

# 啤酒釀造工程

酒類試驗所

林錦淡 楊芳鏘 王光輝 詹賜局 編著

華香園出版社

版權所有  
不准翻印

# 啤酒釀造工程

中華民國七十三年七月出版

編著者 林錦淡·楊芳鏘·王光輝·詹賜局  
發行人 施弘國  
發行所 華香園出版社(761-1001、763-3000)  
地 址 台北市松山路287巷11號四樓  
特 價 新台幣400元  
劃 撥 111000(三個“1”三個“0”)華香園出版社帳戶  
登記證 局版台業字第1438號

# 啤 酒 釀 造 工 程

酒類試驗所

林錦淡 楊芳鏘 王光輝 詹賜局 編著

華香園出版社



## 自序

啤酒釀造係古代流傳下來的一項藝術，近年來結合了微生物學、生物化學和化學工程學方面的技術，使得釀造規模日益擴大，製程更加合理化，逐漸演變成一門獨立的科學。

筆者去年編寫「啤酒釀造技術」一書時，主要站在生物學的觀點執筆，對於工程部份較少提及，因之，該書完成後猶感不足，為了使啤酒釀造技術方面的知識更加完整，乃繼續收集有關釀造工程方面的資料編寫此書，期望對釀酒工業有所助益。

在英國有兩所大學設有啤酒釀造系或研究所，專為修習啤酒釀造的學生開設有關於工程上的課程名稱是 Chemical engineering 或 Process engineering，由化工系的教授執教，編者等依據他們的授課要點及編寫的資料為藍本，並參照英美之釀造專書雜誌，整理成書。

啤酒釀造的每一個程序往往涉及數種工程原理，例如糖化室的操作包括流體輸送、熱交換和固液分離等，同樣的這些原理亦應用在發酵室，因之，執筆時不易按釀造程序的系統，本書將相同的操作原理歸納在同一章中，而採類似化工單元操作的方式來編寫。全書包括(一)流體(二)碳酸氣的飽和及回收(三)固液分離(四)熱(五)物料處理和減積(六)結構材料(七)啤酒廠的噪音(八)電學(九)儀器和程序控制等九章。

為了使此書能提早完成，乃邀請本所對這方面有興趣的研究人員共同執筆，而後由筆者加以綜合，全書均採用國際單位(SI units)。其中(四)(九)兩章由楊芳鏘先生執筆，(一)(六)兩章由王光輝先生執筆，(七)(八)兩章由詹賜局先生執筆，其餘(二)(三)(五)三章由筆者執筆。對於他們

#### 4 啤酒釀造工程

的熱心幫忙，筆者在此致深摯的謝意。

最後，釀造工程尚隨著科技的進步在演變中，資料之取捨難免有所遺漏，尚盼國內外學者專家不吝指正。

酒類試驗所技正

林 錦 淡

於民國七十三年五月

## 目 錄

<b>第一章 流體</b> -----	15
<b>第一節 流體的形成</b> -----	15
§ 1. 定義 -----	15
§ 2. 氣體定律 -----	15
§ 3. 分壓—道爾頓定律 -----	17
<b>第二節 動態流體</b> -----	19
§ 1. 定律 -----	19
§ 2. 質量不滅 -----	19
§ 3. 能量不滅—柏努利方程式 -----	21
§ 4. 動量不滅 -----	24
§ 5. 流力 -----	24
<b>第三節 管中流動</b> -----	25
§ 1. 黏性層流 -----	25
§ 2. 雷諾數 -----	27
§ 3. 層流及亂流速度之側視圖 -----	29
§ 4. 入口長度 -----	31
§ 5. 水力半徑 -----	31
<b>第四節 流量計</b> -----	32
§ 1. 小孔計 -----	32
§ 2. 細腰流量計和噴嘴流量計 -----	36
§ 3. 浮子流量計 -----	36

## 6 啤酒釀造工程

§ 4. 其他流量計	40
第五節 管中的摩擦損失及壓降	40
§ 1. 摩擦因子	40
§ 2. 壓降之計算	41
§ 3. 管件—相當落差	42
§ 4. 流量的計算	45
第六節 閥	48
§ 1. 用途、型式及操作	48
§ 2. 閥在啤酒廠的應用	50
第七節 泵	52
§ 1. 泵的功用	52
§ 2. 泵的動力需求	52
§ 3. 淨正吸勢能	55
§ 4. 泵的規格	56
§ 5. 離心泵	58
§ 6. 離心泵的性能	59
§ 7. 啤酒廠泵的選用	62
§ 8. 特別注意事項	66
常用方程式	68
專有名詞	69
<b>第二章 碳酸氣的飽和及回收</b>	<b>72</b>
第一節 碳酸氣飽和作用	72
§ 1. 前言	72
§ 2. 平衡關係	72
§ 3. 溶解度	73
§ 4. 碳酸氣飽和速率	78



§ 5. 啤酒的碳酸氣飽和作用 -----	79
§ 6. 脫碳酸氣作用 -----	80
第二節 二氧化碳的回收 -----	82
§ 1. 二氧化碳的產生和收集 -----	82
§ 2. 收集系統和設備 -----	85
§ 3. 二氧化碳的用途 -----	88
常用方程式 -----	90
專有名詞 -----	90
<b>第三章 固液分離 -----</b>	<b>91</b>
第一節 前言 -----	91
第二節 過濾 -----	94
§ 1. 機構 -----	94
§ 2. 過濾介質和助濾劑 -----	94
§ 3. 流動的阻力 -----	97
§ 4. 過濾理論 -----	98
§ 5. 過濾操作的預測 -----	104
§ 6. 過濾設備 -----	107
第三節 沈降 -----	116
§ 1. 重力沈降速率 -----	116
§ 2. 批式沈降 -----	118
§ 3. 重力連續分離 -----	118
§ 4. 離心沈降 -----	122
§ 5. 連續離心沈降 -----	124
§ 6. 離心機 -----	128
常用方程式 -----	134
專有名詞 -----	135
<b>第四章 熱 -----</b>	<b>138</b>

第一節	熱	138
§ 1.	前言	138
§ 2.	熱平衡	139
§ 3.	流體流動方式對熱傳的影響	141
§ 4.	熱傳方式	142
第二節	傳導	142
§ 1.	流經平板的熱傳	142
§ 2.	多層系統	144
§ 3.	中空圓柱體	144
第三節	對流	146
§ 1.	膜熱傳係數	146
§ 2.	總包熱傳係數	148
§ 3.	薄膜係數值估計法	150
§ 4.	具有相變化的熱傳—凝結	151
§ 5.	沸騰	151
第四節	輻射	154
§ 1.	黑體	154
§ 2.	放射	154
§ 3.	輻射熱傳送	156
第五節	熱傳面積的估計	157
§ 1.	熱傳設備	157
§ 2.	熱交換機中對數平均溫差	158
§ 3.	熱傳設備的污垢	160
§ 4.	薄膜熱傳係數	162
§ 5.	熱交換機的設計	163
§ 6.	麥汁煮沸與熱能回收	166
第六節	熱能損失	168

§ 1.	熱能損失的機構	169
§ 2.	防止熱能損失	170
第七節	非穩定狀態熱傳	172
§ 1.	批式加熱及冷卻	172
第八節	燃燒	175
§ 1.	燃燒過程	175
§ 2.	空氣與燃料的成分	175
§ 3.	質量平衡—燃燒反應計量	177
§ 4.	過量空氣	179
§ 5.	煙道氣分析	180
§ 6.	燃料生熱值	181
第九節	蒸氣製造原理	183
§ 1.	蒸氣的優點	183
§ 2.	蒸氣的性質	183
§ 3.	蒸氣鍋爐的形式	187
§ 4.	燃爐	188
§ 5.	鍋爐效率	190
第十節	冷凍	191
§ 1.	理想蒸汽壓縮循環	191
§ 2.	操作性能係數	192
§ 3.	冷凍系統	195
§ 4.	二次冷媒	197
§ 5.	啤酒冷卻器	197
第十一節	乾燥	198
§ 1.	乾燥的理由及其結果	198
§ 2.	固體的水分含量	198
§ 3.	乾燥速率	199

## 10 啤酒釀造工程

§ 4. 乾燥程序	201
第十二節 增濕	204
§ 1. 前言	204
§ 2. 相關用語	204
§ 3. 濕度圖	208
§ 4. 增濕	210
§ 5. 除濕	213
§ 6. 水的蒸發冷卻	213
§ 7. 大麥乾燥和麥芽、啤酒花焙乾	215
常用方程式	217
專有名詞	218
<b>第五章 物料處理和減積</b>	<b>222</b>
第一節 前言	222
第二節 散裝貯藏	222
第三節 清潔和分級	227
第四節 輸送	228
§ 1. 螺旋輸送機	228
§ 2. 帶式輸送機	228
§ 3. 斗式升舉機	229
§ 4. 連續流動輸送機	229
§ 5. 氣流輸送機	229
§ 6. 其他輸送機	229
第五節 粉碎	231
§ 1. 粉碎技術	231
§ 2. 粉碎輾筒的設定	233
§ 3. 粉碎能力	234

§ 4. 粉碎的能量需求	-----	235
專有名詞	-----	236
<b>第六章 結構材料</b>	-----	237
第一節 前言	-----	237
第二節 不銹鋼	-----	237
§ 1. 一般性質	-----	237
§ 2. 不銹鋼的腐蝕	-----	238
第三節 軟鋼	-----	240
第四節 鑄鐵	-----	241
第五節 鋁	-----	241
第六節 銅	-----	242
第七節 塑膠	-----	242
§ 1. 類別	-----	242
§ 2. 用途	-----	244
第八節 腐蝕	-----	247
§ 1. 前言	-----	247
§ 2. 氧化和還原	-----	247
§ 3. 乾燥氣體引起的直接化學腐蝕	-----	249
§ 4. 電化學腐蝕	-----	251
§ 5. 金屬腐蝕之外觀	-----	253
§ 6. 腐蝕的預防	-----	254
<b>第七章 啤酒廠的噪音</b>	-----	256
第一節 前言	-----	256
第二節 聲音的特性	-----	256
第三節 聲音的強度	-----	258

## 12 啤酒釀造工程

第四節 測量的單位	258
第五節 聲音的傳播	260
第六節 音量計	260
第七節 啤酒廠的噪音控制	261
常用方程式	265
專有名詞	265
<b>第八章 電學</b>	<b>266</b>
第一節 直流電路	266
§ 1. 歐姆定律	266
§ 2. 電阻係數	267
§ 3. 電導係數	269
§ 4. 電壓計和電流計	269
§ 5. 直流馬達	277
§ 6. 電網路	278
第二節 交流電路	291
§ 1. 電磁感應	291
§ 2. 一旋轉線圈中所感應之電動勢	292
§ 3. 電路元件及其在交流電路中的作用	294
第三節 電子學	314
§ 1. 電晶體	314
§ 2. 利用負迴授的自動控制	316
§ 3. 伺服系統	317
常用方程式	319
專有名詞	321
<b>第九章 儀器和程序控制</b>	<b>324</b>

第一節 儀器	324
§ 1. 前言	324
§ 2. 壓力	324
§ 3. 溫度	328
§ 4. 比重	331
§ 5. 流量	334
§ 6. 液位	338
§ 7. 質量	343
§ 8. 二氧化碳	343
§ 9. 其他參數	344
第二節 程序控制	346
§ 1. 控制的類型	346
§ 2. 密閉環系統	247
§ 3. 控制模式—開關型	352
§ 4. 函數模式控制	354
§ 5. 比例或調節控制作用	355
§ 6. 積分或重設控制	356
§ 7. 微分控制	358
專有名詞	360
參考資料	361
附錄	365
中英名詞對照及索引	377





# 第一章 流體

## 第一節 流體的形成

### § 1. 定義

流體可以定義為不能抗拒剪應力 ( Shear force ) 的物質，換言之，作用力的作用方向和流體境界表面平行。剪應力可使流體形態改變，此有別於固體。一定質量的流體沒有固定的形狀，其形狀決定於境界表面。流體可分為液體 ( 不可壓縮 ) 和氣體 ( 可壓縮 ) ，不可壓縮流體可作為水力機械的介質，而可壓縮流體能夠加壓貯存。本章的主要內容以液體為主，在前段部分也提到氣體的性質，至於二氧化碳的飽和與回收，請見第二章。

### § 2. 氣體定律

固定質量  $m$  的理想氣體，其壓力  $P$ ，體積  $V$ ，和溫度  $T$  的關係可由狀態方程式 ( Equation of state ) 來表示：

$$PV = mR_g T \quad (1.1)$$

這個方程式是結合波以耳 ( Boyle ) 和查理 ( Charles ) 定律，表示一定質量的氣體在恒溫下其體積和絕對壓力成反比，並且在恒壓時體積和絕對溫度成正比，式中  $R_g$  是氣體常數。