

Chapter 5 The Cold Side

Chapter 5 The Cold Side

Chapter 5 The Cold Side

Chapter 5: The Cold Side

了解酵母在发酵过程中的作用。

了解发酵发生的不同方式。

了解发酵后啤酒会发生什么。

理想情况下，酿酒师的计算是正确的，在涡流过程之后，冷却的麦芽汁被泵入发酵罐。对于一些酿酒师来说，发酵是真正发生奇迹的地方。一种真菌（酵母）会消耗糖和氨基酸来复制自身，从而产生酒精和二氧化碳。我们将在第 9 章中详细了解酵母。但是，酿造不同风格的啤酒时会使用非常特定的酵母种类和菌株。

如前所述，麦芽汁富含小糖化合物，特别是葡萄糖、麦芽糖和麦芽三糖。酵母会按顺序消耗这些糖，并通过特定的代谢途径（糖酵解）将这些糖转化为乙醇和二氧化碳。但这种途径并不是酵母或其他发酵生物所独有的。它现在就发生在我们身上。

但由于所有动物都需要氮源（对我们来说是蛋白质）来生长和一般代谢，因此麦芽汁将提供所有氨基酸。氨基酸会被酵母吸收并用于各种代谢过程，直到大约 3 天后，它才能开始制造自己的氨基酸，并在氮供应方面实现自给自足。

在整个发酵过程中，有许多途径同时进行。但其中一些过程会根据酵母菌株和发酵温度而增加或减少。

在冷藏技术出现之前的早期，发酵是在环境温度下在敞口容器中进行的，环境温度在不同季节因世界各地而异。这些容器的大小可能不同，但通常顶部是敞开的。现代啤酒厂需要对发酵过程进行更多的控制。因此，他们拥有带温度控制的发酵罐，这样所有类型的啤酒都可以全年酿造。

现代发酵罐是高大的圆柱锥形不锈钢罐。它们占地面积小，因此可以在啤酒厂建筑内甚至外放置许多发酵罐。与一些较老的啤酒厂仍在使用的水平发酵罐相比，这种发酵罐的空间利用效率更高（图 1）。下图是垂直发酵罐和水平发酵罐组合的一个很好的例子，来自德国弗赖辛的 Weihenstephaner。这是世界上最古老的啤酒厂，其开始日期为 1040 年。但它可能在那之前的几个世纪就已经开始运转了（主页 - Weihenstephaner）。

垂直发酵罐的底部和水平发酵罐的末端。

但除了空间之外，水平发酵罐和垂直发酵罐之间在功能上也存在差异。想象一个垂直发酵罐，里面装有 10,000 升发酵啤酒。这个容器可能有 10 米高，所以容器底部的压力与顶部的压力有很大不同。与侧放

的相同体积的容器相比，底部和顶部之间的压力没有那么大。这些不同的压力或静水压力会影响酵母的表

现。其中一个结果就是酵母产生的一些风味化合物会在静水压较低的发酵罐中产生更多的风味。更多内容请参见第 9 章。

回到传统的工艺，麦芽汁放在一个开放的容器中，酵母和其他生物可以漂浮在其中并开始发酵过程，最终这成为酿造野生发酵啤酒的一种非常特殊的做法，即那些没有控制添加酵母的啤酒。使用冷船将麦芽汁暴露在空气中的微生物中（图 2）。这些可能是房间里现有的微生物群，也可能是通过打开一些窗户而引入的微生物，然后气流将微生物引入。

俄罗斯河酿酒公司的冷却船。

传统上，以比重（酿酒行业中为°Plato [°P]，其他食品和饮料行业中为°Brix）表示的糖浓度相对较低，约为 12°P。但为了提高糖化过程的效率，需要将麦芽汁浓缩得更高。这种“更高浓度”的麦芽汁也可用于正常发酵，但某些化合物浓度的微小变化会影响发酵效率。发酵后，可以用脱气水稀释这种更高浓度的发酵啤酒。

简要介绍一下比重。因此，发酵前麦芽汁的比重可能为 1.060 或 15°P（请参阅本章中的计算？）。这意味着 1 毫升 1.060 麦芽汁重 1.06 克（因为 1 毫升水重 1 克），含有 6 毫升糖。

Plato 最初对比重的测量是在 19 世纪进行的，当时科学家测量的是 10% 蔗糖溶液的比重。请记住，蔗糖是用来给茶或咖啡增甜的糖。因此，比重 1.004 相当于 1°Plato，相当于每 100 克水中含 1 克蔗糖。如果麦芽汁的比重为 1.060 或 15°Plato，则其比重与 15% 蔗糖溶液相同。但麦芽汁中的蔗糖很少（占总糖的不到 5%）；主要是麦芽糖，其次是葡萄糖，然后是麦芽三糖。

当将酵母加入（投放）发酵物中时，通常会根据 Plato 值添加。添加的酵母量按以下方式计算：

每毫升麦汁每柏拉图 100 万个细胞（或 100 万/mL/°P）。一些酿酒商会使用超过 100 万个细胞作为最低添加量/mL/°P。有些酿酒商可能会添加 200 万或 300 万个细胞/mL/°P。

因此，仅在装有 15 柏拉图麦汁的 30 升发酵罐中，您就会添加数十亿个酵母细胞。我们将在第 9 章中讨论活酵母细胞（和健康酵母细胞）的数量）。

Breathing space

让我们简单谈谈麦汁（和水中）中的氧气。大多数生物都需要氧气。有些生物可以从水中除去氧气，例如海洋生物。但麦汁中的酵母也是如此。麦汁中“溶解”的氧气量在酿造过程中会发生变化，在发酵过程中会急剧下降，因为酵母在繁殖过程中会消耗一些氧气。但发酵啤酒中会残留一些氧气，这种水平会影响包装后啤酒的质量和稳定性。

水中含有 6 至 8 mg/L 或百万分之几的氧气，但理想情况下，成品啤酒的氧气含量应低于 100 µg/L 或十亿分之几，才能保持自稳定。因此，在发酵过程中需要显著减少氧气量。

发酵麦汁还需要含有所需量的悬浮固体物质。这被称为酿造过程中产生的“冷破”（见第 5 章）。冷破中的重要成分之一是一些可溶性脂质，它们对啤酒本身是有害的，但酿酒商对此有不同的看法。一些欧洲酿酒商认为，冷破中的脂质是有害的，会对啤酒泡沫产生负面影响，并有啤酒过早变质的风险，也就是说，在包装中。

另一方面，一些可溶性固体，如小蛋白质，在麦芽汁中是有益的，因为它们作为二氧化碳气泡形成的成核点，促进了更有活力的发酵。我们将在第 11 章中讨论气泡和泡沫。这种气体较多的环境可以帮助酵母在氧气较少、二氧化碳较多的恶劣液体中生存。但更多的二氧化碳气泡可以支持液体中的酵母细胞，从而维持发酵过程。酵母是健康的，因为它正在按照酿酒商的意愿行事，而不是发现自己处于开始产生负面味道或香气的境地。健康的发酵很容易被看到，因为看不见的二氧化碳会在发酵罐外面的一桶水中产生气泡（见下面的视频）。

在发酵过程中取样对于跟踪发酵的健康状况非常重要。通常，啤酒厂会取少量发酵麦芽汁并测量比重的下降（酵母吸收糖和氨基酸时损失的比重）。比重的下降与酒精的增加成反比。使用可以测量比重的仪器可以相当精确地测量酒精。但这些仪器相当昂贵。因此，可以通过将发酵开始时的比重（原始比重）减去发酵过程中某一时刻的比重乘以一个因子来进行简单的计算。互联网上很容易找到几种这种类型的计算器。在发酵结束时总会测量比重（最终比重），这将为酿酒商提供发酵啤酒中最终酒精的指标。图 3 显示了发酵过程中比重的下降和相应的比重增加。

发酵过程中重力下降和酒精度增加的图。

发酵结束后，酵母“完成了它的工作”，需要将其从发酵罐中取出。它将以“塞子”的形式从圆锥形发酵罐的底部取出。酵母会絮凝（就像鸟儿聚集在一起一样）并落入发酵罐底部的“V”形中（图 4）。要取出酵母塞，需要打开一个阀门，酵母和发酵啤酒的液体浆液会流出。酵母可以被捕获、清洗和重新投放。但这个过程需要一些酿酒厂的专业知识，还需要无菌储存来清洁和维护刚洗过的酵母。对于许多精酿啤酒商来说，酵母会被冲入下水道。新鲜酵母来自酵母供应商。

加州大学戴维斯分校试点啤酒厂的发酵罐底部呈现“V”形锥。

有些酿酒商可以将老酵母卖给食品制造商，然后将其用于维吉麦酱等食品中（图 5）。这种产品和类似产品含有非常丰富的 B 族维生素，但它们的味道很独特，有些人可能不喜欢。但作为澳大利亚人，我们从小就喜欢将维吉麦酱涂抹在三明治和吐司上，或者在烹饪时用来增加咸味。

一瓶维吉麦酱和涂在面包上的美味酱料。

当然，麦芽汁中的糖、氨基酸、脂肪酸和氧气转化为酒精、风味、香气和二氧化碳需要健康的活性酵母。我们将在第 9 章中讨论酵母如何像我们一样需要食物，然后产生一系列风味、香气和其他令人惊叹的化学物质。

Cooling and storing beer

发酵并去除酵母后，可以澄清未成熟的啤酒，以确保去除任何残留的酵母细胞和冷破。有不同的方法可以确保啤酒不含任何悬浮颗粒。啤酒可以经过过滤过程（图 6）或离心（图 6）。过滤更常见，特别是在小型啤酒厂。这些设备有点便携，购买和操作相对便宜。相比之下，离心机不是便携式的，但价格便宜且易于操作。在非常大的啤酒厂。他们可能使用这两种类型来澄清啤酒。

P&F 过滤器和离心机。

过滤后的啤酒将储存在另一个圆柱形容器中，称为成熟罐或单元罐。有时，可以将多批相同啤酒风格的已完成发酵的啤酒放入大型单元罐中。啤酒可以在单元罐中放置数周，经历“成熟”过程。这个成熟阶段将在非常低的温度下进行，通常在 0°C 到 2°C 左右。

经过所需的成熟时间后，啤酒就可以包装了。啤酒通常会经过另一个过滤器，以捕获冷藏期间可能从悬浮液中析出的任何固体成分。

Barrels of funs

某些啤酒类型需要额外的不同发酵步骤。或者一些酿酒商会在木桶中陈酿啤酒，以引入更陈年的风味。

额外的发酵可以在桶中进行。这可能是不同的酵母，甚至是细菌来源。这些将带来新的味道。它还会降低 pH 值，产生“酸”味。因此，许多酸啤酒都有桶发酵和陈酿过程。这个过程可能持续几个月到几年。使用细菌可以引入一些“时髦”的香气和味道，业内称之为“谷仓”或“马毯”。

对于刚刚经过桶陈酿的啤酒，啤酒将从发酵罐中澄清到桶中进行陈酿过程。这通常用于黑啤酒，例如烈性黑啤酒，这些啤酒的酒精含量通常较高。桶陈酿将引入之前在桶中陈酿的饮料的风味和香气，例如葡萄酒或威士忌陈酿（图 7）。

啤酒在桶中陈酿。

由于酒桶密封性不佳，一段时间后会有一些蒸发。这传统上被称为天使份额。

在酒桶陈化过程之后，在包装之前可能需要进行另一步过滤。但是，仍然可以直接从酒桶中分配啤酒，这通常称为桶装啤酒。

为了酿造酒精，通常需要酵母将糖转化为酒精。

根据发酵过程，例如酵母类型、发酵温度，可以产生不同的风味和香气。

发酵过程中还会产生二氧化碳，这会使啤酒产生气泡。

发酵后，啤酒在包装前进行储存以引入一些陈酿特性。