

新 學 科 文 庫

編 纂 者

王雲五教授 (主編) 周道濟博士 (常務)
楊樹人教授 李熙謀博士 易希陶博士

溶劑醱化學

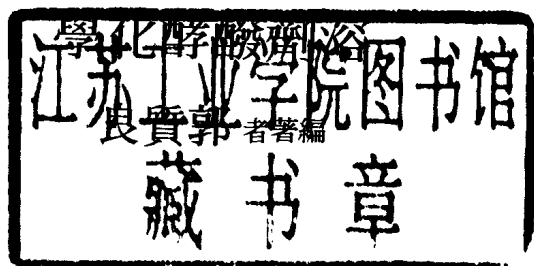
郭質良 編著



新 學 科 文 庫

編 纂 者

王雲五教授 (主編) 周道濟博士 (常務)
楊樹人教授 李熙謀博士 易希陶博士



臺 灣 商 務 印 書 館 發 行

新 學 科 文 庫

編 纂 者

(主編) 王雲五教授 (主編) 周道濟博士
(常務) 楊樹人教授 李熙謀博士 易希陶博士

溶劑醱酵化學

一 冊

版權所有 · 翻印必究

定價新臺幣三十八元

中華民國六十二年三月初版

編著者 郭 質 良

發行者 臺灣商務印書館股份有限公司

印刷及發行所 臺灣商務印書館股份有限公司
臺北市重慶南路一段三十七號
登記證：內版臺業字第〇一三號

序

余於民國二十一年秋，本館經一二八之劫，創深痛鉅，停業復業以後，爲主編自然科學小叢書三百種，嗣以其全部納入於萬有文庫二集，期藉該文庫之普遍性，以達大衆化之目的；蓋科學足以救國，盡人而知。本館忝爲歷史最久規模最大之出版家，於此殆責無旁貸也。

三十餘年後，余在臺重主本館，先後重編重印原在上海出版之鉅籍多種；其中萬有文庫薈要，並曾納入自然科學小叢書約三十種。稍後，創編人人文庫，亦陸續選輯該叢書之較通俗者若干冊。然終覺第二次世界大戰以後，自然與應用科學兩方面均有長足之進步，其領域亦日新而月異。僅將三十年前編印之自然科學圖籍重新校印，不足以饜國人之需求也。自今歲始，廣搜歐美新編印之自然與應用科學小冊，足以發揚新科學者，先後將美國通俗科學作家 Isaac Asimov 教授主撰之 *The New Intelligent Man's Guide to Science* 十餘專題，及 Bruce F. Kingsbury 主編之 *Science Study Series* 文庫五十餘小冊；以其內容皆闡明戰後新科學，而通俗易曉之故。經即延攬李熙謀、易希陶兩博士，分別就物理科學與生物科學慎選專家從事譯校，同時組織新科學文庫編纂委員會，除李、易二君外，並由本館編審委員會同人楊樹人、周道濟二君與余共同參加。每次舉行編纂

會議，對於譯校之人選，編印之體例，咸三注意焉。第一期譯印之書，以六十種爲目標，擬於民國五十九年六月以前陸續出版。

本文庫取材方面，除以上述兩種集刊文庫爲基礎外，更廣求歐美新刊名著性質相類者，相繼譯印。其原入自然科學小叢書諸書，具有恒久價值者，經詳加校訂後，亦得加入。又其他新著譯加入者，首推留美學人蕭之的教授所譯之紅的巨人與白的矮子，成爲本文庫前期出版之一書。第一期六十種出版後，每星期內擬續出一冊，期於二三年內使新科學文庫達成二百種之數，則於新自然科學與應用科學各重要論題，大體具備矣。

我國留外學人及研究人士，以專攻自然及應用科學者爲多，除能以其合乎本文庫之著作加入外，如就接觸所及，認爲適當之西文原著隨時推薦於本館，以供譯印，亦同受歡迎。又國內教授及研究生，對於新科學之著作漸多，能惠予加入於本文庫，固同拜嘉賜也。

茲當本文庫開始印行之時，謹述經過，並對海內外學術界，致其深切之期望。

中華民國五十八年十月三日王雲五識

序

溶劑種類甚多，能用醱酵方法製產者，約近 40 % 種之譜，其中以正丁醇與丙酮，最爲重要。

正丁醇係一種優良溶劑，用途至廣，在戰時，可供製造航空用高級燃料，在平時，可用爲人造橡膠、噴漆等之原料，且製產本品時，尚有另一種優良溶劑，名爲丙酮，隨之產生。第一次世界大戰時，英美同盟國，因擁有製造丁醇之設備，積極生產丙酮，供製無烟火藥，致軍火無缺；停戰後，又因擁有此項設備，大量增產丁醇，復執溶劑化工界之牛耳。台灣省之丁醇製造，在日據時代，亦曾盛極一時，其設備雄偉，規模宏巨，廠所衆多，產量龐大，號稱遠東第一，第二次世界大戰，日本曾賴以支持對抗盟軍，達數年之久。

現雖科學進步，合成法日趨發達，而全世界正丁醇之總產量中，應用醱酵方法生產者，仍佔有 20 % 之巨，其生產品直接或間接用於噴漆溶劑，約達 70 %，主要經由乙酸丁酯，及酞酸二丁酯。

至於利用醱酵方法生產之丙酮，在總產量中，雖佔極小比例，僅約 3 %，而其主要用途，亦爲一種優良溶劑，特於硝化纖維素及乙烯樹脂等爲然，而於電子工業中，尤爲一種不可或缺之清淨及乾燥劑，前途正方興未艾。

然而此等有關資料，每失之殘缺不全，實際上，世上所發表之有關研究報告，率多片段，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，是以有關溶劑醱酵化學新資料之有系統介紹，或輯成專書發行，在當前實有其迫切需要。

筆者不敏，廁身醱酵化學工作，垂卅餘年，每遇機緣，即搜集有關各項資料，曾先後數次專程馳赴各地大學及軍公研究機構圖書館，參閱中、日、美、英、德等雜誌，將有關溶劑醱酵者，擇尤撮譯，彙集成篇，第一次參閱中外雜誌凡 28 種，計 674 卷，都 6,058 冊，共得文獻 259 篇，第二次 27 種，又得有關文獻 180 篇，題名為：“五十年來溶劑醱酵研究文獻提要”(一)(二)，分別發表於台灣糖業季刊第三卷第一及第二兩期，旋即以該項資料為基礎，復瀏覽有關書誌，如：Berghauer: Gärungschemisches Praktikum; Prescott, Dunn: Industrial Microbiology; 太谷義夫：最新醱酵工業；以及台灣糖業公司出版之糖業手冊等多種；從事做系統之整理，編輯本書，歷時連續達十餘年之久；內容偏重化學與實用，不談理論，並述及在現代醱酵操作過程中：有關菌種之選育方法，原料之處理手續，製造之管理程序，醱酵中之各種化學變化，與夫成品之分析與檢定，以及其主要用途等。全書計分六章，都十餘萬言。

本書之編輯，在求系統之介紹，並以較新資料為主，期

能趕上時代，敘述務希淺明，文字力求簡潔，條理充實，分析清晰，各種有關圖表，儘量簡化，並加以中文註釋，數字力求完整與正確，其有可疑，寧缺不濫；可供大專院校及工農商職，授課教材，而對於從事醱酵化學之人員，尤爲不可多得之一種實用參考書，對於有興趣從事新興工業之大企業家，或工業家，亦有助益；抑且將來一旦國際風雲險惡，台省有需要在短期內，能完成大量生產溶劑之措施時，尤爲各酒精廠現有設備進行改裝製造之張本。惟以輯就歷時較久，部份資料或形落伍，遺誤之處，亦所難免，幸醱酵化學先進，有以教之。

郭 質 良 識於台灣省台北縣
民國六十一年六月

編 輯 凡 例

一、本書之編輯，以供從事醱酵化學工業人員參考，及大專院校，農工商職等校授課為目的。

二、本書取材來自中外雜誌計凡五十五種，摘要撮譯為基礎，並參閱有關書誌多種，彙編而成。

三、本書內容：偏重化學與實用，對於現代醱酵操作中，有關菌種之選育，原料之處理，醱酵之管制，生化學之變化，以及成品之分析與檢定等，尤做重點之介紹，至於有關各項設備與其應用技術方法等，因限於範圍，不加討論。

四、本書各項有時間性之資料，儘量採用較新者，各專家多年研究心得，亦簡略採入，以期能引起讀者興趣。

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有關名詞為準，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、本書各種度量衡單位，儘量採用萬國公制，各種名詞，皆根據經濟部中央標準局所頒定者。

七、本書採用之符號，如： $^{\circ}\text{C}$ 、%等，悉依慣例。

八、本書人名、地名，為簡明起見，均採用習用譯名，或逕用原文。

九、本書中凡第一次引用之特譯名詞，均附有原文，並

部分分別提出，列爲索引，刊於書後，以便於檢查對照。

十、本書中圖表內數字，一律採用阿拉伯字碼，以求簡明，並儘量以中文註釋，俾期實用。至其編號，均採一貫制，表號以中文數字標明，列於表前，圖號以阿拉伯字碼標明，位於圖下。

溶劑醱酵化學

目 錄

第一章 醱酵製造.....	1
一、引言.....	1
二、發達史.....	1
三、主原料.....	6
1. 澱粉質.....	7
2. 糖質.....	9
3. 纖維質.....	16
四、副原料.....	21
1. 有機性副原料.....	22
2. 無機性副原料.....	27
五、製造工程.....	27
1. 育種.....	29
2. 原料處理.....	33
3. 醱酵.....	34
4. 蒸餾.....	39
5. 製造費用.....	40

六、醱酵氣體及蒸餾廢醪之利用.....	42
1. 醱酵氣體.....	42
2. 蒸餾廢醪.....	44
3. 菌體.....	47
4. 醱酵殘液.....	47
七、細菌之酸敗作用.....	48
1. 酸敗菌類.....	48
2. 檢定方法.....	49
3. 酸敗菌之預防.....	50
4. 救治法.....	50
5. 溶菌素 (Bacteriophage)	50
第二章 溶劑蒸餾.....	52
一、引言.....	52
二、溶劑之物理性質.....	52
三、溶劑之共沸現象.....	58
四、溶劑對水之溶解度 (Solubility)	64
1. 丁醇與水之相互溶解度.....	64
2. 丁醇與水不純時之相互溶解度.....	67
五、溶劑之蒸餾裝置.....	68
1. 第一型式.....	69
2. 第二型式.....	72
六、蒸餾裝置之能力問題.....	73
七、溶劑蒸餾之平衡與其操作管制.....	74
1. 溶劑蒸餾之平衡.....	74

2 蒸餾操作之管制	78
八、酒精工場之改裝	80
第三章 生化學	83
一、引言	83
二、溶劑醱酵之性質	83
1. 酸性曲線之特異性	83
2. 氣體曲線	85
3. 脫酸性能	86
三、中性物質之生產	87
四、酸性物質之形成	90
1. 揮發性酸	91
2. 不揮發性酸	93
五、醱酵氣體之逸出	94
六、中間產物之轉變	97
1. 丙酮酸之分解	97
2. 乙醛為轉變中心	98
3. 酸類之轉變	99
4. 重碳 C^{14} 之研究	100
七、丁醇酮之消化	101
1. 丁醇酮 (Acetoin) 之生成	101
2. 與溶劑之關係	102
3. 醱酵條件之影響	103
4. 溫度之影響	103
5. 丁醇酮之消失	106

八、含氮化合物之代謝.....	106
1. 有機氮素之分解性.....	106
2. 無機氮素之利用性.....	109
九、蛋白質之適用量.....	110
1. 蛋白質之需要.....	110
2. 蛋白質之供給量.....	111
3. 氮素源與溶劑之關係.....	113
十、促進劑之必要性.....	115
十一、主要產物之極限.....	117
1. 丁醇之極量.....	117
2. 丙酮之極量.....	118
十二、酸類之毒害作用.....	118
十三、可酸酵性醣之酸酵.....	120
1. 單醣類之酸酵.....	120
2. 複醣類之酸酵.....	121
3. 溶劑生產.....	122
十四、酸酵之化學變化.....	124
1. 水解作用.....	124
2. 氧化作用.....	124
3. 聚合作用.....	125
4. 脫水作用.....	125
5. 脫羧作用.....	125
6. 還原作用.....	126
第四章 酸酵菌.....	128

一、引言	128
二、簡史	128
三、分布	131
1. 穀類	131
2. 球根類	131
3. 土壤類	131
4. 其他	131
四、選離與馴養	131
1. 菌之分離	132
2. 菌之選擇	132
3. 菌之馴養	133
五、鏡檢特徵	134
1. 細胞形態	134
2. 孢子形態	135
3. 染色法	135
4. 運動性	135
5. 孢子發芽	135
6. 繁殖情形	136
六、生理通性	136
1. 氧氣關係	136
2. 液化明膠	136
3. 硝酸鹽還原性	137
4. 硫化氫之生成	137
5. 色素還原	137

6. 不生吲哚 (Indole)	137
7. 培基反應	138
8. 繁殖溫度	138
9. 孢子耐熱性	138
10. 碳水化合物發酵性	138
七、分類	139
八、各論	141
1. <i>Bacillus butylicus</i> Fitz	142
2. <i>Bacillus orthobutylicus</i> Grinbert	143
3. <i>Clostridium butylicum</i> (Bejerinck) Donker	143
4. <i>Bacillus macerans</i>	144
5. <i>Clostridium acetobutylicum</i> Weizmann	145
6. <i>Bacillus acetoethylicum</i> (B. <i>acetoethylicus</i> Northrop et al)	145
7. <i>Bacillus butylicus</i> BF (Bolnot-Firmin)	147
8. <i>Clostridium acetobutylicum</i> No. 1	147
9. <i>Bacillus butylaceticum</i>	148
10. <i>Bacillus technicus</i>	148
11. <i>Bacillus butyloacetonicus</i> okada	148
12. <i>Bacillus butanolacetioni</i> Yukawa Horie	149
13. <i>Bacillus butyligenus</i> Muda	150
14. <i>Clostridium</i> (<i>Bacillus</i>) <i>tetrylicum</i>	151
15. <i>Bacillus felsinens</i> var <i>formosaensis</i>	151

16. <i>Bacillus acetobutanolicus</i> n. sp.....	152
17. <i>Clostridium toanum</i> n. sp. Baba.....	153
第五章 分析與檢定.....	155
一、引言.....	155
二、預試.....	155
1. 滴定酸度.....	155
2. 溶劑產量.....	155
三、分析大綱.....	156
1. 溶劑餾液之製取.....	156
2. 酸類餾液之製取.....	156
四、單相檢定.....	157
1. 丙酮.....	157
2. 乙醇.....	164
3. 異丙醇.....	167
4. 丁醇.....	168
五、二相混液之分析.....	169
1. 乙醛丙酮之混合.....	170
2. 丙酮乙醇之混合.....	170
3. 丙酮異丙醇之混合.....	172
4. 乙醇異丙醇之混合.....	173
5. 乙醇丁醇之混合.....	174
六、三相混液之分析.....	179
1. 丙酮、乙醇、丁醇之混合.....	179
2. 丙酮、異丙醇、乙醇之混合.....	183