



啤酒酿造
技术译丛

Yeast



The Practical Guide to Beer
Fermentation

酵母

啤酒酿造菌种 指南

[美] 克里斯·怀特 贾米尔·赞那谢菲 著

马长伟 李知洪 主译



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位



啤酒酿造
技术译丛

酵母

啤酒酿造菌种指南

〔美〕克里斯·怀特 贾米尔·赞那谢菲 ◎著

马长伟 李知洪 ◎主译

图书在版编目 (CIP) 数据

酵母: 啤酒酿造菌种指南/ (美) 克里斯·怀特, (美) 贾米尔·赞那谢菲著; 马长伟, 李知洪主译. —北京: 中国轻工业出版社, 2019.4

(啤酒酿造技术译丛)

ISBN 978-7-5184-2306-4

I. ① 酵… II. ① 克… ② 贾… ③ 马… ④ 李… III. ① 啤酒
酵母 IV. ① S963.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 272013 号

版权声明

Yeast: the Practical Guide to Beer Fermentation © 2010, by Brewers Publications™, a division of the Brewers Association. www.Brewers Publications.com All rights reserved. Arranged through Sylvia Hayse Literary Agency, LLC, Bandon, Oregon, USA.

策划编辑: 江 娟 责任终审: 张乃束 整体设计: 锋尚设计
责任编辑: 江 娟 靳雅帅 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2019年4月第1版第1次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 16

字 数: 310千字

书 号: ISBN 978-7-5184-2306-4 定价: 80.00元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

170518K1X101ZYW

安益达—啤酒酿造技术译丛

翻译委员会

主 任：马长伟（中国农业大学）

副主任：张 炜（安益达商贸有限公司）

杨江科（武汉轻工大学）

李知洪（安琪酵母股份有限公司）

崔云前（齐鲁工业大学）

杨 智（广东粤海永顺泰麦芽有限公司）

成 员：（按姓氏拼音顺序排列）

郭 凯（加拿大拉曼公司）

贾 巍（啤酒爱好者）

靳雅帅（中国轻工业出版社有限公司）

刘玲彦（安琪酵母股份有限公司）

许引虎（安琪酵母股份有限公司）

杨 平（中国农业科学院）

杨 禹（北京师范大学）

张宝龙（北京七叶香山餐饮有限公司）

庄仲荫（美国雅基玛酒花有限公司）

《酵母——啤酒酿造菌种指南》

翻译委员会

主 译：马长伟（中国农业大学）

李知洪（安琪酵母股份有限公司）

副主译：刘玲彦（安琪酵母股份有限公司）

许引虎（安琪酵母股份有限公司）

郭 凯（加拿大拉曼公司）

参 译：杜维力（安琪酵母股份有限公司）

李建华（安琪酵母股份有限公司）

陈 沁（中国农业大学）

李晓娜（中国农业大学）

总序

中国是世界上生产啤酒最多的国家，像很多行业一样，我国啤酒行业正在朝着既大又强转变，世界领先的管理技术指标不断在行业呈现，为我国啤酒产业进一步高质量发展奠定了良好基础。

啤酒是大众喜爱的低酒精度饮料，除了大型啤酒企业外，高规格的中小型啤酒企业和众多的“啤酒发烧友”也正在助力着行业的发展。这一切为能够更好地满足人们日益增长的物质及文化需求做出了贡献，也符合未来啤酒消费需求的发展方向。

啤酒酿造是技术与艺术的结合。在相关酿造理论的指导下，通过实践，不断总结，才能在啤酒酿造上越做越好。这套由美国BA（Brewers Association）出版社组织编写的啤酒酿造技术丛书，由《水》《酒花》《麦芽》和《酵母》四册组成，从历史文化、酿造原理、工艺技术、产业动态等多维度进行了深入介绍。《酒花》的作者是著名行业作家；《酵母》的作者是美国知名酵母公司White Labs的创始人兼CEO，联合作者曾多次获得美国国家酿大奖；《麦芽》的作者则在美国一家著名的“craft beer”啤酒厂负责生产；《水》的作者是美国国家酿老手。这套丛书的作者们从啤酒酿造的主要原料入手，知识深入到了整个酿造过程。丛书中没有过多介绍关于啤酒酿造方面的理论知识，而是为了满足酿酒师的实际需要，尽可能提供详尽的操作指南，对技术深度的把握应该说是恰到好处。

他山之石，可以攻玉。为了更好地满足啤酒行业对酿造知识日益增长的需求，由马长伟教授和酿酒师张炜先生负责（二位分别担任翻译委员会正、副主任）组织了由高等院校、科研

机构和行业企业的专业人员构成的翻译团队，除了食品和发酵工程外，还有大麦育种和水处理等专业的专家学者加入，保证了丛书的翻译质量。他们精心组织，认真工作，不辞辛苦，反复斟酌，把这样一套可读性强、适用范围广的专业科技丛书贡献给了行业，在此，我衷心感谢他们的付出和贡献，向他们致敬。

我相信，这套译丛的出版一定会对国内啤酒行业的技术发展产生推动作用。

張五九

2019年3月

译者序

跟大麦芽、啤酒花和水相比，酵母是最晚被人们所熟知的啤酒酿造原料。人类酿造啤酒的历史已经有几千年了，但是直到19世纪60年代之前，人类并不了解酵母为何物，但却似乎很早就预感到了一种未知的存在，只好把它归为“精灵”。这不足为奇，因为酵母是如此微小，以至于在人类发明显微镜之前，无法用肉眼看到它。近160年来，全球数以千计的微生物学家对啤酒酵母这一千年“精灵”进行了全面细致的观察和研究。今天，人类已经能够比较好地掌握啤酒酵母的“脾性”，并让它按照人类的愿望工作，为我们的美好生活带来福祉。

近年来，随着我国社会经济的发展和人们生活水平的提高，消费者对啤酒品质提出了更高和更多元化的要求，从而助推了国内精酿啤酒行业的迅猛发展。酿酒师、生产技术人员、酿酒爱好者都迫切需要更多兼具专业性和实用性的新产品和新技术，以支撑国内精酿啤酒行业技术水平的提升。所以，当中国轻工业出版社组织我们翻译美国BA（Brewers Association）出版社的这本《酵母》的时候，我们深感恰逢其时。

《酵母》这本书的原作者是美国White Labs公司创始人兼CEO——克里斯·怀特（Chris White）博士和贾米尔·赞那谢菲（Jamil Zainasheff）先生，后者曾多次获得美国国家酿大奖。White Labs公司创建于1995年，怀特博士用20多年时间建立起了庞大的酵母菌种库，公司的成长也见证了美国精酿啤酒行业的蓬勃发展。

《酵母》一书有别于以往的专业教科书，也与目前市场上的多数啤酒类科普读物不同。该书从酿酒师的视角出发，将基础理论、专业知识和实际操作融于一体，重点在于教给酿酒师

该怎么做，才能成为酵母的“知己”。通过慢慢熟悉和顺从酵母的习性，让酵母愉快地工作，从而产出佳酿。本书内容丰富，从酵母生长代谢等生物学基础知识，到酿酒过程中的酵母选择、培养、接种和保存方法，再到详尽的专业操作规范，还对发酵过程中可能遇到的各种问题给出了指导性的解决意见。我们认为，本书是啤酒发酵和酵母应用方面不可多得的操作指南。

本书由中国农业大学马长伟教授和安琪酵母股份有限公司李知洪总经理担任主译，安琪酵母生物技术研发院许引虎（目录、第2章）、刘玲彦（第6章）、杜维力（第4章）、李建华（第7章）4位高级工程师凭借多年的酵母研发、生产、应用及推广经验保证了本书翻译中的正确性、可读性和实用性；加拿大拉曼公司郭凯先生（第5章）为本书的翻译提供了新思维元素；中国农业大学陈沁（前言、第1章）、李晓娜（第3章）两位研究生为相关章节的翻译、全书的资料搜集、整理和校对付出了心血；全书由马长伟统稿。安益达商贸有限公司的张炜先生在本书策划组织过程中给予了无比宝贵的大力支持。本书翻译过程中还得到多位同行专家、学者的鼓励和帮助，在此一并表示衷心感谢！

由于译者外语水平和专业知识有限，翻译中难免有错误和纰漏之处，承蒙各位读者在使用过程中不吝指正，以便我们在将来再版时修订。

译者

2019年3月

序

“酿酒师不是做啤酒，他只是把所有的原辅料组合到一起，然后啤酒就会自然天成。”

——弗里茨·梅泰格

“啤酒之所以能自然天成，不是它有什么神功，而是它从天地间吸纳了没有人能说清楚是什么的神秘元素。”

——弗里茨·梅泰格

我一直很喜欢上面这两句名言，因为我相信这完美地诠释了发酵的神秘特质：酿造过程中最不为人所明白，而且又是最容易被忽视的部分。如果你阅读各种酿造网站和啤酒书上所提供的啤酒配方，你会发现它们都把主要精力放在谷物配方或者最近一段时间以来最受关注的酒花清单上。其实这和历史上大多数时期一样，酵母似乎有点儿不被重视。

浏览历史上的酿造书籍，你会发现有大量关于麦芽糖化、麦芽质量、酒花生长、酒花质量甚至酿造用水质量等方面的内容。这些方面在啤酒酿造过程中很早就被大家知晓，但是因为大多数酿酒师认为发酵是一个自发的过程，所以在历史上几乎找不到有关酵母的任何文献资料。尽管事实上酿酒师也都认识到了酵母对于酿造过程有多么重要，但是在历史上关于啤酒配方和酿造的文字记载都很少，甚至在德国《啤酒纯酿法》的第一个版本中，酵母连啤酒的原料组成都不是（实际上，当时人们还没有发现微生物）。在个别特殊情况下，历史文献中讲到酵母时，文字也都是晦涩难懂，因为其中的信息都是很不准确的。

更令人惊奇的是，尽管人们对酵母缺乏认识，也弄不懂它

们，或者也不愿意将它们看作是啤酒酿造的重要原料之一，但是酿酒师却早就知道“它们”很重要，而且很早就知道必须收集“它们”并重新接种于下一批发酵罐，这样才能保证成功地将麦汁转化成啤酒。酵母菌株已经成功存活了几百年，并且得到小心的筛选和成功的保存，因而成为今天全世界酿酒师都在使用的种类多样的神奇菌株。历史上酿造过程的发展实际上对于酵母菌株的保存是有利的。各种技术如上层采集、酵母再接种、贮藏以及为了保证良好的发酵温度而进行季节性酿造等，都是为了保证完全发酵、制作美味的啤酒而发展起来的技术。尽管酿酒师并没有完全弄明白“酵母是什么”和“酵母是如何工作的”。直到18世纪后期，甚至在路易斯·巴斯德证明发酵是一种活的生物——酵母代谢的结果之后，酿造文献中仍然充斥着关于酵母是“为了市场营销的宣传语”的记载：“酵母必须是最高质量的”“酵母必须是优秀的”“酵母必须是非常出色的”等，所有这些说法实际上都没有什么意义，但是都给人以明确的暗示，即酿酒师都在精心地对待他们的酵母。

关于酵母的研究，最初始于显微镜发明之后不久的16世纪后期，但是真正的进展始于17世纪末18世纪初。有几位科学家提出了与今天我们知道的真相很相近的理论。比如：酵母是单细胞生物，负责酒精发酵，但是还没有人真正提出酵母代谢糖产生酒精和二氧化碳这一关键事实。直到19世纪30年代后期，酵母研究开始集中在酵母细胞活动是酒精和二氧化碳产生的来源这一事实上。一篇发表的具有贬损性的言论在一定程度上歪曲了这一具有前景的研究思路，这是有机化学家Liebig和Wohler提出的关于细胞发酵的言论，他们倾向于把发酵解释为化学反应：

……可以看到难以计数的小球，像某种动物的卵。把这些动物的卵放到糖溶液里，它们开始膨胀、破裂，并有小动物从里面孵化出来，然后以令人难以置信的速度增殖。这些动物的形状与之前所描述的600多种动物的任何一种都不一样。它们的形状有点儿像Baindorf蒸馏瓶（不带冷凝装置）。球状物的管状器官有点儿像吸管，里面覆盖着细长的鬃毛，看不到牙齿

和眼睛，偶尔能清晰地辨认出胃、肠道、肛门（一个小粉点）和一个泌尿器官。当小动物从卵中孵出来的时候，能看到它们是怎么从介质里吞咽糖，怎么进入胃里，然后很快消化，这一过程几乎可以肯定会排泄出分泌物。简而言之，这些滴虫类的动物吃进去糖，从肠道排泄出酒精，从泌尿器官释放出 CO_2 。这些动物的膀胱在充盈状态时形状就像香槟瓶，而在放空时就只是个小凸起。几次实践后，有人发现膀胱里面开始时会形成一个气泡，慢慢地体积会增大到原来的十倍；动物能够通过控制身体周边的环状肌肉来产生一种像螺丝刀一样扭转的力量，从而完成膀胱的排空……从动物的肛门还能看到不断有液体排出，排出的液体比所在的液体介质轻；在很短的时间间隔之后，有一束束的 CO_2 从它们硕大的生殖器中释放出来……如果水量不充足，也就是说，糖溶液的浓度过高的话，发酵就无法在黏稠的液体里发生。这是因为这种小动物无法在黏稠的液体里移动：最终因为缺乏运动消化不良而死去（Schlenk, 1997）。

幸运的是，另一些研究者一直在努力工作，直到巴斯德的研究工作得出突破性的成果之后，细胞理论才开始慢慢被人们所接受。巴斯德工作的突破性意义在于他彻底改变了整个酿造工业。在19世纪末期，巴斯德通过提供上门服务，帮助一家家酿酒厂检查酵母的培养情况，并为每一家酿酒厂给出酵母合格还是不合格的结论。本书后文会详述巴斯德对嘉士伯酿酒公司的影响，但是巴斯德的贡献不止于此，因为他在欧洲各地旅行。巴斯德向19世纪后期英国酿酒师灌输他的酵母重要性理论时，他们当时雇佣的高级工作人员主要是化学家，这些酿酒化学家后来都成了炙手可热且收入最高的酿酒师。

随着生物化学学科的发展，拉格酒厂开始应用科学技术来更好地认识酵母菌株了。当我在安海斯-布希（Anheuser-Busch）酒厂工作时，我们追踪过拉格酒厂贮藏过程中固定时间点的酵母发酵副产物如双乙酰、戊二酮、3-羟基丁酮（乙偶姻）、乙醛的含量和变化。这些成熟因子是表征酵母健康状况和发酵是否正常的指标。但是，尽管有这些技术和研究，酵母仍然是神秘的，在很多方面是不可预测的，所以发酵控制是当

前酿酒界非常热门的话题。试着想象一下下面这种并非不常见的情形：圣路易公司（美国一家酿酒酵母专业公司，译者注）的一队专家急匆匆地坐飞机去拜访一家遇到酵母和发酵问题的酿酒厂，可是当他们到达那里时，却听到另外一行专家正在跟酒厂技术人员说：“我们从合作社过来，为你们提供专业帮助。”（这说明很多酿酒专业技术服务公司都在从事与酵母和发酵相关的工作，译者注。）

记得几年前我在安海斯-布希酒厂当酿酒师的时候，曾就酵母到底对最终啤酒的风味有多大贡献这一话题，展开过一次讨论。一般讲，大家认为酵母对美式拉格啤酒中80%~90%的风味品质有贡献。你需要做的是品尝麦汁和啤酒，从各个方面品评，弄懂酵母对啤酒风味的贡献非常重要。美国最大的三家拉格酒厂的三种旗舰啤酒，其酿造风格一样、使用的原辅料一样，如果仔细品尝的话你会发现这些啤酒实际上非常不同，而这些差异主要来自酵母。

对自酿啤酒而言，由于使用了大量特种麦芽和酒花，酵母对最终啤酒风味的影响可能没有那么明显。但是我知道，在巨石啤酒公司（Stone Brewing Company），人们用酒厂自有酵母菌株和比利时菌株发酵多种相同的麦汁，做成的啤酒尝起来完全不同。有时候我们完全无法相信它们来自相同的麦汁，这令我们非常惊奇。

所以，说实话，酵母可能是酿酒过程中最活跃的风味原料，也很可能是啤酒中最多变的原料。酵母组合了酿酒师难以控制的多种特性。正如有经验的酿酒师们所知，你必须极其小心谨慎地对待酵母，否则最终啤酒的风味可能令人难以接受。

克里斯·怀特和贾米尔·赞那谢菲做了一项令人生畏的工作，这就是向酿酒师解释酵母和发酵。写作一本关于酵母和发酵的著作，困难之一是每一株酵母菌对相似的外部条件的反应是不一样的。每一位变换了工作或者变更了酵母菌株的酿酒师都知道，在某种酿造条件下酵母本来表现良好，但是如果换另一种酵母，效果马上就不一样了。想要管理好这些活的生物使其按照我们需要的方式表现，是一门非精准科学。作为酿酒

师，我们的工作就是管理好酵母，让它们“快乐”以便在啤酒中只产生我们需要的“好的”风味物质，而不产生任何当酵母受到胁迫时会产生的“坏的”风味物质。

克里斯和贾米尔在本书中讲到了上述困难，这是一项了不起的工作。书中包括了对各种水平的酿酒师都有用的大量可靠的信息和技术，从初级的家酿者到各种规模酒厂的酿酒师。书中还给出了对于各种各样的酵母菌和各种不同风格的啤酒都有用的极好的建议，介绍了新菌种以及如何利用酿造和实验室最好的操作技术来保持酵母健康和啤酒美味的方法。即使在讲到“令人生畏”的有机化学和生物化学内容时，作者也尽可能地保证有关信息的可读性，以便让具有不同教育背景的酿酒师都能看懂这些信息，并能有效地运用于工作中，从而改进发酵过程，生产出质量更好的啤酒。

希望读者都能像我一样喜欢这本书。这是所有酿酒师必备的一本书。欢迎来到美妙神奇复杂的酿酒酵母世界！

巨石啤酒公司总酿酒师/生产经理

米奇·斯蒂尔

前言

酵母对啤酒很关键，因此对酿酒师也很关键。无论酿酒师是否完全认同，酵母的功能远不止把糖转化成酒精这么简单。啤酒风味和香气对酵母的依赖度远超其他任何一种发酵饮料。我们的目的是聚焦于酿酒师的期望，写出一本有关酵母的书，但是很快我们就认识到，有多少酿酒师就有多少种对酵母的期望：有的酿酒师可能对挖掘野生酵母的自然发酵感兴趣；有的酿酒师关心的却是如何保持纯种培养使得发酵产生的不正常风味最小化；还有的酿酒师想了解所有关于酵母生物化学的细节。最终我们决定从酿酒师实际操作的角度，提供我们所能提供的最详细全面的信息。

本书不是为已经拥有诸多实验室和微生物学博士头衔、已经取得成功的地区或大型酒厂的酿酒师编写的。本书是供那些喜欢酵母又想了解酵母能为他的啤酒带来什么的初级酿酒人员阅读的。当我们在这里使用“酿酒师”这个词语时，我们指的不仅仅是专业的酿酒师，也包括那些业余的酿酒师。家酿师（在世界的某些地区他们自称工坊啤酒自酿师），对酿酒过程的热爱不亚于他们的专业同行。正像专业酿酒师一样，他们中有些近乎偏执，有些具有很好的科学背景，但是不管怎么样，所有的酿酒师都在分享着一种激情，这就是从无创造有！当然，在专业水平上成功酿造需要付出大量时间并承担较大的财务风险，这是家酿师可以避免的。无论你是一名专业的还是业余的酿酒师，酿出好啤酒需要具备一些艺术天赋，有时还需要具备工程师那样的思考能力。事实上，很多工程师好像比其他大多数人都更享受家酿的乐趣，同时也拥有将业余爱好开发到极致的激情。可能这就是许多专业酿酒师都是从做家酿师开始

师，我们的工作就是管理好酵母，让它们“快乐”以便在啤酒中只产生我们需要的“好的”风味物质，而不产生任何当酵母受到胁迫时会产生的“坏的”风味物质。

克里斯和贾米尔在本书中讲到了上述困难，这是一项了不起的工作。书中包括了对各种水平的酿酒师都有用的大量可靠的信息和技术，从初级的家酿者到各种规模酒厂的酿酒师。书中还给出了对于各种各样的酵母菌和各种不同风格的啤酒都有用的极好的建议，介绍了新菌种以及如何利用酿造和实验室最好的操作技术来保持酵母健康和啤酒美味的方法。即使在讲到“令人生畏”的有机化学和生物化学内容时，作者也尽可能地保证有关信息的可读性，以便让具有不同教育背景的酿酒师都能弄懂这些信息，并能有效地运用于工作中，从而改进发酵过程，生产出质量更好的啤酒。

希望读者都能像我一样喜欢这本书。这是所有酿酒师必备的一本书。欢迎来到美妙神奇复杂的酿酒酵母世界！

巨石啤酒公司总酿酒师/生产经理

米奇·斯蒂尔

前言

酵母对啤酒很关键，因此对酿酒师也很关键。无论酿酒师是否完全认同，酵母的功能远不止把糖转化成酒精这么简单。啤酒风味和香气对酵母的依赖度远超其他任何一种发酵饮料。我们的目的是聚焦于酿酒师的期望，写出一本有关酵母的书，但是很快我们就认识到，有多少酿酒师就有多少种对酵母的期望：有的酿酒师可能对挖掘野生酵母的自然发酵感兴趣；有的酿酒师关心的却是如何保持纯种培养使得发酵产生的不正常风味最小化；还有的酿酒师想了解所有关于酵母生物化学的细节。最终我们决定从酿酒师实际操作的角度，提供我们所能提供的最详细全面的信息。

本书不是为已经拥有诸多实验室和微生物学博士头衔、已经取得成功的地区或大型酒厂的酿酒师编写的。本书是供那些喜欢酵母又想了解酵母能为他的啤酒带来什么的初级酿酒人员阅读的。当我们在这里使用“酿酒师”这个词语时，我们指的不仅仅是专业的酿酒师，也包括那些业余的酿酒师。家酿师（在世界的某些地区他们自称工坊啤酒自酿师），对酿酒过程的热爱不亚于他们的专业同行。正像专业酿酒师一样，他们中有些近乎偏执，有些具有很好的科学背景，但是不管怎么样，所有的酿酒师都在分享着一种激情，这就是从无创造有！当然，在专业水平上成功酿造需要付出大量时间并承担较大的财务风险，这是家酿师可以避免的。无论你是否是一名专业的还是业余的酿酒师，酿出好啤酒需要具备一些艺术天赋，有时还需要具备工程师那样的思考能力。事实上，很多工程师好像比其他大多数人都更享受家酿的乐趣，同时也拥有将业余爱好开发到极致的激情。可能这就是许多专业酿酒师都是从做家酿师开始