

# 生物酸化技术在啤酒生产中的应用

龚庆芳,孙军勇,顾国贤

(江南大学教育部工业生物技术重点实验室,江苏 无锡 214036)

**摘要:** 生物酸化技术应用于啤酒生产可降低糖化醪 pH 值,实现对麦芽、糖化醪和麦芽汁的酸化,生物酸化可增加酶活。生物酸化技术在啤酒生产中的应用不仅能降低生产成本,而且还能提高啤酒质量,但对乳酸菌和工艺有严格的要求。(孙悟)

**关键词:** 生物酸化技术; 啤酒; 应用

中图分类号:TS262.5;TS261.4;Q819 文献标识码:A 文章编号:1001-9286(2005)11-0061-04

## Application of Biological Acidification in Beer Brewing

GONG Qing-fang, SUN Jun-yong and GU Guo-xian

(The Key Lab of Industrial Biotechnology of Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi, Jiangsu 214036, China)

**Abstract:** The application of biological acidification in beer brewing could effectively reduce pH value of saccharifying mash, achieve the acidification of malt, saccharifying mash, and wort, and increase enzyme activities. Its application in beer brewing could not only reduce production cost but also improve beer quality. However, strict requirements of lactobacillus and the relative techniques were necessary in its application. (Tran. by YUE Yang)

**Key words:** biological acidification; beer; application

通常在啤酒酿造过程中,糖化醪的 pH 值在 5.7~5.75 之间,高于此阶段主要酶( $\beta$ -葡聚糖酶 pH4.5~4.8,  $\alpha$ -淀粉酶 pH5.6~5.8,  $\beta$ -淀粉酶 pH5.4~5.8 和羧基肽酶 pH5.2)发挥最佳酶解的 pH 值 5.4<sup>[1]</sup>。为降低 pH 值,一般工厂中都通过添加无机酸(如盐酸、磷酸)或有机酸(如食用乳酸)来调酸。但盐酸是强酸,  $H^+$ 解离度大,会使醪液和麦汁 pH 值波动较大。食用乳酸等有机酸因为是弱电解质,其用量大,成本高,且乳酸中残留的一些杂质会影响啤酒质量。相反,使用生物酸化技术进行酿造则不会存在这些问题<sup>[2]</sup>。

生物酸化技术是指从麦芽表面分离的非腐败型啤酒乳酸杆菌为菌种,以啤酒厂未添加酒花的过滤后的头道麦芽汁为培养基发酵生产乳酸,调节糖化过程中糖化醪和麦芽汁的 pH 值以满足啤酒酿造的需要,而无需再添加额外酸<sup>[1]</sup>。生物酸化技术主要应用在麦汁制备阶段。

### 1 生物酸化在国内外的应用状况

#### 1.1 生物酸化在国内的应用

早在 20 世纪 60 年代中期,张志强撰文介绍了生物酸化法在啤酒生产中的应用,方心芳教授提出了生物酸化的率性培养法,原沈阳啤酒厂芦乃达在 1967~1968 年

间曾带领工程技术人员制作生物酸化设备,进行实验并取得成功,部分设备投入啤酒生产使用。但由于当时经济条件的限制和人们消费意识的局限,这一技术的应用并未形成气候。直到近几年,我国的啤酒事业得到飞速的发展,生物酸化技术才被许多啤酒企业重视。

在我国,绝大多数啤酒生产厂家,为了提高产量与原料利用率,提高设备利用率与弥补某种工艺质量上的缺陷,使用了多种多样的酶制剂、澄清剂、抗氧化剂与化学酸类物质等添加剂。就实而论,各种添加剂的使用,不仅给企业增加了产品成本,而且有些添加剂的使用,对消费者的身心健康状况也构成了潜在的危害<sup>[3]</sup>。而生物酸化技术能弥补啤酒酿造过程中的许多不足之处,提高市场竞争力,已在一些大型啤酒企业中得以应用。

#### 1.2 生物酸化在国外的应用

生物酸化技术的应用始于德国。1906 年,德国人 Otto Francke 申请了利用德氏乳杆菌生产一种酸牛奶味的啤酒专利。此后,于 1909 年,有人给出了生物酸化的实验方案。在 1911 年 10 月的 VLB 会议上, Wilhelm Windish 教授作了关于“利用德氏乳杆菌人工酸化麦芽浆”的报告。并在会上第一次讨论了生化参数与酿造技

收稿日期:2005-06-20

作者简介:龚庆芳(1980-),女,浙江义乌人,硕士研究生。

术的影响。在接下来的几年里,进行了大量的有关生物酸化的实验并取得了良好的结果。尤其是德国啤酒税法第 19 条规章的修改把生物酸化的应用推至了顶点。但二战后的几年里,生物酸化技术几乎被人们所遗忘,曾一度发展缓慢<sup>[4]</sup>。之后,随着经济发展,人们对健康要求的提高,到 20 世纪 80 年代,欧洲各国已开始运用乳酸菌的生物酸化技术来调节糖化醪的 pH 值以制造口味柔和、淡爽的淡色啤酒,以适应市场的需要。

## 2 生物酸化技术的应用

### 2.1 降低糖化醪 pH 值

目前,在啤酒工业中降低糖化醪 pH 值的方法除了改善糖化水质外,还经常采用酸化技术,主要有 3 种:添加酸或酸式盐;添加酸麦芽;添加生物酸化麦汁。下面主要对添加酸麦芽和生物酸化麦汁作一简介。

#### 2.1.1 麦芽酸化

酸麦芽指富含乳酸的麦芽,它能降低糖化醪的 pH 值,从而提高淀粉酶活力,促进蛋白酶解。根据制取工艺的不同,制备酸化麦芽的方法有 3 种:①利用大麦表面的乳酸菌,在厌氧条件下培养 1 d 以上使发芽期的大麦成酸性;②向麦芽喷洒德氏乳杆菌的悬浮液后于 50℃ 下培养 24~36 h;③在 45~50℃ 水中浸泡焙制的浅麦芽,待麦芽中的乳酸菌产生浓度为 1% 的乳酸后,将其于 50~60℃ 间干燥浓缩至乳酸含量为 2%~4%<sup>[5]</sup>。

酸麦芽的添加量为原料量的 3%~5%,最大可达 10%。其添加不仅可以促进酶解作用,而且能提高 0.9% 左右的原料利用率。当用酸麦芽降低醪液 pH 达 0.15~0.25 个单位时,能提高 β-淀粉酶、蛋白酶、外切-β-葡聚糖酶和磷酸酯酶的活性,增加醪液的缓冲能力,提高可溶性氮含量,减少单宁的溶解。然而,酸麦芽的使用会提高啤酒的 pH 值,因此,糖化醪液酸化后需进行麦汁酸化,使其 pH 值降到 5.1<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 糖化醪和麦芽汁酸化

和麦芽酸化相比,糖化醪和麦汁的生物酸化工艺比较成熟。目前主要采用德氏乳杆菌 (*L. Delbrueckii*)、淀粉乳杆菌 (*L. amylovarius*)、乳酸乳杆菌 (*P. acidilactic*) 在 46~48℃ 时培养,可抑制其他微生物生长。

通常,乳酸菌的产酸水平在 0.6%~0.8% 之间,有个别也可达到 1%。对于乳酸含量为 0.8% 的酸化麦汁,添加量约占成品麦汁量的 0.5% 时可使醪液 pH 值下降 0.1 个单位<sup>[4]</sup>。如若麦汁酸化能达到 pH 值 5.1~5.2 之间,不仅能降低麦汁颜色,缩短发酵时间,而且能抑制磷酸氧化酶的活性,改善啤酒风味。采取生物酸化法调节醪液或麦汁酸度,对酿造用水的残余碱度要求小于 5 度,

钙离子含量至少为 50 mg/L<sup>[5]</sup>。

### 2.2 生物酸化对酶活的增加

生物酸化所起的一个重要作用是通过降低糖化醪的 pH 值从而增加糖化过程中主要酶的酶活。β-葡聚糖含量的高低直接影响着麦汁过滤性能的好坏,通过生物酸化技术可提高谷物中微生物的 β-葡聚糖酶活力。有资料显示,对大麦的第一、第二道浸麦水进行生物调酸,由凝胶渗透色谱显示麦汁中所含的 β-葡聚糖分子量会更小<sup>[6]</sup>。此外,利用生物酸化技术可用部分大麦取代麦芽进行酿造。据 R.M.Barta 等人报道,在生物酸化的基础上,用 20% 的大麦代替麦芽将不会改变成品啤酒的质量<sup>[7]</sup>。Deirdre P.lowe 等人则比较了利用生物酸,用 50% 大麦取代麦芽与未用生物酸和全麦酿造的结果。结果显示利用生物酸能弥补因添加 50% 大麦所带来酶活减少的缺陷。在其实验中还对不同的 4 株菌所产的生物酸进行了发酵实验对比,结果显示不同菌株所产生物酸对分解淀粉、蛋白质和葡聚糖的能力是有区别的<sup>[8]</sup>。从而可知,乳酸菌本身能分泌一定量的分解淀粉、蛋白质和葡聚糖的酶类。因而,生物酸还能提供额外的水解酶。

### 2.3 生物酸化的优缺点

生物酸化比化学酸化提高酶活作用更有效,特别是在降低 β-葡聚糖含量,提高糖化醪过滤性能方面<sup>[6,8]</sup>。从生物酸化的实验和应用上看,其优点是明显的。生物酸化技术可以增强原料中各种酶的活性,使所有的分解过程进行得更快、更彻底,减少杂菌污染的可能性,从而提高啤酒的生物稳定性和原料的利用率,改善麦汁的组成成分和麦汁与啤酒的过滤性能,提高产品的最终发酵度。麦芽醪 pH 值的降低,减少了金属螯合键的连结,增强了酵母对锌的吸收,从而抑制了副产物的生成。而麦汁 pH 值的降低,不仅有利于活性单宁等物质的浸出,在煮沸时有利于大分子蛋白质的凝聚沉淀,而且更加接近啤酒混浊物的主要成分 β-球蛋白的等电点。由此可以大大提高啤酒的非生物稳定性及口味稳定性<sup>[9]</sup>。生物酸化麦汁相对于化学酸化麦汁含有更多的还原物质,可以防止多酚氧化,从而赋予啤酒更加良好的色泽<sup>[10]</sup>。此外,乳酸菌能分泌一些抗菌物质,可抑制多种啤酒污染菌的生长和繁殖。总的来说,生物酸化技术不单起到了降酸作用,而且还能增加糖化过程中起主要作用的酶(蛋白酶、淀粉酶、葡聚糖酶),提供天然抗菌物质<sup>[10-12]</sup>。

当然,任何单一的技术都不是完美的,生物酸化技术也同样存在缺点,如可凝固性氮水平较高,苦味值损失大,糖化醪酸化中缓冲能力的增加必须再对麦汁进行酸化,麦汁煮沸过程中低的 pH 值也导致更低的酒花异构化程度和更少的 DMS 前体分裂范围。然而,在麦汁煮

沸过程中通过添加酸化麦汁可把这些影响降到最低,最好是对糖化醪和麦汁酸化并用<sup>[1,5,13]</sup>。

## 2.4 生物酸化的要求

无论是麦芽酸化还是麦汁酸化,乳酸菌都是首选。

### 2.4.1 对乳酸菌的要求

乳酸菌为革兰氏阳性菌,过氧化氢酶试验呈阴性,微需氧气,不产孢子,不运动,在显微镜的暗视场中能够强烈折光。在所有的乳酸菌中,包括许多种乳酸菌菌种,针对麦汁、发酵液与啤酒而言,很多乳酸菌菌种是有害的(如 *L. lindner*, *L. brevis*, *L. casei* 等),但也有些乳酸菌是无害的(如 *L. amylovorus* 与 *L. amylolyticus* 等),正是有了这些无害的乳酸菌菌种,使得生物酸化技术能在实际生产中得以应用<sup>[3]</sup>。

被选用于麦汁酸化技术的乳酸菌菌种要满足以下各项工艺与质量方面的要求:

①能够很好地适应未加酒花的麦汁的生长环境,生长速度快,尽量高产 L-乳酸。乳酸的构型分为 3 种: D-型、L-型、DL-型。人体只能吸收其中的 L-型部分,过多食用 D-型或 DL-型乳酸可导致人体代谢功能的紊乱,而目前作为食品添加剂的乳酸绝大多数是 DL-型<sup>[14,15]</sup>。产酸量大,最终酸含量应能达到 1.0%~1.5%,利于有效地添加与调整,而且能够很好地防止与抑制其他杂菌的生长。

②能够适应较高温度的生长环境,利于乳酸菌更旺盛地生长繁殖,从而达到产酸快、多产酸的目的。乳酸菌较适合生长繁殖的温度范围一般在 45~52℃,最适生长繁殖温度为 47~49℃,低于 30℃时乳酸菌的生长与繁殖会受到较大的抑制作用。

③不生成双乙酰、胺类物质与其他影响啤酒风味与口味的不利成分。

④菌体本身最好含有可分解淀粉、蛋白质、β-葡聚糖等的酶系,能够最大限度地利用麦汁中可利用的一切物质,以达到生产目的。

⑤菌株应易于分离、纯化和培养。

### 2.4.2 对工艺流程的要求

用于麦汁生物酸化的设备比较简单,一般由繁殖罐与混合添加罐组成,繁殖罐最好安装于单独的房间内隔离,以防感染生产。因乳酸菌在生长、繁殖中有一定的温度要求,所以繁殖罐与混合添加罐还要配有加热装置、温度控制装置和保温层。各容器应具有液位显示装置,以便于准确添加新鲜麦汁和酸化处理后麦汁的准确应用。此外,生长罐的个数应与糖化生产中糖化锅次相适应,可以多设置几个生长罐。也可以采用容积大一些的生长罐,但这时需要一个能容纳相适应于日糖化生产

批次的乳酸麦汁暂存罐,以便于糖化生产的及时取用。此暂存罐也应具有加热装置,可以将罐中暂存的酸化麦汁加热煮沸,终止其酸化过程,便于乳酸添加量的准确计算。图 1 是一套较为简单的麦汁生物酸化设备流程图。除了这些麦汁酸化设备中的硬性要求外,对生产工艺也有一定的要求<sup>[3]</sup>。

①培养过程应在二氧化碳的环境下进行,因为乳酸菌更适合在厌氧环境中生长繁殖,同时由于二氧化碳的存在,还可以抑制乳酸麦汁中最主要的杂菌——假丝酵母的生长与繁殖。如果二氧化碳气体能够以一定的压力从容器的底部进入,它还可以起到代替机械搅拌的作用和效果,从而加速液体的对流运动,使乳酸菌的生长繁殖更快,新陈代谢情况更加旺盛。

②保证在每一批次的糖化生产过程中,能够取用生长罐中 50% 以上的乳酸麦汁量,因为只有这样才能将前一糖化批次生产中,更多的新鲜无酒花麦汁补充到生长罐中,以提供给乳酸菌良好的生长繁殖环境,保证旺盛的产酸过程。据研究表明,只有当酸化麦汁中乳酸含量低于 0.4% 时,才能使乳酸杆菌产酸迅速,当乳酸浓度大于 0.5% 时,会使乳酸杆菌的生长繁殖受到抑制,使产酸进程变得缓慢。

③为使麦芽中各种酶更好地发挥作用,缩短糖化时间,提高设备利用率,可在醪液中加入需添加总酸化麦汁量的 25%~50%,在煮沸麦汁中加入 75%~50%,这样就充分地保证了在煮沸过程中,高分子蛋白质的充分凝聚与析出,酒花苦味更加柔和、舒适。

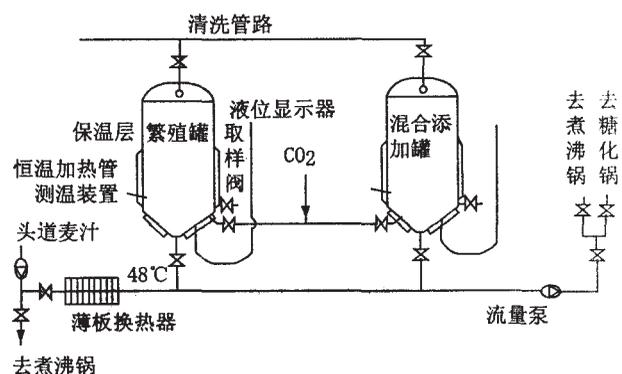


图 1 麦汁生物酸化设备流程图

## 3 生物酸化技术的应用前景

利用生物酸化技术不仅符合人们追求绿色食品的要求,同时能提高啤酒质量,降低生产成本<sup>[16]</sup>。单单购买化学药品就是一笔不小的开销。有资料显示,为降低 0.1 个单位的麦汁 pH 值,每 100 kg 麦芽中需添加酸或盐的量见表 1<sup>[17]</sup>。利用生物酸化技术相对于添加化学酸或盐能大大降低生产成本。在德国,生物酸化技术早已编入

法律, 其他许多国家也先后采用了生物酸化技术来调酸。我国近几年也加大了对此技术的研究力度<sup>[13,18]</sup>。

表 1 降低 0.1 个单位的麦汁 pH 值, 每 100kg 麦芽中需添加酸或盐的量

添加的酸或盐	添加到糖化醪(g)	添加到麦汁(g)
100%的乳酸	58	29
80%的乳酸	72	36
37%的盐酸	63	32
98%的硫酸	32	16
硫酸钙	300	250
氯化钙	250	210

同时, 生物酸化技术以其简单易行、投资少、占地面积小、无害与见效快的优势在啤酒行业中的应用正越来越受到人们的欢迎。总之, 随着现代微生物学, 尤其是应用微生物学的发展, 生物酸化技术在啤酒酿造工业中将具有更加广阔的前景。

参考文献:

[1] Deirdre P. Lowe, Elke K. Arendt. The use and effects of lactic acid bacteria in malting and brewing with their relationships to antifungal activity, Mycotoxins and Gushing: A Review[J]. The Institute & Guild of Brewing,2004,110(3):163-180.

[2] 丁燕, 杜金华. 乳酸菌及其代谢产物在啤酒工业中的应用[J]. 酿酒,2001,28(4):102-103.

[3] 刘子良, 齐志运, 康卓, 等. 生物酸化技术在啤酒酿造中应用的探讨[J]. 酿酒,1998,129(6):33-36.

[4] Jens D?ring. Methods for acidification of mash and wort[R]. Term Paper Brewhouse Technology - No. 12, Berlin..

[5] wolfgang kunze. Technology brewing and malting[M]. Berlin: VLB,1999,200-203.

[6] Matti Linko, Auli Haikara, Anneli Ritala, et al. Recent advances in the malting and brewing industry[J]. Journal of Biotechnology,1998,65:85-98.

[7] R. M. Barta, K. Bayer, D. L. Goode, et al. Arendt. Application

of biological acidification to improve the quality of wort produced with 20 percent raw barley[R]. Charlotte,North Carolina: The American Association of Cereal Chemists,2001,14-18.

[8] Deirdre P. Lowe, Helge M. Ulmer, Douwe van Sinderen, et al. Application of biological acidification to improve the quality and processability of wort produced from 50% raw barley[J]. The Institute & Guild of Brewing,2004,110(2):133-140.

[9] 丁燕. 利用胚芽乳杆菌生产酸麦芽的研究[D]. 山东农业大学, 2002,6-8.

[10] Helge M. Ulmer, Declan L. Goode, Almudena Soriano. Application of lactic acid bacteria in malting and brewing[J]. Brewers Digest,2004,79(2):56.

[11] A. Laitila, M. Saarela, L. Kirk, et al. Malt sprout extract medium for cultivation of lactobacillus plantarum protective cultures [J]. Applied Microbiology,2004,39:336-340.

[12] Anne. Vaughan, Susan Rouse, Douwe van Sinderen. Investigating the antimicrobial efficacy of a lactococcal bacteriocin for the development of microbiologically stable beer[J]. The Institute & Guild of Brewing,2004,110(3):181-188.

[13] Marilingappa Jamuna and Kadirvelu Jeevaratnam. Isolation and characterization of lactobacilli from some traditional fermented foods and evaluation of the bacteriocins[J]. J. Gen. Appl. Microbiol,2004,50:79-90.

[14] 郑艳, 薛景珍, 刘长江. L-型乳酸发酵菌株的选育[J]. 微生物学杂志,2004,24(3):26-28.

[15] 崔小明. 乳酸的生产应用及市场前景[J]. 杭州化工,2003,33(1):13-16.

[16] 刘秉和. 应用生物酸化技术开发高档啤酒的研究[J]. 酿酒科技,1999,93(3):51-53.

[17] William A. Hardwick. HANDBOOK of BREWING[M]. New York:Marcel Dekker, Inc.,1995.

[18] M.-L. Niku-Paavola, A. Laitila, T. Mattila-Sandholm, et al. New types of antimicrobial compounds produced by lactobacillus plantarum[J]. Journal of Applied Microbiology,1999, 86:29-35.



## 酿酒科技杂志社邮购书刊

书刊名	邮购价	书刊名	邮购价
《酿酒科技精选(1980~1985)》	20元/册	《酿酒科技》2006年(月刊)	120元/年
《酿酒科技》2000年合订本	65元/册	《酿酒活性干酵母的应用与生产技术》	12元/册
《酿酒科技》2001年合订本	70元/册	《世界蒸馏酒的风味》	6元/册
《酿酒科技》2002年合订本	75元/册	《中国酒曲》	35元/册
《酿酒科技》2003年合订本	80元/册	《生料酿酒技术》	42元/册
《酿酒科技》2004年合订本	80元/册	《酿酒科技》世纪光盘(1980~2000年)	380元/套
《酿酒科技》2005年合订本	120元/套		

需订阅以上书刊者, 请直接汇款到本刊社邮购。地址: 贵州省贵阳市沙冲中路58号(550002); 电话: (0851) 5796163; 传真: (0851) 5776394; 联系人: 吴萍