

酒精发酵研究

酒精發酵研究

陳 駒 聲 著

科 學 出 版 社

1 9 5 9

內 容 介 紹

本書是一本研究酒精發酵的專著。酒精發酵是酒精製造工業中的主要過程。著者根據多年實地經驗討論了酒精發酵的各種方法，着重地介紹國內在這方面的研究成績和生產情況。本書主要供酒精發酵研究工作者及酒精生產技術人員參考。

酒 精 發 酵 研 究

陳 駒 聲 著

*

科 學 出 版 社 出 版 (北京朝陽門大街 117 號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 號

上海國光印刷廠印刷 新華書店總經售

*

1959 年 3 月 第 一 版

書號：1681

1959 年 3 月 第 一 次 印 刷

字數：323,000

(精) 1—2,480

開本：787×1092 1/18

(平) 1—3,040

印張：13 4/9 插圖 2

定價：(10) 精裝本 2.50 元
平裝本 1.90 元

序

當作者握筆寫這篇序時，全國糧食大豐收，總產量比去年翻一番，稻、小麥、玉米、甘薯等試驗田每畝產量均破世界記錄。各地甘薯豐產，紛紛設立釀酒工廠，1962年以前全國酒精產量可能增加數十倍。此大量酒精除可供給拖拉機及其他內燃機的燃料外，尚可用以製造合成橡膠，可作為工業原料及其他用途。在社會主義建設期間，酒精工業起了極其重大的功用，我們從事酒精工業者感到無限的興奮！

解放以來，不但酒精產量激增，即酒精製造技術亦日新月異。按我國酒精工業以1920年福建酒精廠為首創，以後溥益糖廠附設的酒精廠（1922年）、上海浦東中國酒精廠（1935年）相繼成立。在技術方面，除了關於甜菜糖蜜及甘蔗糖蜜的酒精發酵略有創造外，應用澱粉質原料製造酒精的發酵效率始終停留在82~83%。解放後，在黨和政府的正確領導下，依靠羣衆力量，不但以同一機器可以產出更多酒精；並且應用較少量麩麩可以得到更高的發酵效率。近年研究液體麩法及根靈（阿明諾）酒母液體麩混合法成功，全部麩麩可以節省，大大地減輕了勞動強度，而且發酵效率亦可達到空前高峯，這是我國酒精工業的一項重大技術革新，是值得慶賀的。

本書以介紹我國酒精工作者對於酒精研究的成績為主要內容；同時復搜集國外最新資料以資補充。我國酒精工業的科學研究正在不斷地進展，希望本書再版時，可以全部採用國內資料，使本書可以更適合國內讀者的需要，這是要靠大家共同努力的。

本書取材不够全面，錯誤之處，亦所不免，尚望同志們賜予指正和補充為幸！

陳 駱 臺

1958年國慶節於上海

目 錄

第一章 緒論	1
第一節 我國精酒工業的進展	1
第二節 我國化學家對於酒精工業的貢獻	1
第二章 霉菌與糖化	6
第一節 與酒精製造有關的霉菌	6
第二節 霉菌的分類	10
第三節 霉菌的鑑別方法	12
第四節 霉菌的營養	15
第五節 霉菌的培養、分離與檢查	16
第一項 培養基	16
第二項 培養用具	19
第三項 分離方法	19
第四項 檢查方法	20
第六節 霉菌的變異	21
第七節 與酒精發酵有關的幾種碳水化合物	21
第一項 單糖類	21
第二項 雙糖類	24
第三項 多糖類	25
第四項 糊精	26
第五項 澱粉	26
第八節 澱粉酶	28
第一項 概說	28
第二項 α -澱粉酶	30
第三項 β -澱粉酶	31
第四項 葡萄糖產生酶	31
第五項 α -1, 6-葡萄糖甙分解酶	32
第六項 轉移葡萄糖甙酶	33
第七項 大麥芽的澱粉酶	33
第八項 霉菌的澱粉酶	34
第九節 澱粉酶的測定	35
第一項 α -澱粉酶	36
第二項 β -澱粉酶	37
第三項 霉菌的糖化酶	37
第四項 各種澱粉酶測定法	38
第十節 各種霉菌澱粉酶的實際需要量	44
第一項 概說	44
第二項 α -澱粉酶的作用及其需要量	44
第三項 糖化型澱粉酶及其需要量	45
第四項 酶的使用量與酶的糖化力的關係	47
第三章 酵母與發酵	50
第一節 酵母	50
第一項 酵母的形態及繁殖	50
第二項 酵母的繁殖曲綫	51
第三項 酵母繁殖經過的測定	52

第四項	酵母的弱化及死滅的原因及其防止方法	53
第五項	酵母的醉	53
第六項	酵母的化學組成	55
第七項	酵母促生劑類	57
第八項	酵母的營養	61
第九項	酵母生活與理化學因素的關係	64
第十項	酵母的純種保藏法	65
第十一項	酵母對於酒精的忍耐力	65
第十二項	酵母對於糖類的發酵性及檢定法	66
第十三項	酵母的培養	67
第二節	酒精工廠應用的酵母	67
第三節	酒精發酵法的要點	70
第四節	酒精發酵化學	73
第四章	細菌與污染	79
第一節	與酒精發酵有關的雜菌	79
第二節	防止雜菌方法	82
第五章	酒精發酵用機械	85
第一節	磨碎機	85
第二節	間歇式蒸煮機及糖化機	85
第一項	蒸煮機	85
第二項	糖化機	86
第三節	半連續式蒸煮設備	86
第四節	連續式蒸煮及糖化裝置	87
第五節	發酵(培養)槽	88
第六章	原料及其處理法	92
第一節	原料成分	92
第一項	薯類	92
第二項	穀類	92
第三項	糖蜜	93
第二節	澱粉質原料的蒸煮	94
第三節	蒸煮時的變化	97
第七章	應用澱粉質原料製造酒精法	101
第一節	引言	101
第二節	糊化法	103
第一項	概說	103
第二項	蒸煮	103
第三項	製糖	103
第四項	糖化	118
第五項	糖化酶的試驗	128
第六項	製備酒母酶的要點	130
第七項	酒母酶製備法	130
第八項	發酵	132
第三節	麥芽法	138
第一項	概說	138
第二項	糖化要點	138
第三項	糖化方法	139
第四項	發酵	140
第四節	根霉(阿明諾)法	141

目 錄

第一項	歷史	141
第二項	蒸煮	142
第三項	菌種及其培養法	145
第四項	接種量	148
第五項	發酵經過	145
第六項	通氣量	146
第七項	成熟膠的去渣	147
第八項	製造實例	148
第九項	根霉(阿明諾)法的改良	150
第五節 液體麴法		151
第一項	歷史	151
第二項	菌種及其特性	152
第三項	麴霉的培養法與接種量	154
第四項	培養基	155
第五項	培養基的 pH 值	158
第六項	通氣量	160
第七項	溫度	160
第八項	液體麴的各種用法	160
第六節 根霉酒母麴(或液體麴)混合法		163
第一項	概說	163
第二項	根霉酒母的製備	163
第三項	麴或液體麴	164
第四項	蒸煮熟化及發酵	164
第五項	應用混合法時麴與酒母的澱粉酶量的關係	166
第六項	製造實例	167
第七節 酸糖化法		174
第一項	概說	174
第二項	糖化	174
第三項	發酵	175
第四項	改良式酸糖化法	175
第五項	糖化及發酵試驗方法	176
第六項	製造實例	177
第八章 應用糖蜜製造酒精法		179
第一節 間歇發酵法		179
第一項	糖蜜的沖淡及殺菌	179
第二項	酵母的純粹培養法	179
第三項	酵母營養物的補充	182
第四項	發酵方法	182
第五項	糖蜜生垢的原因及其防止方法	183
第六項	發酵效率低下的原因	184
第七項	濃縮發酵法	185
第八項	Usines de Melle 方法	187
第九項	由甘蔗糖蜜製造酒精記錄	188
第十項	由甜菜糖蜜製造酒精記錄	191
第二節 連續發酵法		195
第一項	概說	195
第二項	蘇聯的連續發酵法	195
第九章 由亞硫酸廢液製造酒精法		207
第一節 亞硫酸廢液的組成		207
第二節 亞硫酸廢液的處理法		208

第三節 亞硫酸廢液的發酵法.....	209
第一項 概說.....	209
第二項 發酵方法.....	211
第十章 由木材製造酒精法.....	214
第一節 木材的化學組成.....	214
第二節 木材的水解方法.....	215
第一項 概說.....	215
第二項 強酸水解法.....	215
第三項 稀酸水解法.....	216
第四項 二段水解法.....	217
第三節 木材水解液的糖分.....	217
第四節 木材水解液中妨礙發酵的物質及其處理方法.....	218
第五節 酵母.....	219
第六節 木材水解液的中和與發酵.....	220
第十一章 副產物.....	223
第一節 酒糟水.....	223
第一項 酒糟水成分.....	223
第二項 利用酒糟水製造甲烷.....	224
第二節 利用碳酸氣培養小球藻.....	227
第三節 雜醇油.....	229
第四節 甘油.....	231
第五節 其他特殊副產物.....	231
第十二章 澱粉利用率.....	234
第一節 酒精發酵過程中的損失.....	234
第二節 酒精理論產額及澱粉利用率的計算.....	234

第一章 緒 論

第一節 我國酒精工業的進展

酒精的用途極廣，合成橡膠、醫藥、食品、化妝品、溶劑等等工業需要大量的酒精。工業愈發達，酒精的需要量亦愈多。我國酒精工業歷史較短。1920年福建酒精廠首先成立，以乾薯為原料；1922年山東溥益酒精廠成立，以甜菜糖蜜為原料；1935年中國酒精廠成立，以舶來甘蔗糖蜜及國產乾薯為原料，該廠規模宏大，是時推為遠東第一。解放以來，東北、華北、華南各地糖廠紛紛設立，酒精工業更為發達。至於應用乾薯為原料的酒精工廠，如濟南、南陽、上海等地酒精廠製造成績均極優良。

由澱粉質原料製造酒精的方法，在我國北部多半採用麥芽法，中南部多半採用麩麴法。麩麴法又分為黃麴法及黑麴法兩種，採用黃麴法時澱粉利用率最高僅為83%，1955年改用黑麴法後，澱粉利用率增至88~90%。根霉酒母液體麴混合法[註]混合法先後成功。不但勞動力可以減少，澱粉利用率可達90%以上。可以節省大量糧食，誠為空前的技術革新。

由糖蜜製造酒精的方法，過去採用間歇發酵法，現在東北方面新中國酒精廠業已採用回收酵母式連續發酵法。

由亞硫酸廢液製造酒精，在東北方面正在準備設廠。由纖維水解液製造酒精正在試驗之中。

我國橡子產量豐富，為製造酒精的優良原料，惟橡子是野生植物，分散各地不易集中，且甚易腐爛，是其最大缺點。

世界各國為節省糧食起見，逐漸推廣利用天然氣合成酒精的方法，蘇聯近年來亦以此為奮鬥目標。我國石油工業正在開展，目前尚難應用此法。我國地廣物博，農產豐富，自農業大躍進以來，單位面積的產量增加，澱粉質原料已呈過剩現象，應當儘量利用。此後糖業日益發達，糖蜜產量日益增加，亦為酒精的重要原料。至於纖維質原料產量雖多，但機械設備較為繁雜，製造成本亦較澱粉質原料及糖蜜為昂，因此應用纖維為原料一時尚未廣泛推行。

第二節 我國化學家對於酒精工業的貢獻

我國製造酒精以甜菜糖蜜、甘蔗糖蜜、玉米、乾薯等為主要原料，茲分述如次：

一、糖蜜 甜菜糖蜜中，含有妨礙酵母發酵的化合物。我們於1922年用硫酸除去此等物質，達到發酵旺盛的目的^[1]。

關於甘蔗糖蜜的發酵，我們於1933年研究古巴轉化糖蜜的發酵^[2]，其結果如次：(1)古巴轉化糖蜜含糖特高，發酵雖無困難，但其處理法與普通古巴糖蜜不同；(2)加酸不但

[註] 本會將“阿明諾法”改為“根霉法”；“阿明諾酒母”改為“根霉酒母”。

不需要，且妨礙發酵，使酒精產量減少；(3)此糖蜜欲得到高效率，須加三倍常量的硫酸銨及多量磷酸鹽；(4)添加硫酸鎂，可使發酵效率略為增加。

鄧明發於 1941 年研究以尿為糖蜜發酵的營養料，據報：尿對糖蜜發酵，用 4% 已足夠；又酒精廠蒸餾殘液，可用以沖淡糖蜜^[3]。

晏濟原、溫天時於 1941~1942 年報告：甘蔗汁製造酒精，用尿至 5%^[4]。

焦福祐報告氮、磷對於糖蜜發酵的影響，據云：不加磷酸及硫酸銨，發酵成績最差；加磷酸千分之二，成績最佳^[5]。

耿寬度發表三種酵母對酒精發酵的比較研究^[6]，據云：(1) *Sacch. Robustus* 來自菲律賓馬尼刺，就發酵率言，是一個良種；(2) Y 116 製造成績較第一種好，且生酸亦較低，此種新酵母異軍突起，值得注意；(3) *Sacch. 396* 此次製造成績甚差，除成熟醪生酸度較低外，餘無可取。以上三種酵母除在實驗室作詳細研究外，復作工廠實際作業的實驗，各種圖表足供參考。

我們研究生物素對於糖蜜酒精發酵的影響實驗報告：(1)麥芽經過高溫殺菌，對其促進作用，並不破壞；(2)麥芽加入後可以促進發酵速度^[7]。

我們研究連續式發酵法曾參照蘇聯先進經驗，作了十四次小規模實驗^[8]，結論為：

1. 酵母醱發酵時間，經過 10 小時後，每毫升酵母數為一億八千萬左右，符合蘇聯方法的標準。

2. 本試驗發酵醱發酵時間為 12 小時，較間斷法約少 24 小時。設備費可以減少。

二、澱粉質原料 郝履成等^[9]研究 27 種霉菌，包括 *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* 及 *Rhizopus*，據云：*A. oryzae*, *R. delemar* 及 *R. oryzae* 所製成的麩黴適於玉米醪的糖化之用，因其酒精產量較高。糖化溫度 30°C 的，其酒精產量較 55°C 為高。

關於細菌澱粉酶代替麥芽，以供蒸餾的醪液液化的研究，據郝履成報告^[10]：細菌澱粉酶 III (乃提淨的濃縮物) 具較大液化力，應用細菌澱粉酶的可使醪的黏度較應用麥芽的為低，所以酒精產量亦較應用麥芽的略高。

關於穀類原料製造酒精，前中央工業試驗所有三次報告^[11-13]，澱粉利用率逐漸增高。

國內酒精廠所用糖化劑多為黃麴或麥芽，我們發表了利用黑麴霉釀造玉米酒精總結報告^[14]。內容分蒸餾、製麴、糖化及發酵四部分。根據實驗結果，證明了澱粉利用率與蒸

表 1:1

	糖化最適溫度	糖化最適 pH	糖化力	液化力	麥芽糖醇
黑 麴	61~65°C	4~4.5	大	小	多
黃 麴	55~58°C	5	小	大	少

煮及糖化的關係。此外有系統地研究黃麴與黑麴的性質，作成十餘種曲綫。重要結果如表 1:1。

應用黑麴為糖化劑，因可耐較高溫度，故適於夏季釀造酒精

之用。應用玉米為原料時，澱粉利用率可達 87%，平均 84%。應用乾薯為原料時，澱粉利用率可達 89.6%，平均 88%。

最近應用黑麴製造酒精，乾薯澱粉利用率平均為 91% 以上(麴自身糖化後，糖分為 5%，併計在內)，每百斤澱粉出酒率平均達 55 斤以上，麴法釀造酒精的技術，已經達到了

國際水平(報告未發表)。

1934年我們第一次由中國酒藥中分出一種 *Rhizopus*, 試用根霉(阿明諾)法發酵, 效率達 80% 以上, 但發酵時間太長^[15]。

1940年我們首先研究應用根霉酒母(阿明諾酒母)麩黴混合法, 即深層發酵法, 結果甚佳^[16, 17]。茲將本法與黃麴法比較如次:

1. 用麴量

黃麴法: 10~13% (對原料言)

混合法: 0.5~1% (對原料言)

2. 發酵效率

黃麴法: 82~83%

混合法: 90~94%

潘尙貞^[8]對於黑麴霉的深層培養的研究: 黑麴霉 (*Aspergillus niger* NRRL) 用每 100 毫升含 5 克蒸餾液固形物 (distiller's soluble solids), 1 克磨碎玉米及 0.5 克磷酸鈣為培養基。750 毫升容積三角瓶中盛培養液 120 毫升, 在每分鐘迴轉 100 次, 衝程 2 英寸的搖盪機上, 維持 30°C, 48~60 小時。

發酵液用 7% (對穀重言) 大麥芽或 10% (對發酵液容積言) 黑麴霉深層培養液, 維持 55~60°C, 2 小時, 然後冷至發酵溫度, 添加酵母 (Seagram 酵母種)。其結果深層霉菌培養物與麥芽相似, 可將澱粉大部分變為難於水解的糊精。因糊精難於水解, 所以後發酵速度亦緩。換言之, 發酵速度依此糊精的水化速度而定。培養基中含有此糊精時有許多條件, 對於第二(後)發酵有影響: 高溫度的發酵 (37°C) 及低溫度的繁殖 (25°C) 是增加第二(後)發酵速度的主要因素。應用較有效的霉菌種, 或在培養基中以 2% 小麥麩代替 3% 蒸餾液固形物, 有優良的影響。在最適條件下, 應用深層培養的霉菌絲轉化的玉米膠可於 42 小時內(不需 60 小時)發酵完全。在適當情況下玉米膠發酵記錄, 如表 1:2。

涂平於 1951^[19]對於液體麴的氮源及碳源曾作了詳細研究; 1952年^[20]

對於氮源又進一步研究; 1953年^[21]創造一種密閉式搖瓶, 此搖瓶當發酵時, 氧的吸收可以自動記錄; 1956年^[22]又發表了發酵的吸氧控制法; 此法根據的原理, 是分析廢氣中氧的濃度, 然後照預定計劃, 將氧的利用自動地加以控制。

1956年上海市輕工業研究所輕工業部北京發酵工業研究所、與地方國營上海酒精廠協作研究利用液體麴代替麩黴製造酒精。1957年9月份起在化學世界刊載了三篇論文^[23-25]: (1). 關於菌種及培養基的選擇; (2). 黑麴霉澱粉酶特性的研究; (3). 無機氮與磷對於黑麴霉澱粉酶產生的影響。在 1957年中國化學會論文討論會發表了液體麴論文二篇, 並在 1957年中國化學會論文討論會發表了各種麴霉含的研究^[26]。1958年在液體

表 1:2

轉化劑	後發酵溫度, °C	發酵時間, 小時	殘糖, 克/100 毫升	酒精產率(100%容積)對100斤原料言(升)
大麥芽	30	52	0.50	39.20
霉菌培養物	30	69	0.48	40.20
霉菌培養物	37	42	0.53	49.10

麵研究成功基礎上，進一步研究根霉(阿明諾)酒母液體麵混合法，發酵效率可達 92.5%，發酵醪酒精含量達 9%^[27]。

抗戰期間，酒精需要激增，因此採用紅糖釀酒，方心芳等於 1940~41 年做了試驗^[28]，其結果為：(1)紅糖內缺少酵母食料，不添加營養料的，發酵必致失敗；(2)紅糖內所缺的養料以氮化合物為最重要；(3)10 升糖水加 1 克硫酸銨，即可使發酵加大 1.84 倍；(4)硫酸銨的效能因濃度增大而減小，千分之一的比萬分之一的約減小 1 倍；(5)硫酸銨的最適濃度約為 1~1.5 克/升；(6)尿能供給紅糖內所缺的酵母養料；(7)新尿的促進發酵作用比陳尿大；(8)尿的適量約為 4%。

我們於 1942 年對於紅糖發酵作了幾次試驗，證明了方心芳等的試驗結果^[49]。硫酸銨、磷酸銨、硫酸鎂等可以增進紅糖發酵率達 45.4%。

三、其他原料 關於其他原料製造酒精的研究報告甚少，茲略舉如次：

1. 謝祚永、吳冰韻於 1939 年研究菊芋製造酒精^[30]，其結果為：(1)菊芋可利用其本身的菊糖酶(inulase)以行糖化，時間尚待詳細測定；(2)菊芋用硫酸糖化的最適情況，是壓力 40 磅、硫酸濃度 0.5%、時間 15 分鐘；(3)用酸加壓：糖化時如壓力增加，只需些微的酸量，用鹽酸更適宜。

2. 孫增爵、雷天壯、盧明道於 1944 年研究自竹製酒精^[31]，據報：當煮竹時，如壓力、時間、硫酸濃度適當調節時，可得單含己糖不含戊糖的溶液。從每 1000 斤乾竹，最多可得 95% 酒精 81 斤。

3. 金培松於 1945 年應用三種方法，在實驗室內小量用木材試製酒精^[32]，據報：稀硫酸法較切實用，每 100 克松木屑可得 95% 酒精 11.8 毫升。1957 年金培松等在中國化學會宣讀了農產纖維原料水解法製造酒精的研究^[33]。每噸絕乾蔗渣可產 88~114 升酒精和 96~98 斤酵母，每噸絕乾棉子壳(未脫短棉纖維者)可產 88~100 升酒精和 113~153 斤酵母。

4. 房廣遠於 1948 年用櫟實製造酒精^[34]，據報：(1)櫟實外壳含單寧在 16% 以上，是鞣皮染色有價值的原料；(2)櫟仁含澱粉約 70%，有利用的價值；(3)未除單寧的櫟仁粉，經發酵後所產生的酒精量，低於已除單寧的櫟仁粉；(4)以麥芽為糖化劑製造酒精，產量比用硫酸高；(5)用櫟仁製造酒精，酸度不可太高，並須加入酵母的適當食料。

近來各地利用橡子為原料製造白酒及酒精的工廠漸多，澱粉利用率白酒可達 70~75%，酒精可達 80~85%。

[附註]本篇係由化學世界 11 卷 5 期 217~220 頁補充而成，古代釀酒歷史未加敘述，附此說明。

參 考 文 獻

- [1] 陳翰聲：酒精，152~160 頁，商務印書館出版，第五版(1951)。
- [2] 陳翰聲及 W. L. Owen: Cuban Invert Molasses Fermentation, Facts about Sugar, 23, 21~24 (1933)。
- [3] 鄧明強：幾種酒精發酵試驗，黃海，3, 177~180 (1941~42)。
- [4] 晏濟原、溫天時：甘蔗汁製造酒精之初步試驗，黃海，3, 181~182 (1941~42)。
- [5] 焦福祐：氮磷對於發酵之影響，台糖通訊，2, No. 9, 7 (1948)。

- [6] 耿寬度: 酵母 *Sacch. Robustus*, Y 116 與 *Sacch.* 396 酒精發酵的比較研究, 台糖通訊, 2, No. 8 14~18 (1948).
- [7] 陳駒聲、陳聲麟、王恩鐸、周謙平: 生長素對於糖蜜酒精發酵之影響, 化學世界, 8, No. 6, 187~188 (1953).
- [8] 陳駒聲、周謙平: 連續發酵法由糖蜜製造酒精初步實驗, 化學世界, 9, No. 11, 474~477 (1954).
- [9] 郝履成 (Hao L. C.): Fungal Amylase as Saccharifying Agents in the Alcoholic Fermentation of Corn, *Ind. Eng. Chem.*, 35, 814~818 (1943).
- [10] 郝履成 (Hao L. C.): Microbial Amylase Preparation Conversion Agents for Alcoholic Fermentation, *Ind. Eng. Chem.*, 37, 521~525 (1945).
- [11] 史德寬: 高粱、玉蜀黍澱粉質製造酒精之研究, 工業中心, 2, 227~234 (1933).
- [12] 陳駒聲、馮鎮: 本所釀造試驗工場夏季試製酒精報告, 工業中心, 2, 258~263, 289~292 (1933).
- [13] 陳駒聲、馮鎮: 小麥澱粉試驗酒精報告, 工業中心, 2, 306~309 (1933).
- [14] 陳駒聲、馮鎮、胡元吉、顧善揚: 黑霉菌醱製玉米酒精報告, 化學世界, 10, No. 5, 6, 10 (1955).
- [15] 陳駒聲: 阿明諾法製造酒精之研究第一次報告, 工業中心, 3, 64~67 (1934).
- [16] 陳駒聲: 阿明諾混合法製造酒精, 高等釀造學, 51~52, 商務印書館出版, 第二版 (1954).
- [17] 陳駒聲: 從土法釀酒說到最新法製造酒精, 化學世界, 2, No. 1 (1949).
- [18] 潘尙貞 (Pan S. C.): Rate of secondary fermentation of corn mash converted by *Aspergillus niger*, C. A., 45, 306; *Ind. Eng. Chem.*, 42, 1783~9 (1950).
Rate of yeasts in the secondary conversion of corn mash by submerged cultures of *Aspergillus niger*, C. A., 45, 4877; 1951, *Arch. Biochem.*, 30, 6~13 (1957).
Isolation of a crystalline trisaccharide from the unfermentable carbohydrate produced enzymically from maltose, C. A., 45, 8595, 1951.
- [19] 徐平 (Shu P.) and A. C. Blackwood: *Can. J. Botany*, 29, 113 (1951).
- [20] 徐平 (Shu P.): *Can. J. Botany*, 30, 331 (1952).
- [21] 徐平 (Shu P.): *Agr. Food Chem.*, 1, 1119 (1953).
- [22] 徐平 (Shu P.): *Ing. Eng. Chem.*, 48, 2204 (1956).
- [23] 上海市輕工業研究所: 應用液體醱製造酒精研究報告第一報告, 關於液體醱的培養基及菌種的選擇, 化學世界, 12, No. 9, 385 (1957).
- [24] 上海市輕工業研究所: 應用液體醱代替麩醱製造酒精研究報告, 第二報告, 液體醱澱粉酶特性的研究, 化學世界, 12, No. 10, 433 (1957).
- [25] 上海市輕工業研究所: 應用液體醱代替麩醱製造酒精研究報告, 第三報告, 無機的氮與磷對於液體醱澱粉酶產生的影響, 化學世界, 12, No. 11, 481 (1957).
- [26] 陳駒聲、陸永訓、梁天錫、胡學智、黃文濤、王成惠等: 關於各種醱含酶的研究, 中國化學會 1957 年論文報告會。
- [27] 上海市輕工業研究所、上海酒精廠、輕工業部發酵工業科學研究所: 應用液體醱製造酒精的研究, 科學衛生技術出版社, 1958.
- [28] 方心芳、蕭永瀾: 紅糖釀酒試驗(一)氮化物的影響, 黃海發酵與菌學特輯, 2, 131~134 (1940~41).
- [29] 陳駒聲、李元忠、金固生、安詠賢: 紅糖發酵之研究, 化學, 6, 1~16, 59~70 (1942).
- [30] 謝祥永、吳永麟: 菊芋製造酒精之初步研究, 黃海, 1, No. 1, 9~21 (1939).
- [31] 孫增爵、雷天壯、盧明道: 自竹製乙醇的試驗(英文原著), 化學工程, 10 及 11, 25~37 (1944).
- [32] 金培松: 木材造酒精試驗報告, 化學工業, 17, No. 1, 33~38 (1945).
- [33] 房廣遠: 櫟實製造酒精之研究, 化學, 11, 38~40 (1949).
- [34] 金培松、錢家駒、周元怡、吳煥章等: 農產纖維原料水解法製造酒精酵母的研究, 中國化學會 1957 年論文報告會。

第二章 霉菌與糖化

第一節 與酒精製造有關的霉菌

酒精工廠最常用的霉菌以黴霉及根霉為最主要，分述如次：

一、**黴霉** 1877年，日本發現一種黴霉，呈黃綠色，具有糖化力及蛋白質分解力，是釀酒及製造醬油最主要的霉菌。1882年 E. Cohn 確定此菌的學名為 *Aspergillus oryzae*。1936年中澤亮治等由沖繩島泡盛酒分出 *Aspergillus awamori* var. *fumeus* Nakazawa Simq et Watanabe。日本現在利用此菌製造液體麵。 *Aspergillus batatae*、*Aspergillus usamii*，能耐高温，且糖化力甚強。我國現在利用此等霉菌製造黑麵，以為酒精廠的糖化劑。日本最近應用 *Aspergillus usamii* 的變種（白烏沙米），成績甚好。此外美國製造液體麵所用的 *Aspergillus niger* NRRL 330 及 NRRL 337 均為酒精製造上極重要的菌種。如表 2:1。

表 2:1

菌名	菌叢	分生孢子柄	分生孢子	頂囊	第一小梗	第二小梗	被子器	菌核	繁殖最適溫度	死滅溫度	其他
<i>Aspergillus oryzae</i>	新鮮的培養呈黃綠色，少數呈黃色或綠至褐色，菌絲無色，闊3~9μ，普通為4~5μ	長短不定，無數簇生在頭端，生孢子，長1~2毫米，闊10~30μ，柄條而無色	球形，不常為大形，表面粗糙，直徑6~7μ	球形，下方細，直徑50~80μ	長12~20μ，闊4~5μ		不明	菌核生，成有紫褐色的小球體	8~45°C，最適37°C		液力強，生微量酒精，生成草酸、醋酸等有機酸
<i>Aspergillus awamori</i>	菌絲面平滑，無色，生隔壁，等質透明	面平滑，膜厚，內容等質透明，近頂端呈微黃褐色，長400~800μ，普通560μ，闊3.7~16.8μ，普通12.5~13.7μ	球形，膜厚，淡黑褐色，表面粒狀，而連鎖為串狀物。直徑3.7~5.6μ，普通4.4~5μ	球形，微黃褐色，直徑20~56μ，普通36~40μ	在頂囊的周圍作放射狀，第一小梗上附着2~3根。第二小梗。縱11.2~15μ，普通13.7μ，橫4.4~6.2μ，普通5~5.6μ	小棍狀，縱5~10μ，普通7.5μ，橫2.5~3.5μ，普通4.4~5μ			35°C	60°C 10分	最適pH 3.6~4.4
<i>Aspergillus batatae</i>	先為白色至黃色，而後為黑色	面平滑，膜厚，在上部呈褐色，長2~4毫米	球形，4~5μ，初為綠色，有細嫩的刺	35~50μ，球形，壁帶褐色	分枝，帶黃褐色，覆於頂囊的全面，狀，20~40×8μ	每個第一小梗上生4個第二小梗，10×3.2μ	無	無	30°C，在稍能繁殖	60°C 30分	最適pH 4.2~4.4，糖化最適溫度60~68°C，比普通黴霉高，因此菌長期生於熱帶地區，對於炎熱天氣已能適應之故

據坂口、飯塚兩氏研究 *Aspergillus niger* NRRL 337 及 NRRL 330 的形態特徵如下¹¹⁾：

Asp. niger NRRL 337 的形態特徵：

在 Czapek 溶液瓊脂上的菌叢，保溫 30°C 3 日後，直徑 4.0 厘米，菌絲呈淺黃白色，又在麵汁瓊脂及亞硝酸鹽培養基* 上繁殖迅速，分生孢子頭的色為 Chaetura Drab XLVI

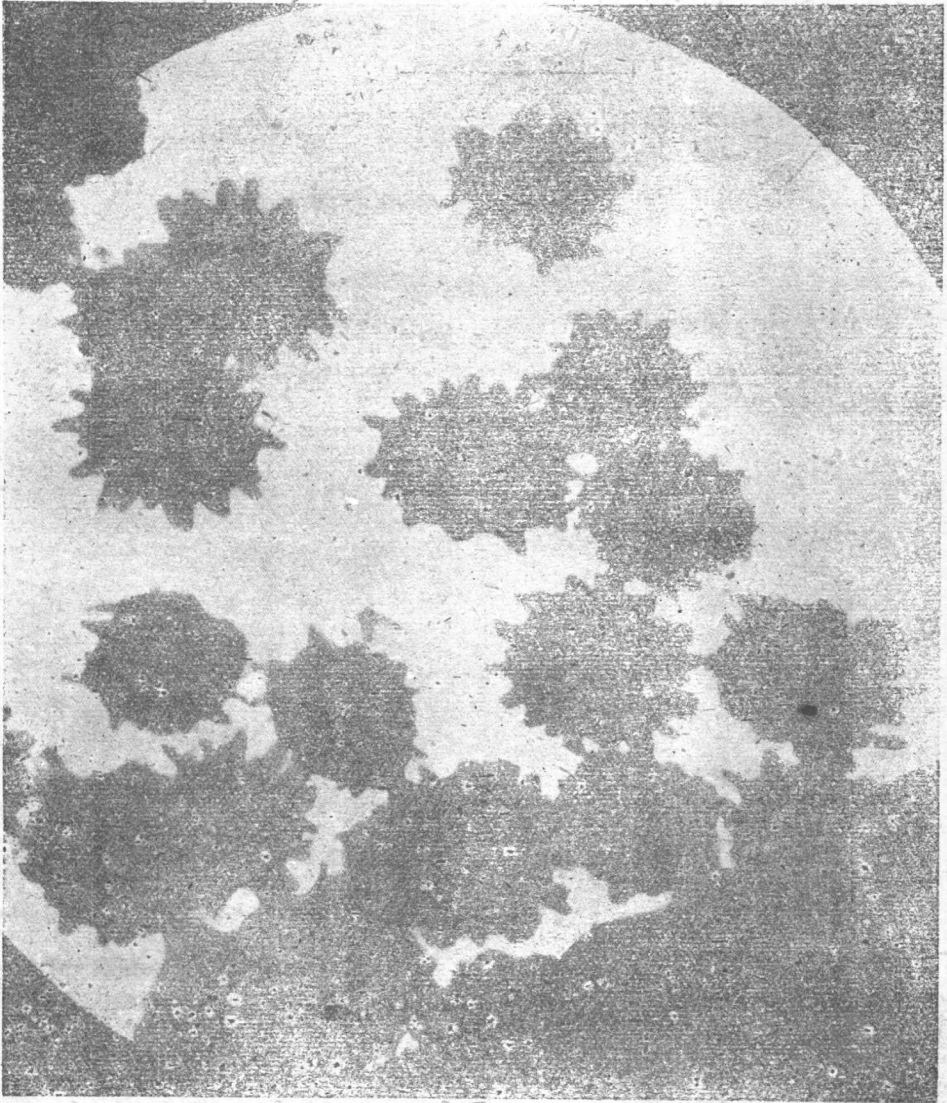


圖1 *Asp. niger* 2126 的分生孢子(電子顯微照相)

* 此培養基(Sakaguchi-Wang 培養基)供亞硝酸鹽同化試驗用。蔗糖 30 克， NaNO_2 1.5 克， K_2HPO_4 1 克， KCl 0.5 克， $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 克， FeSO_4 0.01 克，加蒸餾水至 1 升。

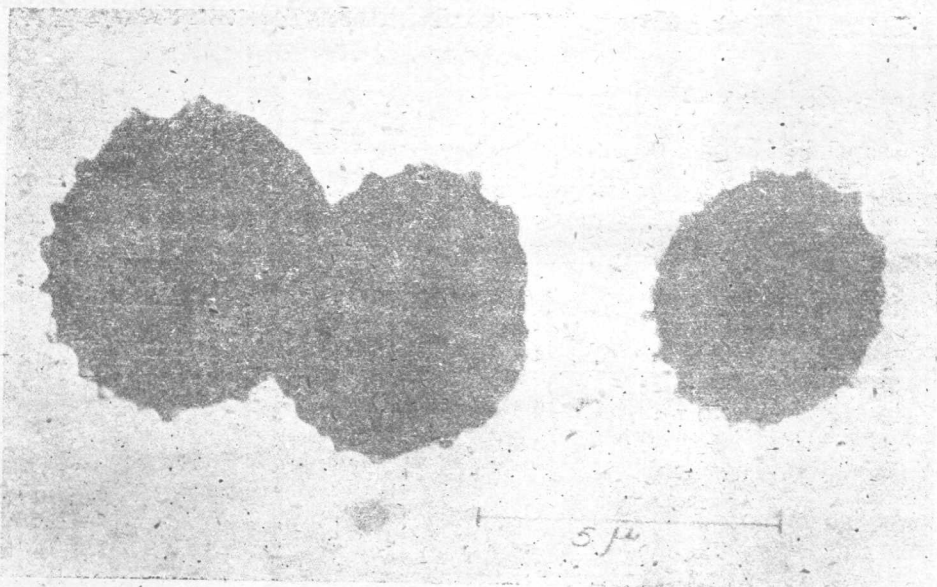


圖2 *Asp. niger* NRRL 337 的分生孢子(電子顯微照相)

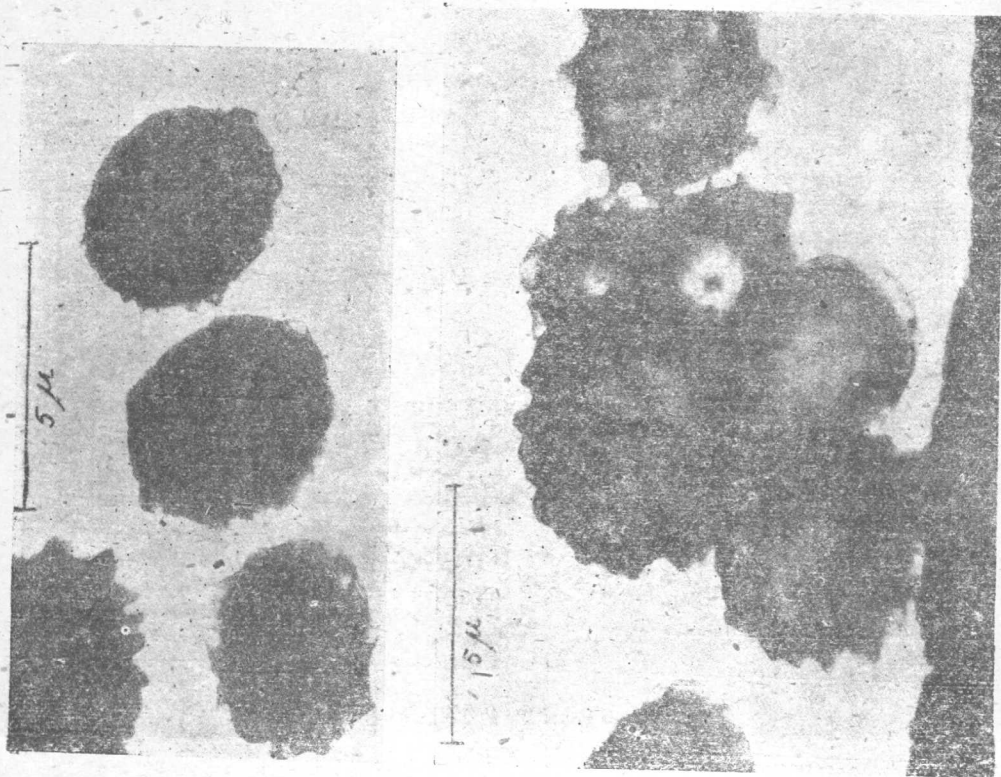


圖3 *Asp. niger* NRRL 330 的分生孢子(電子顯微照相)

至 Blackish Brown (3) XLV (Ridgway), 球形或放射狀, 直徑常為 $140\sim 280\mu$, 分生孢子柄長多為 $550\sim 830\mu \times 11\sim 20\mu$, 壁滑, 頂囊略似球形, 直徑 $25\sim 48\mu$. 小梗兩系: 第一系 $6.3\sim 9.0\mu \times 3.8\sim 4.4\mu$, 第二系 $5.7\sim 6.4\mu \times 2.5\sim 3.8\mu$. 分生孢子球形, 多為 4.5μ , 最大約 6.0μ . 應用電子顯微鏡視察, 分生孢子壁的表面是平滑的, 或將近平滑的。

Asp. niger NRRL 330 的形態特徵:

在 Czapek 溶液瓊脂上的菌叢, 30°C 3 日後, 直徑為 4.8 厘米, 而在麵汁瓊脂上為 6.2 厘米。在亞硝酸鹽培養基* 上 30°C 10 日後不繁殖或極少繁殖。分生孢子頭的色為 Blackish Brown (3) XLV, 球形或放射狀, 直徑 $160\sim 320\mu$. 分生孢子柄長 $1000\sim 1500\mu \times 14\sim 17\mu$. 壁平滑, 頂囊近似球形, 直徑常為 $45\sim 68\mu$. 小梗二系: 第一系 $8.6\sim 10.0\mu \times 3.8\sim 5.7\mu$, 第二系 $8.2 \times 3.2\mu$. 分生孢子球形, 或近似球形, 直徑 $4.3\sim 5.0\mu$, 但用電子顯微鏡視察, 表面是粗糙的。

按 Thom 及 Raper^[2] 的黴菌分類法所列的 *Aspergillus niger*, 以成熟的分生孢子的表面有突起物為特徵, 而坂口及飯塚由電子顯微鏡觀察 NRRL 330 及 337 的分生孢子並無突出物, 而是平滑或稍粗糙的, 因此這二種黴菌不能歸入 *Aspergillus niger* 族內, 而應歸入新立的 Kuro-koji mold group. NRRL 337 當改稱 *Asp. aureus* var. *brevius* Nakazawa et al; NRRL 330 當改稱 *Asp.saitoi* var. *Kagshimaensis* Sakaguchi et al.

二、阿明諾菌 此菌是 Calmette 於 1892 年發現, 1895 年 Collette 及 Boiden 兩氏利用此菌製造酒精, 定名為 *Amylomyces a*. 嗣後 Wehmer 確定此菌的學名為 *Mucor rouxii*. 此後又發現 *Rhizopus japonicus* Vuillemin (*Amylomyces b*), *Rhizopus*

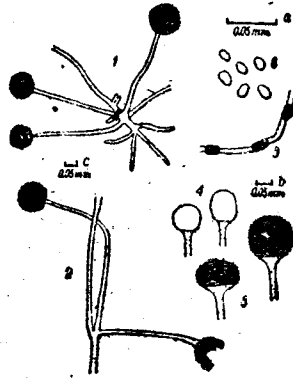


圖 4 *Rhizopus javanicus* nov. sp.

1. 孢子囊柄, 假根: c 2. 孢子囊柄: c 3. 芽子: b 4. 中軸體: b 5. 孢子囊: b 6. 孢子: a

tonkinensis Vuillemin (*Amylomyces g*), *Rhizopus delemar* 及 *Rhizopus javanicus* Takeda^[4,5]. 各菌的糖化力均較 *Mucor rouxii* 為強大. *Rhizopus javanicus* 為日本武田義人 1935 年所發現, 現在日本根霉 (阿明諾) 法均採用此菌從事製造. 各菌的特徵如表 2:2.