

应用糖浆高浓酿造啤酒的工艺浅析

郝俊光, 姜晓红, 王娟

(青岛啤酒科研中心, 山东 青岛 266061)

摘要: 高浓酿造啤酒起源于20世纪70年代美国和加拿大, 现已遍及欧美啤酒行业。其优点有: (1) 提高糖化和发酵设备利用率, 节省投资; (2) 降低能耗和成本; (3) 提高糖分的转化率; (4) 提高啤酒非生物稳定性和质量; (5) 可添加稀释水、麦芽提取物、酒花萃取物及糖浆生产多类型产品, 灵活性较大。缺点有: (1) 酒花利用率低; (2) 起泡性和稳定性下降; (3) 对啤酒酵母有不利影响; (4) 发酵时间延长; (5) 对水质要求严格; (6) 需调整原料、糖化工艺和发酵工艺; (7) 长期生产需专门的糖浆贮存设备和糖浆添加泵; (8) 不宜酿造浓醇型啤酒。(孙悟)

关键词: 啤酒; 高浓酿造; 糖浆; 工艺; 酵母

中图分类号: TS262.5; TS261.4; TS261.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-9286(2003)06-0062-03

Investigation on the Application of Syrup in Beer Brewing by High Concentration Techniques

HAO Jun-guang, LOU Xiao-hong and WANG Juan

(Scientific Research Center of Qingdao Beer Co., Qingdao, Shandong 266061, China)

Abstract: Beer brewing by high concentration techniques started in 1970s in the United States and Canada and now the techniques were popular in European and American. The method had the following superiorities: 1. it could improve the utilization rate of saccharifying facilities and fermentation facilities so that the production cost greatly saved; 2. it could reduce energy consumption and production cost; 3. it could increase the conversion rate of sugar components; 4. it could improve non-biological stability of beer and beer quality; 5. the addition of dilution water, malt extractive, wort extractant and syrup could produce various kinds of beer products. However, the method also had the following disadvantages: 1. lower utilization rate of wort; 2. weakening of foaming capability and beer stability; 3. unfavorable effects on beer yeast; 4. longer fermentation time; 5. strict requirement of water quality; 6. adjustment of raw materials, saccharifying techniques and fermentation techniques required; 7. professional syrup storage facilities and syrup addition pump required for long-term production; 8. unsuitable for the production of beer of high alcohol content. (Tran. by YUE Yang)

Key words: beer; high concentration brewing; syrup; techniques; yeast

1 高浓酿造的历史与现状

在20世纪70年代, 美国和加拿大率先推出高浓酿造啤酒, 采用的是高浓投料、高浓发酵、过滤前稀释的工艺^[1]。现在, 北美和北欧的一些国家, 已将高浓酿造稀释法作为通常的生产技术, 该技术在啤酒工业的应用范围已达70%以上, 在北美高浓酿造技术已逐步替代了传统的酿造方式。目前, 国外仍在进行高浓酿造技术的纵深研究, 麦汁浓度已可提高到18%~24%, 稀释率已达60%^[1-2]。在高浓酿造的实际生产中, 对糖化工艺、酵母选育、发酵技术以及稀释水的处理等各方面都提出了更高、更严的要求。随着酿造技术的发展, 高浓酿造的优点将更为突出, 即一方面能显著地降低啤酒的生产成本, 另一方面进一步提高了最终产品的淡爽度, 适应了啤酒消费日趋清淡的时尚, 满足激烈的市场竞争对降低成本的迫切需求, 并可在设备不增加的前提下提高产量, 解决了旺季供酒不足和克服大麦供应不足限制产量发挥等实际问题。一般说来, 酒花的添加量低和辅料使用比例高的啤酒更适合采用高浓酿造技术, 且不会对啤酒风味造成太大的改变。

高浓酿造工艺发展到今天已十分完善, 可根据不同的工艺特点和实际情况, 采用不同形式的高浓酿造方式。稀释工艺可以在酿

造的任何阶段通过加脱氧水的方式实现, 包括糖化阶段稀释(麦汁煮沸结束前、麦汁冷却后)、发酵阶段稀释(发酵期间或临近结束、啤酒后熟期)及过滤阶段稀释(过滤前稀释、过滤后稀释)。通常采用的高浓稀释方式是用高浓麦汁糖化、高浓发酵、过滤后加脱氧水稀释的生产方式, 该工艺可有效降低糖化车间用水量, 在不用增加糖化、发酵和后贮设备的情况下可满足扩大产量的需要。在我国, 华光啤酒于20世纪70年代就进行了有益的探讨, 即生产浓度为12%~13%的麦汁, 发酵后用脱氧水稀释为浓度10%~8%的稀释啤酒的工艺, 目前不少啤酒企业仍在沿用, 只不过脱氧水制备设备、添加设备及相应的工艺有了新的提高, 但这种高浓技术与国外的高浓稀释所能达到的浓度仍相差甚远。

国内高浓酿造技术的使用已呈上升趋势。较经济实用的生产工艺是糖化前期与普通麦汁的生产工艺一样, 只不过在煮沸后期添加糖浆, 形成高浓麦汁, 进行全程高浓发酵、过滤阶段稀释的工艺。在加麦、澳麦大幅欠收的今年, 使用该技术不失为提高有限优质麦芽、降低生产成本的好途径, 同时也降低了因盲目改用其他不熟悉的麦芽品种带来的潜在风险。

2 高浓酿造工艺的特点^[1, 3-7]

收稿日期: 2003-05-13; 修回日期: 2003-08-05

作者简介: 郝俊光(1971-), 男, 山东莱州人, 大学本科, 硕士, 工程师, 发表论文数篇。

与普通低浓酿造相比,高浓酿造有它特有的优点,也有技术本身带来的必然缺陷。通常高浓麦汁的制备方法有两种:(1)加大投料量,按常规生产方法制备高浓麦汁。该技术有明显的缺陷:若过高提高投料量,会造成糊化、糖化醪液粘度上升,麦汁搅拌、过滤困难(采用压滤机过滤的不存在此问题),过滤时间延长,过滤残糖高,酒花利用率大幅度下降,煮沸时间延长,相应地增加了粮耗和能耗,每天生产的糖化批次减少等等。(2)使用蔗糖或糖浆制备高浓麦汁,在煮沸结束前10~20 min加入,将麦汁调整到所需要的浓度,从而绕过高浓麦汁在糖化锅、过滤槽出现的困难,使糖化投料量保持在正常范围内。此方法实用于使用过滤槽的工厂,对避免麦汁过滤困难最有效,且使用啤酒专用糖浆的话,对使用的麦芽无须在酶活方面有更高的要求,也不影响麦汁质量。目前,此方法应用较广泛,故下文仅对此工艺进行探讨。

一般来讲,高浓酿造工艺有如下优点:(1)提高了糖化和发酵设备的利用率,节省了工厂基建投资;(2)能量消耗显著降低,劳动成本、清洗、排污成本明显降低;(3)辅料的大比例使用,降低了酒液成本;(4)由于降低了酵母的相对生长量,可以使更多的糖分转化为酒精;(5)提高了啤酒的非生物稳定性;(6)成品啤酒的口味更加清爽;(7)可以通过添加不同比例的稀释水、麦芽提取物、酒花萃取物及糖浆生产多种类型产品,赋予啤酒生产更大的灵活性。

高浓酿造工艺也有自身的一些缺点:(1)酒花的利用率下降;(2)啤酒泡沫的起泡性和稳定性下降;(3)对啤酒酵母有不利影响,如影响酵母的发酵特性的凝聚性,降低了酵母对渗透压、酒精及酸洗的耐受力,减少了回收酵母的使用代数;(4)发酵时间延长;(5)需增加一套水处理设备,对稀释水提出更为严格的要求;(6)酿造的原料、糖化工艺、发酵工艺要做相应调整和摸索。(7)长期生产高浓酒,需要配备专门的糖浆贮存设备、糖浆添加泵。(8)不宜酿造浓醇型啤酒。

3 高浓酿造工艺的特性综述

3.1 高浓酿造对糖化工艺的影响

在高浓麦汁中,糖和可溶性氮的含量高,导致麦汁焦糖化程度增加,这对色度与风味存在潜在的影响;同时,煮沸过程的液体混合形式会受到较高浓度的麦汁的影响,热凝固物的形成可能不充分,而且会降低煮沸强度^[8]。

随着麦汁浓度的增加,酒花的风味物质和苦味物质的利用率都大幅下降,20度麦汁的 α -酸利用率较12度麦汁降低了3.5%。因此,在高浓酿造中,对于成品啤酒苦味值要求高的啤酒,不论是苦型酒花还是香型酒花都必须提高添加量,以达到稀释到销售浓度的最终产品所需要的酒花香气、风味和苦味值的要求。可是,较高水平的酒花添加量会给最终啤酒带来一些不良的风味,同时也增加了酿造成本。解决这一问题较好的方法是在后发酵阶段使用酒花制品来降低煮沸过程的酒花添加量,这对啤酒的泡沫稳定性也有积极的影响。

高浓麦汁较普通麦汁蛋白质的含量高,更易起泡,容易造成主酵阶段的泡沫损失。

3.2 高浓酿造对啤酒酵母的影响

高浓酿造过程中,渗透压的增加、酒精含量的提高以及营养平衡的改变,都对啤酒酵母的性能产生较大的影响^[4,6,8]。主要表现为:细胞形态的变化,细胞活性降低,发酵性能的降低,酵母使用代数降低,凝聚性变差,酵母自溶等。

在高浓发酵中,酵母细胞遭到各种胁迫,包括发酵开始阶段高

糖引起的高渗透压和在发酵结束后高酒精引起的毒害。随着麦汁浓度的增加,发酵液中的渗透压成比例的增加,啤酒的酒精度也随之增加,麦汁对啤酒酵母的影响就更大。

Pratt-Marshall等^[9]利用山梨糖醇和乙醇模拟高浓麦汁中的高渗透压和高酒精度进行小试,研究了高浓酿造对酵母细胞形态的影响,发现经过高渗透压和高酒精处理后的啤酒酵母细胞会出现细胞褶皱、表面呈细圆齿状,并出现严重的内陷现象,山梨糖醇明显对酵母细胞形态的影响要高于乙醇的影响。

如果麦汁中葡萄糖含量高于4 mmol/L,就会抑制诱导酶麦芽糖酶的形成,即所谓的葡萄糖效应。为了避免这一情况,专家建议糖浆的葡萄糖含量不宜高于10%^[7]。

此外,高渗透压和高酒精环境会使啤酒酵母的活性降低,刺激酵母分泌更多的蛋白酶A,直接影响大生产中酵母回收使用的代数^[4,8]。

3.3 高浓酿造对发酵工艺的影响

高浓麦汁溶解氧水平降低^[1,7],在常压、10℃条件下,16度麦汁的饱和含氧量为 7.5×10^{-6} ,而12度麦汁的饱和含氧量为 9.3×10^{-6} 。一般而言,高浓麦汁会产生更多的泡沫,使发酵罐的容积率降低,引起不必要的泡沫损失。可采用变温控制法解决这一问题,即发酵开始采用低温直到高泡期,等高泡期过后,回到正常的发酵温度;也可采用食品级的消泡剂来进行消泡。高浓发酵会产生更多的二氧化碳,二氧化碳的回收率将好于普通啤酒^[8]。

高浓发酵还会大大降低发酵速度和发酵度。同一株酵母,麦汁浓度越高,降糖速度越慢,发酵速度及发酵度越低,发酵时间也越长。但高浓环境可减少发酵液染菌的机会。

尽管麦汁组成和酵母菌株不同,有研究者认为,每提高1°P的麦汁浸出物就大约需要 1.0×10^{-6} 溶氧及 1.0×10^6 个/ml个活酵母^[9]。

3.4 高浓酿造对啤酒风味的影响

Anderson & Kirsop^[3]报道,与传统的麦汁(12°P)相比,高浓麦汁(16°P)发酵产生更多的酯类,尤其是乙酸乙酯和乙酸异戊酯,因此控制高浓酿造工艺,尽量降低副产物的量将是保证啤酒品质的重要一环。

Stewart等^[10]认为高浓麦汁中的可发酵性糖的组成是造成酯类物质含量增高的主要原因,提高高浓麦汁中麦芽糖的含量,将有利于控制酯类物质的增加。

高浓酿造啤酒的双乙酰、戊二酮、乙偶姻、高级醇等风味物质的含量均略高于低浓酿造啤酒的含量,这也是高浓酿造工艺本身所带来的风味变化。

3.5 高浓酿造对啤酒稳定性的影响

Russell & Stewart^[11]的研究数据表明,高浓酿造啤酒显示出比低浓酿造的啤酒风味稳定性和非生物稳定性有所提高。笔者用单宁分析仪TANNOMETER对高浓酿造16度麦汁稀释成11度的麦汁和原浓即为11度麦汁的低温酒精冷浑浊值进行了测定,分别为16 EBC和22 EBC,可见高浓酿造的非生物稳定性从最终麦汁起就优于普通酿造。

与风味稳定性不同,高浓酿造的啤酒泡沫稳定性却大大降低了^[6,12,14-16]。蛋白质在形成和稳定啤酒泡沫中起着重要作用。Branforth^[13]的研究表明,最具疏水特性的多肽产生的泡沫最稳定。而在高浓麦汁发酵过程中,疏水多肽的损失较大,在高浓啤酒稀释成正常啤酒时,其疏水多肽比低浓酿造的啤酒低约40%。

许多研究者^[6,12,14-16]试图确定何种多肽对泡沫稳定性起关键作用。据分析某些分子量的蛋白质在形成和稳定泡沫过程中起重要

作用, 这些对泡沫有利的蛋白质有分子量为 9.7 KDa 的脂类转移蛋白 1 (LTP-1)、40 KDa 的蛋白质 Z 和另外一种 17 KDa 的蛋白质。但是, 目前大多数研究者的观点是在产生稳定的泡沫中最重要的因素是多肽的总疏水能力, 而不是其分子量。大麦中的脂类转移蛋白 1 (LTP-1) 最初被人们认为是 α -淀粉酶抑制剂, 它能忍耐 100 °C 高温, 保护蛋白酶在酿造过程中免受破坏。脂类转移蛋白的两种异构体已从啤酒泡沫中分离获得, 分别命名为泡沫脂类转移蛋白 a 和 b。在高浓酿造过程中这些异构体会失活, 而实验证实脂类转移蛋白对啤酒泡沫的稳定性起着重要作用。

高浓发酵液能促进可迅速分解疏水多肽的蛋白酶 A 的分泌, 是造成泡沫损失的又一大原因^[8]。

4 啤酒高浓酿造的适用糖浆^[7, 17]

根据制备糖浆的原料来源, 用于啤酒酿造的糖浆大致分为以下几种: (1) 大麦糖浆, 一般由饲料大麦制取。由于饲料大麦可以提供丰富的可发酵性氮, 淀粉含量较高, 且成本较酿造大麦低得多, 是生产啤酒用酿造糖浆的理想原料。若用饲料大麦加少部分麦芽制造高浓糖浆, 可制得高 α -氨基氮、色度深、稀释后具有普通麦芽汁特性的麦汁, 代替部分麦芽和辅料, 适用于高浓酿造和发泡酒的酿制。(2) 玉米淀粉糖浆。我国的玉米产量居世界第二位, 占世界总产量的 20 % 左右, 玉米淀粉来源广泛。此种糖浆全部用玉米淀粉制造, 含有少量的 α -氨基氮, 适合于与全麦汁搭配使用, 具有较高的麦芽糖, 可代替辅料, 适于制造淡爽型啤酒。(3) 复合糖浆。此糖浆由大麦、麦芽和部分玉米淀粉制造, 它兼有上述两种糖浆的优点, 具有 α -氨基氮含量中等、成本较低、使用比例可比玉米淀粉糖浆高、降低酿造成本等特点。(4) 特色啤酒的专用糖浆。根据不同啤酒品种可制造出一系列的啤酒酿造专用糖浆, 如利用低聚糖浆可生产低发酵度、酒精含量低、可发酵性糖少的低醇啤酒; 利用异麦芽糖糖浆可生产含双歧因子的啤酒等。(5) 蔗糖。俗称白砂糖, 早在 20 世纪 70 年代末青岛啤酒就有尝试, 用前加水稀释成糖浆添加, 可取得客观的效果, 但因其价格问题, 今天已鲜有应用。

5 工艺关键探讨^[1, 7, 9]

5.1 选用适宜的糖浆, 特别注意 α -氨基氮、色度、葡萄糖、固形物含量等指标。一般选用含一定量 α -氨基氮、色度小于 3 EBC、葡萄糖含量小于 10 %、固形物含量 75 % 左右的麦芽糖糖浆。

5.2 调整糖化工艺, 保证必要的 α -氨基氮和合理的蛋白区分, 必要时可采用添加小麦芽和速效氮方式调整麦汁组成。

5.3 调整酒花添加量、添加方式, 提高 α -酸转化率, 必要时采用过滤添加替代品 (酒花浸膏等) 的方式补救。

5.4 设法提高麦汁溶解氧, 如提高充氧时间、使用纯氧、改善氧气分配情况等。

5.5 通过提高接种量, 使用高浓、高酒精度驯化酵母, 必要时添加酵母营养盐, 保证发酵度和发酵速度。

5.6 调整发酵工艺, 减少不良风味物质的产生, 减少泡沫损失, 如低温入罐、主酵温度, 调整封罐浓度等。

(上接第 66 页)

生长发育繁殖能力。

5.2.2 要及时排放酵母或避免使用代数过高的种酵母, 以防酵母自溶, 使锌离子从酵母细胞壁、细胞质中释放出来, 造成成品啤酒中锌离子含量过高, 影响啤酒质量。

本文中 Zn^{2+} 含量由地质十一队的韩志涛高工测定, 在此表示感谢!

5.7 严格稀释水的质量控制, 如离子组分、溶解氧含量等。

5.8 控制适当的稀释度 (不大于 40 %) 和适当的水化稳定时间。

5.9 添加泡沫稳定剂、四氢异构等提高泡持性。

5.10 不宜用于做醇厚啤酒。

参考文献:

- [1] 管敦仪. 啤酒工业手册 (第一版) [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [2] 康明官. 特种啤酒酿造技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [3] Anderson R G & Kirsop B H. Quantitative aspects of the control of oxygenation and acetate ester concentration in beer obtained from high gravity wort [J]. Journal of the Institute of Brewing, 1975, 81, 286-301.
- [4] Casey G P & Ingledew W M. High Gravity Brewing: influence of pitching rate and wort gravity on early yeast viability [J]. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 1983, 41, 481-488.
- [5] Cooper D J, Stewart G G and Bryce J H. Yeast Proteolytic Activity During High and Low Gravity Wort Fermentation and its Effect on Head Retention [J]. Journal of the Institute of Brewing, 2000, 106 (4): 197-201.
- [6] D'Amore T and Celotto G. Advances in Fermentation of High Gravity Wort [A]. Proceedings of the 23rd European Brewery Convention Congress [C]. Lisbon, 1991, 337-344.
- [7] 顾国贤. 酿造工艺学 (修订版) [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1996.
- [8] D'Amore T. Improving Yeast Fermentation Performance [J]. J. Inst. Brewing, 1992, 98: 375-382.
- [9] Pfisterer E A & Stewart G G. Some aspects on the fermentation of high gravity worts [A]. Proceedings of the 15th EBC congress [C]. Nice, 1975, 255-267.
- [10] Stewart Graham G. High Gravity Brewing [J]. Brewers' Guardian, 1999, 128 (9): 31-37.
- [11] Russell, I and Stewart, G, G., the quality difference between high and low gravity brewing [J]. Brewing. Biotechnology, 1995, (9): 419-462.
- [12] Brayce J H, Cooper D, Stewart G G. High gravity brewing and its negative effect on head retention [A]. Proceedings of the 26th EBC congress [C]. Maastricht, 1998, 357-365.
- [13] Bamforth C W. Foaming Properties of Beer [J]. J. Inst. Brewing, 1985, 91: 370-383.
- [14] Cooper D J, Stewart G G and Bryce J H. Hydrophobic polypeptide extraction during high gravity mashing experimental approaches for its improvement [J]. Journal of the Institute of Brewing, 1998, 104, 283-288.
- [15] Cooper D J, Stewart G G and Bryce J H. Some reasons why high gravity brewing has a negative effect on head retention [J]. Journal of the Institute of Brewing, 1998, 104, 83-87.
- [16] Bamforth Charlie. Beer Flavour: Esters [J]. Brewers' Guardian, 2001, 130 (9): 32-34.
- [17] 王爱中. 解决麦芽短缺的方案选择 [J]. 中国啤酒, 2003, (4): 23-27.

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, 1986.
- [2] 徐武林, 卢秋菊. 金属离子在啤酒生产中的作用 [J]. 中国啤酒, 2002, (4): 4.
- [3] 孙明波译. 啤酒厂麦芽汁制备工艺技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1986.