\circ}\text{C}.$ ，pH 7.2，加灰槽之能力，以能應付十分鐘之攪拌為原則。

(2) 石灰乳以淡者為宜，15—20°Bé，因石灰乳太濃，則有局部灰化之危險。

(3) 石灰乳之添加量以 7.0—10.5% 為基準(對 35—38°Brix 中