

高等学校試用教材

# 发酵工业分析

北京轻工业学院  
无锡轻工业学院  
合編

中国財政經濟出版社

高等学校試用教材

# 发 酵 工 业 分 析

北京輕工业学院

无錫輕工业学院

合編

中国財政經濟出版社

1964年·北京

高等学校試用教材  
发 酵 工 业 分 析

北京輕工业学院 合編  
无錫輕工业学院

\*

中国財政經濟出版社出版  
(北京永安路18号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第111号

中国財政經濟出版社印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行

各地新华書店經售

\*

850×1168毫米<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·9<sup>18</sup>/<sub>32</sub> 印张·240千字

1962年12月第1版

1964年10月北京第3次印刷

印数: 2,901~4,900 定价: (科五) 1.40元

統一書号: K15166·105

## 前 言

本書是根据1961年3月輕工业部召开的高等院校专业教材會議的決定，由无錫輕工业学院主持选編的。参加本書提綱討論的，除无錫輕工业学院外，还有华南化工学院，北京輕工业学院，河北輕工业学院，沈阳輕工业学院等。本書第一、二章采用无錫輕工业学院黃本立同志編写的講义，第三、四、五、六、七、八章及附录、附表等，均采用北京輕工业学院周元怡同志編写的“发酵工业分析”講义。全書由北京輕工业学院金培松同志編輯整理。

本書編写时曾参考美国农业化学家协会(A. O. A. C.)編：“农产品化学分析法”，A. И. 耶尔馬科夫等著：“植物生物化学研究法”，山田正一著：“酿造分析法”，原食品工业部制酒工业管理局編：“啤酒生产的化学与生物检查”，及化工部上海医药工业研究所編著：“抗菌素工业分析”等書。

，本書的教学时数（包括实验）共为75至90学时。輕工业学院发酵工程专业四、五年制的可以通用，专修科借用时可以酌量删减。

本書經輕工业部教材編审委员会組織有关人員作过校閱，可作为輕工业高等学校試用教材。

# 目 录

緒論	( 11 )
第一章 一般化学分析	( 14 )
一、样品采取和試样調制	( 14 )
二、水分測定	( 15 )
三、蛋白質測定	( 19 )
四、粗脂肪測定	( 25 )
五、糖类測定	( 26 )
六、粗纖維測定	( 31 )
七、总灰分測定	( 32 )
第二章 物理化学分析	( 34 )
一、比重法	( 34 )
二、折光法	( 37 )
三、旋光仪法	( 41 )
四、比色計法	( 45 )
五、电位計測定pH法	( 49 )
六、螢光光度計法	( 54 )
第三章 釀造用水的分析	( 58 )
一、取样方法	( 58 )
二、物理检查和預备試驗	( 58 )
(一) 色泽和透明度	( 58 )
(二) 气味	( 59 )
(三) 酸碱反应試驗	( 59 )
(四) 煮沸变化	( 59 )
(五) 加碳酸鈉溶液的变化	( 60 )
三、化学分析	( 60 )
(一) 固形物	( 60 )
(二) 有机物	( 61 )

(三) 氮 .....	( 62 )
(四) 亚硝酸 .....	( 63 )
(五) 硝酸 .....	( 64 )
(六) 氯 .....	( 66 )
(七) 硫酸 .....	( 67 )
(八) 化合碳酸 .....	( 68 )
(九) 二氧化硅 .....	( 69 )
(十) 鉄和鋁 .....	( 69 )
(十一) 氧化鈣 .....	( 71 )
(十二) 氧化鎂 .....	( 72 )
(十三) 硬度 .....	( 73 )
(十四) 碳酸鈉 .....	( 75 )

#### 第四章 发酵原料的分析.....( 77 )

##### 一、主要原料的分析.....( 77 )

(一) 样品的制备 .....	( 77 )
(二) 淀粉 .....	( 78 )
(三) 蛋白質 .....	( 90 )
(四) 氮 .....	( 93 )
(五) 脂肪 .....	( 95 )
(六) 果胶質 .....	( 97 )
(七) 多縮戊糖 .....	( 100 )
(八) 水解液中的戊糖 .....	( 104 )
(九) 水解液中的糠醛 .....	( 105 )
(十) 纖維素 .....	( 106 )
(十一) 半纖維素 .....	( 109 )
(十二) 单宁 .....	( 111 )
(十三) 灰分 .....	( 113 )
(十四) 磷酸 .....	( 113 )
(十五) 酸度 .....	( 115 )
(十六) 砂糖 .....	( 122 )

(十七) 葡萄汁·····	(123)
二、輔助原料的分析·····	(124)
(一) 酒花·····	(124)
(二) 偏重亞硫酸鉀·····	(131)
(三) 亞硫酸·····	(133)
(四) 硫酸銨·····	(133)
(五) 明膠·····	(134)
(六) 單寧·····	(135)
<b>第五章 酒類及發酵食品的分析</b> ·····	<b>(137)</b>
一、啤酒的分析·····	(137)
(一) 取樣方法·····	(137)
(二) 感官檢查·····	(137)
(三) 物理及化學試驗·····	(138)
1. 比重·····	(138)
2. 酒精·····	(139)
3. 外觀濃度與外觀發酵度·····	(139)
4. 實際濃度與實際發酵度·····	(139)
5. 糖分·····	(140)
6. 糊精·····	(142)
7. 色度·····	(143)
8. 灰分·····	(144)
9. 蛋白質·····	(145)
10. 總酸·····	(145)
11. 揮發酸·····	(145)
12. 氨基酸(甲醛滴定法)·····	(145)
13. 氨基態氮的氣量計測定法(范-斯來克氏法)·····	(147)
14. 二氧化碳·····	(150)
15. 粘度·····	(153)
16. 泡沫性能·····	(154)
17. 混濁試驗·····	(157)

二、葡萄酒的分析	(157)
(一) 取样方法	(157)
(二) 感官試驗	(158)
(三) 物理及化学試驗	(158)
1. 比重	(158)
2. 酒精	(158)
3. 总酸	(158)
4. 挥发酸	(159)
5. 糖量	(159)
6. 杂醇油	(159)
7. 总酯	(159)
8. 挥发酯	(160)
9. 浸出物	(160)
10. 乙醛	(161)
11. 单宁与色素	(161)
12. 灰分	(162)
13. 二氧化碳	(162)
14. 果胶	(162)
15. 蛋白質	(163)
16. 多缩戊糖	(163)
17. 甲醇	(164)
18. 总酒石酸	(165)
19. 总亚硫酸	(166)
20. 甘油	(167)
21. 葡萄酒中微量鉄的測定	(168)
22. 葡萄酒中含銅量的測定	(170)
23. 果品中銅的容量法測定	(172)
三、白酒及酒精的分析	(173)
(一) 取样方法	(173)
(二) 感官鉴定	(173)



(三) 化学检查	(174)
1. 酒精	(174)
2. 混浊度	(174)
3. 酒精纯度	(174)
4. 酒精氧化性	(174)
5. 醛	(175)
6. 杂醇油	(177)
7. 酸	(178)
8. 甲醇	(179)
9. 糠醛	(180)
10. 总酯	(180)
11. 铅	(181)

#### 四、发酵食品的分析 (186)

(一) 酱油及酱	(186)
1. 取样方法	(186)
2. 分析方法	(187)
(1) 总氮	(187)
(2) 氨基酸	(187)
(3) 还原糖	(187)
(4) 总糖分	(187)
(5) 总酸	(187)
(6) 食盐	(188)
(7) 比重	(190)
(8) 色度	(191)
(二) 醋	(192)
1. 取样方法	(192)
2. 分析方法	(192)
(1) 比重	(192)
(2) 浸出物	(192)

(3) 灰分 .....	(192)
(4) 酒精 .....	(192)
(5) 醋酸 .....	(192)
(6) 乳酸 .....	(193)
(7) 游离无机酸 .....	(193)
(8) 其他有机酸 .....	(193)
(9) 糖分及糊精 .....	(193)
(10) 乙醛 .....	(193)
<b>第六章 有机酸的分析 .....</b>	<b>(194)</b>
一、发酵液中挥发性的中性溶剂和挥发酸的分馏 .....	(194)
二、乳酸的测定 .....	(195)
三、琥珀酸的测定 .....	(198)
四、丙酮酸的测定 .....	(200)
五、柠檬酸的快速测定 .....	(201)
六、酒石酸的测定 .....	(203)
七、曲酸的测定 .....	(206)
<b>第七章 醇酮类发酵产物的微量分析 .....</b>	<b>(208)</b>
一、甲醇的微量测定 .....	(208)
二、乙醇的微量测定 .....	(212)
(一) 氧化法测定微量乙醇 .....	(212)
(二) 少量酒精的测定 .....	(214)
三、丙酮的测定 .....	(215)
四、发酵醪中丙酮的测定 .....	(217)
五、乙醇及丁醇的微量测定 .....	(219)
六、过碘酸快速测定甘油 .....	(222)
<b>第八章 维生素与抗菌素的化学测定 .....</b>	<b>(224)</b>
一、维生素B <sub>1</sub> 的测定法 .....	(224)
(一) 酵母中维生素B <sub>1</sub> 的荧光测定法 .....	(224)
(二) 酵母中维生素B <sub>1</sub> 的比色分析法 .....	(227)

二、核黄素(維生素B <sub>2</sub> )的螢光測定法	(229)
三、胡蘿卜素(維生素A源)的測定法	(232)
四、維生素C(抗坏血酸)的測定法	(236)
五、維生素B <sub>12</sub> 的化學分析法	(239)
六、維生素B <sub>12</sub> 的雙氰絡合物比色法	(243)
七、發酵液中維生素B <sub>12</sub> 的化學分析法	(243)
八、發酵液中青霉素的化學分析法	(247)
九、青霉素的旋光分析法	(249)
十、鏈霉素的麥芽酚比色法	(250)
十一、土霉素的化學測定法	(253)
十二、金霉素的化學測定法	(255)
<b>附录</b>	(257)
一、化學分析常用試藥	(257)
二、常用指示剂的配制及变色范围	(259)
三、各种标准緩冲液的配制	(262)
四、常用溶媒的物理常数	(264)
五、国际原子量表	(265)
<b>附表</b>	(267)
一、葡萄汁中的糖度与葡萄酒中的酒精含量計算表	(267)
二、貝尔德兰法糖类定量表	(270)
三、兰及爰农氏法的糖类定量表	(272)
四、比重和酒精浓度对照表	(273)
五、在不同温度及压力(毫米)下相当于氨基酸中 1毫升气态氮的氨基氮毫克数表	(275)
六、20°C时稀釋酒精为50%浓度(按容积) 所需純水酒精配比表	(277)
七、憚迪虛氏(K. Windisch)的酒精表	(278)
八、比重和浸出物对照表	(297)

## 緒 論

### 一、我国发酵工业的发展

我国劳动人民以发酵方法酿制各种食品和酒类，已有数千年的历史，經驗丰富，制品优美，如酱油、腐乳、醋、紹兴酒、茅台酒、大曲酒及汾酒等，向为世界各国所称誉。惟过去对历代积累的經驗，缺少科学系統地研究和整理总结，若干技术只凭借老工人的經驗，而未更好地与科学研究相結合。解放前，由于反动政府对民族特产食品不加重视，在新兴的发酵工业中仅有少数的酒精工厂，而其他现代化的工厂并未建立；发酵工业的科学研究即使有少許研究成果，亦只停留于实验室内，而没有应用于工业上，使发酵工业处于停滞不前的状态。解放以后，由于党和政府的英明领导，发酵生产技术有了显著的进展，若干民族特产发酵食品和著名酒类的生产方法已作了科学的整理和总结，产品质量亦有了很大的提高。譬如酒精工业的原料淀粉利用率高达90%以上，年产量較解放前增加数倍；白酒酿造用曲，已从土法大曲改为糖化力較强的麸曲，并采用了純粹培养酵母，使出酒率显著提高；酱油酿造換用了菌种，改进了酿造方法，大大縮短了发酵时间。至于新兴的发酵工业的建設，进展更快。如解放前我国不能生产的丙酮丁醇，现在已有許多工厂从事生产。抗菌素工业，成就尤大，如青霉素、鏈霉素、合霉素、金霉素、地霉素及四霉素等，国内不少地方亦都有生产。它們裨益人民健康，便利食品的保藏，促进畜牧业的飼养和生长，效果是比較显著的。食用酵母、药用酵母和飼料酵母亦已有生产。有机酸工业如葡萄糖酸鈣、醋酸、乳酸、檸檬酸和酒石酸，国内亦有工厂生产或小型試制。維生素工业如核黄素、維生素 $B_{12}$ ，維生素C制造用的山梨糖，和古罗酸发酵，亦已有工厂生产或小型試制。总的說来，我

国解放后，由于党和政府对于发酵工业生产技术和科学研究的重視和关怀，使发酵工业迅速地发展了，科学技术水平也随之有了很大的提高。

## 二、发酵工业分析的任务和重要性

发酵工业的科学技术研究領域很广，它包括微生物学、生物化学、分析化学、物理化学、发酵工艺学及化学工程学等各門学科的成就。就酒精发酵而論，它关系到曲霉、酵母的选育与培养，酶的性能，化学机理，发酵平衡，物質結構，又关系到发酵工艺及生产設備等問題。每一种条件的变化都会影响其結果。而上列各項学科中，化学分析是一切研究工作中的重要工具。化学分析在科学研究中提供試驗数据，指示研究方向；在工业生产中控制工艺条件及产品质量，保証生产的順利进行。分析檢驗在发酵工业中担负着繁重的任务，它的正确与否，对产品的数量質量，具有重大意义。

高等学校发酵工学专业設置发酵工业分析課程，其目的是培养学生能运用化学和物理的分析方法，掌握发酵工业上的技术問題，如检查和掌握原材料、半成品、成品的質量；根据分析的結果来指导原料配方和生产工艺，并借以提高生产率和質量以及降低成本等。例如，通过对酿造用水中的化合碳酸、硬度、氨、亚硝酸、氯、鉄、鋁等的分析，就可以知道該水是否适于酿酒。又如对酵母膠中糖分、酸度及甲醛度等的測定，可以掌握酵母生产过程中糖分和营养分的流加速度；对发酵液中糖分和氮量的測定，可以指示发酵过程中微生物的新陈代谢情况，以掌握适宜的放罐時間。再如葡萄酒中微量鉄和銅的定量，白酒中微量鉛和甲醇的分析，酵母制品中維生素 $B_1$ 和 $B_2$ 的測定，各种抗菌素制品中效价的測定等，均为发酵成品品質檢驗的重要項目。因此，发酵工业分析，是发酵工专业学生必修的一門基础性的技术課。

### 三、发酵工业分析的内容

我国发酵工业的范围日益扩大，生产技术不断提高，因而对于发酵工业分析的要求亦日益增多。为了使学能担负起上述任务，就需要学好比较全面的化学分析的知识和技能，因之，发酵工业分析需要包括下列主要内容：一般化学分析、物理化学分析、酿造用水的分析、发酵原料的分析、酒类及发酵食品的分析、有机酸的分析、醇酮类发酵产物的微量分析和维生素、抗菌素的分析等。

本书内容的安排，由浅入深，使学生通过这门课程的学习，能掌握现今国内发酵工业生产上及科学研究上主要的化学分析知识和技能。为了使学能易于领会，在学习此课程前，需要先学习或自修无机化学、有机化学、分析化学（包括定性分析和定量分析）等基础课程。

发酵工业的范围，正在不断的扩大，因此，发酵工业分析的内容亦是日益丰富和完善的。本书的编写系按照高等学校发酵工程专业教学计划中可能的时数，就目前国内发酵工业已经生产的品种，以及发酵科学研究上和工业生产上采用的方法，选其较重要者，作扼要的叙述。随着我国发酵工业的发展，本书的内容将有不断的修正和补充。

# 第一章 一般化学分析

## 一、样品采取和试样调制\*

### (一) 平均试样的采取

从原样的各部分采取可以代表原样性质的若干份少量样品，經适当混和后以供分析，这种样品称为平均试样。平均试样采取量因原样不同而异，例如四桶原样的每桶原样量为20，40，60及80斤，则应按1:2:3:4的比例取样。另外采样位置必须求得对称，如袋样品取对角线方向，方形箱子则取四角及中心等。如果袋数很多，则可从每10袋或20袋或更多的袋中的一袋中取样。

取样器普通用金属制成，长60至90厘米，直径1.5厘米；其一端为圆锥形尖头，另一端具有木制的柄，管身有沿纵轴的三个沟孔，也有管身全部成沟状的。前者能用于垂直地取样，而后者则用于水平地取样。取样时使沟孔向着下方，把它插入容器中旋转后再使沟孔向着上方把它抽出，便可取得样品。

### (二) 试样的调制

如上所采得平均试样的量往往太多。遇到此种情形，可用谷粒均分器（见图1）来加以分开。把谷粒从漏斗A落下至圆锥体B上。圆锥体上部表面有为偶数及大小相同的纵沟，其下部表面有和这些纵沟相吻合的凹凸沟槽。谷粒经过B下部的凹沟时，有一半落入C受器内，其余的一半则从B下部的凹沟落入D受器内。如此取C内或D内的谷粒，再用小型的均分器继续加以均分直至需

\* 这里仅就固体试样的采取和调制作一些介绍，至于液体试样的采取和调制方法将在以下几章的有关部分分别叙述。

要的样品量为度。普通有两公斤的平均样品已足够应用。*a*为闸门。

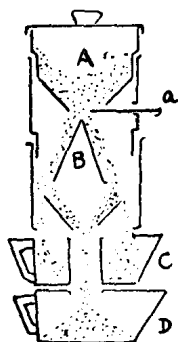


图1 谷粒均分器

如果把所得的平均样品用磨碎机磨碎，磨细度以能全部通过0.25毫米筛孔（60号筛子）为准。此粉状的平均样品便可用来分析。有这种试样约500克已足够应用。如果这种粉状试样过多并要从中取得足够量（约500克）的试样时，可把它摊成正方形，再用对角线分成为四个三角形，取两个相对三角形。把它们混合后，再摊成正方形，分成为四个三角形，取两个三角形的样品混合。如此类推直至取得需要量为止。此操作必须迅速进行以免水分损失。

把所得的试样密闭贮藏于清洁干燥的试样瓶内。

发酵工业上需要的原料种类繁多，有主要原料和辅助原料。发酵成品更是多种多样，有各种不同包装的酒类，和不同形式的发酵食品，因而取样方法亦各有不同。本书除介绍上述统一性的取样方法外，并在各专业分析中讲述了各专业的取样方法。

## 二、水分测定

### （一）意义

发酵原料的水分测定，目的是为鉴定原料的品质和利用价值。如果水分多，则原料在贮藏期间容易引起生物或化学的变化，使可利用的成分相对地减少。

分析结果常用干物百分率来表示。因此，往往是先测定水分，再计算干物质。其他成分的分析都对绝对干物计算。水分测定的准确度，将影响水分以外其他成分的准确度。

一般谷类原料，所谓干湿程度，有一定的标准，表1中所示



为几种谷物原料的干湿等级及其含水量。

表 1 谷物原料含水量分等表

试样名称	水分等级	等 级			
		乾	中 乾	湿	过 湿
大 麦		14.0	14.0~15.5	15.5~17.0	17.0以上
黑 麦		14.0	14.0~15.0	15.0~17.0	17.0以上
燕 麦		14.0	14.0~16.0	16.0~18.0	18.0以上
粟		13.5	13.5~15.0	15.0~17.0	17.0以上

## (二) 测定方法

### 1. 普通法

称取试样 5 克于称量皿内，于 100~105°C 烘箱内干燥 6 小时，或在 105°C 烘箱内干燥 4~8 小时后，移置干燥器内冷却后称量。

### 2. 托林格拉 (Тринклера) 法

称取试样 5 克于高 1.7 厘米、直径 4.0 厘米的有盖称量皿内。把此称量皿放入预经热至 140~145°C 的烘箱内。在 10~15 分钟内，烘箱里的温度下降至 130°C，从此温度时起正确地维持 40 分钟（对 130°C 温度可允许有 ±2° 的差）。取出称量皿，加盖，入干燥器内冷却后称量。

按照下式计算水分百分率：

$$B = \frac{b \times 100}{a}$$

式中 B——水分重量%；