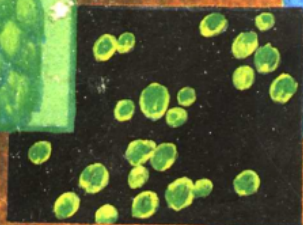


啤酒发酵

张金义 编著



ISBN 7—5369—0139—9/Z·18
统一书号：17202·65 定价：1.40元

啤 酒 发 酵

张金义 编著

陕西科学技术出版社

啤酒发酵

张金义·编著

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街131号)

西安市第二印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5.375印张 11万字

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数: 1—10,000

ISBN 7—5369—0139—9 / Z · 18

统一书号: 17202·65 定价: 1.40元

序

在1972年第九届“国际营养食品会议”上啤酒被列为营养食品，被誉为“人造牛奶”、“液体面包”。在世界许多地区已成为人们生活的必需品。啤酒产量居世界各种酒类之冠。

在我国，啤酒生产已有80多年的历史，发展速度居世界各国之首，尤其在党的十一届三中全会之后，啤酒工业发展更快，到1985年全国已有生产厂家近500个，年产量达310万吨，我国的啤酒工业发展进入了黄金时代。按照国家食品发展纲要要求，以1980年为基数，每年以15%的速度递增，到2000年，啤酒产量将超过1000万吨，在国际上仅次于美国而高于联邦德国。

当前随着我国啤酒工业的发展新工艺和新设备不断出现，啤酒工业战线上的广大职工迫切需要学习新的技术，但目前出版这方面的专业书很少，远远适应不了形势的需要。

本书作者从事啤酒发酵工作二十余年，在生产实践中积累了不少的经验，在理论上也有一定的研究，为了满足同行的需要，他在理论与实践相结合的原则指导下，围绕啤酒生产过程中的关键——发酵工艺，编著了《啤酒发酵》一书，重点叙述了发酵的理论知识，酵母的扩大培养及管理，发酵方法，发酵中异常现象产生的原因和处理方法；介绍了啤酒发酵方面的新工艺、新的操作方法；尤其在发酵卫生管理方面

面提出了一些行之有效的方法，对保证和提高产品质量是有帮助的。另外，我国在使用发酵新设备方面刚起步，书中对此还作了较为详尽介绍，并提出了使用中应注意的问题，便于发酵工作者学习操作。

《啤酒发酵》一书，不仅适合于从事啤酒生产的技术人员和生产管理人员阅读，同时也可作为啤酒酿造工人的培训教材。

在啤酒工业生产中由于新理论、新工艺、新技术不断的发展和更新，希望同行们不断地加以实践、总结予以补充，以适应我国四个现代化发展的需要。

中国食品工业啤酒专业协会会长 齐志道

编者的话

随着我国整个国民经济的发展，人民生活水平的提高，消费领域不断扩大，啤酒这个国际性低酒精度的营养饮料酒，倍受广大消费者的青睐。为了适应啤酒工业发展的需要，特编写了《啤酒发酵》一书。本书系统地阐述了啤酒发酵过程的原理，主要设备结构和操作方法，并把啤酒发酵中的微生物学、生物化学、化学工程的基本原理有机地结合起来，广泛而深刻地揭示了啤酒发酵过程的本质。本书可供啤酒工业科技人员、技术工人阅读，也可作为啤酒技工学校的教材。

本书在编写过程中得到了轻工业部高级工程师朱梅、北京酿酒总厂、北京啤酒厂的副总工程师沈蓉华等同志的热情帮助与关怀，尤其是中国食品工业啤酒专业协会会长、高级工程师齐志道同志给予了大力支持，并为此书写了序；另外，西安啤酒饮料总厂葛春福等领导与同事们和西安三秦啤酒饮料调味品技术开发咨询服务公司董事会李炳超、高积德领导同志的高度重视，对编写工作给予鼎力支持，使本书得以定稿出版，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者实践经验和理论水平所限，书中难免有不妥之处，恳切希望读者批评指正。

目 录

第一章 啤酒生产的基础知识

- 一、啤酒酿造的生化过程…………… (1)
- 二、啤酒酿造工艺…………… (5)
- 三、啤酒的种类…………… (14)

第二章 啤酒发酵设备

- 一、对啤酒发酵设备的共同要求…………… (18)
- 二、啤酒发酵设备…………… (19)
- 三、对发酵设备的表面放理…………… (34)

第三章 啤酒发酵

- 一、啤酒发酵的重要性…………… (39)
- 二、啤酒发酵的机理…………… (40)
- 三、啤酒发酵的方法和工艺…………… (61)
- 四、啤酒发酵的操作规程…………… (72)
- 五、检查发酵优劣的方法…………… (88)
- 六、啤酒发酵中的异常现象及处理…………… (93)

第四章 酵母菌及其扩大培养

- 一、酵母菌…………… (99)
- 二、酵母的生长期…………… (105)
- 三、酵母的扩大培养…………… (107)
- 四、酵母的鉴定方法…………… (124)
- 五、酵母的回收与保管…………… (126)

六、啤酒酵母的综合利用.....	(130)
第五章 后发酵	
一、后发酵的目的.....	(133)
二、后发酵设备和工艺.....	(135)
第六章 啤酒发酵过程中的卫生管理	
一、发酵过程中经常遇到的杂菌.....	(145)
二、啤酒发酵过程中微生物的检查.....	(147)
三、发酵过程中常用的灭菌剂.....	(149)
四、啤酒发酵过程中的卫生管理.....	(152)
第七章 啤酒的病变	
一、啤酒产生病变的原因.....	(155)
二、有关啤酒病变的几种情况.....	(155)
附录一、前发酵池容量的计算.....	(162)
附录二、后发酵贮酒桶的计算.....	(164)

第一章 啤酒生产的基础知识

一、啤酒酿造的生化过程

1. 淀粉的糖化

在啤酒酿造中最重要的过程是酵母利用糖类所进行的酒精发酵。但啤酒酵母本身因无淀粉酶,无法将淀粉转化为糖,因此在发酵前需将含淀粉的基质先进行糖化,也就是借助淀粉酶的作用把淀粉分解成麦芽糖、双糖及单糖。淀粉酶一般来自发芽的大麦,虽也可取自微生物,但因取自微生物的淀粉酶未经纯化,所以都不使用。进行糖化时依靠麦芽中的淀粉酶。

啤酒酿造的基本原料是植物淀粉,但大部分都是来自大麦,大麦的组成20~30%是直链淀粉,其余的70~80%是支链淀粉。

直链淀粉由250~300个葡萄糖残基组成,彼此以1—4— α 葡萄糖甙键的形式连接(其构造单元为麦芽糖)。其分子以 α 葡萄糖甙键作螺旋状的盘旋(参见图1)。在其空腔中能置入碘分子,因此能形成强烈的光吸收,成为蓝色。

支链淀粉除1 $\rightarrow$ 4键合外,还有1 $\rightarrow$ 6键合,成为分支的链,也可形成螺旋状。一个分子由1000个以上的葡萄糖残基构成,平均一个分枝具有25个葡萄糖分子。

麦芽中的 α -淀粉酶(糊精化粉酶)作用于淀粉的螺旋构造,并打开1 $\rightarrow$ 4键合处,(而不能打开1 $\rightarrow$ 6键合处),

成为有 $1 \rightarrow 7$ 个葡萄糖分子的寡糖，其后，寡糖再分解成麦芽糖，即双糖。因此， α -淀粉酶只对直链淀粉起作用。

β -淀粉酶不在分子的中间部位作用，而由末端起，分解成两个葡萄糖分子的麦芽糖。不分枝的直链淀粉可完全被 β -淀粉酶所水解，而支链淀粉只有约一半能够被分解，因为 β -淀粉酶的作用在分枝的 $1 \rightarrow 6$ 键合处停止了。

图 1 表示用 α -淀粉酶及 β -淀粉酶分解淀粉的情况

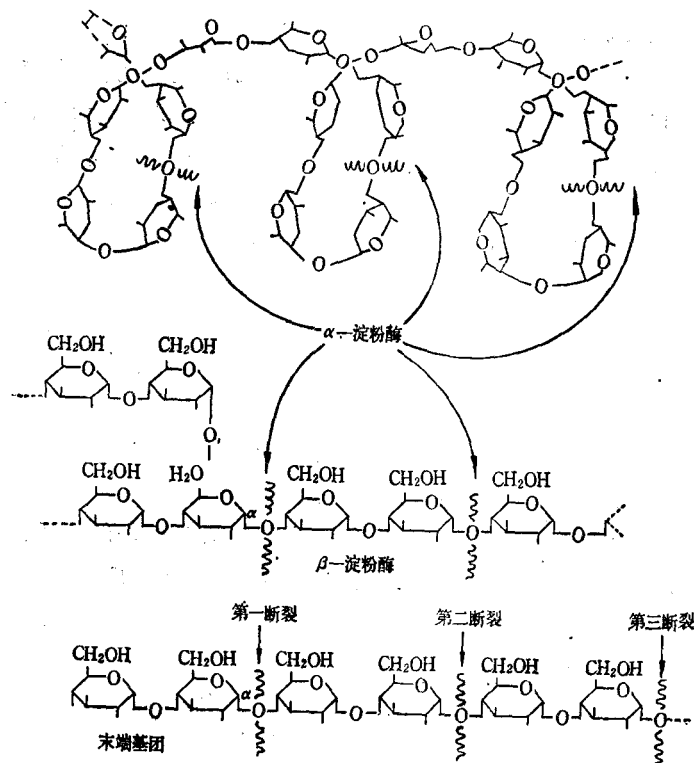
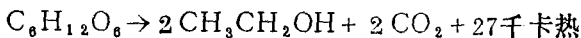


图 1 α 及 β 淀粉酶的作用

2. 酒精发酵

当利用酵母生产乙醇或含乙醇产品的整个过程中，最主要的反应是酒精发酵。在这个过程中葡萄糖借助酵母按下列公式分解成乙醇及二氧化碳（CO₂）：



葡萄糖 乙醇

酒精发酵的正常通路，被称之为EMP 通路，经过下面的中间步骤。

D 葡萄糖在各种酶的参与作用下，变成 D-果糖-1，6-二磷酸。

D-果糖-1，6-二磷酸又借助“醛缩酶”分解成两个三糖，即二羟基磷酸丙酮的进一步分解，这里就不再叙述了，因为它会变成甘油。在酒精发酵中，甘油也总是微量形成的，EMP 通路对工业制造甘油也是有意义的。这里主要对糖酵解的反应，即经过 3-磷酸-D-甘油醛进一步的反应加以叙述。

3-磷酸-D-甘油醛在酶的作用下，经过脱氢、磷酸化后，成为 3-磷酸-D-甘油。在磷酸甘油变位酶以及烯醇化酶的作用下，3-磷酸-D-甘油形成磷酸烯醇丙酮酸（PEP）。PEP 上的磷酸借助丙酮酸激酶的作用，然后得到丙酮酸。

到形成丙酮酸为止，厌氧及好氧的酵母对糖分解的共同通路就结束了。厌氧的酵母经丙酮酸不是形成乳酸，而是按照以下的通路形成乙醇。

丙酮酸由于 Mg⁺⁺ 及焦磷酸酐胺素作为辅助因子使丙酮酸脱羧酶的脱羧作用形成乙醛，然后乙醛由乙醇脱氢酶还原。

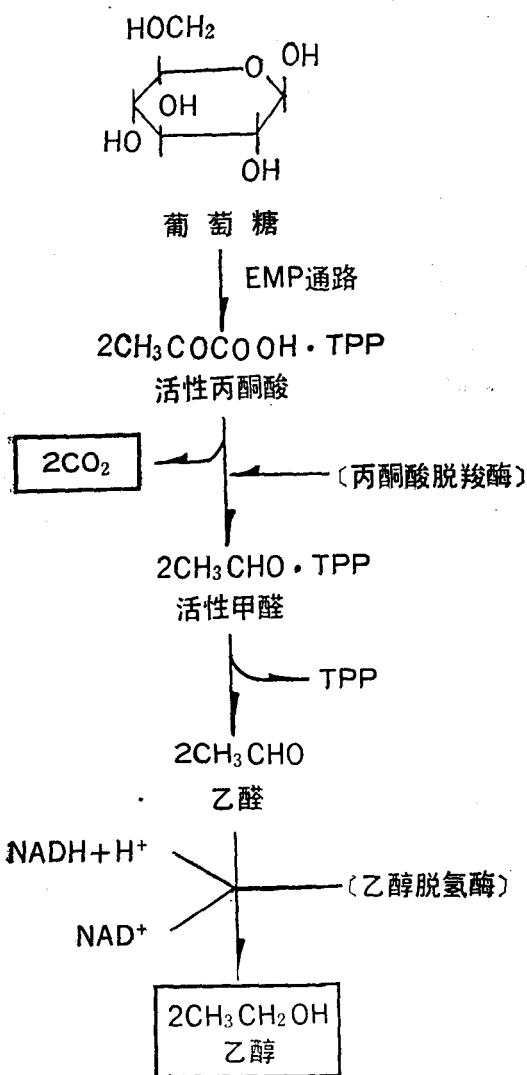


图2 以发酵法经过EMP通路得到乙醇
(TPP—焦磷酸酰胺素或辅羧酶)

成为乙醇。

图解 2 指出，乙醇形成的最终步骤。经 EMP 通路，由一分子的葡萄糖产生两分子的乙醇及两分子的 CO_2 。

乙醇除经 EMP 通路形成外，也能经其它的通路形成。如林氏极毛杆菌（*Pseudomonas lihdneri*）是经 Entner-Doudoroff 通路形成乙醇的。林氏极毛杆菌能生成乙醇，是工业上有意义的少数微生物之一。

在乙醇生成过程中，经化学计算得出：一克分子葡萄糖能产生二克分子的乙醇及二克分子的 CO_2 。

前面叙述了乙醇的形成过程，下面就乙醇的反应过程予以叙述：D-葡萄糖被己糖激酶及 ATP 磷酸化成为 6-磷酸-D-葡萄糖，在需 NADP 的情况下，经 6-磷酸葡萄糖酸内脂氧化成 6-磷酸葡萄糖酸。

由 6-磷酸葡萄糖酸形成 2-酮基—3，再脱氧成为 6-磷酸葡萄糖酸，形成一分子丙酮酸及一分子的 3-磷酸-甘油醛，经 EMP 通路分解成丙酮酸，再由丙酮酸形成乙醇。图解 3 说明反应过程。

在工业上制备乙醇或含乙醇的食品中，迄今为止除 EMP 通路外，其它的通路都无多大意义。

二、啤酒酿造工艺

啤酒酿造主要分三部分：

- （1）麦芽的制备；
- （2）麦芽汁的制备；
- （3）啤酒的发酵及贮藏。

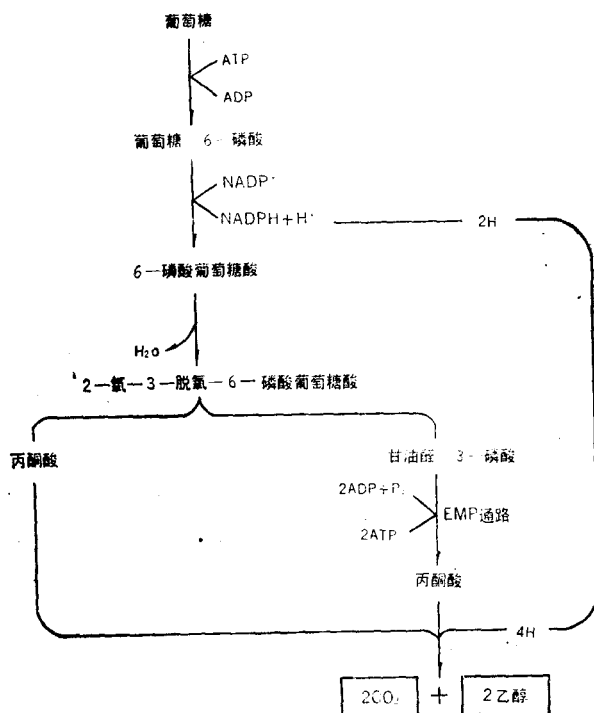


图 3 通过单磷酸已糖通路得到乙醇

第一部分，麦芽的制备，一般不在啤酒酿造业范围之内，在麦芽厂或麦芽车间制备，另外两部分麦芽汁的制备和啤酒的发酵及贮藏均在啤酒酿造厂中进行。

1. 酿造啤酒的原料

酿造啤酒的主要原料是大麦。大麦依在穗轴上的排列方

式分为二棱、四棱和六棱大麦三种类型，一般酿造啤酒用的是二棱大麦。大麦的种类及质量对啤酒的质量影响很大，因此，在进厂前就要保证大麦的质量。优良的大麦外观应有光泽，呈纯淡黄色；不成熟的大麦呈微绿色；收割前后遇雨受潮的大麦，色泽发暗，胚部呈深褐色；受霉菌感染的麦粒，呈暗灰色和微蓝色。色泽过浅的大麦，多数是玻璃质硬粒或熏硫所致。良好的大麦有新鲜稻草香味，稍升温，散发出一股麦香味；受潮发霉的大麦有霉臭味，发芽能力已遭破坏。优良的大麦应有品种的纯净度，不夹杂不同品种、不同产地和不同年份的大麦；单一品种的大麦，要求麦粒均匀整齐，以求发芽一致。优良大麦，皮薄，有细密的纹道；皮厚的大麦，纹道粗糙，不细密。大麦谷皮含量为约7~13%，薄皮大麦约7~9%，厚皮大麦在11%以上。六棱大麦和冬大麦的谷皮含量一般较二棱大麦或春大麦高，酿造淡色啤酒应采用薄皮大麦。粒形肥短的麦粒与粒形瘦长的大麦相比，谷皮含量低，浸出率高，蛋白质含量低，发芽较快，溶解度好，适合酿造淡色啤酒。

酿造浅色啤酒时，要求大麦的蛋白质含量在9~12%，如果蛋白质含量过高淀粉含量就低，引起麦芽的浸出率下降。大麦的千粒重量与麦粒大小成正比。千粒重量随水份增加而增加，对不同的大麦进行比较时，应以干物质计算，风干大麦的千粒重量，通常为35~48克，绝干大麦的千粒重量为30~42克。大麦的发芽率至少要求达到95%。大麦粒的构造见图解4。

酿造啤酒的原料，除大麦以外，小麦、玉米及大米也被作为酿造啤酒的辅助原料，所含淀粉被麦芽糖化或被霉菌、

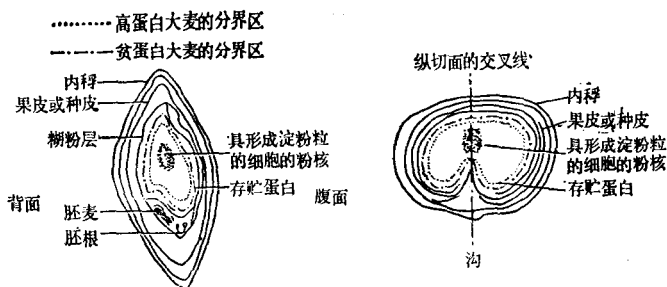


图4 大麦粒的纵及横切面的图解

细菌淀粉酶糖化。

值得一提的是，在糖化时麦芽汁中加的啤酒花（简称酒花），也作为啤酒酿造的原料之一。经加酒花后，能提高澄清麦芽汁的能力，还能提高啤酒的防腐能力，使啤酒具备特有的苦味和香味，成为啤酒的重要标志。如不加酒花，啤酒独特的解渴效应即不存在。此外，加酒花对啤酒的稳定性有极其良好的作用。

2. 麦芽的制备

制备麦芽的目的是为了让大麦先发芽，因为，发芽后的大麦含有丰富的淀粉酶，能将其它原料中的淀粉转化为糖，再进行啤酒的酿造。

制备麦芽的过程是：浸泡大麦。将大麦和水一起放到浸麦槽内（浸麦槽是一个下端呈锥形的铁槽，带有通风及搅拌设备）。将大麦在浸麦槽放置2~3天，定时通风搅拌，使其大量吸水变软而膨胀。浸麦方法有：湿浸法、断水浸麦法、长断水浸麦法、喷雾浸麦法、湿水浸麦法、重浸渍法和多次浸麦法。浸麦温度为12~16℃。吸水后的大麦大约增重50