

啤酒酿造技术概要

● 张志强 编著

● 中国轻工业出版社



啤酒酿造技术概要

张志强 编著

中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

啤酒酿造技术概要/张志强编著.-北京:中国轻工业出版社,1999.4重印

ISBN 7-5019-1730-2

I.啤… II.张… III.啤酒-酿造-技术-概论 IV.TS262.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (95) 第01605号

责任编辑:唐是雯

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:北京市卫顺印刷厂

经销:各地新华书店

版次:1995年5月第1版 1999年4月第3次印刷

开本:787×1092 1/32 印张:7.375

字数:966千字 印数:9001—11000

书号:ISBN 7-5019-1730-2/TS·1110 定价:12.00元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

目 录

概述	1
一、 酿造用水的选择和处理	4
二、 麦芽生产技术	9
1. 清选	10
2. 浸麦	10
3. 发芽	16
4. 干燥	23
5. 麦芽质量	27
三、 糖化工艺	29
1. 糖化时重要酶的作用及其最适范围	29
2. 重要的分解过程	29
(1) 淀粉分解	29
(2) 蛋白分解	32
(3) 支撑和骨架物质的分解	33
(4) 其他的分解过程	34
3. 糖化分解过程的影响因素	35
(1) 麦芽质量	35
(2) 麦芽的酶源潜力	36
(3) 麦芽粉的组成成分	37
(4) 酿造用水的质量	37
(5) 醪液的pH值	37
(6) 醪液浓度	38
(7) 下料浸渍温度	39

(8) 温度的控制程序	40
(9) 休止时间	42
(10) 氧的吸取	45
4. 不同原料不同糖化法	46
5. 糖化方法的实例	52
四、麦汁过滤	58
1. 过滤的准备	58
2. 原滤麦汁的过滤	59
3. 洗槽	59
4. 麦汁过滤中的吸氧	62
五、麦汁煮沸和添加酒花	64
1. 麦汁煮沸操作和煮沸时间	64
(1) 常压煮沸	64
(2) 蛋白质凝聚	66
(3) 低压麦汁煮沸	67
2. 酒花添加	69
六、麦汁处理	72
1. 去除热凝固物	72
2. 去除冷凝固物	75
3. 麦汁冷却与通风	80
4. 酵母添加前的麦汁质量	81
七、发酵技术	83
1. 酵母纯粹培养与繁殖	85
(1) 化验室的酵母纯粹培养	86
(2) 生产现场的酵母扩大繁殖	89
2. 酵母添加	94
3. 酵母的收获与处理	97
4. 酵母的贮存	100

5. 酵母代谢——发酵副产物	101
(1) 双乙酰的生成与减少的因素和条件	102
(2) 高级醇	108
(3) 酯	112
(4) 脂肪酸	115
(5) 乙醛	116
(6) 硫化物	116
6. 发酵技术与管理	118
(1) 传统的发酵和贮藏工艺	119
(2) 大容量发酵罐的生产技术	127
八、氧对啤酒质量的影响及避免啤酒氧化的措施 ..	158
1. 麦芽汁和啤酒氧化的一般概念	158
(1) 氧的溶解和氧化	158
① 酵母添加	119
② 主发酵(前发酵)	122
③ 后发酵(贮藏和熟成)	125
④ 口味的成熟	127
(2) 麦芽汁和啤酒中可氧化的物质	159
① 锥形罐的造形——几何尺寸	129
② 罐的清洗	137
③ 适合于传统的发酵和熟成的方法	138
④ 低温主发酵、自然升温12℃熟成	139
⑤ 低温主发酵、20℃下程控熟成	142
⑥ 高温加压发酵	144
⑦ 适合于在圆筒圆锥罐(ZKT)中发酵和贮酒的方法 ..	150
⑧ 一罐法和两罐法的优缺点以及满罐和加涌泡酒的 注意事项	153
⑨ 袋罐和满罐	154
⑩ 加涌泡酒	155

2. 氧对啤酒质量的损害	161
3. 避免啤酒氧化的对策	165
(1) 应该要求的含氧量	165
(2) 啤酒中空气的来源	165
(3) 装瓶前避免空气混入的措施	166
(4) 在装瓶过程中避免空气侵入的措施	170
(5) 啤酒中加入抗氧化剂	174
九、啤酒的稳定性	177
1. 为提高啤酒稳定性的工艺措施	177
(1) 原料	177
(2) 制麦	178
(3) 糖化	178
(4) 麦汁处理	179
(5) 发酵	179
(6) 过滤和装酒	179
(7) 避免金属离子进入啤酒中	180
2. 生物稳定性	180
3. 口味稳定性	182
4. 胶体稳定性	186
(1) 胶体混浊物的组成成分及其形成	186
(2) 提高胶体稳定性的措施	187
(3) 预测保存期——强制试验	203
十、啤酒泡沫	208
1. 泡沫的形成及泡持性	208
(1) 泡沫形成	208
(2) 泡持性	209
(3) 泡沫崩溃	209
2. 对泡沫有利的物质	209

3. 对泡沫不利的物质	210
4. 啤酒泡沫的工艺因数	212
(1) 原料	212
(2) 制麦	213
(3) 制备麦芽汁	215
(4) 麦汁处理	216
(5) 发酵	218
参考文献	220

概 述

生产质量良好的啤酒，首先应该选用适合于酿制啤酒的大麦——酿造大麦。这种大麦以春播二棱种最好，要求粒大、皮薄，发芽率95%以上，千粒重量大于40g，蛋白质含量低于11%（无水）。由于我国的啤酒掺用辅助原料——大米或玉米，若使用粒大、蛋白质含量稍高（无水物含量不超过12%），而蛋白酶活性高的（哈同比较数45℃超过40%）冬大麦或六棱大麦，也可生产出质量较好的啤酒，但仍不如二棱种夏大麦。

酒花的好坏，除了品种、生长期管理外，收获及收获后的干燥也很重要，酒花干燥温度决不能超过60℃。除了用苦味型酒花以给予啤酒苦味外，为了给予啤酒优雅的酒花香气，最后一次添加的酒花，以使用香气好的香型酒花为合理。若以苦味型酒花代替香型酒花，即使成倍地增大用量，由于香气较差，仍然生产不出香味满意的啤酒，而且也不经济。有的单位仅以 α -苦味酸多少作为衡量酒花等级的主要标准是很不合理的。国际市场上评价高的萨兹、泰特昂、司派尔特、哈拉道品种的香型酒花，其 α -苦味酸只有4~5%，价格却远高于 α -苦味酸含量8~11%的酿金、北酿等苦味型酒花，还供不应求。用于啤酒的酒花苦味质，既然几乎都来自 α -苦味酸，则 α -苦味酸少的酒花，在经济上似乎不合算，但从苦味的质的方面来考虑，酿制好的啤酒都争用香型酒花。因为一般说来，使用上述的香型酒花比使用苦味型酒花的啤酒，

苦味温和、苦味消失快、香气也优雅，这已为世人所共识。验收酒花除以 α -苦味酸作为价值的基础外，传统的感官检查也是必不可少的。最全面的检查是：感官检查和 α -苦味酸分析以及由仪器进行的酒花油分析等附加的综合判断。香型酒花的特征是：(1) 酒花苦味质中 α/β 酸在 1 以下， α -苦味酸的合萜草酮含量少（香型酒花中 α -酸的合萜草酮含量为 20~25%；苦味型酒花中 α -酸的合萜草酮含量大体上在 30% 以上）；(2) 酒花精油中单萜烯（香叶烯等）少，倍半萜烯多，特别是萜草烯、法呢烯多，而苦味型酒花的香叶烯含量高于 30%；(3) 香味要好、要优雅。酒花的严密包装和低温保存是保持酒花质量的重要手段，决不应该将酒花放在常温的库中贮存。颗粒酒花由于在惰气下包装，可减少酒花油的氧化，也以低温（6℃ 以下）保存为好。使用粉碎酒花，应在低温房间内粉碎，从粉碎机里出来的酒花粉以不超过 5℃ 为宜。粉碎程度不必过细，以粉碎成茶叶末似的大小（约 2~3mm 直径）即可，这样，既不影响酒花内容物质的浸出，又利于在旋流沉淀槽中沉淀，也避免酒花粉碎过程中过多地损失酒花油。

麦芽汁是营养丰富的培养基，不但适合酵母繁殖，包括其发酵液和嫩啤酒等也适合细菌繁殖，所以啤酒生产的关键工作是清洁卫生。以前，采用老工艺生产的啤酒厂，清洁卫生的工作量很大，尤其发酵操作，70% 是清洁卫生工作。现在生产规模越来越大，当然，相对地自动化程度也提高了。啤酒厂必须配备完整的、可靠的原位洗涤（CIP）系统。同时要经常地或定期地做细菌检查，更要注意锅、槽、罐、桶等容器以及管道中的死角，以消灭细菌的大本营。无菌空气、无菌水就是要无菌。从来没有这种例子，清洁卫生不好的啤酒

厂能生产出好酒。有的厂受轻度细菌污染，虽然产品还没感到酸、馊味，但啤酒中已进入了细菌分泌物，影响了啤酒正常口味，以致不纯正、不爽口，甚至难以入口。在啤酒质量评比中，初评便被淘汰的产品，有很多是有细菌污染味的。

最后还要强调，化验工作是技术管理的“眼睛”；酵母是啤酒生产的“心脏”。做好技术管理工作必须依靠设施完备的化验室和准确无误的化验数据。为使发酵顺当，必须保持酵母纯粹、强壮、健康，这样，才能保证生产出的啤酒，口味是纯正的，良好的。

以下着重对酿造用水和生产工艺作进一步的讨论。

一、酿造用水的选择和处理

啤酒成分中90%左右都是水，水对啤酒口味影响甚大。国外，比尔森啤酒所以闻名世界，国内，青岛、杭州、肇庆啤酒质量较好，水是原因之一。以前，建一个啤酒厂为找到合适的水源要花很大的精力。现在，由于出现了各种水处理的方法，对水质要求不那么严格了。但水处理终究要增加成本，而且有的水还不容易处理，因此，在选择啤酒厂的厂址时，仍然要考虑水质的因素。有些啤酒厂，在决定厂址时，根本不管水质如何，凭个人主观，随意指定地点，或水咸，或水含碱，或含铁，造成难以解决的不良后果。

淡色啤酒应使用含钙、镁少，尤其是碳酸盐硬度低的水，残余碱度最好不超3度。pH高的水也不适用作酿造用水。含钠的碱性水，含铁质的水，含硝酸盐的水，处理困难些，处理费用也高。铁超过0.1mg/L，对啤酒的味和色都不利。硝酸盐是酵母毒物，超过40~50mg/L就妨碍发酵，酿造用水的硝酸盐含量应在此含量之下。有些水受了微生物的污染，就不适于啤酒厂使用了，氨态氮、亚硝酸不应有。污染的水还可能出现苯酚，涂衬里的涂料，也可能释放出苯酚，存在少量的苯酚就可出现药味或类似碘的味。苯酚在浓度约10 μ g/L时便可察觉，尤其与氯化合生成氯酚，其口味界限值要低至0.015 μ g/L。

酿造用水除要符合国家规定的饮料水标准外，还要考察能概括水的酸度变化性质的残余碱度。检查酿造用水的残余

碱度，可以了解水自己排碱性后，仍在水中残留的有害性碳酸氢盐硬度，以比较水中损失酸度的碳酸氢盐离子（提高 pH）与促进酸度的碱土离子（降低 pH）量之间的关系。为了解除碳酸氢盐的有害性，必须有 3.5 个钙离子被利用，而镁离子的作用只能达到钙离子的一半，为了达到同样效果，必须动用 7 个镁离子。因此残余碱度可按下列公式计算之：

$$\text{残余碱度} (^{\circ}\text{dH}) = \text{总碱度} - \left(\frac{\text{钙硬度}}{3.5} + \frac{\text{镁硬度}}{7} \right)$$

总碱度在无碱性碳酸盐下相当于碳酸盐硬度，也即损失酸度的离子含量。残余碱度对啤酒质量的影响见表 1。

表 1 水硬度及残余碱度对啤酒质量的影响^[2-1]

项 目	硬 水	除硬水	蒸馏水
残余碱度 (德 国 度)	11.1	-0.6	0
啤酒最终发酵度	77.9	79.8	80.1
啤酒装出发酵度	76.8	77.9	76.0
pH	4.49	4.29	4.39
色度 (EBC 单位)	9.0	7.2	7.7
鞣质 (mg/L)	240	227	216
苦味质 (mg/L)	21.6	19.9	20.2

水的残余碱度为 5[°]dH 以下时，生产一般淡色啤酒可以不进行除硬。如果要求生产高质量的淡爽型啤酒或比尔森型啤酒，其酿造用水的残余碱度最高不超过 2[°]dH，甚至残余碱度为负值时更为有利。水的残余碱度超过 5[°]dH 时，对多数的酶的作用不利。使各种物质的转化受到抑制，浸出率也下降。pH 值高的醪液也会溶出较多的麦皮物质，以使麦汁和啤酒的色度加深，啤酒的口味也更粗糙。残余碱度 10[°]dH 的水可使醪液和麦汁的 pH 升高 0.3，而残余碱度为 -10[°]dH

的水,与蒸馏水相比可使 pH 下降约 0.3。

委托自来水厂作水分析,常常不报告残余碱度,工厂化验室可根据它的分析自己计算。

不能认为历史性、一次性地委托他人作了一次水分析,便永远不变了,事实上,工厂里的水质是常常变动的。例如,国外有一啤酒厂^[8]使用残余碱度为 2°dH 的酿造用水,其麦汁中 α -氨基氮与溶解氮的比例是合适的(氮比例配备合适,则 α -氨基氮为总可溶解氮的 21~23%),有一个正常的发酵过程,嫩啤酒中双乙酰含量为 0.35mg/L。但一周后,水质发生了变化,残余碱度升高至 7 及 10°dH,因此,所生产的麦汁,发酵时间延长至 8~9 天,而嫩啤酒的双乙酰值为 0.43 及 0.55mg/L,则不可能充分地还原至口味界限值以下。由于这个厂酿造用水组成分的变化,提高了醪液 pH 值,溶解氮、主要是 α -氨基氮相对地下降,啤酒 pH 停留在 4.58 和

表 2 酿造用水的要求

试验项目	试验频率	要 求
混浊度	每日	透明
臭/味	每日	无臭无味
残余碱度	每周	<5(°dH)
铁/锰	每月	<0.05 (mg/L)
氨,亚硝酸盐, H ₂ S	每月	无
硝酸盐	每月	<60 (mg/L)
氯化物	每月	<100 (mg/L)
硫化物	每月	<200 (mg/L)
规定的饮料水有害物质	每年	送卫生部门检查

4.63 (乙酰乳酸脱羧酶受到抑制)。

至少，春、夏、秋、冬，每季应化验一次水的成分。对酿造用水的要求如表 2 所示^[4-1]。

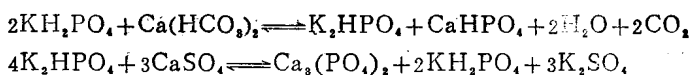
E. Reicheneder 博士概括地列出以下(表 3) 数值作为酿造用水应该追求的最高值和界限值。

表 3 在处理酿造用水时所要求的最高值和界限值

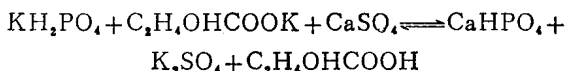
项 目	数 值	原 因
pH	7~8	过酸：腐蚀；过碱：妨碍酶
p-值 (酚酞-值)	0.1~0.3	不含侵蚀性的CO ₂
m-值 (甲基橙-值)	0.7~1.2	只残留有少量的损失酸度的HCO ₃
碳酸盐硬度(°dH) (kH)	2~3	只残留有少量的损失酸度的HCO ₃
非碳酸盐硬度(°dH)	最低 2×kH 最好 3.5×kH	平衡碱性
钙硬度(°dH)	非损害性的	促进酸度至35
镁硬度(°dH)	5以下	不正常的苦味
硫酸盐(mg/L)	240以下	饮料水规定
氯化物(mg/L)	300以下	盐味
硝酸盐(mg/L)	50以下	饮料水规定；有妨碍发酵的危险
SiO ₂ (mg/L)	20以下	喷泡的危险
Fe (mg/L)	0.1以下	口味错误，喷泡的危险
侵蚀性CO ₂	0	腐蚀

水处理要根据水质特性采取有针对性的处理方法。例如：只是碳酸盐硬度高的水，用石灰法处理结果也不错，且较经济；含氯或氯酚的水适用活性炭处理；含钠的碱性水用氯化钙处理较为合适。不管水质如何，一律采用电渗透或反渗透的方法是不合理的，其处理费用高。最简单、也不需要设备的水处理方法为使用乳酸麦芽、乳酸麦汁(生物酸化)，或食用乳酸，但乳酸费用较高。若使用盐酸、硫酸、磷酸对

水中的碳酸氢盐进行中和，要注意碳酸盐硬度与非碳酸盐硬度的比例（1:2~2.5），尤其注意这些无机酸应不含有害的重金属。向酿造水中加石膏，对碳酸盐硬度高、非碳酸盐硬度低的水可调低残余碱度，可使一定的碳酸氢盐的碱性作用减低。反应式如下：



此时水中的钙和镁的碳酸氢盐将导致醪液中的酸性的第一磷酸盐变为碱性的第二磷酸盐，石膏则与所形成的碱性磷酸盐在加热的条件下形成酸性磷酸盐和不溶性的磷酸钙。此时，每一分子硫酸钙在反应中产生一分子硫酸钾，对啤酒是不利的。同时，在以上反应中产生的磷酸盐的析出，对酵母的营养分是一种损失，并减少了缓冲物质。石膏又与醪液和麦汁中的有机酸盐，如乳酸盐和酸性磷酸盐反应，也生成碱性磷酸盐和硫酸钾：



再次沉淀析出磷酸钙。因此添加石膏必须谨慎小心。石膏的最大添加量不要超过 30g/hl(克/百升)。也要注意，加石膏或氯化钙，应使水的碳酸盐硬度与非碳酸盐硬度之比为 1:2~2.5，最高不超过 1:3.5 为好。含钠不太高的酿造用水，添加氯化钙可使啤酒口味柔和、醇厚，如果水含钠太高或添加氯化钙过量，则导致啤酒发生咸的口味。

完全除硬的水，应注意水中至少应含有 50mg/L 的 Ca^{2+} ，否则仍影响酶的活性。

有的厂又加石膏又加乳酸，如果加石膏后不能减少乳酸的添加量，应取消添加石膏。

二、麦芽生产技术

一个麦芽厂如要充分了解进厂大麦的性质和特点，就应该有一套微型或小型发芽设备。对不同种类的大麦，找出合适的发芽温度和方法（如水敏感性大麦应如何浸麦，溶解不良的大麦应如何浸麦和发芽）。依靠常规的大麦物理及化学分析不能充分了解其大麦的特性和内在质量。我国大麦品种多样，产地不同，进口大麦也是如此。一个厂有时要购进几种大麦，所进厂的大麦应按品种、产地、蛋白质含量高低，分别存放。根据不同大麦的特性，采取不同的发芽法。

对大麦质量的最基本要求是发芽率，大麦采购人员至少要在采购点测发芽率。所购入的大麦，至少要有90%以上的发芽率，一般应有95%以上的发芽率，且发芽力（3天发芽试验）与发芽率（5天发芽试验）数据较近，发芽力应在90%以上。

如果大麦发芽率低，则其不发芽的部分，白白经过整个制麦过程，增加了不必要的成本，且这部分不发芽大麦比原大麦的色泽加深。如果麦芽中有20%的不发芽部分，则等于麦芽中已加入了20%的不想要的辅助原料，一般说来，溶解好的麦芽在不使用工业酶的情况下，只可掺入25%的大米或玉米，才可基本保证麦汁的质量。若麦芽中已有不发芽大麦20%，其糖化原料中再掺入了30%的辅料，则等于原料中掺入44%的不发芽谷物原料了。因此采购大麦，不能买着大麦便算完成“任务”，至少必须保证购入大麦的发芽率。