

高浓度酒精发酵研究进展

吕 欣,毛忠贵

(江南大学生物工程学院生物加工实验室,江苏 无锡 214036)

摘 要: 高浓度酒精发酵起始于20世纪70年代,主要以可再生资源粮食或植物纤维为原料,采用连续发酵,计算机控制,实现CIP技术,发酵酒精浓度可达12%,酒精得率可达92%~93%,酵母可连续运行200 d。经过不断研究,现最终酒精浓度可达16%,淀粉利用率达90%以上,发酵时间50 h内。(孙悟)

关键词: 酒精; 高浓度发酵; 研究进展

中图分类号: TS262.2; TQ92

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2003)05-0058-02

Research Progress of High Concentration Fermentation of Alcohol

LU Xin and MAO Zhong-gui

(Biological Processing Lab of Bioengineering College of Jiang'nan University, Wuxi, Jiangsu 214036, China)

Abstract: The high concentration fermentation of alcohol started in 1970's. Renewable resources like grains or plant fiber were mainly applied as raw materials. Through consecutive fermentation and under the computer control, CIP techniques implemented and the concentration of fermented alcohol could achieve 12% and the output rate of alcohol achieved 92%~93%, the yeast may be continuously used for 200 d. Through persistent study, currently, the ultimate concentration of alcohol could achieve 16% and the utilization rate of amyllum achieved above 90% with the fermentation time within 50 h. (Tran. by YUE Yang)

Key words: alcohol; high concentration fermentation; research progress

始于20世纪70年代的“能源危机”,使人们开始认识到,廉价的原油是会用完的。利用可再生资源(如粮食或植物纤维)发酵生产酒精作为生物能源来代替或部分代替汽油被提到了议事日程上^[1-2]。在巴西,主要以蔗糖为原料,其中70%的酒精厂采用间歇发酵方式,而有大约350个酒精厂采用连续发酵方式,连续发酵生产能力可以达到 1.5×10^7 L/d。在两种发酵过程中,酵母均被从发酵后的醪液中分离出来,然后经稀硫酸冲洗过后回用于发酵过程,能在较短的发酵时间(6~10 h)内获得较高的酒精浓度(8%~11%)和较高的酒精得率(92%~93%),酵母1 d回用3次,可以连续运行200 d。在北美,燃料酒精的生产主要以玉米为原料,玉米酒精发酵有的采用间歇发酵,不回收利用酵母,每次都添加新鲜的酵母细胞;有的应用连续发酵过程,实现计算机控制,并采用CIP技术,降低了劳动成本,减少了设备损耗^[3-8]。美国运用发酵法生产酒精的工厂一般发酵后酒精浓度可以达到12%。我国的酒精生产企业一般发酵后酒精浓度只能达到8%~10%,低于国际先进水平^[3]。

1 高浓发酵的定义

采用高浓度葡萄糖进行发酵最早由Casey等人提出,将高浓发酵定义为含大于等于18 g可溶性固形物/100 g发酵液($>18^\circ$ Plato)的发酵^[3]。传统发酵的发酵液的可溶性固形物含量为11~12 $^\circ$ P,而13~16 $^\circ$ P就被定义为高浓度发酵。一般来说在工业化条件下,糖浓度不超过20% (m/v),这是因为逐渐增加的乙醇浓度阻碍了酵母的生长而使发酵停止。现在,酿酒和燃料酒精生产企业通常采用的谷物糖化醪的可溶性固形物含量为20~24 g/100 g,在这个范围内的可溶性固形物含量定义为正常浓度。也有人将高浓度酒精发酵技术定义为:每1 L发酵液含300 g或更高可溶性固形物的糖化醪的

发酵,还有人将VHG(浓醪发酵)技术定义为“含27 g/100 g糖化液或更高的糖化液的制备和发酵”^[3-5]。但是有学者认为在工业发酵中,由于存在酵母存活率、缓慢发酵和发酵停止的问题,因而碳水化合物浓度超过18%是不可行的^[6]。

2 高浓发酵的优缺点

采用高浓发酵(VHG)技术生产酒精,可以节约相当数量的水。当可溶性固形物含量从16 g/100 g升高到31 g/100 g,可节水58.5%,同时采用VHG发酵技术还可以在不增加工厂生产能力的基础上增加产出。而且由于高浓度酒精发酵过程可以提高设备利用率,减少环境污染等等,因而近年来成为各国研究者所追求的目标。

采用高浓发酵技术可增加工厂的生产能力并降低成本^[3,5,8]:乙醇浓度可以大于18% (v/v);由于去除了不溶性物质,因而增加了发酵罐的工作体积,提高工厂效率;降低劳动力成本;降低能源成本:不用冷却发酵罐中的不溶性物质,不用在蒸馏中加热不溶性物质,蒸馏中用水减少,高效蒸馏的最优乙醇浓度,较少的固形物(液液提取)。减少水的用量,减少发酵罐的停工期,减少清洗剂和杀菌剂的使用。其他优点:抑制乙醇生产中杂菌的生长和增殖;生产食品级副产品的机会;高蛋白饲料的生产机会。

浓醪发酵的缺点有:发酵时间长,发酵不完全,这主要是由于产物抑制、高渗透压和营养不足等因素所造成;还有物料粘度大,输送困难等问题。

3 高浓发酵研究进展

在20 $^\circ$ C,酿酒酵母能够完全发酵含38%~39%可溶性固形物

收稿日期: 2003-03-22 修回日期: 2003-06-06

作者简介:吕欣(1975-),男,上海人,博士研究生,现从事酒精清洁生产技术研究。

的小麦糖化液,产生超过23%的酒精^[9]。高浓发酵要求糖化醪含高浓度糖,并且糖化醪的粘度要宜于处理和发酵。当糖化醪中的可溶性固形物的含量增加时,它的粘度也增加了,这导致在糖化和发酵中需要较多的能量,除非经过特殊处理,大部分的含高浓度碳水化合物的谷物糖化醪的粘度很大而不易处理。因此高浓度发酵技术的应用,很大程度上依赖于低粘度糖化醪的制备。

当糖类浓度大于270 g/L(VHG发酵)时,酒精发酵缓慢并且糖类极少能够被完全发酵。高浓度的糖类导致渗透压的增加,渗透压对酵母有害。改变营养条件可以增加酒精产出,而且可以增加在高浓度酒精条件下酵母的存活率。酿酒酵母在提供足够营养物质的前提下,能够发酵糖浓度较高的发酵液。氮源是培养基中一类重要的组分,在发酵过程中扮演重要的角色,它影响酵母对酒精的耐受性和酒精的生产速率,添加游离氨氮(FAN),可以提高最终的酒精浓度和细胞质量的累积。在含120 g/L糖类的培养基中,足量的可利用氮必须在140~150 mg FAN/L的范围内,在更高浓度的培养基中,可利用氮浓度也必须相应增加。有报道,在谷物糖化醪中,氮源是有限的,添加不同的辅助物质,蛋白—脂复合物,颗粒状物质和渗透压保护剂均可促进酒精的发酵。大豆粉中含有大量的蛋白和脂类,可以同化进入酵母细胞并增强乙醇耐受性。大豆粉和酵母细胞壁可以增加发酵速率、耗糖量和最终酒精浓度。有报道说添加甘氨酸也可以改善酵母的生长和发酵,当甘氨酸浓度逐渐增加到0.04 mol/L时,促进效果也增加,VHG发酵不仅要靠最优的发酵培养基组成,也要靠其他保护性物质的存在。对酒精工业而言,快速发酵和高酒精浓度是主要的考虑因素。发酵条件不同,VHG发酵的生产率不同。当在小麦糖化醪中添加酵母膏后(含350 g/L和379 g/L可溶性固形物),生产率分别为1.9 g/L·h和1.4 g/L·h;添加1%的大豆粉可以使最终生产率达到了1.8 g/L·h,在甜菜糖蜜中添加,可使生产率达到了1.5 g/L·h。Viegas等人以葡萄糖为唯一碳源,葡萄糖浓度为300 g/L和4%的大豆粉,生产率达到了2 g/L·h,当在含糖350 g/L的培养基中添加甘氨酸时,生产强度为0.4 g/L·h^[3,6,7,10-11]。

章克昌教授在1997年的专利中描述了一种浓醪发酵酒精技术,最终酒精浓度达到13%~16%,淀粉利用率90%以上,发酵时间50 h以内;赵华等人也有报道,浓醪发酵,最终酒精浓度一般为13.2%,发酵时间72 h;白凤武等人采用自絮凝酵母进行酒精连续发酵,发酵最终酒精浓度96.6 g/L(约为12.2%);黄宇彤等人研究了添加Tween80和麦角甾醇的高浓度酒精发酵,最终酒精浓度可以达到15.32%;秦成国研究了玉米浓醪发酵,最终酒精浓度达到14.8%,发酵时间60 h;江南大学毛忠贵教授报道了玉米糖化清液补料发酵工艺,最终酒精浓度可以达到15%以上,并实现了蒸馏废液全循环的清洁生产工^[12-17]。

总而言之,高浓度酒精发酵技术由于其显而易见的优势,将极

大地改善目前我国酒精工业的技术水平,但是由于高浓度酒精发酵中仍然存在一些问题,如高浓度糖化液的制备、物料的输送、废液的处理等等,需要通过技术创新不断改进与提高。

参考文献:

- [1] 章克昌.发展燃料酒精的建议[J].中国工程科学,2000,2(6):89-93.
- [2] 谢林,张禾.美国考察漫谈[J].酿酒科技,2000,(1):85-89.
- [3] Casey.G.P.,Magnus.C.A.,Ingledew.W.M. High gravity brewing nutrient enhanced production of high concentrations of ethanol by brewing yeast[J]. Biotechnol.Lett.1983,(5):429-434.
- [4] Mccraig.R.McKee Pfister.E.A.,Ingledew.W.M.,Very high gravity brewing-laboratory and pilot plant trials[J]. J.of Am.Soc.Brew.Chem.1992,(50):18-26.
- [5] Thomas.K.C.,Ingledew.W.M.,Fuel alcohol production effects of free amino nitrogen on fermentation of very-high-gravity wheat mashes[J]. Appl.Environ.Microbiol. 1990,(56):2046-2050.
- [6] Nagodawithana.Yeasts:Their role in modified cereal fermentations[J]. Adv.Cereal Sci. Technol. 1986,(8):95-104.
- [7] Casey.G.P.,Magnus.C.A.,Ingledew.W.M.,High gravity brewing effects of nutrition on yeast composition fermentative ability and alcohol production[J]. Appl.Environ.Microbiol. 1984,(48):639-646.
- [8] Thomas.K.C.,Ingledew.W.M.,Production of 21% (v/v) ethanol by fermentation of very high gravity (VHG) wheat mashes[J]. J.IND. Microbiol.1992,(10):61-68.
- [9] Thomas.K.C.,Hynes.S.H.,Ingledew.W.M.,Production of fuel alcohol from wheat by VHG technology effect of sugar concentration and temperature[J]. Appl.Biochem.Biotechnol. 1993,(43):211-226.
- [10] Thomas.K.C.,Ingledew.W.M.,Production of fuel alcohol from oats by fermentation[J]. J. Ind. Microbiol. 1995,(15):125-130.
- [11] Jones.A.M.,Ingledew.W.M.,Fuel alcohol production appraisal of nitrogenous yeast foods for very high gravity wheat mash fermentation[J]. Process Biochem. 1994,(29):483-488.
- [12] 章克昌,等.一种浓醪发酵酒精的方法[P].中国专利:CN 1158899A. 1997.
- [13] 赵华,赵树欣,才向东,等.玉米酒精浓醪发酵技术的研究[J].酿酒科技,1998,(5):30-40.
- [14] 刘传斌,白凤武,邵梅,等.自絮凝颗粒酵母酒精高浓度连续发酵的研究[J].微生物学报,2001,14(3):367-371.
- [15] 黄宇彤,伍松陵,杜连祥,等.玉米酒精超高浓度发酵工艺条件的优化[J].食品工业科技,2002,23(8):67-70.
- [16] 秦成国.玉米粉高浓度酒精发酵的研究[J].酿酒科技,1997,(4):52-54.
- [17] 李永飞,吕欣,段作营,毛忠贵.清液补料酒精发酵工艺研究[J].食品与发酵工业,2002,28(12):17-19.

世界十大啤酒企业

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1 (美国)百威啤酒,年产量 115 亿升 | 7 (南非)美国米勒啤酒,年产量 53 亿升 |
| 2 (比利时)时代啤酒,年产量 81.7 亿升 | 8 (英国)纽卡索,年产量 36 亿升 |
| 3 (荷兰)喜力啤酒,年产量 72 亿升 | 9 (日本)朝日啤酒,年产量 35 亿升 |
| 4 (丹麦)嘉士伯啤酒,年产量 60 亿升 | 10 (日本)麒麟啤酒,年产量 32 亿升 |
| 5 (巴西)安贝夫,年产量 55 亿升 | |
| 6 (南非)南非啤酒集团,年产量 54 亿升 | |

(小小荐)

2003 年全国秋季糖酒会 10 月在沈阳召开

本刊讯 2003 年全国秋季糖酒会定于 2003 年 10 月 7 日~13 日在沈阳市国际会展中心举行。设置 3000 个国际标准展位,展览面积为 7.2 万平方米。预计本届秋交会参展单位在 8000~10000 家,参会代表可达 15~18 万人。(江源)