

糖化工艺对啤酒发酵度的影响

王志坚

(河北钟楼集团邯郸啤酒有限公司,河北 邯郸 056001)

摘 要: 合理控制糖化工艺是提高啤酒发酵度的关键因素之一,应根据不同的麦芽质量,制订不同的糖化工艺。1.麦芽粗细粉差小,粉碎度适宜。2.合理控制料水比。酿制淡色啤酒的料水比为1:4.2。3.控制pH值在5.41~5.62之间。4.控制适当的下料温度,采用低温糖化工艺。(陶然)
关键词: 啤酒生产; 发酵度; 糖化工艺
中图分类号: TS262.5; TS261.4 文献标识码: B 文章编号: 1001-9286(2004)02-0071-02

Effects of Saccharification Technology on Beer Fermentation Degree

WANG Zhi-jian

(Handan Beer Co. Ltd. of Zhonglou Group, Handan, Hebei 056001, China)

Abstract: Proper control of saccharification technology is a key factor to increase beer fermentation degree. Accordingly, different saccharification techniques were made in view of malt quality as follows: 1. small difference between coarse malt powder and fine malt powder and proper grinding degree; 2. proper control of the ratio of raw materials and water (the ratio is 1:4.2 in the production of ale); 3. pH values controlled between 5.41~5.62; 4. proper control of charging temperature and application of low-temperature saccharification techniques in the production.(Tran. by YUE Yang)
Key words: beer brewing; fermentation degree; saccharification technology

发酵度是啤酒生产中一个重要的技术参数。通过发酵度的评估可以检查酵母发酵是否正常,从而对麦汁成分、酵母性能、工艺条件作出判断。
在影响啤酒发酵度的诸因素中,除酵母菌种之外,麦汁成分是关键因素。所以,麦汁制备过程——糖化工艺的制订与控制显得十分重要。

1 糖化工艺对发酵度的影响

1.1 原料的影响

麦芽质量应严格控制,使其主要质量指标达到一级以上标准,要求酶活力高,溶解良好,浸出率高,协定糖化法最终发酵度达到80%以上。麦芽溶解度与发酵度的关系见表1。

表 1 麦芽溶解度对最终发酵度的影响			
项目	麦芽粗细粉差 (%)		
	5.2	2.2	1.2
最终发酵度 (%)	73.1	79.9	83.0

麦芽粗细粉差越小,麦芽溶解越好,酶活力也高,最终发酵度也高。

1.2 原料粉碎度的影响

原料粉碎,特别是麦芽的粉碎度是否适宜,不仅关系到收得率,而且关系到麦汁组成,特别是麦汁中可发酵性糖的含量,影响麦汁的色、香、味及稳定性。麦芽粉碎过细,虽然有利于酶浸出及糖化,获得较高的可发酵性糖和较高的最终发酵度,但麦汁过滤时难以形成理想的过滤层,致使过滤困难,时间延长,原料利用率降低。

麦芽粉碎过粗,麦汁过滤层形成较理想,但糖化难以完全,麦汁收得率不高,麦汁中可发酵糖含量减少,麦汁发酵度会受到一定程度的影响,见表2。

表 2 原料粉碎度对啤酒发酵度的影响 (%)							
粉碎度	浸出物	最终发 酵 度	可发 酵 糖	果糖	葡萄糖	蔗糖	麦芽糖
细粉碎	80.7	65.1	9.67	0.27	1.54	0.34	5.87
粗粉碎	76.0	60.1	9.61	0.26	1.51	0.53	5.00
粉末粉碎	82.4	65.5	9.69	0.26	1.71	0.30	5.86

麦芽粉碎应适度。工艺要求达到:谷皮25%~30%,粗粒8%~12%,细粒30%~35%,细粉20%~25%。大米粉碎以细粒60%,细粉40%为宜。既要保证糖化效果,获取较高收得率,又要保证麦汁中可发酵性糖的含量。

1.3 料水比的影响

料水比决定醪液的浓度。糖化料水比对发酵度有明显影响,见表3。

表 3 料水比对麦汁发酵度的影响				
项目	料水比			
	1:2	1:2.7	1:4	1:5.5
可发酵浸出物 (%)	52.3	56.3	58.5	57.8
麦汁发酵度 (%)	88.0	89.8	90.7	90.3
糖化时间(min)	30	20	12	10

糖化总料水比的确定以总浸出物量及第一麦汁浓度为主要参

收稿日期:2003-09-03

作者简介:王志坚(1944-),男,河北磁县人,大学本科,高级工程师,长期从事啤酒研究、开发与管理工
作,获市优秀科技成果二等奖、省优秀新产品二等奖、市科技进步一等奖、省质量管理一等奖各1项,发表专业论文200余篇,多篇获奖。

数。生产淡色啤酒糖化料水比一般取1:4~5。当料水比高于1:4时(称为稀醪糖化),糖化效果较好,制得麦汁粘度低,过滤速度快。因稀醪糖化麦汁过滤量大,麦汁中可发酵糖相对较低。但料水比高过1:7时,将明显影响麦汁中可发酵糖浓度及浸出物收得率、发酵度。如料水比1:7,温度85℃时,麦汁可发酵度只有6%。浓醪糖化有利于酶的热稳定性,但作用速度慢,麦汁粘度高,麦糟中残留浸出物多,影响原料利用率。同时会使酶促反应的动态平衡偏向底物,以致降低了麦汁发酵度。酿制淡色啤酒料水比可取1:4.25(糖化料水比1:4,糊化料水比1:5),可获得较理想的糖化效果。

1.4 pH值的影响

麦芽中所含的酶都有自己最佳作用条件,如温度、pH值等。只有在最佳pH值条件下,酶才能发挥自身最高活性,从而达到促进糖化、改善麦汁成分的目的(见表4)。

表4 pH值与酶效应

pH值	酶效应
4.5~5.0(糖化醪)	最高蛋白酶活性
5.3~5.7(糖化醪)	最高 α -淀粉酶活性(Ca^{++} 存在)
5.3(糖化醪)	最高 β -淀粉酶活性
5.2~5.4(麦汁)	最短糖化时间
4.9~5.1(麦汁)	最高永久性可溶性氮
5.2~5.4(糖化醪)	最高可发酵糖、浸出物

在麦芽酶类中, α -淀粉酶、 β -淀粉酶是关键酶种。 α -淀粉酶最适pH值为5.6~5.8, β -淀粉酶最适pH值为5.4~5.6。不同温度、pH值条件下生成的产物也不同。如 α -淀粉酶除生成少量麦芽糖外,主要生成糊精;而 β -淀粉酶的主要生成物是麦芽糖。当pH值为4.9~5.1时会有最高永久性可溶性氮生成,从而制成不同组分的麦汁。不同组分麦汁会直接影响到麦汁发酵度。醪液pH值与麦汁发酵度的关系见表5。

表5 醪液pH值对糖化时间、最终发酵度的影响

项目	醪液pH值				
	6.08	5.80	5.61	5.42	5.10
最终发酵度(%)	72.7	76.5	77.0	77.2	60.7
糖化时间(min)	30	20~25	10~15	15~20	30

每种酶都有自身最适pH。但只要调整合理,可使 α -淀粉酶、 β -淀粉酶的pH值达到最佳统一,即pH值为5.41~5.62。此时麦汁可发酵度达到87.2%~87.5%,糖化时间也相应缩短。

1.5 糖化温度的影响

1.5.1 下料温度的影响

糖化时,下料温度的确定以麦芽质量为依据,主要考虑麦芽溶解度及酶活力。当麦芽溶解度好(粗细粉差 $<2.5\%$,库值 $>38\%$, α -AN $\geq 140\text{ mg}/100\text{ g}$ 干麦芽,粘度 $<1.55\text{ mps}$)时,下料温度(52~53℃)可高些,并适当缩短保温时间,防止麦芽溶解过度。麦芽质量好,又取低温下料,保温时间长,蛋白质会过度分解。此时麦汁中低分子氮含量会明显增加,可为酵母增殖、发酵提供足量的氮源,发酵度高,但酿制的啤酒口味淡薄,泡沫性能差。只有当麦芽溶解差(粗细粉差 $>2.5\%$,库值 $<32\%$, α -AN $<120\text{ mg}/100\text{ g}$ 干麦芽,粘度 $>1.75\text{ mps}$)时,才取低温(35~38℃)下料,以激活酶活力,改善糖化及麦汁成分。下料温度与最终发酵度关系见表6。

1.5.2 糖化温度的影响

糖化工艺中温度是控制的首要条件。糖化温度的变化直接关系到各种酶,特别是 α -淀粉酶、 β -淀粉酶的活性。不同温度下会有

表6 糖化下料温度与最终发酵度

项目	下料温度(℃)			
	52	62	68	50/62
最终发酵度(%)	80.2	82.5	81.2	83.4

不同的酶效应,见表7。

表7 糖化温度与酶效应

糖化温度(℃)	酶效应
62	大量麦芽糖生成
63~65	最高麦芽糖生成
68~70	糊精生成量相对增加,麦芽生成量相对减少
70	大量短链糊精生成, β -淀粉酶内肽酶失活
80~85	β -淀粉酶失活
85~100	全部酶失活

糖化温度控制在50℃以上时, α -淀粉酶活性增强,淀粉水解加快。温度高于65℃时, β -淀粉酶活性降低,甚至失活。当温度高于72℃时, α -淀粉酶活性也开始下降。当 α -淀粉酶活性存在时, β -淀粉酶的唯一产物是麦芽糖,而 α -淀粉酶则有不同产物,有低分子糖如葡萄糖、麦芽糖和麦芽三糖。这些糖大部分可以被酵母发酵,而大量的短链糊精则不能被酵母直接利用,从而影响到麦汁中糖与非糖的比例。

2 提高啤酒发酵度的途径

2.1 首选高发酵度酵母菌种

不同的酵母菌种有不同生理特性,如发酵度、凝聚性、副产物、双乙酰还原力等。通常酵母能发酵单糖、双糖,某些菌种不能发酵三糖,在同样组分的麦汁中发酵度就低。如果选育的酵母菌种不仅能发酵单糖、双糖,而且能发酵三糖、四糖甚至异麦芽糖,那么发酵度会明显提高。要想提高啤酒发酵度,必须首先选好高发酵度酵母。这是提高啤酒发酵度的最根本、最有效的途径。

2.2 糖化工艺的控制

要想使啤酒达到一定的发酵度,麦汁中必须含有足够比例的可发酵糖。低温糖化有利于 β -淀粉酶作用,生成较多的麦芽糖。要想提高麦汁中可发酵糖的含量,应取低温糖化工艺,并根据不同麦芽质量制订不同的糖化工艺。

麦芽质量好时,糖化工艺如下:

糊化:50℃(10 min)→70℃(30 min)→100℃(10 min)

糖化:45℃(40 min)→65℃(40 min)→68/70℃(糖化完全)→76/78℃

麦芽溶解度差,酶活力低时,取低温浸渍工艺:

糊化:50℃(10 min)→70℃(30 min)→100℃(10 min)

糖化:35/38℃(30 min)→45℃(60 min)→65℃(40 min)→68℃(糖化完全)→76/78℃

糖化过程应在糖化锅分段升温,为各种酶创造最佳温度条件。同时有利于麦汁色泽与口味。

糖化过程应注意pH值的调整。pH值控制在5.41~5.62之间,以利于 α -淀粉酶、 β -淀粉酶作用。糖化过程pH值控制如下:糖化用水pH5.6~6.0,45~50℃蛋白分解时pH5.2~5.4,65~68℃糖化时pH5.2~5.4,麦汁煮沸终了pH5.2~5.4。

2.3 发酵温度的控制

发酵温度的变化影响酵母的发酵与代谢,就啤酒发酵度而言,发酵温度高,发酵度也高。

(下转第75页)

表 6 斯库拉麦芽主要理化指标			
项目	指标	项目	指标
蛋白质(%)	10.9	α -AN(mg/100 g)	158
水分(%)	4.6	糖化力(WK)	320
糖化时间(min)	10	粉状粒	87
浸出率(%)	79.8	发芽率	94
色度(EBC)	4.0	库尔巴哈值	41

炉;麦芽浸泡池;温度计;钟;等等。

2.2.2.3 工艺方案一

麦芽浸泡(30℃±5℃水,6~8 h)→沥干(4~6 h)→进入转筒锅炉并升温到45~50℃(保温1.5~2.0 h)→以1℃/min的速度升温到70℃±2℃(保温1.0~1.5 h)→大火加热升温至150~160℃(在140℃开始取样,直至外观合格出炉)

2.2.2.4 工艺方案一解释说明

(1)干麦芽进行浸泡的目的是让胚乳充分吸收水分,创造一种内部反应体系的环境来激活麦芽酶体系,控制的关键指标是浸麦度,根据我们的试验数据,浸麦度在42%~46%为好,在上述工艺条件下,酶体系基本被激活。

(2)沥干的目的是让麦芽皮壳外的水分晾干,避免麦芽进炉时因皮壳外的水分而粘附炉壁,使麦芽受热不均匀发生焦苦。同时在这段时间内,进一步激活了一些酶,同时一些低温酶(如β-葡聚糖酶)开始作用。这里要注意在沥干过程中要不断搅拌,使麦芽皮壳水分均匀沥干。

(3)蛋白质在45~55℃温度之间时,在蛋白酶的作用下最容易分解,温度偏向55℃时,溶出的可溶性氮偏多;偏向于45℃时,溶出的低分子氮偏多,特别是α-AN。根据表3,表4,表5可以看出,我们更希望得到低分子氮。

(4)45℃到70℃升温的速度不要快,过快将造成还原性糖生成不足,影响最后香味物质的形成。

(5)70℃保温主要应用α-淀粉酶、β-淀粉酶等综合作用,对麦芽进行进一步的液化,产生更多的还原性糖。

(6)当保温结束时,必须要加大火力,快速升温,并要不断搅拌,类黑素的产生条件是在具备低分子糖类和某些氨基酸或其他的低分子含氮物质,麦芽水分不得低于5%,当80~90℃时,就开始此类反应,100~110℃为最适反应温度,当加热到110℃时麦芽香味强烈产生,色素类物质大量形成。这样生产的特种麦芽色泽宜人、香味浓郁而且大部分是人们喜欢的含氧化合物的香气成分。这里需要注意的是在升温的最后阶段,温度上升特别快,此时麦芽容易焦化,所以要不断取样观察,及时控制好温度。

(上接第72页)

露天发酵工艺中适当延长12~14℃保温时间,加强发酵液对流,以维持发酵液中有较高酵母细胞浓度,强化酵母对可发酵糖的同化,达到提高啤酒发酵度的目的。但高温时间不宜太长,防止酵母衰老与自溶。高温(12~14℃)以不超过5 d为好。

2.4 外加酶法

在正常的麦汁中可发酵糖占总糖量的75%~80%,占浸出物的65%~70%。单靠麦芽中所含的酶进行糖化,获取高发酵度(>72%)是相当困难的。对于高发酵度啤酒,特别是干啤酒是难以满足的。而外加酶是提高可发酵糖含量的有效途径。目前常用的工业酶制剂有糖化酶、异淀粉酶。实验证实,在pH5.4,取52℃→65℃→70℃→78℃糖化温度曲线,1000 g原料添加9000 u糖化酶、6000 u

通过这种方式生产出来的麦芽色泽黄褐,香味较浓,色度在400 EBC左右。适合生产棕色、深红色,口感醇厚,麦芽香味较浓,并具有淡淡的似奶油清香的略有甜味风味的啤酒。

2.2.2.5 工艺方案二

麦芽浸泡(60℃±5℃水,4~6 h)→沥干(4~6 h)→进入转筒锅炉并升温到30~40℃(保温0.5~1.0 h)→以1℃/min的速度升温到63℃±2℃(保温0.5~1.0 h)→大火加热升温至170~180℃(在150℃开始要不断取样,直至外观合格出炉)

2.2.2.6 工艺方案二解释说明

本工艺的主体设计思想同方案一,该方案的特点是尽可能使β-淀粉酶起作用,产生更多的像葡萄糖一样的低糖,该工艺生产出的特种麦芽,色泽深黑,香味浓郁,香味成分以含氮杂环化合物为主,适合酿造深色、黑色啤酒。而且对啤酒的非生物稳定性非常有利。对于蛋白质溶解较好的麦芽也适合这种工艺。

2.2.2.7 对此工艺的几点说明

(1)此工艺为参考工艺,制定具体的工艺时,要根据麦芽的理化指标、设备硬件条件、需要特种麦芽的类型、消费者喜欢的口感等因素综合考虑,可以在上面的工艺基础上进行微调,即可达到满意效果。

(2)在工艺的控制过程中,关键是控制好时间和温度,既要保证一定量的低分子氮和糖,又不能过度地分解蛋白质和糖类物质,以产生不必要的鲜味、甜味等异杂味。

(3)这种着色特种麦芽的提取液pH值在3.0左右,所以用这种麦芽生产啤酒时要控制好酸度。

(4)着色特种麦芽的提取液具有胶体特性,部分为不溶性物质,部分是不发酵的可溶性物质,有利于啤酒的起泡性和泡持性。而且它带有负电荷,能保证啤酒的胶体性质,有利于啤酒的非生物稳定性。

(5)麦芽中的焦香味主要来自甘氨酸形成的类黑素,半胱氨酸等也是其香味成分之一,所以要创造能让它们生成的良好环境。

(6)在整个特种麦芽的生产过程中要不停地搅拌,一定要注意不能发焦、发枯,以防止整个生产的失败。

运用着色特种麦芽可以生产不同风味和不同色泽的啤酒,特别是在产品个性化、差异化竞争极为激烈的今天,特色风味啤酒能给企业带来巨大利润。

参考文献:

[1] 管敦仪.啤酒工业手册(修订版)[M].北京:中国轻工业出版社,1998.
[2] 陈之贵,张五九.特种麦芽风味及对啤酒风味影响的研究[M].中国啤酒,2001,(10):9-13.
[3] 顾国贤.酿造酒工艺学(第二版)[M].北京:中国轻工业出版社,1996.

异淀粉酶,啤酒真正发酵度可达到75%以上。

另一途径是麦汁冷却时进罐的同时加入高活性葡萄糖苷酶,可使糊精进一步分解为可发酵糖分,以提高啤酒发酵度。这是目前采用较多的方法。对于生产低糖、高发酵啤酒,在发酵初期加入淀粉葡萄糖酶是很有必要,也是十分有效的。

酶制剂用量应根据麦芽酶活力、酶种类、料水比、啤酒种类予以调节,以防止加大生产成本,影响啤酒口味及稳定性。

参考文献:

[1] 管敦仪.啤酒工业手册(修订版)[M].北京:中国轻工业出版社,1999.
[2] Wolfgang Kunze.湖北啤酒学校翻译组译.啤酒工艺实用技术[M].北京:中国轻工业出版社,1998.