

生料发酵技术

在小麦淀粉乳酒精发酵上的应用概述

王丽红,白钰,李刚

(陕西科技大学生命科学与工程学院 陕西西安 710021)

摘要:介绍了生料发酵酒精的机理以及与传统小麦酒精发酵相比生料发酵技术存在的优势和应用前景。

关键词:小麦,生料,酒精

Application summarize of fermentation with uncooked materials in alcoholic fermentation of wheat starch

WANG Li-hong, BAI Yu, LI Gang

(College of Life Science and Engineering, Shannxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: This article introduced the mechanism of alcoholic fermentation with uncooked materials, as well as the advantages and application prospects of uncooked material fermentation compared with the traditional alcoholic fermentation of wheat.

Key words: wheat; uncooked materials; alcoholic

中图分类号: TS210.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)03-0405-03

近年来,随着能源危机的加剧,燃料酒精作为一种可再生的清洁能源,在减少空气污染及汽油的使用方面显示了较大的优势,因而需求越来越大。小麦作为人们的主要粮食来源,很少应用于酒精生产。但是,随着近年来小麦综合利用价值的提高,拓展小麦产业链,进行深度加工综合利用受到人们的重视,小麦生产酒精发展很快。方书起等^[1]将小麦经提取面筋后的清液用来发酵生产酒精。皇甫亚柱等^[2]证明小麦原料可以生产出优质酒精,其出酒率达到30.5%,理化指标也优于玉米酒精,一些主要指标已达到上级食用酒精标准。河南天冠企业集团、安徽瑞福祥等小麦加工公司均已开发一条综合利用小麦生产燃料或食用乙醇的生产链。但在实际小麦综合加工中,目前还存在小麦淀粉发酵粘度较大,发酵时泡沫多,装料系数小,难以进行浓醪发酵及发酵液过滤制备DDGS困难等问题。生料酒精发酵是指原料不用蒸煮、糊化直接将生淀粉添加酶进行边糖化边发酵的双边发酵。目前在燃料酒精、酿酒、酿醋、单细胞蛋白生产中获得成功^[3-5]。我国在生料发酵研究方面虽然起步晚,但随着酶制剂、基因工程菌种、

专业化活性干酵母研究开发,生料发酵有了新的进步,技术逐渐成熟。小麦生料发酵酒精技术最大优势在于无蒸煮环节,糖化发酵比较平稳,不仅有效节约蒸煮和糖化工段的能耗,而且可解决发酵液粘度、浓醪发酵、乙醇质量等问题。使小麦生料发酵酒精越来越受到重视。

1 生料发酵酒精的理论基础

1.1 生淀粉的糖化发酵机理

淀粉原料在自然情况下是以分散微粒或颗粒形式存在,包含结晶区和无定形区,结晶区主要由支链淀粉分子以双螺旋结构形成,结构较为致密,不易被外力和化学试剂作用;无定形区主要由直链淀粉分子以松散的结构形成,容易受到外力和化学试剂作用^[6]。在天然淀粉形态中,半晶体和无定形体交互而组成淀粉颗粒,生淀粉由于存在结晶区,酶较难作用,故转化率很低。

传统淀粉糖化生产工艺是在干法粉碎的谷物中加水制成粉浆,加入 α -淀粉酶,粉浆经过高温蒸煮(105~130℃)使其中的淀粉糊化和液化,淀粉颗粒结构被破坏,颗粒内部分子间氢键被破坏,淀粉分子与水分子之间形成氢键,颗粒吸水膨胀,分子从颗粒内部游离出来,淀粉颗粒的结晶结构逐渐消失^[6]。随着结晶结构的消失,酶作用的效率就大大增加,最终使转化率得到提高。醪液冷却后加入糖化酶,分解液化后的淀粉成为可发酵性糖,调节pH并在糖化醪中

收稿日期: 2010-02-22

作者简介: 王丽红(1978-),女,硕士,讲师,主要从事生物工程微生物发酵方向研究。

基金项目: 陕西科技大学自然科学基金项目(ZX09-20)。

添加酵母,发酵葡萄糖产生乙醇和 CO_2 。

而生淀粉的糖化是淀粉不经过无蒸煮环节,半晶体和无定形体形成的三维网封闭,利用生淀粉酶极强水解特性将淀粉分解成可发酵性糖。目前报道的生淀粉酶主要包括 α -淀粉酶和糖化酶。在生料酒酒精发酵过程中,糖化酶外切活力能使淀粉表面形成无数个小孔,且形成的小孔尖而深,而 α -淀粉酶内切活力则能扩大小孔。二者协同水解生淀粉得到微孔淀粉这一过程中,首先糖化酶酶解突出在生淀粉颗粒表面不规则部分及较容易水解无定形区,沿着淀粉分子非还原末端逐级水解,随着水解进行,淀粉颗粒吸水溶胀使 α -淀粉酶能接近颗粒内部, α -淀粉酶随机内切作用为糖化酶提供新的非还原末端,这两种酶复合协同作用不仅提高水解速率,也为水解沿着更多点逐级向淀粉分子内部推进。这样,在生淀粉酶作用下,淀粉颗粒连续释放葡萄糖既能满足酵母生长代谢,又能保证几乎所有淀粉转化成糖而被酵母利用,使酵母始终处于一种健康旺盛代谢状态,从而能产生并积累大量乙醇,使生料发酵成为可能。

1.2 生淀粉酶及主要菌种

生淀粉酶是一种包括 α -淀粉酶及糖化酶的混合酶,二者相互协同作用可将淀粉彻底水解成可发酵性糖。但适量添加其它酶也有一定促进作用,覃红梅等^[7]在玉米生料发酵酒精中,适量添加纤维素酶、淀粉酶、蛋白酶对生产有明显的促进作用。刘振等^[8]对稻谷生料发酵添加果胶酶、纤维素酶、酸性蛋白酶、植酸酶对稻谷生料发酵酒精有促进作用。

资料显示^[9],猪胰脏 α -淀粉酶对生淀粉具有较好的水解能力,霉菌的 α -淀粉酶分解生淀粉的能力较弱,糖化酶能较好地分解生淀粉。报道产生淀粉酶的菌最多的是曲霉(*Aspergillus*)、芽孢杆菌(*Bacillus*)、根霉(*Rhizopus*)。除微生物外已知的生淀粉酶来源有50多种。

目前,通过选育生淀粉酶高产菌株和提高淀粉对酶解的敏感性等途径来增加生淀粉的糖化效率,是当前的研究重点和热点。

而且,随着酶工程的飞快发展,专业化的生料酶制剂的开发使得生料酒酒精发酵已变成现实。段钢等^[10-11]报道了新型酶制剂在小麦、大米、玉米等淀粉质原料生料发酵上的应用,给生料发酵生产带来了突破。

1.3 生料酒酒精发酵的酵母菌种

目前工业化酒精发酵为了缩短发酵周期、提高酒精发酵效率,越来越多的厂家采用酵母菌种主要是专业生产机构生产的应用于酒精发酵的耐高温、耐高浓度酒精的活性干酵母。

但对于生料发酵的酵母菌种,研究利用基因技术、原生质体融合技术构建高活力淀粉糖化酶表达菌种将更有利于生料酒酒精发酵^[12-13]。顾亚婧等^[14]采用新型融合子AK-2(K氏酵母与黑曲霉原生质体融合)对生料直接进行免蒸煮法生产酒精,提高了酒精得率,从而大大地降低了生产成本。

2 传统小麦酒精发酵过程中的问题及生料发酵的优势

2.1 小麦淀粉乳蒸煮发酵酒精过程中存在的问题

当前,国内外小麦产量有所增加,乙醇工业特别是燃料乙醇迅猛发展,但是以小麦为原料生产乙醇并没有太大的增长。其中生产难度大、操作困难是影响其发展的主要原因。

小麦的综合加工中,提取谷胚蛋白后,利用淀粉乳生产酒精。但在小麦淀粉乳中由于含有较多的可溶性蛋白和戊聚糖不能被酒精酵母所利用,经过蒸煮液化、糖化后,发酵时造成发酵液粘稠度大,从而引起生产中的一系列问题。

2.1.1 造成发酵时产生大量泡沫甚至溢出,从而造成了原料的浪费及易污染。

2.1.2 浓醪发酵难以实现 浓醪发酵是酒精生产的发展方向,对生产企业提高效益,节约能源,保护环境将有积极的促进作用。但由于小麦发酵液粘稠度大,导致用小麦生产酒精时发酵终了时含酒精量仅在9%。

2.1.3 增大了能量消耗和设备投资 由于粘性物质的存在,在蒸馏时要多耗用部分蒸汽(10%~20%),也要求使用特殊的塔板结构。

2.1.4 DDGS分离困难 在小麦的综合加工中将酒精发酵后的醪液,经过滤或离心制备DDGS、制备饲料,但由于发酵液粘稠度大,造成分离困难,降低了设备的利用率。

2.2 小麦生料酒酒精发酵的优势

小麦生料酒酒精发酵除具有一般生料发酵的提高产量、减少能耗、出酒率高、通过减少操作步骤来降低成本等优点外,由于不需要经过高温蒸煮过程,对小麦淀粉发酵的控制非常有利,从而使小麦生产酒精变得容易。

2.2.1 降低醪液粘度 传统工艺应用在小麦淀粉深加工中,醪液将会变得非常粘稠,糊化后尤甚,给生产带来很大困难。生料发酵小麦醪液不需要经过高能耗的淀粉蒸煮过程,淀粉分解糖化较缓慢,对醪液粘度的控制较有利。

2.2.2 促进浓醪技术的发展 生料发酵采取边糖化、边发酵工艺,是一种连续的葡萄糖释放机制,尽管配料浓度高,但起始糖的浓度不高,整个体系的葡萄糖始终处于较低的水平,从而不存在高葡萄糖浓度抑制问题,从而使酵母对乙醇浓度增加的耐受性也有了显著的提高。而且有利于酵母的起始生长,随着发酵的深入,酵母数量增加,并始终保持较旺盛状态。旺盛生长的酵母可以抑制杂质的产生,有利于残淀粉和残糖的降低,从而有利于出酒率的提高。

2.2.3 提高乙醇质量 在生料发酵的发酵醪中,由于没有高温蒸煮环节,减少蛋白质、淀粉、纤维、脂肪等变性分解,避免酮类物质,焦糖色素等产生,杂醇油和酸类的含量较低,乙醇质量较高。

2.3 小麦生料酒酒精发酵的研究进展

小麦生料发酵在国外发展较快,尤其是新型小

麦淀粉酶的应用,已在欧洲几个大型的以小麦类为原料的酒精厂采用,效益明显。

国内目前还处于研究阶段,许宏贤等^[15]比较小麦淀粉传统高温发酵与生料发酵新工艺,结果说明生料工艺发酵醪中的乙醇含量略高于传统工艺。而且醪液的粘度始终维持在较低的水平。残余淀粉含量低于传统工艺。说明生料工艺可以使小麦淀粉更有效地转化成乙醇,应用前景广阔。

3 小麦生料酒酒精发酵的展望

目前尽管在小麦生料技术上还存在应用酶制剂使用量较大、杂菌污染、发酵周期较长等一系列问题,但是生料发酵具有传统法发酵所不具有的节能降耗、节约建设投资、简化工艺、降低成本、提高经济效益等无可比拟的优势,因此生料发酵技术值得大力推广。而且随着科技进步,上述问题会不断解决,并且逐步取代传统的熟料发酵,为国家和社会作出更大贡献。

参考文献

- [1]方书起,赵银峰,牛青川,等.小麦粉清液生产酒精的工艺研究[J].酿酒科技,2005,131(5):64-65.
- [2]皇甫亚柱,李景林,夏守岭,等.小麦原料酒精及 DDGS 生产工艺的探讨[J].酿酒科技,2001,106(4):54-55.
- [3]宫英振,李凤翔,郭卫芸,等.生料发酵技术的应用研究进展[J].酿酒,2005,32(1):22-24.
- [4]刘振,周兴国,曾爱武,等.稻谷生料发酵生产乙醇研究

[J].化学工程,2006,34(3):49-52.

[5]Taylor F, Kurantz M J, Goldberg N, et al. Effects of ethanol concentration and stripping temperature on continuous fermentation rate [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1997, 48: 311-316.

[6]金征宇,顾正彪,童群义,等.碳水化合物化学[M].北京:化学工业出版社,2008.

[7]覃红梅,韦仕岩,张家伟.酶制剂在玉米生料发酵酒精生产中的应用研究[J].酿酒科技,2002,113(5):46-47.

[8]刘振,周兴国,曾爱武,等.稻谷生料发酵生产乙醇研究[J].化学工程,2006,34(3):52-49.

[9]诸葛斌,姚惠源,姚卫蓉.生淀粉糖化酶的结构和作用机理[J].工业微生物,2001,31(1):49-51.

[10]段钢,许宏贤,孙长平,等.乙醇生产的技术进步——新型酶技术给乙醇生料发酵生产带来的突破[J].食品与发酵工业,2006,32(7):65-70.

[11]段钢,许宏贤.大米生料发酵酒精生产的研究[J].食品与生物技术学报,2008,27(1):95-102.

[12]罗进贤,吴晓萍,张添元,等.可降解淀粉和生产酒精的酵母工程菌的构建[J].工业微生物,2000(4):15-18.

[13]庞小燕,工吉瑛,赵凤生.构建直接发酵淀粉生产酒精的酵母融合菌株的研究[J].生物工程学报,2001(2):165-169.

[14]顾亚婧,张华山,阳飞,等.融合子生料发酵产酒精的研究[J].中国酿造,2008,199(22):57-59.

[15]许宏贤,段钢.以小麦为原料的乙醇生产方法[J].食品与发酵工业,2006,32(12):98-103.

(上接第223页)

酵结束后,测量发酵液中的菌体含量和 196nm 处的吸光度,结果见表 7。

表 7 加入 UMP 对发酵的影响

葡萄糖初始浓度(%)	HA 的吸光度(196nm)		菌体量(g/L)	
	对照	加 UMP	对照	加 UMP
3	2.048	2.189	3.156	3.208
5	2.429	3.191	3.814	4.279

由表 7 可见,加入 UMP 可以明显地提高 HA 的产量。在低葡萄糖初始浓度下,产量提高了 7% 左右,而菌体量的变化不大。在 5% 的初始葡萄糖浓度下,HA 的产量提高了近 30%,而菌体量提高的幅度也较为明显。产量完全提高的原因可能是由于链球菌的三羧酸循环不完全,外源 UMP 的加入为 HA 的合成提供了前体,并直接参与 HA 合成的次级代谢反应,从而促进 HA 的产量和菌体量的提高。

3 结论

3.1 采用 10L 小型发酵罐,对所筛选诱变后获得的变异菌株的分批发酵生产 HA 的培养条件进行了研究。分别考察了初糖浓度、pH、培养温度、氧的传递

等对发酵的影响。结果表明,高的初糖浓度对菌体的生长和 HA 的合成产生抑制作用,发现 5% 的初糖浓度比较合适。

3.2 采用单因素实验结果,对发酵条件进行了优化。获得的比较理想的小罐分批发酵条件为:搅拌转速为 200r/min、pH7.0、培养温度 37℃、搅拌转速 200r/min、通气量 2L/min。

3.3 考察了 HA 的合成前体加入到发酵培养基中,对发酵的影响,结果表明,HA 合成前体 UMP 的添加可以促进菌体的繁殖和大幅度地提高 HA 的产量。

参考文献

- [1]汪蝶,张云开,韦航,等.透明质酸微生物发酵法生产工艺条件的研究[J].广西农业科学,2001(4):190-192.
- [2]Barker S B, Summerson W H. The Colorimetric determination of lactic acid in biological material [J]. J Biol Chem, 1949, 138: 535-554.
- [3]Miller G L. Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar [J]. Anal Chem, 1960, 31(3):426-428.