

科學圖書大庫

製糖副產品化學

編著者 郭質良

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚；所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，旋即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，委任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

序

製糖副產品，產量龐大，利用方法與發展趨勢，更日新月異，其已發表之有關文獻，廣泛參雜，檢閱繁難，尤以第二次世界大戰以還，關於這方面之論著，更層出不窮，且有大批專利方案，相繼問世，因而此等副產品，已漸次被重視，或為工業材料，或為生化學工業原料，致由此等副產品所創立之新型工業化工業，猶如雨後春筍，近且部份已成為國防工業之柱石，及重要新興醫藥工業之先鋒，其中較著者，有：由糖蜜中大量提製之烏頭酸，釀製代用血漿之葡聚糖，醱酵製造麩酸之成功，與夫蔗渣用製建材，蔗漿，以及塑膠工業之崛起等，均目為當前工業界之偉大新成就，寢假蔚成糖業界之一種革命性奇蹟。

然而此等有關資料，每失之殘缺不全，實際上，所發表之研究報告，率多片斷，甚少系統可循，抑且浩如瀚海，令人無從利用，即欲有所保存，以備將來研究發展之所需，亦以散佚各處，收集不易，甚而時間金錢兩有不許，而此項有系統之專書，國外既少出版，國內尤未一見，是以有關製糖副產品新資料之有系統介紹，或輯成專書，實為當前刻不容緩。

筆者不敏，廁身製糖副產品工作，垂廿餘年，每遇機緣，即搜集有關各項資料，撮成摘要，更參照各國對於製糖副產品新興事業之已有成績，從事編輯本書，歷經三寒暑，取材以：J.M. Paturau：By-products of the Cane Sugar Industry (1969)一書為主，以世界糖業權威，P. Honig博士所著：Principles of Sugar Technology (1965)以及台灣糖業公司出版：糖業手冊（民56年）等書為輔；內容偏重化學與實用，不談理論，在述及製糖副產品，及其衍生物等之工業利用時，每一主要項目，均分別另立專章討論之，計分廿六章，都廿餘萬言，每章內均列有簡史，化學及工業利用原理，生產經濟情形，若干製造已具成效之例子，及其將來展望。

現僅論及製糖工業之副產品，及其衍生物等之工業製品，至於由蔗糖衍生之工業化學品，則屬於製糖工業範圍，在本書中僅略備一章，權資簡介。

本書之編輯，在求系統之介紹，並以最新資料為主，期能趕上時代，敘

IV

述務希淺明，文字力求簡潔，條理充實，分析清晰，各項有關圖表，儘量簡化，並加以中文註釋，數字力求完整與正確，其有可疑，寧缺勿濫，可供大專院校及工農商職，授課教材，而對於製糖及製糖副產品從業人員，尤爲不可多得之參考用書，對於有興趣從事新興工業之大企業家，或工業家，亦有助益。

全書內容，祇述原則，不尙細節，期讀者能於最短時間內，了解所需要之有關各項資料，有助於工作上進一步之應用，進而擴展製糖副產品新興事業，俾我國夙占世界第一位之製糖技術，復因製糖副產品事業，日益起飛，而迅能躍躋於世界之林，則幸甚矣！惟以編者，倉促輯就，遺誤難免，尙希國內外製糖專家，及從事製糖副產品事業先進，有以教之。

郭質良謹識 於台灣省台北縣永和鎮

民國六十一年三月

編輯凡例

- 一、本書以供應大專院校及農工商職授課教材，並以製糖及製糖副產品從業人員參考為目的。
- 二、本書按製糖副產品：糖蜜，蔗渣，濾泥等三大類主要項目編排，至由其衍生而來之各項工業化學品，均隨各該主要副產品之後，依次分章編列，以便於檢查。
- 三、本書內容：偏重化學與實用，不尚理論，每章之內，均列有：簡史，定義，製造方法，生產成本以及將來展望。
- 四、本書各項有時間性之材料，儘量採用最新者，各專門人員多年研究心得，亦儘量採入，以期引起改進興趣。
- 五、本書所採用之譯名，悉依教育部公布國立編譯館編訂之各種名詞為準，其近代化學方面，則參考“現代化學名詞術語大辭典”（民 59 年 12 月版）。
- 六、本書所用之各種度量衡單位，儘量採用萬國公制，各種名詞均根據經濟部中央標準局所規定者。
- 七、本書採用之符號，如： $^{\circ}\text{C}$ ，%等，悉依慣例。
- 八、本書人名，地名等，為簡明起見，均採習用譯名，或逕用原文。
- 九、本書內凡第一次引用之特殊名詞，均附有原文，並部份摘要分別提出，列為索引，刊於書後，以便於檢查對照。
- 十、所有圖表內文中之數字，一律採用阿拉伯數字，以求簡明。儘量以中文註釋，俾期實用。

本書中所有圖表編號，採用一貫制，表號以中文數字標明，列於表前，圖號以阿拉伯字碼標明，列於圖下。

目 錄

第一章 引言	1
第二章 副產品之種類與產量	7
一、糖蜜	7
二、蔗渣（甜菜渣）	7
三、濾泥	8
第三章 蔗糖衍生物	9
一、醱酵（Fermentation）	10
二、酯化（Esterification）	12
三、丙烯化（Allylation）	14
四、與丙烯（Propylene）相反應	14
五、酚（Phenol）與甲醛（Formaldehyde）之反應	15
六、氧化（Oxidation）	15
七、氫化（Hydrogenation）	16
八、酸性降解（Acid degradation）	18
九、鹼性降解（Alkali degradation）	19
十、水解（Hydrolysis）	20
第四章 糖蜜（Molasses）之性質	23
一、糖蜜之性狀與組成	23
二、糖蜜之物理性質	26
三、儲存之分解與變化	28
第五章 醱酵技術之化學特性	30

一、醱酵技術之演進	30
二、醱酵技術發展之趨勢	30
三、醱酵技術本質之改進	32
四、酵素之接觸作用	32
五、典型反應	34
第六章 酒精 (Ethyl alcohol)	43
一、工業酒精 (Industrial alcohol)	43
二、無水酒精 (Anhydrous 或 Absolute alcohol)	53
三、酒精副產品及其衍生物	56
第七章 糖蜜酒 (Rum)	66
一、簡史	66
二、定義	66
三、製造	67
第八章 甘油 (Glycerol)	77
一、簡史	77
二、非醱酵產品之甘油	77
三、醱酵產品之甘油	79
四、甘油性質及其主要用途	82
第九章 酵母 (Yeast)	84
一、焙用酵母 (Bakers yeast)	84
二、飼用酵母 (Feed yeast)	91
第十章 有機酸 (Organic acids)	97
一、檸檬酸 (Citric acid)	97
二、分解烏頭酸 (Itaconic acid)	103
三、葡萄糖酸 (Gluconic acid)	108
四、乳酸 (Lactic acid)	112
五、醋 (Vinegar) 及醋酸 (Acetic acid)	122
六、烏頭酸 (Aconitic acid)	130

第十一章 麩酸鈉 (Monosodium glutamate, MSG)	135
一、定義	135
二、簡史	135
三、製造方法	136
四、世界產量	138
第十二章 丁醇—丙酮 (Butanol—Acetone)	141
一、簡史	141
二、醱酵機構	142
三、製造方法	142
四、性質	145
五、製造費用與主要用途	146
第十三章 葡聚糖 (Dextran)	148
一、簡史	148
二、組成	148
三、製造方法	149
四、將來發展	151
第十四章 糖蜜之直接利用	152
一、輸出	152
二、糖蜜用爲肥料	153
三、糖蜜用爲動物飼料	155
第十五章 醱酵工業中廢液之處理與利用	167
一、前言	167
二、由糖質原料製造飲用酒及工業酒精者	167
三、丁醇—丙酮之醱酵工業	169
四、酵母工業	170
第十六章 蔗渣 (Bagasse) 之性質	171
一、物理與化學組成	171
二、蔗渣發熱量 (Calorific value)	176

三、蔗渣之有效利用	179
四、蔗渣之儲存 (Storage)	180
五、去髓 (Depithing)	186
六、蔗渣用爲原料之作價	189
第十七章 蔗漿 (Pulp) 及紙 (Paper)	191
一、簡史	191
二、原料組成變異之影響	192
三、製造方法	193
四、由蔗渣製造印報紙	206
五、蔗漿之漂白	208
六、水之需要	210
七、廢水處理 (Effluents disposal)	210
八、蔗渣製漿之經濟	211
九、由蔗渣生產紙張及紙板之經濟價值	213
第十八章 紙板 (Paper board) 浪板 (Corrugating board) 及箱板 (Box board)	215
一、前言	215
二、方法	215
三、生產成本	217
第十九章 纖維板 (Fibre board)	219
一、前言	219
二、絕緣板 (Insulation board)	219
三、硬板 (Hardboard)	222
四、纖維板工廠之能力與其成本	223
五、不燃蔗板	225
第二十章 塑合板 (Particle board)	227
一、前言	227
二、製造方法	227
三、蔗渣塑合板之物理性質	233

四、樹脂之利用	234
五、加壓時間	235
六、塑合板工廠之經濟	235
七、由蔗渣之模製件 (Moulded articles)	236
第二十一章 蔗渣及其他產品	238
一、糠醇 (Furfural)	238
二、 α -纖維素 (α -Cellulose)	244
三、塑膠 (Plastics)	250
四、雞糞 (Poultry litter)，園圃 (Mulch) 及土壤改良劑 (Soil conditioner)	257
五、蔗渣混凝土 (Concrete)	260
六、動物飼料及氨化蔗渣	260
第二十二章 蔗渣之直接間接用爲燃料	261
一、發電	261
二、蔗渣壓塊 (Briquettes)	264
三、蔗渣炭 (Bagasse charcoal)	267
四、甲烷 (Methane, Sludge gas, Biogas)	270
五、(發生) 爐煤氣 (Producer gas)	273
第二十三章 蔗渣灰 (Bagasse ash)	275
第二十四章 濾泥 (Filter mud)	278
一、性質	278
二、濾泥用爲肥料	280
三、濾泥用爲動物飼料	281
第二十五章 蔗蠟 (Cane wax)	283
一、前言	283
二、簡史	283
三、濾泥中粗蠟之含量	284
四、組成	284

五、萃取法.....	285
六、精煉 (Refining) 與漂白 (Bleaching).....	289
七、製造成本.....	290
第二十六章 蔗汁中之蛋白質	292
附錄	294
一、副產品之近似價格.....	294
二、英國進口情形概觀.....	295
三、主要蔗渣紙漿及造紙工廠一覽 (1967).....	298
四、主要蔗渣製纖維板及塑合板工廠一覽 (1967).....	301
索引	305

第一章 引言

甘蔗及甜菜糖業之發展，自 1850 年即已開始，在飽遭兩次世界大戰摧殘之餘，甜菜糖業雖經若干挫折，而備受艱苦，世界糖產，仍能隨世界人口之快速增加，而輕易維持其供應需要量，致每人對糖之年用量，儘管增加較慢，至 1965 年已達 18 公斤之高峰。

表一、 砂糖每人年用量

年 份	世界人口 ($\times 10^6$)	糖產量 ($\times 10^5$ 噸)		每人年用量 (公斤)
		全 世	甘 蔗	
1850	1,171	1,465	1,260	1.2
1900	1,551	12,643	5,763	5.1
1910	1,680	16,824	8,156	7.0
1920	1,812	16,831	11,925	7.3
1930	1,987	27,863	15,942	12.3
1940	2,212	29,943	18,218	11.9
1950	2,497	33,576	19,475	11.9
1960	2,913	55,443	31,176	16.1
1965	3,222	63,623	36,453	18.3

但至最近 1968 年糖產量已達 6,800 萬噸，而出口僅約有 2,000 萬噸，其中約有半數為優惠價格，其餘半數打入世界市場，因此在 6,800 萬噸之生產總額，僅有 1,000 萬噸能影響世界價格，結果對總產量言波動甚小，僅約占 3%。

由於新興之獨立國家，次第振興各該國製糖工業，致砂糖出口市場漸次停滯，或甚至減少，換言之，由於本地消費之增加，希望不再依賴外國進口。

然而在最近十年來，除本地能具有大規模產量之國家，或具有固定市場

，其由製產砂糖之利潤，已逐漸減低，因此若干國家，為謀求糖業於不墜，多機動轉變，而注意多角經營，並將該製糖之副產，善加利用，復進行其他有關農業及工業之發展，以增加收益。

關於製糖副產之工業利用，有若干因素，各因產地而異。

首要因素為市場，不論其為內銷市場或外銷市場，必須有一近乎足夠或固定始可。

第二因素為持有之工業基礎，意即對其他工業發展之程度，本地專家之利用性，以及市場之工業詭變。

第三因素為國外貿易，意即對外國交易地位，國家政府為支付平衡問題，一般對於輸出工業，均採放任政策，設如國外貿易吃緊，該政府即將採取保護關稅，節制資本，長期低利貸款，以及免稅等措施；俾使副產工業預期獲得各種經濟之支持。

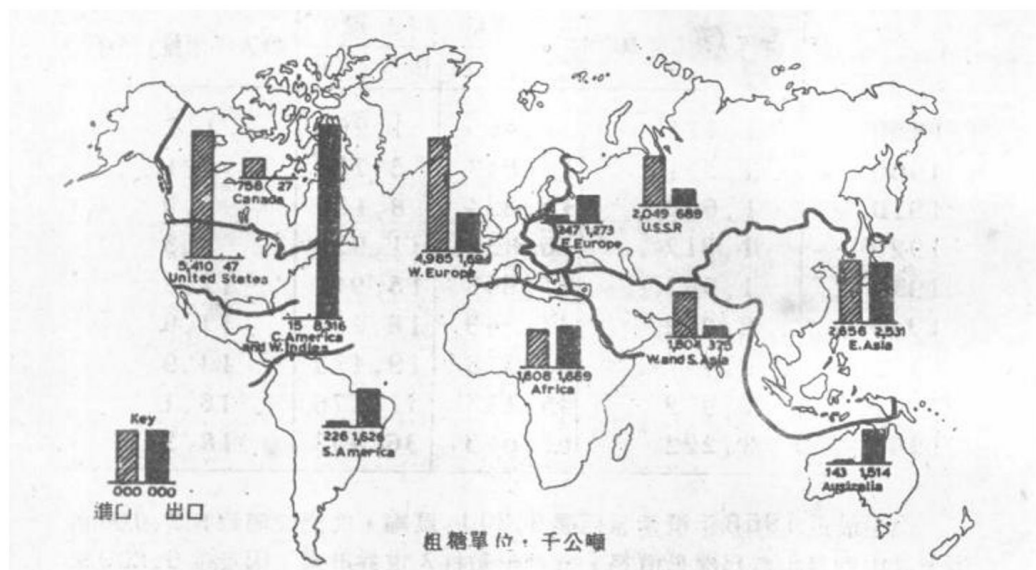


圖 1. 砂糖之世界商情

進言之，在蔗糖國家，其糖廠之建立，均以發展副產品成功為重要條件，有時接連成立一二個甚至三個副產事業。在往昔，糖廠附設蒸餾工場，是非常成功，但在最近此種現象，即使不落伍，至低已逐漸減少。若干為求優異成果，均計劃分別進行。

關於各糖廠所生之各種副產品，一般言之，在石灰法糖廠，每日壓搾 100 公噸甘蔗時，可生產：

粗糖（糖度 98.5）	11.2 噸
剩餘蔗渣（水份 49%）	5.0 噸
糖蜜（Bx 89, 比重 1.47）	2.7 噸
濾泥（水份 80%）	3.0 噸
爐灰	0.3 噸
剩餘電力	1300 KWh

此等結果，係由下列假定數字而來，如：蔗糖%甘蔗，13.0，纖維%甘蔗，13.0；壓搾率 95%，回收率 85%；混合汁純度，84.0；蒸汽消耗量，每噸甘蔗 500 公斤；每噸濕蔗渣能生產蒸汽 2.3 噸。

為求完整計，遺留在田間之蔗葉及蔗梢，在副產品名單中，亦須列入，並須加入糖廠由鍋爐所逸出之二氧化碳及飛灰等。

在此書中，關於二氧化碳及飛灰之可能利用，不加討論，至其主要副產之利用，久已熟知，在若干國家僅利用其糖蜜，而其售價每噸約為 5 - 10 美元。

設糖蜜售價每噸為 10 美元，則 100 噸甘蔗之副產收入總額將為 27 美元，同時糖之收入總額，設每噸值 55 美元，即有 616 美元，因此副產品對糖之價值比率，約為 $27 / 616 = 4.4\%$ 。

設如將糖蜜轉變若干有用化學品或其他產品，則其經濟價值大增。同理將其剩餘蔗渣，及其剩餘電力出售，亦能增加副產之價值。

糖蜜 2.7 噸（每噸 20 美元）	= 54.00 美元
蔗渣 5.0 噸（每噸 15 美元）	= 75.00
電力 1300 KWh（每 KWh 0.0075 美元）	= 9.75
	138.75 美元

由上述，副產對糖之新價比率為 $138.75 / 616 = 22.5\%$ ，此表示副產如能充分利用，對於製糖工業之收益，有顯著之影響。

製糖副產品之各種工業利用，其各別經濟重要性，近五十年來各不相同，比如：糖蜜酒已達高峰，而酒精由於石油衍生物合成成功，其由發酵法生產之重要性則大減，至由糖蜜及蒸餾廢醪製產酵母，漸形發展，但其如此生產之經濟條件，在若干情形下，顯示仍甚艱苦，由糖蜜製產飼料之市場，漸

4 製糖副產品化學

漸抬頭，因而富氮飼料，益愈發生興趣。

關於蔗渣市場，尚無定向，在美國隔音絕熱板及家禽床墊，為最重要之用途，同時各國利用蔗渣造紙，已逐漸興起，最近市場上出售之塑合板，亦為最大之成功，至於生產糠醛，仍屬有限，僅有兩廠生產，一在多尼加共和國，而第二廠則最近在美國佛州開始建立。

由濾泥提製蔗蠟，在 1950 年即已有若干國家試行生產，但其市場，仍甚停滯，最近亦頗受限制，現僅古巴設有一廠正在開工中。

至於醱酵工業，將來仍有其光輝的一面，如檸檬酸，分解烏頭酸，麩酸鈉以及二胺基己酸（Lysine）等之大量生產，非醱酵方法不為功，同時在抗生素（Antibiotics），食用黴菌，微生物殺蟲劑以及核苷（Nucleotides）等領域中之醱酵生產，寢假已成為一種新興工業。

最近之將來，關於纖維素及木素（Lignin）之利用，可能另有發展，而日本若干科學家，想用木材糖化，以製產廉價葡萄糖，確較由澱粉生產者為廉，現又想利用葡萄糖之脫水與聚合，以製造澱粉。

關於木素之基本研究，已有若干成就，其破解方法之實現，為期已不太遠，利用碱性木素以製造香草素（Vanillin），愈創木基（Guaiacyl）衍生物及硫化二甲（Dimethyl sulphide）等，現已成功，同時木素利用酵素，行脫聚合作用（Depolymerization）能製出有價值之聚合元（Monomeric）產品，至如將木素熱裂分解，以生產芳香物質，現尚仍未成功。

表二、糖蜜醱酵之工業產品

種數	產 品	分 子 式	每加侖糖蜜 平均生產量	對糖蜜之 收率 %	關 係 菌 類	備 註
1	酒精	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	0.4 加侖	20-80	酵母	95%酒精
2	酵母		4-4 $\frac{1}{2}$ 磅	20-30	酵母	
3	甘油	$\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$		10-15	酵母	
4	糖蜜酒		0.8 磅		酵母	包括醋酸菌等
5	檸檬酸	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7(\text{COOH})_3$	2 磅	20-35	黴菌	Cit., Asp.
6	葡萄糖酸	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$		30-60	黴菌或醋酸菌	Pen. Asp. Pen

7 反丁烯二酸	$C_4H_4O_4$		13-18	細菌或醋酸菌	Rh.
8 琥珀酸	$COOHCH_2CH_2COOH$		13-18	細菌或醋酸菌	Rh.
9 丁醇	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	1.5 磅	5-15	細菌	
10 丙酮	CH_3COCH_3	0.5 磅	2-6	細菌	
11 異丙醇	$(CH_3)_2CHOH$		13	細菌	
12 乳酸	$CH_3CHOHCOOH$	5.9 磅	35-50	細菌 (或 微菌)	Rh
13 酪酸	$CH_3CH_2CH_2COOH$	2.75 磅	10-20	細菌	
14 丙酸	CH_3CH_2COOH	2 磅		細菌	
15 醋酸	CH_3COOH	2.5 磅		細菌	100% 醋酸
16 丁二醇	$CH_3CHOHCHOHCH_3$		23	細菌	Aero-bacter
17 乾冰	CO_2	1.8-2 磅	25	細菌或 酵母	
18 抗生素				放線菌	有多種 產品
19 葡聚糖	$(C_6H_{10}O_5)_n$			細菌	
20 分解烏頭酸	$CH=C(COOH)CH_2COOH$			微菌	
21 麩酸鈉	$HOOC(CH_2)_4CH(NH_2) \cdot COONa \cdot H_2O$			細菌	

茲為集中討論，特將各項副產品，在工業上應用，已有之成就，及其將來可能之發展，分別按其重要性，另闢專章，或合併申述之。為便於參閱起見，將其重要製品，繪圖列下。