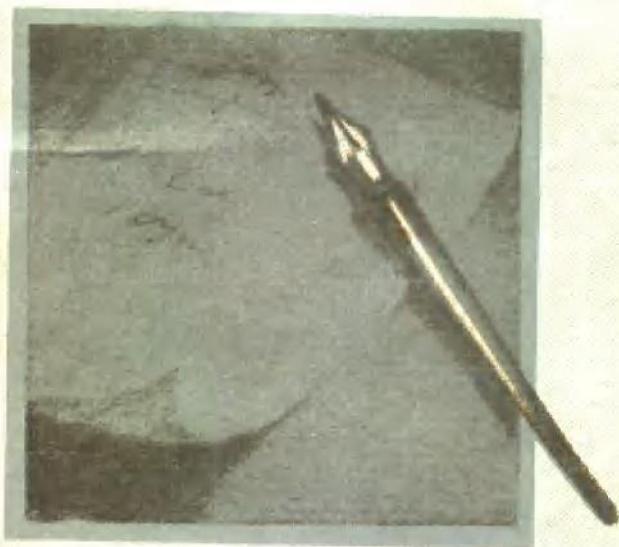


发酵生产 工艺计算

[苏] M. M. 科罗博夫 等著 程耀芳 李安申 译



轻工业出版社

615

115

C.1

发酵生产工艺计算

〔苏〕M. M. 科罗博夫等 著

程耀芳 李安申 译

214228/05

轻工出版社

内 容 提 要

本书运用具体习题和例题对发酵生产（酒精、啤酒、酵母和兑制酒）的工艺规范和设备进行了计算。这些习题和例题按照工艺流程编排，即从原料投入到成品生产，简要地阐述了发酵机理、计算公式和工艺规格。为适应发酵工业广大工程技术人员需要，书中每节开头都是习题和详解，然后是该习题具有实际意义的各种例题，其中一些例题有详细的解法，而另一些只给了答案，以便读者判断解答正确与否。

本书可供酒精、啤酒和酵母等发酵生产部门的工程技术人员和设计人员参考，同样也适用于食品工业院校的师生。

М. М. Коробов, В. А. Маринченко, А. Е. Мелетьев.

В. Ф. Суходол, В. Н. Швеи

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Издательство «Техніка»

КИЕВ-1974

本书根据苏联基辅技术出版社 1974 年版译出

发酵生产工艺计算

〔苏〕М. М. 科罗博夫等 著

程耀芳 李安申 译

*

轻工业出版社出版

（北京阜成路3号）

大兴兴中印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/32 印张：10 8/32 字数：223千字

1985年10月第一版第二次印刷

印数：10,001—17,000 定价：2.15元

统一书号：15042·1839

译者的话

发酵工业的生产管理、基本建设、科学研究以及院校师生员工，都非常需要发酵生产的工艺计算。由于设计工作上的需要及业务上的经常接触，经过长时间的参考和应用，我们将本书俄文原著翻译成了中文。

为适应微生物工程和发酵工业广大工程技术人员需要，本书内容以发酵生产的化学过程为起点，以习题和例题的形式，详细地介绍了发酵机理、发酵生产的工艺规范和技术装备的计算方法。讲述较细，紧密联系微生物工程和发酵工业技术的实际，共有习题 254 条和例题若干条，适用于酒精、啤酒、酵母和兑制酒等发酵生产部门的工程技术人员、设计人员和食品工业院校师生参考。

我们在进行工艺计算时，一般都是繁琐地算出物料平衡、热力平衡甚至动力平衡，然后再按这些数据计算生产技术装备，而本书的一个特点却是直接地推导出公式，然后用数字和例题计算出具体结果。这种方法在业务上和工作上是比较直接了当的，简化了计算程序，容易算出结果。

在校对过程中，我们用电子计算器将主要的数字例题加以复核，将原著计算中的主要错漏之处加以修改和补充，因而例题的答案也较为精确了一些。改动之处在页下有注明。文中方括号内的数字表示书后的参考书号。

由于我们水平有限，经验不足，缺点和错误在所难免，希望读者多多批评指教。

目 录

第一章 发酵生产的化学过程	1
糖类.....	1
单糖.....	2
双糖.....	3
三糖.....	5
多糖.....	6
蛋白质.....	8
酒精发酵的化学过程.....	10
第二章 发酵生产的淀粉质原料	18
马铃薯的贮存和厂内运输.....	18
堆放场地的计算.....	18
马铃薯贮槽的计算.....	21
马铃薯水力输送机的计算.....	24
谷物的贮存、计量和运输.....	29
贮存中的淀粉损失.....	29
谷物仓库主要尺寸和容积的计算.....	32
各种谷物运输设备的计算.....	37
第三章 麦芽和液体曲的生产	48
谷物浸渍.....	48
发芽.....	54
各种发芽室的计算.....	55
运输设备负荷的计算.....	63
麦芽乳的制备.....	68

绿麦芽的干燥·····	71
深层培养法制液体曲·····	82
第四章 淀粉质原料的酒精生产 ·····	91
原料的水-热加工·····	91
蒸煮醪的糖化·····	99
糖化醪(麦芽醪)的发酵·····	103
第五章 糖蜜为原料的酒精生产 ·····	114
糖蜜及其贮存·····	114
糖蜜发酵前的处理·····	115
酵母的增殖·····	127
糖蜜发酵·····	135
用两种酵母菌种的糖蜜稀释液发酵·····	145
用两种酵母菌种分两段进行的糖蜜发酵法简述·····	145
物料计算·····	146
糖蜜·····	146
第六章 糖蜜酒精厂的面包酵母和干饲料酵母的 生产 ·····	158
面包酵母·····	158
生产面包酵母的原料用量·····	158
酵母的分离和洗涤·····	160
压榨酵母·····	169
干饲料酵母·····	170
培养基的制备·····	170
饲料酵母的培养·····	176
酵母的分离和洗涤·····	182
酵母的干燥·····	186

酵母的贮存.....	189
第七章 啤酒生产.....	191
糖化器组的选择和糖化间生产能力的计算.....	191
糖化间谷物原料的粉碎.....	194
啤酒麦芽汁的制备.....	196
啤酒麦芽汁的发酵和嫩啤酒的贮藏.....	214
啤酒包装.....	229
贮存间的计算.....	240
啤酒生产的物料计算.....	245
第八章 甜酒饮料的生产.....	253
酒精的接收、贮存、运输及计算.....	253
水处理.....	271
规定浓度含水酒精的制备.....	276
酒精水溶液的净化.....	281
混合饮料的校正.....	284
附录.....	293
参考文献.....	315

第一章 发酵生产的化学过程

糖 类

习题 1

在温度为 t 和压力为 P 的条件下, 计算用体积为 V 的碳酸气制取的甲醛量 Q_{Φ} 。

解: 在标准状况下的 CO_2 容积按下式计算:

$$V_0 = \frac{VP \times 273}{760 \times (273 + t)} (\text{升})$$

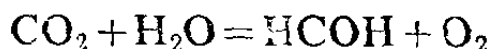
用重量单位的 CO_2 量:

$$Q_{\text{CO}_2} = \frac{V_0 M_{\text{CO}_2}}{22.4} (\text{克})$$

式中 M_{CO_2} —— CO_2 分子量

22.4——任何气体在标准状况下 ($t=0^\circ\text{C}$, $P=760$ 毫米水银柱) 的克分子容积

甲醛生成的化学方程式如下:



Q_{CO_2} 生成的甲醛量可按下式计算:

$$Q_{\Phi} = \frac{Q_{\text{CO}_2} M_{\Phi}}{M_{\text{CO}_2}}$$

式中 M_{Φ} 和 M_{CO_2} ——甲醛和 CO_2 的分子量

例 1 设 $t=0^\circ\text{C}$ 、 $P=760$ 毫米水银柱, 试计算用 224 升 CO_2 所能制成的甲醛量 Q_{Φ} 。

$$\text{解: } V_0 = \frac{224 \times 760 \times 273}{760 \times (273 + 0)} = 224 (\text{升})$$

$$Q_{\text{CO}_2} = \frac{224 \times 44}{22.4} = 440 (\text{克})$$

$$Q_{\Phi} = \frac{440 \times 30}{44} = 300 (\text{克})$$

例 2 试计算制成 4.5 公斤甲醛所需要的 CO_2 量。

$$\text{解: } Q_{\text{CO}_2} = \frac{44 \times 4.5}{30} = 6.6 (\text{公斤})$$

$$V_0 = \frac{6.6 \times 22.4}{44} = 3.36 (\text{米}^3)$$

单 糖

习题 2

计算单糖类 Q_M 发酵时获得的乙醇容量 V_c 。

解：发酵过程按盖-吕萨克 (Гей-Люссак) 方程式进行



乙醇量 Q_c 可按下式计算

$$Q_c = \frac{Q_M \times 2 M_c}{M_M} (\text{公斤})$$

式中 M_c 和 M_M ——乙醇和单糖的分子量

乙醇的容积为

$$V_c = \frac{Q_c}{\gamma} (\text{升})$$

式中 γ ——乙醇的比重

例 1 计算 120 公斤葡萄糖发酵所制取的乙醇量 Q_c 。

$$\text{解: } Q_c = \frac{120 \times 2 \times 46}{180} = 61.3 (\text{公斤})$$

例 2 计算 200 公斤果糖发酵所制取的乙醇量 V_c 。

$$\text{解: } Q_c = \frac{200 \times 2 \times 46}{180} = 102.2(\text{公斤})$$

$$V_c = \frac{102.2}{0.78927} = 129.49(\text{升})$$

例 3 在 $t=0^\circ\text{C}$ 和 $P=760$ 毫米水银柱的状况下, 试计算 240 公斤葡萄糖发酵产生的碳酸气容量 V_{CO_2} 。

$$\text{解: } Q_{\text{CO}_2} = \frac{240 \times 2 \times 44}{180} = 117.3(\text{公斤})^*$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{117.3 \times 22.4}{44} = 59.82(\text{升})^*$$

例 4 在 $t=30^\circ\text{C}$, $P=800$ 毫米水银柱的状况下, 试计算 180 公斤单糖发酵产生的碳酸气的容量 V_{CO_2} 。

$$\text{解: } Q_{\text{CO}_2} = \frac{180 \times 2 \times 44}{180} = 88(\text{公斤})$$

CO_2 在标准状况下的容量为

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{88 \times 22.4}{44} = 44.8(\text{升})$$

当 $t=30^\circ\text{C}$, $P=800$ 毫米水银柱时, 碳酸气的容量为

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{V_{\text{CO}_2} \times 760 \times (273+t)}{P \times 273} = \frac{44.8 \times 760 \times (273+30)}{800 \times 273} \\ &= 47.24(\text{升}) \end{aligned}$$

双 糖

习题 3

蔗糖 Q_c 水解能产生多少果糖 Q_s ?

* 原文误为 117.5 公斤和 59.73 升——译者注

解: $Q_{\Phi} = \frac{Q_c M_{\Phi}}{M_c}$ (公斤)

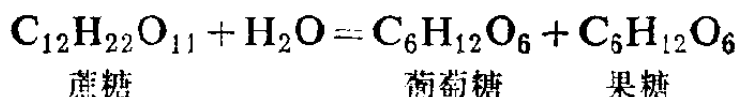
例 试计算 100 公斤蔗糖水解产生的果糖量 Q_{Φ} 。

解: $Q_{\Phi} = \frac{100 \times 180}{342} = 52.63$ (公斤)

习题 4

Q_c 公斤蔗糖转化时能生成几种糖? 数量各多少?

解: 蔗糖转化方程式如下:



葡萄糖和果糖数量分别按下式计算:

$$Q_r = \frac{Q_c M_r}{M_c} \text{ (公斤)}, \quad Q_{\Phi} = \frac{Q_c M_{\Phi}}{M_c} \text{ (公斤)}$$

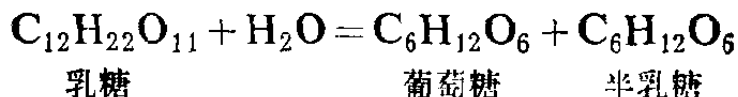
例 当转化 200 公斤蔗糖时, 获得多少葡萄糖和果糖?

解: $Q_{\Phi} = \frac{200 \times 180}{342} = 105.26$ (公斤) 果糖和
105.26 (公斤) 葡萄糖

习题 5

Q_{π} 公斤乳糖能分解成几种糖, 重量各多少?

解: 乳糖水解方程式为



乳糖分解物重量按下式计算

$$Q_r = \frac{Q_{\pi} M_r}{M_{\pi}} \text{ (公斤)}$$

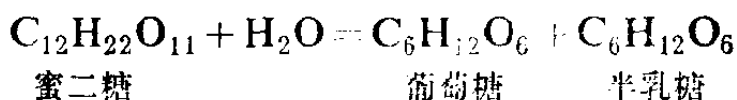
例 将 350 公斤乳糖水解, 可制得多少葡萄糖和半乳糖?

解: $Q_r = \frac{350 \times 180}{342} = 184.2$ (公斤)葡萄糖和
184.2(公斤)半乳糖

习题 6

Q_m 公斤蜜二糖分解成几种糖? 重量各为多少?

解: 蜜二糖分解方程式为



葡萄糖和半乳糖的重量按下式计算:

$$Q_r = \frac{Q_m M_r}{M_m} \text{ (公斤)}$$

例 200 公斤蜜二糖能分解生成多少单糖?

答: 105.26 公斤葡萄糖和 105.26 公斤半乳糖。

三 糖

习题 7

设 Q_{mc} 公斤糖蜜中含有 $P\%$ 的棉子糖, 重量为 Q_p 公斤, 试计算水解生成蜜二糖的数量 Q_{m6} 。

$$\text{解: } Q_p = \frac{Q_{mc} P}{100} \text{ (公斤)}, \quad Q_{m6} = \frac{Q_p M_{m6}}{M_p} \text{ (公斤)}$$

例 设 $P = 4.25\%$, 计算 420 公斤糖蜜中的棉子糖水解生成的蜜二糖的数量 Q_{m6} 。

$$\text{解: } Q_p = \frac{420 \times 4.25}{100} = 17.85 \text{ (公斤)}$$

$$Q_{m6} = \frac{17.85 \times 342}{504} = 12.11 \text{ (公斤)}$$

习题 8

计算 Q_p 公斤棉子糖水解生成的果糖量 Q_{*} 。

解: $Q_{\Phi} = \frac{Q_p M_{\Phi}}{M_p}$ (公斤)

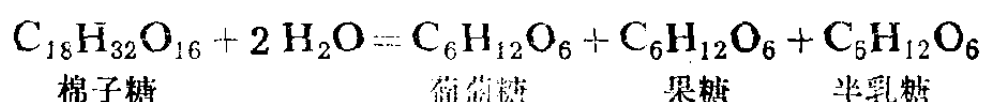
例 试计算 35 公斤棉子糖水解生成的果糖量 Q_{Φ} 。

解: $Q_{\Phi} = \frac{35 \times 180}{504} = 12.5$ (公斤)

习题 9

Q_p 公斤棉子糖完全水解生成几种糖? 各为多少?

解: 棉子糖水解方程式如下:



每种单糖的数量按下式计算

$$Q_M = \frac{Q_p M_M}{M_p} \text{ (公斤)}$$

例 120 公斤棉子糖完全水解能生成几种糖? 数量各为多少?

解: $Q_M = \frac{120 \times 180}{504} = 42.9$ (公斤)

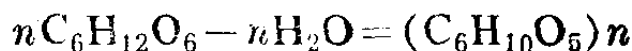
葡萄糖、果糖、半乳糖各为 42.9 公斤。

多 糖

习题 10

在植物中 Q_M 公斤单糖能生成多少公斤多糖 (Q_{Π})?

解: 设多糖的生成过程按下列方程式进行:



多糖数量按下式计算

$$Q_{\Pi} = \frac{Q_M M_{\Pi}}{M_M} \text{ (公斤)}$$

式中 M_{Π} 和 M_M —— 多糖和单糖的分子量

例 1 植物中所含的甲醛有多少数量才能生成 100 公斤单糖?

解: $6 \text{ HCOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

$$Q_{\Phi} = \frac{6 M_{\Phi} Q_M}{M_M} = \frac{6 \times 30 \times 100}{180} = 100 (\text{公斤})$$

例 2 250 公斤单糖能够生成多少多糖?

$$\text{解: } Q_{\Pi} = \frac{Q_M M_{\Pi}}{M_M} = \frac{250 \times 162}{180} = 225 (\text{公斤})$$

例 3 500 公斤单糖能够生成多少双糖?

$$\text{解: } Q_{\text{Дс}} = \frac{Q_M M_{\text{Дс}}}{2 M_M} = \frac{500 \times 342}{2 \times 180} = 475 (\text{公斤})$$

例 4 生成 10 公斤棉子糖需要多少单糖?

$$\text{解: } Q_M = \frac{Q_P 3 M_M}{M_P} = \frac{10 \times 3 \times 180}{504} = 10.7 (\text{公斤})$$

例 5 140 公斤淀粉糖化可以生成多少麦芽糖和糊精?
它们两者之比为 $M:\text{Д} = 4:1$ 。

解: 糊精的数量

$$\text{Д} = \frac{140}{4+1} = 28 (\text{公斤})$$

转变为麦芽糖的淀粉量

$$140 - 28 = 112 (\text{公斤})$$

淀粉糖化生成的麦芽糖量

$$Q_{\text{Д}} = \frac{Q_{\Pi} M_{\text{Д}}}{2 M_{\Pi}} = \frac{112 \times 342}{2 \times 162} = 118.2 (\text{公斤})$$

例 6 水解 120 公斤淀粉可制得葡萄糖多少?

$$\text{解: } Q_M = \frac{Q_{\Pi} M_M}{M_{\Pi}} = \frac{120 \times 180}{162} = 133.3 (\text{公斤})$$

例 7 200 公斤纤维素完全水解可制得葡萄糖多少?

解: $Q_m = \frac{200 \times 180}{162} = 222.2(\text{公斤})$

例 8 在酵母的同化作用下生成 40 公斤糖原*, 试计算其葡萄糖需用量。

解: $Q_m = \frac{40 \times 180}{162} = 44.4(\text{公斤})$

例 9 100 公斤菊糖完全水解生成什么糖? 数量多少?

解: $Q_m = \frac{100 \times 180}{162} = 111.1(\text{公斤})$ 果糖

蛋 白 质

习题 11

设 $Q_{\text{大}}$ 公斤大麦含蛋白质氮为 $A\%$, 试计算其蛋白质含量 Q_G 。

解: $Q_G = \frac{Q_{\text{大}} A \times 6.25}{100}(\text{公斤})$

式中 6.25——蛋白质系数

例 1 设 $A=2\%$, 试计算 1000 公斤大麦的蛋白质含量 Q_G 。

答: $Q_G = 125$ 公斤。

例 2 蛋白质含量为 $G=2\%$, 试计算 1500 公斤马铃薯的含氮量 Q_a 。

解: $Q_a = \frac{1500 \times 2}{100 \times 6.25} = 4.8(\text{公斤})$

例 3 把蛋白质含量为 11% 的玉米 2000 公斤进行胨化, 若胨化作用为 65% , 试计算获得的浸出蛋白质量为多少?

* 糖原又称牲粉和动物淀粉, 分子式为 $(C_6H_{10}O_5)_x$ [化工辞典第 621 页 (1970 年)]。

解: $Q_6 = \frac{2000 \times 11 \times 65}{100 \times 100} = 143(\text{公斤})$

例 4 1000 公斤黑麦含 6% 的可浸出蛋白质, 其中有 22 公斤蛋白胍和 16 公斤氨, 试计算该黑麦含氨基酸和氮各多少?

解: 蛋白质总含量为:

$$Q_{\pi} = \frac{1000 \times 6}{100} = 60(\text{公斤})$$

氨基酸含量为

$$Q_6 = 60 - (22 + 16) = 22(\text{公斤})$$

含氮量为

$$Q_a = \frac{Q_{\pi}}{6.25} = \frac{60}{6.25} = 9.6(\text{公斤})$$

例 5 将 5000 公斤含蛋白质 13% 的黑麦水解, 结果是不溶性蛋白质占 8%, 包括胍在内的可溶性蛋白质占 42%, 胍占 30%, 氨基酸占 20%, 试求黑麦中含有多少公斤可利用的含氮物质?

解: $Q_6 = \frac{5000 \times 13}{100} = 650(\text{公斤})$

可以认为, 可利用的含氮物质为胍和氨基酸, 则

$$Q_{\pi \cdot y} = \frac{650 \times 50}{100} = 325(\text{公斤})$$

例 6 多少公斤可利用的含氮物才能够代替 100 公斤纯化学硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$?

解: $Q_{\pi \cdot y} = \frac{M_a \times 100 \times 6.25}{M_{c \cdot a}} = \frac{28 \times 100 \times 6.25}{132.15}$
 $= 132.4(\text{公斤})^*$

* 原文 192.5 公斤为误——译者注

式中 M_a 和 $M_{c.a}$ ——氮和硫酸铵的分子量

例 7 制取 1000 公斤含氮量为 2.2% 的酵母培养液，用含蛋白质 13% 的麦芽 100 公斤，含蛋白质 14% 的大麦 200 公斤，还需要配纯化学硫酸铵多少公斤？

$$\begin{aligned} \text{解： } Q_{c.a} &= \frac{1000 \times 2.2 \times 6.25 - (100 \times 13 + 200 \times 14)}{100 \times 6.25} \times \\ &\quad \frac{132.15}{28} \\ &= 72.87 (\text{公斤})^* \end{aligned}$$

酒精发酵的化学过程

习题 12

按理论产率计算，试求制取无水酒精 V 所需的单糖量 Q_M 。

$$\text{解： } Q_M = \frac{V d M_M}{2 M_c} (\text{公斤})$$

式中 d ——酒精的比重， $d_4^{20} = 0.78927$

M_M ——单糖的分子量

2——从一分子单糖所得到的酒精分子数

M_c ——酒精的分子量

例 1 计算制取 100 升无水酒精所需要的单糖量 Q_M 。

$$\text{解： } Q_M = \frac{100 \times 0.78927 \times 180.1}{2 \times 46.05} = 154 (\text{公斤})$$

例 2 试计算 100 公斤单糖能制取的无水酒精量 V 。

$$\text{解： } V = \frac{100 \times 2 \times 46.05}{0.78927 \times 180.1} = 64.79 (\text{升})$$

* 原文列式有误——译者注