

生料发酵生产黄酒的工艺研究

黄晓康, 郑欢庆

(江山市仙霞酒业有限公司, 浙江 江山 324100)

摘要: 将大米直接投入水中, 加入淀粉水解酶、黄酒麦曲、干酵母, 生料发酵酿制黄酒。研究料水比、发酵起始 pH、酶制剂和干酵母用量等因素对生料发酵结果的影响。结果表明, 生料发酵生产黄酒的工艺条件为: 起始 pH 自然, 料水比 1 2.4, 水解淀粉酶用量 2.5‰、干酵母添加量 2.0‰。该生料发酵生产黄酒工艺与传统原料蒸煮工艺相比, 简化了生产工序, 降低了能耗, 大大减少了污水排放, 产品的氨基酸态氮、无糖固形物指标有较大提高, 口感清爽, 陈化后香气纯正、优雅。

关键词: 黄酒; 生料发酵; 工艺

中图分类号: TS262.4; TS261.4

文献标识码: B

文章编号: 1001- 9286(2008)09- 0081- 04

Technical Study on Yellow Rice Wine by Uncooked Materials Fermentation

HUANG Xiao-kang and ZHENG Huan-qing

(Xianxia Wine Industry Co.Ltd., Jiangshan, Zhejiang 324100, China)

Abstract: Rice was put into water directly and then hydrolyzed amylase, wheat starter, and dry yeast were added for fermentation to produce yellow rice wine. The factors influencing uncooked materials fermentation including the ratio of materials to water, initial pH value, and the use level of zymine and dry yeast etc. were studied. The results showed that the best technical conditions were as follows: natural pH value, the ratio of materials to water as 1 2.4, the use level of hydrolyzed maylase was 2.5 ‰, and the addition level of dry yeast was 2.0 ‰. Compared with traditional yellow rice wine production techniques, uncooked materials fermentation to produce yellow rice wine could simplify production procedures, decrease energy consumption, and greatly reduce the drainage of polluted water. Besides, sugar-free solids indexes and amino acid nitrogen indexes in the produced wine got improved greatly. And the produced wine had clean taste and the aroma was pure and elegant after the aging. (Tran. by YUE Yang)

Key words: yellow rice wine; uncooked materials fermentation; techniques

在我国, 生料发酵技术在白酒生产领域发展较快, 适合生料糖化的微生物菌种选育、各种生料曲和生料发酵工艺的研究, 不断见诸报道^[1~4]。而作为三大发酵酒之一的黄酒, 生料发酵是否可行? 我们在此作了一些探讨。

生料发酵生产黄酒要解决的两个主要问题是: 首先要保证发酵能安全进行, 尤其是长达 20 d 左右的长时间发酵; 另一个是作为饮料酒要保持传统黄酒的特有风味, 不能有太大的变化。传统的黄酒发酵工艺具有以下特点: 即敞口式发酵; 典型的边糖化边发酵即双边发酵; 浓醪的高浓度发酵; 低温长时间后发酵。这种独特的工艺, 使黄酒中不仅含有一定量的酒精, 而且含有各种高级醇、有机酸、酯类、醛类以及丰富的氨基酸, 从而形成了黄酒独特的风味并含有丰富的营养物质。此工艺的关键是使淀粉糖化和酒精发酵巧妙配合, 相互协调, 保持双边发酵的平衡进行, 从而在敞口式发酵时, 有效抑制有害菌的繁殖, 在高浓条件下消除高渗透压对酵母代谢

活动的抑制, 形成酒精含量高于 15 % 的所有酿造酒中酒精含量最高的发酵醪, 使之在低温条件下, 能进行一个长时间的后发酵过程, 在此过程中, 各种生物酶的继续作用, 各种发酵产物之间进行的各种生化反应所产生的产物, 形成了黄酒的特有风味^[5]。所以, 为保证黄酒的基本风味不产生大的变化, 在采用生料发酵生产时, 必须保持传统工艺的优点, 不作大的改变。另一方面, 生料发酵的一个重要特点就是糖化速度较熟料发酵要慢, 生料中所带杂菌多, 不适合于先糖化后发酵的工艺, 而与传统黄酒的双边发酵工艺相结合, 则能扬长避短, 生淀粉水解酶水解淀粉所产生的葡萄糖, 能迅速被发酵醪中占优势的酵母所消耗, 从而抑制杂菌的繁殖, 保证发酵的正常进行。而从原料选择来说, 生淀粉水解酶水解淀粉的速率依次为大米> 小麦> 玉米> 高粱> 木薯> 甘薯> 马铃薯^[6], 就是说黄酒发酵所用的原料大米正是水解速度最快的, 适合生料发酵。因此可以认为只要工艺

收稿日期: 2008- 05- 19

作者简介: 黄晓康(1965-), 男, 浙江江山人, 大学本科, 工程师, 主要从事发酵酿造的工艺技术管理、研发和质量管理工作。

设计能保持双边发酵的平衡,就解决了发酵安全问题。基于此,我们采用了一种新型的生淀粉水解酶结合黄酒麦曲来完成大米淀粉水解成葡萄糖的过程,而保留了大部分传统黄酒发酵工艺,将现代酶技术与传统工艺相结合,来进行生料发酵生产黄酒。

1 材料与方法

1.1 材料

大米:粳米,江西产,标一,水分含量为 13.9%,淀粉含量为 71.2%。

麦曲:本厂自产,糖化力为 800 u/g,水分为 25.6%。

淀粉水解酶:酶活力为 456 GSHU/g,杰能科丹尼斯克。

干酵母:黄酒专用,湖北安琪酵母有限公司。

1.2 试验仪器和设备

电热恒温培养箱:HH-B11 型,上海跃进医疗器械厂;酸度计:PHS-2C 型,上海伟业仪器厂;磨口蒸馏烧瓶:500 mL,蜀牛牌,四川蜀玻集团;常规分析玻璃仪器。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程及操作要点

1.3.1.1 工艺流程

大米→加水调浆→加入麦曲、淀粉水解酶、干酵母活化液→保温前发酵→后发酵→过滤→灭菌→成品

1.3.1.2 操作要点

称取大米 800 g 置于 3 L 三角瓶中,加入 32~33 的温水调浆,用食用乳酸调节 pH,加入麦曲、淀粉水解酶和黄酒专用干酵母(干酵母按说明书方法复水活化),充分搅拌,控制醪液起始发酵温度 28~29,用 4 层纱布封口,放入 30 恒温培养箱中,进行主发酵。按 4 h、8 h、12 h 各振荡搅拌 1 次,以后每隔 8 h 搅拌 1 次,36 h 后则每 12 h 搅拌 1 次,72 h 后关闭培养箱的温控,停止搅拌,常温下进行后发酵,15 d 后过滤,装瓶,85、20 min 灭菌。

生米直接投料,因未经浸润和蒸煮,很快沉降,故在 4 h 即开始第一次搅拌,使醪液均匀。4 h 后,随着米粒吸水浸润和淀粉水解酶的作用,淀粉逐渐被水解,酵母也不断繁殖,外观可见发酵迹象,米粒层中有气泡逸出。12 h,进入主发酵期,醪液呈豆浆状,内有大量细小气泡快速上升。主发酵期内醪液可自行翻动,相对均匀,搅拌是为了排去发酵醪中积聚的 CO₂,增加溶氧,同时搅拌可促进米粒的破碎,有利于酶和酵母的进一步作用。48 h 后,发酵逐渐趋缓,醪液中气泡逐渐减少,醪液又慢慢分层,到后酵结束,醪液上层呈淡黄色清亮液体,底部是米渣,与开始时沉降的米粒层相比,体积明显减少。

1.3.2 测定

发酵醪处理:纱布过滤,一部分滤液测酒精度,另一部分再用滤纸过滤,取滤清液测酸度、糖分等指标。

测定方法:酒精度:酒精计法;酸度:酸度计法;糖份:菲林法;非糖固形物:烘干法;pH:酸度计法;氨基酸态氮:甲醛法。

2 结果与分析

2.1 淀粉水解酶用量对生料发酵的影响

大米 800 g,麦曲 64 g,干酵母添加量 1.6 g,工艺总控制量 340%,起始 pH 自然,起始发酵温度 28.5,淀粉水解酶用量分别为 0.8 g (1.0‰)、1.6 g (2.0‰)、2.0 g (2.5‰)、2.4 g (3.0‰),发酵结果见图 1。

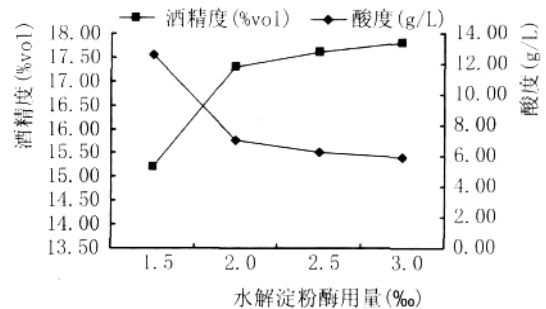


图1 水解淀粉酶用量对发酵结果的影响

由图 1 可看出,随着淀粉水解酶用量的增加,发酵最终酒精度随之增加。在添加量为 1.0‰时,发酵迟缓,主发酵期发酵不旺盛,最终酒精度低且酸度很高,作为黄酒发酵来说属非正常发酵即酸败。在 2.0‰~3.0‰的添加量范围内,双边发酵能平衡进行。综合考虑发酵安全和生产成本,淀粉水解酶的适宜添加量为 2.5‰。

2.2 发酵醪起始 pH 对生料发酵的影响

取大米 800 g,麦曲 64 g,淀粉水解酶 2.0 g,干酵母 1.6 g,工艺总控制量 340%,起始发酵温度 28.5,分别用食用乳酸调节发酵醪液 pH 4.0、4.5、5.0 和自然 pH (约 6.2),发酵结果见图 2。

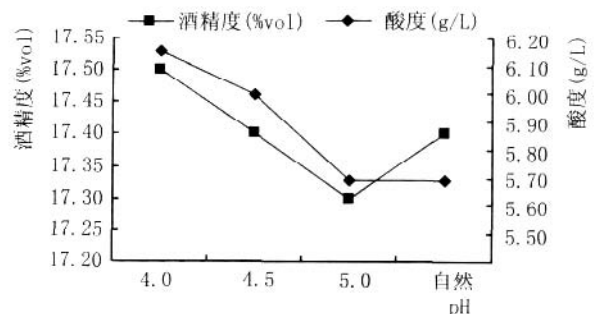


图2 起始 pH 对发酵结果的影响

生料发酵的要点之一是控制发酵醪的酸度,尤其是黄酒发酵,要充分考虑产品的感官指标,要符合国标要求和饮用要求。与原蒸煮工艺相比,生料发酵的原料未

经高温灭菌,给发酵醪带来的杂菌数量大大增加,其中的乳酸菌、醋酸菌等如果大量繁殖产酸,就会造成发酵醪酸败。黄酒生产是敞开式发酵,原工艺也存在这个问题,所以就有了“以酸制酸”的工艺,即调节发酵醪起始 pH4.0 左右,在此条件下,有害细菌受到抑制,而酵母菌则处于最适环境,能迅速繁殖生长。绍兴黄酒传统工艺中的“三浆四水”就是古人调节 pH,达到“以酸制酸”目的的巧妙方法。但从图 2 来看,利用淀粉水解酶生料发酵过程中,调节发酵醪起始 pH 对发酵有影响但并不明显,在起始 pH 未经调节的情况下,发酵仍能正常进行,酸度未见明显升高。究其原因,可能是发酵开始时,生料淀粉水解速度较慢,发酵醪中不会积聚大量的可发酵性糖,同时干酵母的添加量较大,一开始酵母即占据竞争优势,水解淀粉产生的糖分被酵母迅速利用,从而抑制了有害菌的生长。而在后发酵期,发酵醪中高达 17 %vol 以上的酒精含量起到了抑制杂菌的作用,保证了后发酵的正常进行。从整个发酵过程来看,发酵醪的 pH 值变化情况为:发酵初期快速下降至 4.0 以下,随后随酒精和氨基酸含量的增加而上升,然后处于一个相对平稳的状态,到发酵末期又稍有升高(见表 1)。这与传统蒸煮工艺的发酵过程中 pH 的变化基本一致^[7]。

表 1 不同起始 pH 的发酵醪发酵过程中 pH 变化情况

发酵时间 (h)	起始 pH			
	4.0	4.5	5.0	自然 pH
16	3.31	3.25	3.33	3.53
38	3.58	3.69	3.77	3.77
62	4.05	4.14	4.30	4.24
86	4.16	4.23	4.41	4.38
8	4.20	4.39	4.54	4.45
17	4.39	4.47	4.57	4.49
20	4.40	4.47	4.56	4.49

2.3 干酵母用量对生料发酵的影响

大米 800 g,麦曲 64 g,淀粉水解酶 2.0 g,起始 pH 自然,工艺总控制量 340 %,干酵母添加量分别为 0.8 g (1.0 %)、1.2 g (1.5 %)、1.6 g (2.0 %)、2.0 g (2.5 %),发酵结果见表 2。

相对于原料蒸煮处理工艺,生料发酵所添加的干酵母量要大得多,以 2.0 %为下限,而原工艺的添加量一

般为 0.8 %~1.0 %。这与生料工艺发酵醪中生原料带来的杂菌较多有关,必须有一定的酵母接种量,才能起到优势竞争的作用而抑制迟滞期内杂菌的生长。然而,过大的接种量,除增加成本,也可能因生料糖化相对缓慢而造成双边发酵不平衡,酵母易老化从而造成后发酵期残糖过高而产酸,所以选择 ADY 添加量为 2.0 %。

2.4 3 m³ 发酵罐生料发酵生产黄酒中试结果

在小试基础上,采用麦曲添加量 8 %,淀粉水解酶添加量 2.5 %,干酵母添加量 2.0 %,工艺总控制量为 340 %,起始 pH 自然的工艺,用 3 m³ 酒母罐代替发酵罐进行了生料发酵生产黄酒的中试,过程如下:

将发酵罐、管道冲洗干净,用二氧化氯消毒液消毒,发酵罐再用甲醛熏蒸 1 次。

将水加入到发酵罐中,通蒸汽加热至 34 ℃,搅拌状态下倒入大米,加入淀粉水解酶,加入麦曲、干酵母活化液,通入压缩空气搅拌均匀,投料结束,开始发酵,起始温度 28~29 ℃。

30 min 后,麦曲上浮,在表面形成麦曲层;4 h 用压缩空气开耙,可以感觉罐底米层较厚实;之后麦曲层表面可见大泡冒出;12 h,麦曲层表面的气泡变小变多,罐口的 CO₂ 很呛人,温度达到 32 ℃,已进入主发酵期,开始开冷却水控温;20 h 开耙时已感觉不到底部的米粒沉淀。但表层仍由麦曲层覆盖,发酵醪自身形不成大的上下翻动的效果,无法冲开麦曲层,这是由于大米毕竟未经蒸煮,其吸水浸润后的膨胀程度与蒸煮后的米饭相比仍相差很多,发酵产生的气体能将其带起上升但形不成大的冲击力所致。40 h 后,品温开始下降,至 72 h,麦曲层变薄,表面只可见少量气泡冒出,主发酵期结束。

6 d,一部分麦曲下沉,表面只有薄薄一层,可见下面的发酵醪呈豆浆状浑浊,温度降至 27 ℃。在以后的后酵期内,品温逐渐下降,发酵醪逐渐变清。至 20 d 发酵结束。

由于投料量较少,用传统的木榨来榨酒,榨出的酒经硅藻土过滤,然后煎酒、灌装入坛,陈化。

发酵过程中酒精度、酸度、pH、氨基酸态氮的变化情况见表 3,成品酒的检测结果及与原工艺生产成品酒检测结果的比较见表 4。

从表 3、表 4 可以看出,生料发酵的发酵进程正常,并未出现有些用生料曲进行发酵所报道的发起迟缓的情况^[9],这可能与本试验所使用的淀粉水解酶的分解生淀粉的能力较强有关。同时可以看到,生料发酵所产的黄酒中氨基酸态氮和无糖固形物相当高,

表 2 不同 ADY 添加量对发酵结果的影响

ADY 添加量 (%)	发酵结果
1.0	96 h:主发酵基本结束,酒精度 6.8 %,酸度 16.4 g/L,发酵失败
1.5	96 h:主发酵基本结束,酒精度 15.2 %,酸度 15.7 g/L,发酵失败
2.0	96 h:主发酵基本结束,酒精度 17.4 %,酸度 5.79 g/L,发酵正常; 17 d:酒精度 17.8 %,酸度 6.09 g/L,后发酵正常
2.5	96 h:主发酵结束,酒精度 17.7 %,酸度 5.94 g/L,主发酵正常; 17 d:酒精度 17.9 %,酸度 6.25 g/L,后发酵正常

表 3 生料发酵过程中酒精度、酸度、pH、氨基酸态氮变化情况

发酵时间 (h)	发酵发酵醪 (pH)	酒精度 (%vol)	酸度 (g/L)	氨基酸态氮 (g/L)
0	6.01	—	0.30	—
17	—	—	—	—
24	3.22	10.9	4.87	0.40
48	—	15.4	5.03	1.12
72	4.11	15.8	5.33	1.20
96	4.44	16.0	5.48	1.22
5 d	4.58	16.5	5.33	1.24
7 d	4.62	—	—	—
9 d	4.50	16.7	5.48	1.37
11 d	4.52	—	5.48	1.41
16 d	4.53	16.9	5.79	—
20 d	4.54	16.8	5.94	1.63

表 4 生料发酵与原料蒸煮发酵生产的黄酒成品指标比较

项目	生料发酵	原料蒸煮
酒精度(%vol)	15.3	14.8
酸度(g/L)	5.94	4.874
pH	4.36	4.26
总糖(g/L)	2.0	2.3
非糖固形物(g/L)	29.8	21.4
氨基酸态氮(g/L)	1.52	0.98

分别达到了 1.52 g/L、29.8 g/L，而这 2 个指标在原生产工艺中一般为 0.9 g/L 和 20.0 g/L 左右，提高的幅度相当大，这与生料发酵工艺的原料未经高温加热，其中的蛋白质未受热变性，容易被酶分解有关。作为发酵是否安全的另一个重要指标酸度，生料发酵生产的成品酒要高于原料蒸煮工艺所产的酒，但从感官品评后发现，其酸感并未明显增强，即感官上并未体现出酸度增加，这可能与不同的工艺造成产品中所含各种酸的成分和比例不同有关，值得进一步探讨。

3 结论

(上接第 80 页)

期，产率较低，但原料成本低，还是可行的，用这类原料生产燃料乙醇的供料系统也和用其他粮食生产一样，需要均匀供料，实施机械化和自动化生产，需要利用筒仓储存系统。这类原料在进入筒仓前，要预处理成约 5 cm 的粗料，而因这类原料的摩擦力大且易形成搭拱，不易卸料，就需要利用平底筒仓或摩擦力大的原料筒仓使用的原料自卸装置——扫底搅龙进行卸料，以实现各类生物物质原料使用筒仓储存系统。

5 展望

目前我厂生产燃料乙醇使用的谷类原料全部是利

3.1 采用淀粉水解酶，结合黄酒麦曲，使用黄酒专用干酵母发酵生料生产黄酒在工艺上是可行的，工艺条件为：大米不经浸渍直接投料，温水调温，麦曲添加量 8%，淀粉水解酶添加量 2.5%，ADY 添加量 2.0%，工艺总控制量 340%，发酵起始 pH 自然。此工艺经过 3 m³ 发酵罐的中试验证，但未经优化，尚可进一步探讨。

3.2 与传统原料蒸煮工艺相比，生料发酵生产黄酒，简化了生产工艺，降低了劳动强度和能耗，大大减少了污水排放(大米不经浸渍淘洗直接投料)。在当前能源紧张和温室气体及污染物排放造成人类生存环境急剧恶化的情况下，该工艺在节能减排上具有重大意义。

3.3 生料发酵生产的黄酒，其氨基酸态氮、无糖固形物指标与传统机制工艺生产的产品相比明显提高，大大超出了国标 GB/T 13662-2000《黄酒》的要求。其口味清爽醇厚，酒体丰满，适当陈化后喷香较好，且香气优雅，既保留了传统产品的基本风味，又具有一定的独特风格。

参考文献：

[1] 傅金泉.黄酒生产技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
[2] 夏云梯,陈卫平,朱克美.大米生料酒精发酵的研究[J].中国酿造,1992,(5):28-31.
[3] 段钢,许宏贤,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,(7):65-69.
[4] 陈佩仁,张晓,叶春勇.无蒸煮酿造麦曲黄酒中生淀粉水解机理及发酵特点[J].酿酒科技,2007,(1):62-64.
[5] 金凤婵,安家彦.酿酒工艺与设备选用手册[M].北京:化学工业出版社,2003.
[6] 王怀能,王辉.生淀粉糖化酶的研究[J].酿酒科技,2003,(3):32-34.
[7] 魏桃英.关于黄酒发酵过程中 pH 的探讨[J].酿酒科技,2005,(3):78-79.

用筒仓储存系统进行供料，而薯类原料和秸秆原料生产燃料乙醇的原料供应系统正在设计和探讨中。不久的将来，薯类原料和秸秆原料等生物物质原料的筒仓储存供料系统不断完善投产以后，我们燃料乙醇的生产，无论是何种原料的供应系统，都能使原料的供应利用绿色环保、无污染、自动化程度高、实现使用高产值且均匀供料的筒仓设备。

参考文献：

[1] 张以祥,曹湘洪,史济春,等.燃料乙醇与车用乙醇汽油(第一版)[M].北京:中国石化出版社,2004.
[2] 刘金娜,刘鑫.螺旋板换热器在酒精生产中的应用[J].酿酒,2008,5(3):44-45.