

生料酿酒技术的研究与应用

何丹^{1,2}, 肖更生², 吴继军², 张友胜², 余元善^{1,2}

(1. 江西农业大学生物工程系, 江西 南昌 330045)

(2. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东 广州 510610)

摘要: 生料酿酒是指酿酒原料不经蒸煮、糊化直接将生淀粉进行糖化和发酵。具有节约能源, 出酒率高, 操作简便, 便于工业化生产等优点。本文简要回顾了生料酿酒的历史进程, 并阐述了生料酿酒的机理、工艺特点及其在酒精、白酒和黄酒生产中的应用, 并对生料酿酒技术的发展进行了展望。

关键字: 生料酿酒; 糖化; 发酵

中图分类号: TQ92; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2007)07-0093-05

Research and Application of liquor-making Techniques with Uncooked Materials

HE Dan^{1,2}, XIAO Geng-sheng², WU Ji-jun², ZHANG You-sheng², YU Yuan-shan^{1,2}

(1. Department of Bioengineering, JiangXi Agricultural University, Nanchang 330045, China)(2. The Sericulture & Farm Produce Processing Research Institute, GuangDong Academy of Agriculture Science, Guangzhou 510610, China)

Abstract: Liquor-making techniques with uncooked materials mean that the raw materials are saccharified and fermented without pre-stewing, which had lots of strong points, such as saving energy, improving liquor rates and easy to be applied in industry. In this paper, the research progress, the mechanism and the application of fermentation with uncooked material were briefly reviewed. Besides, the prospect of the techniques was given.

Key words: liquor-making techniques with uncooked materials; saccharify; ferment

随着当前经济的不断发展, 我国酒类市场有不断扩大的趋势, 人们对各种食用酒精、蒸馏酒、发酵酒的数量和质量的要求都有很大的提高, 从而推动了酿酒行业的不断发展, 同时由于节能和环保的需求, 酿酒的生产方法也有了很大的进步, 除了传统的高温蒸煮发酵酿酒技术, 生料免蒸煮酿酒技术应运而生。生料酿酒工艺与传统酿酒工艺比较, 具有节约能源, 提高出酒率, 操作简便, 便于工业化生产等优点, 被誉为我国酿酒工业发展的方向^[1]。本文旨在对近期生料酿酒的研究情况作一概述。

1 生料发酵技术的历史进程

生料酿酒技术在 20 世纪 50 年代首先由日本人提出^[2]。20 世纪 70 年代中东战争爆发引起世界性的能源

收稿日期: 2007-03-20

基金项目: 广东省 2005 年粤港关键领域重点突破项目 (2005A20302005);

2006 年省部产学研结合项目 (2006D90204006) 资助

作者简介: 何丹 (1982-), 女, 在读硕士研究生; 研究方向为食品微生物

通讯作者: 吴继军

危机, 各行各业为了避免今后再受到能源危机的影响, 而积极寻求各种途径, 生料酿酒课题便在此背景下应运而生, 并且各国专家学者争相研究这一课题。

我国对生料酿酒的研究始于 20 世纪 70 年代末, 在 20 世纪 80 年代达到了高潮。但由于当时用于生料酿酒的酒曲是采用传统酿酒的酒曲或是单纯的酶制剂, 致使酿制出来的生料酒醇、酯、酸比例失调, 出现两头高中间低的现象, 其口感与固态法酒的口感相差甚远甚至不能饮用, 因此, 生料酿酒技术被打入另册并受到了冷遇。但卢世明等人另辟蹊径经过 20 多年的不懈努力开发出口感好出酒率高的生料酒曲并在中国普遍地推广。2001 年 10 月, 由黄平先生主编的《生料酿酒技术》一书的公开出版和发行, 使我国的生料酿酒技术得到全面的推广和应用。

近期随着生物科技的不断进步, 各种酶制剂被广泛应用于酿酒过程中, 出现了先将生料淀粉液化、糖化再发酵的“双酶法”(SHF 法), 此法在环保和节能方面比传统的蒸煮有较为明显的优势。最近美国 M. S. Krishnan^[3]等人采用流化床生物反应器将“双酶法”中

的液化和糖化两个步骤合并起来,形成同步糖化发酵法(SSF法),SSF法可以节省发酵工序和时间,但在发酵效果上还有待深入研究。

2 生料发酵酿酒技术的机理

所谓生料酿酒就是指微生物利用生淀粉直接进行生长、繁殖及代谢的过程^[4]。在这个过程中,首先微生物利用自身所产的酶将生淀粉转化成葡萄糖,提供微生物生长、繁殖所需能量,同时在酒化酶的作用下,将葡萄糖转化成酒精,排出细胞外。

生料糖化是原料中的生淀粉在葡萄糖淀粉酶(糖化酶)的酶促作用下水解生成葡萄糖。糖化酶能水解淀粉的 α -1,4糖苷键,也能缓慢水解 α -1,6糖苷键,并转化为葡萄糖。糖化酶的生淀粉水解速率与它能否被生淀粉颗粒吸附以及吸附强度有关,淀粉本身具有一定的吸附能力,加上糖化酶中有一定生淀粉亲和力位置存在,使糖化酶更易接近淀粉粒而催化水解成葡萄糖。

生料酒曲是采用具有较高分解生淀粉能力的优良黑曲霉菌种、酵母、增香酵母进行纯种培养、分别制曲,再和多种酿酒酶系混合配制而成。它含有糖化酶、液化酶、纤维素酶、蛋白酶等较全面的酿酒酶系和活性霉菌、活性酵母等多种菌系。因此,生料发酵为多酶系多菌种复合发酵。各种酶和微生物菌种的作用与原料性质、发酵温度、醪液浓度、pH值和氧有关。

2.1 原料的品种和性质对糖化酶水解生淀粉速率的影响

就糖化发酵而言,只要所用糖化剂或酒曲中葡萄糖淀粉酶的活力足够高,各种淀粉质原料都可用于生料发酵。Macgregor和Balance^[5-6]发现各种生料淀粉的酶解速率是大不相同的,有的速度较快,有的则较慢。Celia^[7]等指出各种原料淀粉的酶解速度的不同与淀粉中所含支链淀粉和直链淀粉的比例有关,支链淀粉的含量越大,其与酶的结合部分相对较多,因此其酶解速率相对较快。Jane^[8]研究了淀粉分子量和支链淀粉含量对淀粉粘度的影响,当淀粉颗粒越小,支链淀粉含量越高时,其粘度越大,会对酶解效果产生一定的负面影响。

在我国,用于酿酒的淀粉质原料主要有高粱、玉米、大米和薯干4种。薯干原料由于含果胶质较多,原料如不蒸煮,则成品中甲醇含量会很高,因此薯干原料不宜用于生料酿酒。其余3种原料都可用于生料酿酒,其中高粱原料含有较多的单宁和色素,且支链淀粉含量较高,对糖化发酵有一定的抑制作用,生料

发酵时原料出酒率会有所下降。对于大米和玉米原料,由于没有熟料发酵中高温所造成的淀粉损失,生料发酵的原料出酒率比熟料时有提高。

2.2 发酵温度对生料酿酒的影响

与熟料发酵相比,生料发酵周期长,发酵温度低。由于淀粉酶作用最适温度为55~60℃,而生料酒酒精发酵工艺中,淀粉水解在常温下进行,温度较低,故淀粉酶作用缓慢,持续时间长,因此发酵周期相应延长。

生料酿酒的发酵温度应控制在20℃以上和40℃以下,高于40℃者易产酸,甚至曲种死亡,低于20℃者,生料难以发酵。最佳发酵温度是25~35℃。一般来说,发酵温度在20~25℃时,发酵期为15~20d;发酵温度在25~30℃时,发酵期为12d左右;发酵温度在30~38℃时,发酵期在7d左右。在发酵温度一定的条件下,发酵时间长有助于完全彻底发酵,发酵时间短可能导致发酵不彻底。一般情况下,发酵时间应控制在8~14d之间^[9-10]。

2.3 pH值对生料酿酒的影响

生料发酵由于原料未经高温处理,杂菌数必然较多,因此要通过控制发酵液的pH值抑制杂菌的生长且不影响生料发酵酶类的活性。

就生淀粉糖化而言,黑曲霉淀粉酶的最适pH为3.5,而根霉淀粉酶的最适pH为4.5^[11]。酵母菌大多在pH3.5~6.0范围内发酵正常。因为pH值不同,其代谢产物也就不同。pH值4~5,其产物是酒精,pH值为8,其产物是甘油。所以要得到酒精,应将发酵醪液的pH值调到4~5。

2.4 氧对生料发酵的影响

酒精发酵属厌氧发酵,但在酵母的增殖过程中需要少量的氧气合成酵母增殖所必需的脂肪酸,通常发酵初期醪液中的溶氧以及发酵过程中的搅拌增加的溶氧已够酵母增殖所用。如果在发酵中氧气太多,酵母菌将通过有氧呼吸获得能量,将糖彻底分解CO₂和水,同时醋酸菌等有害杂菌会利用酒精作为碳源发酵产生醋酸致使酒精得率减少。所以在生料发酵时一定要要求密封。

3 生料酿酒的工艺特点及优越性

生料酿酒生产工艺分固态法生料酿酒和液态法生料酿酒两种。固态法生料酿酒采用原料粉碎,高温润料,配加辅料,固态发酵,酒质较好,出酒率较高。液态法生料酿酒是淀粉质原料直接加曲、加水糖化发酵、蒸馏而成,其特点是采用生原料,不经蒸煮糊化,不需配糟,整个发酵过程是在液态中进行。此法投资

省, 操作简便, 清洁卫生, 出酒率高, 是目前生料酿酒的主流。目前, 一般所谓生料酿酒主要指液态法生料酿酒。

3.1 生料熟料两种酿酒工艺对比

以传统的小曲酒固态法工艺为例, 其工艺流程:

原料→浸泡→初蒸→焖粮→复蒸→出甑摊凉→加曲→装箱培菌→配糟→装桶发酵→蒸馏→成品酒。

生料酿酒工艺流程: 生料+曲→发酵→蒸馏→成品酒。

3.2 生料酿酒的优点

生料酿酒的优越性, 是与传统的固态法酿酒方法, 液态法酿酒方法(又称新工艺白酒), 半固态液态酿酒方法相比较而言的。为了说明生料酿酒的优越性, 仅以固态法白酒, 新工艺白酒与生料酿制的白酒作一简单概略的比较, 如表 1^[2]。

表 1 传统固态法、液态法和生料酿酒工艺的对比

操作工序	传统固态法	传统液态法	生料酿酒法
1.原料处理	1.浸泡	1.粉碎	1.粉碎(大米可不必粉碎)
2.用水	2.初蒸	2.蒸煮	2.料水比 1:3~4
3.用曲	3.焖粮	3.料水比 1:4	3.加曲量为 0.6%~0.8%
4.入罐发酵	4.复蒸	4.酒母、酶制剂、活性干酵母	4.入池发酵
5.发酵周期	5.出甑摊凉	5.入池发酵	5.8~14 d
6.蒸馏	6.加曲量为 0.5%	6.5~6 d	6.蒸馏后即可得成品酒
7.处理	7.装箱培菌	7.酒精	7.70%~90%
8.成品酒	8.配糟	8.酒精稀释	
9.出酒率	9.入桶发酵	9.调香或串香	
	10.5~6 d	10.60%左右	
	11.蒸馏即可得成品酒		
	12.50%~60%		

从表 1 可看出, 生料酿酒的生产工艺最简单, 可减少人工 30%, 节约能源 35%左右, 采用生料酿酒的出酒率最高, 能大大地节约粮食或资源。

4 生料酿酒技术的应用

4.1 生料酿酒技术在酒精生产中的应用

1981年, eiuousuke Ued^[12]等人报道了用木薯制酒精的试验方法, 将 *Asp.awamori* NRRL-3112 和 *Asp.niger* 菌种在麸皮上于 30 °C 培养 3 d 制成淀粉酶, 将粉碎的木薯浆和淀粉酶、酵母混合, 在 pH 3.5、30 °C 下发酵 5 d, 生木薯的酒精产量是理论值的 82%~99%。

1983年, 四川省食品工业研究所进行了生料发酵制酒精的工业化生产性试验, 并取得了丰硕成果^[13]。

Nobuya Matsumoto^[14]等阐述了以谷物为原料的无蒸煮酒精发酵的工业化问题, 其发酵效率等于或高于高温和低温蒸煮法。在以玉米等的谷物为原料进行酒精的工业化生产中, 采用无蒸煮法可以节省大量能源。

秦先魁^[15]论述了用低脂玉米粉无蒸煮液态发酵新工艺制取酒精的工艺流程、操作及主要技术参数, 提出用低脂玉米粉生产酒精其综合效益高于薯类原料及玉米整粒。

张华山^[16]等进行了早籼稻生料发酵生产燃料酒

精的工艺比较研究, 用融合出的融合子(KS-5)及 K 氏酵母上 10 L 发酵罐对早籼稻米进行生料发酵, 并阐明采用融合子进行生料发酵能够有较高的淀粉利用率和出酒率, 发酵初期未添加糖化酶。较一般的生料发酵工艺, 又减少了添加酶的成本。

4.2 生料酿酒技术在白酒生产中的应用

白酒是世界上六大蒸馏酒之一, 是我国的国酒。目前, 白酒行业年产 3 万 t 以上的企业有 17 家, 白酒集团公司约 20 家, 白酒行业年利税亿元以上的有 20 余家, 白酒全国年产量为 500~600 万 t。

1999 年, 四川省食品发酵工业研究设计院刘义刚先生发表了“无蒸煮原料液态法酿酒技术初探”一文, 对生料酿酒工艺技术作了研究, 并做了酿酒生产试验, 取玉米粉 50 kg, 加清水 125 kg, 生料酒曲 300 g, 控制品温 28~35 °C, 发酵 7 d 蒸馏产酒 30.5 kg (酒精含量以 60%计), 出酒率达 61%。

2000 年, 黑龙江哈尔滨市三丰酿酒发酵研究所孙有波^[17]等对生料液态白酒生产技术做了研究, 认为液态生料制酒, 所产白酒的总酸、总酯及杂醇油含量与固态酶法酒相近, 采用多功能生香酒曲可提高和改善酒质, 同时延长发酵期, 使白酒酯香和醇香更协调, 酒体更丰满, 同时口感更绵柔、杂味减少、香味突出。

2004 年, 河南省食品工业科学研究所许育民^[18]

等以大米为原料酿制白酒,工艺参数:加水量 2.6 倍,配料水温 30 ℃,酒曲 0.7%,温控 28~35 ℃,发酵周期 10 d。

2004 年,杨辉^[19]等以玉米为原料,研究了生料发酵剂的组成、料水比、加曲量、酸度、温度等对白酒出酒率的影响,对发酵剂配方和发酵工艺条件进行了优化,得到发酵剂最佳配方和最佳发酵条件。

2004 年,刘忠义^[20]等“双曲生料发酵”酿制高粱烧酒的研究,研究了一种新的生料酿酒发酵方法。结果表明,在高粱生料发酵过程中加入一种自制的芳香酒曲,酒的香味得到明显改善,出酒率较高。

4.3 生料酿酒技术在黄酒生产中的应用

黄酒是中华民族历史上最悠久的酒种,是世界三大古酒之一,也是我国的民族特产,享有“国酒”之美誉^[23-24]。其工艺流程为:

大米→精白→浸米→洗米→加水、麦曲、生料酒曲→发酵→压滤→澄清→陈酿→调配→过滤→装瓶→杀菌→成品

但目前对生料法酿造黄酒研究的报道还较少。

2003 年,岳春^[21]等的“生料法在玉米黄酒中的应用”论述了生料液态法酿造玉米黄酒的全过程,糖化发酵时,加水量为 250%,曲霉的加入量为 10%,根霉曲加入量为 10%,黄酒活性干酵母的加入量为 0.4%,陈酿时采用高低温间隔法,既提高了原料利用率,又缩短了黄酒酿造时间。

2004 年,侯振建^[22]等对生料法酿造黄酒的工艺条件进行了初步研究。以糯米为原料,无蒸煮技术采用淀粉糖化和酒精发酵同时进行,接入 3%的麦曲和 0.6%的生料曲,于 26 ℃左右发酵,可制得醇香浓郁的黄酒。

5 生料酿酒技术的应用现状与前景展望

生产实践证明,生料酿酒技术、工艺路线是切实可行的。与传统酿酒方法相比,工艺简单,节约场地,降低劳动强度,操作卫生安全,不受季节限制,投资省,见效快,且出酒率能提高 20%~30%,节约能源 35%左右。而且还能将劳动密集型变为技术密集型,将纯粹手工操作变为机械化自动化操作,最终人工可减少 50%,酿酒生产成本降低 30%以上,从而可以增强企业的竞争力和生命力。

生料发酵虽起源于国外,但由中国首家取得成功并已用于规模生产。据不完全统计,截至目前为止,全国各地采用生料酿酒的酒厂已达近万家,采用生料

发酵生产仅白酒一项,其年产量已达到 30 万 t 以上。而且中国的生料酿酒技术已飘洋过海,流入到台湾、越南、缅甸、泰国、柬埔寨、马来西亚,甚至到了欧州和非洲的一些国家。

生料酿酒技术顺应现代酒业发展潮流,特别适合中、小酒厂。新工艺、新技术的应用将对这部分酒厂的生存和发展,对促进农村特别是老、少、边、穷的经济发展,对非食用粮食转化,发展庭院经济和畜牧业生产,脱贫致富奔小康具有一定的现实意义,具有广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 卢世明.再论生料酿酒的特点及其工艺操作[J].酿酒科技,2001,(1):107-110
- [2] 卢世明.采用生料酿酒迎接 WTO 挑战[J].酿酒,2002,29 (2): 69-721
- [3] 刘义刚.无蒸煮原料液态法酿酒技术初探[J].酿酒科技,1999,(5):49-50
- [4] M.S.Krishnan,N.P.Nghiem,B.H.Davison.Ethanol production from dry-mill corn starch in a fluidized-bed bioreactor.1998
- [5] Bely M, Sablayrolles M, Barre P. Automatic detection of assimilable nitrogen deficiencies during alcoholic fermentation in oenological conditions.J Ferm Bioeng, 1990, (70): 246-252
- [6] Macgregor. A.W. and Morgan.J.E. Hydrolysis of barley starch granules by alpha-amylases from barley malt. Cereal. Foods.World.1986,(31):688-693
- [7] Celia M.L.F, S.J.R.Preto,C.F.Ciacco and D.Q.Tavares.Studies on the susceptibility of granular cassava and corn starches to enzymatic attack.1988, (1):29-32
- [8] J.L.Jane and J.F.Chen, Effect of amylase molecular size and amylopectin branch chain length on paste properties of starch.Cereal.Chem.1992, (69):60-65
- [9] 余乾伟.生料酿酒技术刍议[J].四川食品与发酵,2002, (1): 12-13
- [10] 李起斌.生料制曲与生料酿酒技术[J].酿酒科技,2001,(6): 38-39
- [11] 上田诚之助(孙志浩译).无蒸煮酒精发酵[J].应用微生物,1993,(3):3-5
- [12] 刘义刚.生料糖化与酿酒研究概述.酿酒科技,2000,(5): 430-431

(下转第 92 页)