

正交试验优化茶树花大曲制作工艺

白蕊¹, 蒋军^{1,2,*}, 项飞¹, 杨欢¹, 李伟¹, 李大祥^{1,*}

(1.安徽农业大学 教育部茶叶生物化学与生物技术重点实验室, 安徽 合肥 230036;

2.安徽农业大学, 合肥市农产品加工研究院, 安徽 合肥 230036)

摘要: 以小麦为原料, 加入茶树花、母曲, 采用传统大曲加工工艺进行制曲。在单因素试验的基础上, 应用正交试验法对茶树花大曲的制曲工艺参数进行优化, 确定最佳的制曲工艺。结果表明: 在茶树花添加量2.0 g/100 g、母曲添加量3.0 g/100 g、水添加量45 mL/100 g (添加量均以小麦计)、制曲时间25 d的条件下, 所制茶树花大曲表面均匀挂衣、无裂口、断面整齐、火圈明显、曲香浓郁、无杂味。所制成品曲的理化及微生物指标为: 水分含量12.5%、酸度0.9 度、糖化力816.5 mg/(g·h)、液化力1.1 g/(g·h)、发酵力57 g CO₂/(100 g·48 h)、霉菌总数 9.8×10^6 CFU/g、酵母菌总数 9.4×10^5 CFU/g、细菌总数 5.7×10^6 CFU/g, 用优化后的大曲进行传统酿酒实验, 并与相同条件下工厂酒曲所酿酒样进行香气成分对比, 得出用茶树花大曲所酿酒样香气组分含量普遍高于传统大曲。

关键词: 茶树花; 大曲; 制作工艺

Optimization of the Preparation of Tea-Flower Daqu, a Starter Culture for Chinese Liquor

BAI Rui¹, JIANG Jun^{1,2,*}, XIANG Fei¹, YANG Huan¹, LI Wei¹, LI Da-xiang^{1,*}

(1. Key Laboratory of Tea Biochemistry and Biotechnology, Ministry of Education, Anhui Agricultural University,

Hefei 230036, China; 2. Agricultural Product Processing Research Institute of Hefei City,

Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: A novel starter culture (daqu in Chinese) for Chinese liquor was made by the traditional procedure from wheat added with tea flower and mother daqu. The manufacturing process was optimized by orthogonal array design. The surface of tea-flower daqu made by culturing wheat with 2.0 g/100 g tea flower, 3.0 g/100 g mother daqu and 45 mL/100 g water added for 25 d was covered with uniform white mycelia without splits and with a sharp cross-section. It also had obvious burning circles and a strong daqu fragrance without off-odor. The tea-flower daqu had a moisture content of 12.5% and an acidity of 0.9. The power of saccharification, liquefaction and fermentation were 816.5 mg/(g·h), 1.1 g/(g·h), and 57 g CO₂/(100 g·48 h), respectively. The numbers of mold, yeast and bacteria in the daqu were 9.8×10^6 , 9.4×10^5 and 5.7×10^6 CFU/g, respectively. Under the same fermentation conditions, the tea-flower daqu resulted in higher contents of volatile aroma compounds in Chinese liquor than the traditional daqu.

Key words: tea flower; daqu; manufacturing process

中图分类号: TS261.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2014) 20-0057-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201420012

茶树花在我国分布极广, 是茶树的生殖器官之一, 一般于每年5月开始花芽分化, 于9~12月陆续开放^[1]。长期以来, 人们更多地注重于茶树嫩叶的开发利用, 而缺乏对茶树花的利用, 造成茶树资源的较大浪费^[2]。研究表明茶树花中含有蛋白质、茶多酚、茶多糖、茶皂素、黄酮类、氨基酸和生物碱等多种生物活性物质^[3]。其干物质含量为13%~19%。在干物质中含茶多酚13.02%、

儿茶素6.34%, 氨基酸2.84%、咖啡碱2.59%、蛋白质27.46%、总糖38.47%, 对人体具有解毒、降脂、降糖、抗癌、滋补、养颜等功效^[4]。另外, 茶树花具有花香, 其香气清甜独特, 令人愉快, 可从其精油中分离天然成分来调配各种香精香料^[5]。因此, 充分利用茶树花资源不仅能促进茶树的营养生长, 而且还可以增加茶农的经济效益, 具有广阔的应用前景。

收稿日期: 2013-12-22

基金项目: 国家现代农业(茶叶)产业技术体系建设专项(CARS-23); 安徽省科技攻关项目(12010302057);

安徽省科技计划项目(1406C085017)

作者简介: 白蕊(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为茶叶生物化学与茶综合利用。E-mail: 474123959@qq.com

*通信作者: 蒋军(1977—), 男, 讲师, 博士研究生, 研究方向为酿醇酒生物技术。E-mail: jiangjun@ahau.edu.cn

李大祥(1975—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为茶叶生物化学与茶综合利用。E-mail: dxli@ahau.edu.cn

中国白酒是世界上著名的六大蒸馏酒之一,利用大曲作为发酵剂进行固态发酵是其主要特点^[6]。大曲是一种糖化发酵剂,对于产品的风味起着重要的作用^[7]。大曲的质量对曲酒的出酒率和优级品率有较大的影响。因此,酿酒先辈们从酿酒实践中总结出“曲乃酒之骨”、“有好酒必有好曲”等精辟论断^[8]。

茶树花作为一种新兴的食品原料,可以生产各类茶树花饮品、功能性食品、日用品及保健产品^[9]。然而相关研究尚处于初步探索的阶段。项目组前期进行了茶树花苹果酒的发酵工艺的研究^[2],本研究在其基础上,进一步尝试将茶树花与制曲原料进行混合制成含有茶树花的大曲,将此曲应用于固态白酒的酿造,使茶树花的香气成分与白酒香气成分结合,丰富了白酒的香气,所得饮品将是一款新颖的白酒产品,具有较高的推广价值。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

茶树花采摘于安徽农业大学高新技术农业园实验茶园;小麦(西农2208) 合肥种子公司;高粱 合肥周谷堆农贸市场;东北大米、糯米 合肥家乐福超市;母曲 安徽某知名酒厂;所用试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

BS110S电子天平 北京赛多利斯天平有限公司;SL202电子天平 上海民桥精密科学仪器有限公司;UTP电子称 花潮电器有限公司;JFSO-100粉碎机 上海嘉定粮油仪器有限公司;PHS-25数显pH计 上海康仪仪器有限公司;DNP-9162BS-III电热恒温培养箱 上海新苗医疗器械制造有限公司;电子调温电炉 金坛市荣华仪器制造有限公司;VIS7200可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器厂;GZX-9070MBE数显鼓风干燥箱 上海博迅医疗设备厂;HH-6数显恒温水浴锅 金坛市高华仪器有限公司;LDZX-4011灭菌锅 上海申安医疗器械厂;KQ3200DE数控超声清洗器 昆山超声设备有限公司;SW-CJ-ID净化工作台 苏州净化设备有限公司;DL-5-B低速离心机 上海安亭科学仪器厂;发酵栓 中国科学技术大学设备处。

1.3 方法

1.3.1 茶树花大曲制作工艺流程^[10]

原料预处理→润麦→粉碎→拌和→加入母曲及茶树花→人工成型→入箱制曲→培菌→翻曲→打拢→出曲→贮存

1.3.2 操作要点

1.3.2.1 原料处理

小麦使用前烘干,茶树花烘干后粉碎^[3],母曲粉碎。

1.3.2.2 手工制曲过程

小麦粉碎前先加一定量水润料,带表面柔润收汗后粉碎,然后加入母曲粉及茶树花粉,并加一定量的水拌和压制成型。

1.3.2.3 培菌管理

参照文献[11]进行培菌。温度控制遵循原则为前期缓(升)、中期挺(平稳)、后期缓(落);翻曲的控制原则为第一次翻曲品温40℃左右,上霉均匀,曲块变硬,曲面整齐。翻曲做到底翻上、中翻外、外翻中。

1) 低温培菌期:品温控制在30~40℃,相对湿度控制在90%;2) 高温转化期:品温控制在55℃左右,相对湿度大于90%;3) 后火生香期:品温低于45℃,相对湿度小于80%;4) 打拢:将曲块集中不留距离,保持常温。

1.3.3 影响制曲单因素优化

分别以茶树花添加量、母曲添加量、水添加量、制曲时间作为影响因子,进行单因素试验,每个试验重复3次,取平均值,确定各影响因子对茶树花大曲制曲结果的影响。

1.3.4 制曲工艺参数正交优化

根据单因素试验结果以及正交试验设计原理,对影响制曲工艺的4个因素的每个因子设计3个水平 $L_9(3^4)$,共有9个试验组,优化茶树花大曲的制曲工艺条件。正交试验设计因素与水平见表1。

表1 正交试验因素水平设计
Table 1 Factors and levels used in orthogonal array design

水平	A茶树花添加量/ (g/100 g)	B母曲添加量/ (g/100 g)	C水添加量/ (mL/100 g)	D制曲时间/d
1	1	3	40	20
2	2	6	45	25
3	3	9	50	30

1.3.5 感官指标检测

大曲感官鉴定评分项目及标准参考文献[12]。

1.3.6 理化指标检测

水分含量:采用质量恒定法^[13-14];酸度:采用酸碱中和法^[15];糖化力:采用菲林试剂滴定法^[16];液化力:采用碘反应退色法^[10];发酵力:采用CO₂失重法^[17]。

1.3.7 微生物指标检测方法

霉菌、酵母菌、细菌检测均参考文献[18-19]。

1.3.8 酿酒流程

原料(高粱20%、小麦50%、大米20%、糯米10%)浸泡→原料蒸煮→打量水(90℃左右)5%左右→冷却后加大曲25%→入缸发酵→蒸酒

1.3.9 香气成分检测

使用气相色谱分析法(内标法)^[20]。

2 结果与分析

2.1 影响茶树花大曲制作工艺主要因子的单因素优化

2.1.1 茶树花添加量对大曲品质的影响

茶树花添加量设计为1.0、2.0、3.0、4.0 g/100 g (以小麦计), 在母曲添加量6.0 g/100 g、水添加量45 mL/100 g的条件下培养25 d。培养完成后大曲的理化指标见图1。

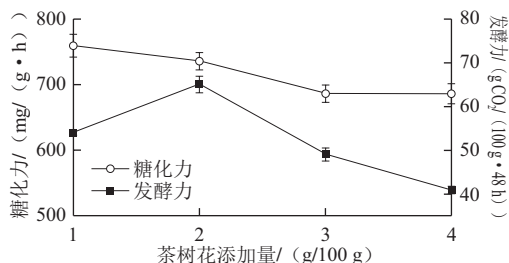


图1 不同茶树花添加量条件下大曲的培养结果

Fig.1 Effect of different amounts of tea flower added to wheat on the power of saccharification and fermentation in daqu

从图1可知, 随着茶树花添加量的增加, 糖化力逐渐降低, 而发酵力呈现出先增加后降低的趋势, 且在茶树花添加量为2.0 g/100 g时, 发酵力最高, 之后发酵力降低, 这可能与茶树花中的多酚、皂素等物质对酵母有很大的抑制效果有关^[2], 使得酵母菌数明显减少, 发酵力降低。结合大曲的感官指标分析, 在茶树花添加量为2.0 g/100 g小麦时, 大曲品质最好, 且糖化力与茶树花添加量为1.0 g/100 g时差别很小。综上考虑, 茶树花添加量为2.0 g/100 g时最有利于大曲培养。

2.1.2 母曲添加量对大曲品质的影响

母曲添加量设计为0、3.0、6.0、9.0、12.0 g/100 g (以小麦计), 在茶树花添加量2.0 g/100 g、水添加量45 mL/100 g的条件下培养25 d, 培养完成后大曲的理化指标见图2。

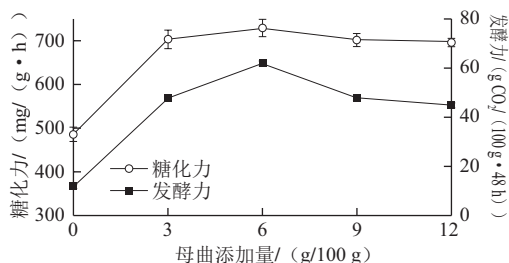


图2 不同母曲添加量条件下大曲的培养结果

Fig.2 Effect of different amounts of mother daqu added to wheat on the power of saccharification and fermentation in daqu

在制曲过程中加入母曲是为大曲培养提供种子, 由图2看出, 在不加母曲的情况下, 大曲的糖化力和发酵力均很低, 在母曲添加量为3.0~12.0 g/100 g的范围内, 糖

化力处于相对稳定的水平, 变化不明显, 而在添加量为6.0 g/100 g时, 发酵力处于最高水平, 随着母曲添加量的继续增加, 发酵力开始降低, 结合大曲的感官指标检测得出, 在母曲添加量为6.0 g/100 g左右时最有利于大曲培养。

2.1.3 水添加量对大曲品质的影响

水添加量设计为35、40、45、50 mL/100 g (以小麦计), 在茶树花添加量2.0 g/100 g、母曲添加量6.0 g/100 g的条件下培养25 d, 培养完成后大曲的理化指标见图3。

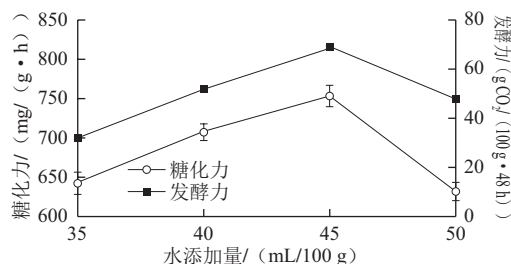


图3 不同水添加量条件下大曲的培养结果

Fig.3 Effect of different amounts of water added to wheat on the power of saccharification and fermentation in daqu

由图3可以看出, 在水添加量35~45 mL/100 g范围内, 糖化力、发酵力均随着水添加量的增加而增大, 大于45 mL/100 g之后, 糖化力、发酵力均随着水添加量的增加而减小, 在添加量为45 mL/100 g时, 二者均达到最大值。当加水量过少时, 曲坯不易黏合, 造成散落过多, 增加碎曲数量, 而且曲坯会干得过快, 不利于有益微生物生长繁殖, 加水量过多时, 会造成制曲室湿度过大, 曲坯表面容易长毛霉、黑曲霉等, 并且曲坯升温快, 易引起酸败类细菌的大量繁殖, 使原料受损失并降低成品曲质量^[21]。所以加水量过多或过少都使大曲糖化力、发酵力降低, 综合考虑, 适宜大曲培养的水添加量为45 mL/100 g。

2.1.4 制曲时间对大曲品质的影响

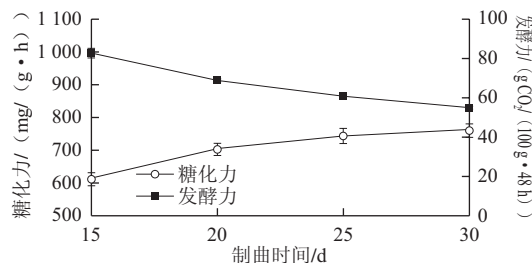


图4 不同制曲时间条件下大曲的培养结果

Fig.4 Effect of culture time on the power of saccharification and fermentation in daqu

制曲时间设计为15、20、25、30 d，在茶树花添加量2.0 g/100 g、母曲添加量6.0 g/100 g、水添加量45 mL/100 g的条件下培养，培养完成后大曲的理化指标见图4。

在培菌前期，以细菌占绝对优势，其次是酵母，再次是霉菌，高温期后，细菌，酵母大量死亡，霉菌的少数耐热菌种取而代之^[22]。故随着制曲时间的延长，糖化力逐渐升高，而发酵力逐渐降低。糖化力在30 d时达到最大，而发酵力在15 d时达到最大，结合大曲出曲水分含量应控制在13%左右，且测定经过15、20、25、30 d培养的大曲含水量分别为17.09%、15.34%、13.50%、12.97%得知，在25 d和30 d时水分含量达到出曲标准，且发酵力变化不大，为提高生产效率，综合考虑，培养25 d较为适宜。

2.2 茶树花大曲制曲工艺参数正交优化

根据正交试验设计，以所制得茶树花大曲的糖化力与发酵力作为依据，试验结果如表2所示。

表2 正交试验设计及结果

Table 2 Orthogonal array design and results

试验号	A茶树花添加量	B母曲添加量	C水添加量	D制曲时间	糖化力/(mg/(g·h))	发酵力/(g CO ₂ /(100 g·48 h))
1	1	1	1	1	685.95	53
2	2	2	2	1	720.11	65
3	3	3	3	1	619.67	36
4	3	1	2	2	766.48	41
5	1	2	3	2	642.50	40
6	2	3	1	2	706.61	60
7	2	1	3	3	660.33	47
8	3	2	1	3	723.10	39
9	1	3	2	3	803.50	49
糖化力	k_1	710.650	704.253	705.220	675.243	
	k_2	695.683	695.237	763.363	705.197	
	k_3	703.083	709.927	640.833	728.977	
	R	14.967	14.690	122.530	53.734	
发酵力	k'_1	47.333	47.000	50.667	51.333	
	k'_2	57.333	48.000	51.667	47.000	
	k'_3	38.667	48.333	41.000	45.000	
	R'	18.666	1.333	10.667	6.333	

如表2所示，由极差以及平均值分析各指标的最优组合，糖化力： $C_2D_3A_1B_3$ ；发酵力： $A_2C_2D_1B_3$ 。对于因素A，其对发酵力的影响排第一位，而对糖化力的影响不明显，故A取 A_2 ；对于因素B，其对糖化力与发酵力的影响效果一致，且均不明显，考虑到节约成本，B取 B_1 ；对于因素C，其对糖化力与发酵力的影响明显，且一致，故C取 C_2 ；对于因素D，取 D_3 （30 d）的时候，糖化力最高，取 D_1 （20 d）的时候，发酵力最高，综合来看D取 D_2 的时候，糖化力与发酵力均变化不明显，且水分含量达到出曲标准，可以提高效率，节约成本。综上所述，茶树花大曲的最佳制曲工艺为：茶树花添

加量2.0 g/100 g、母曲添加量3.0 g/100 g、水添加量45 mL/100 g、制曲时间25 d。

2.3 验证实验

按照正交试验得出的最佳工艺条件进行3次平行验证实验，通过专业评定小组对大曲进行感官评价，再对其理化与微生物指标进行检测，此优化条件下所制得的茶树花大曲表面均匀挂衣、无裂口、断面整齐，火圈均匀明显、成棕色，曲香浓郁纯正、无杂味。各理化指标及微生物指标为：水分含量12.5%、酸度0.9度、糖化力816.5 mg/(g·h)、液化力1.1 g/(g·h)、发酵力57 g CO₂/(100 g·48 h)、霉菌总数 9.8×10^6 CFU/g、酵母菌总数 9.4×10^5 CFU/g、细菌总数 5.7×10^6 CFU/g。

2.4 茶树花大曲酿酒对产酒香气成分的影响

表3 茶树花大曲酒与传统大曲酿酒香气成分含量对比

Table 3 Comparison of aroma components of Chinese liquors made with tea-flower daqu and traditional daqu

香气成分	实验样含量/(mg/L)	对照样含量/(mg/L)
甲醇	121.96	82.97
仲丁醇	10.64	9.58
正丙醇	241.55	204.44
异丁醇	571.68	463.39
正丁醇	72.81	70.78
2-甲基丁醇	227.72	185.55
异戊醇	669.50	653.89
正戊醇	9.31	3.37
正己醇	108.61	81.94
乙醛	1 431.91	1 264.11
丙酮	3.71	2.63
甲酸乙酯	102.67	36.75
乙酸乙酯	2 624.21	2 095.16
乙缩醛	948.27	898.54
异戊醛	83.68	88.63
2-戊酮	14.55	16.17
丁酸乙酯	132.45	147.67
1,1-二乙氧基异戊烷	2.67	2.89
乙酸异戊酯	14.57	12.77
戊酸乙酯	18.15	16.98
己酸乙酯	897.26	885.33
3-羟基-2-丁酮	43.98	175.02
庚酸乙酯	22.42	4.61
乳酸乙酯	789.88	735.13
辛酸乙酯	128.89	88.65
己酸异戊酯	5.33	4.66
乙酸	1 279.78	1 069.27
糠醛	26.03	73.12
丙酸	8.19	4.93
2,3-丁二醇（左旋）	41.84	48.01
异丁酸	4.22	3.64
2,3-丁二醇（内消旋）	176.20	188.35
1,2-丙二醇	3.83	2.55
丁酸	42.25	82.96
糖醇	4.20	3.47
苯乙酸乙酯	3.25	1.37
己酸	101.80	113.93
β -苯乙醇	2.76	1.32
月桂酸乙酯	5.35	4.17
棕榈酸乙酯	22.81	23.20

注：实验样为茶树花大曲酿酒酒样；对比样为传统大曲酿酒酒样。

在检测到的40种香气成分中,香气种类二者相同,但茶树花大曲酒有29种成分含量高于传统大曲酒,其中14种酯类成分中有11种含量高于传统大曲酒,13种醇类成分中有12种含量高于传统大曲酒,5种酸类成分中有3种含量高于传统大曲酒,4种醛类成分中有2种含量高于传统大曲酒,3种酮类成分中有1种含量高于传统大曲酒。浓香型酒的主体香气是己酸乙酯,清香型酒是乙酸乙酯^[23],从表3可以看出,香气成分中乙酸乙酯占主体,且含量高于传统大曲酒,初步估计该茶树花大曲适制清香型白酒。

3 结 论

本研究通过单因素试验以及正交试验分析,确定出茶树花大曲最佳制曲条件为:茶树花添加量2.0 g/100 g、母曲添加量3.0 g/100 g、水添加量45 mL/100 g、制曲时间25 d。

本实验对茶树花大曲的制曲工艺参数以及传统酿酒实验进行了研究,分析比较了茶树花大曲酒与传统大曲酿酒在香气成分含量方面的区别,而对于此区别对应的机理还需要进一步研究探讨。

长期以来,传统大曲由谷物类、豌豆、霉菌、细菌以及酵母菌混合制成^[24]。近些年,有研究将高质量麸曲与传统大曲相结合,显示出了明显高的淀粉利用率和酒精生产力^[25]。本研究则利用茶树花的与传统大曲制作相结合,制成一种新式大曲,丰富了产品类型,更为实现资源多效利用提供了新的思路。

参考文献:

- [1] 徐人杰,王琳,汪名春,等. HPLC法测定茶树花中可溶性糖、儿茶素和游离氨基酸[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 246-250.
- [2] 鄯颖霞,陈启文,白蕊,等. 茶树花苹果酒的发酵工艺研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 207-211.
- [3] 卢雯静,宁井铭,方世辉,等. 茶树花中茶多酚和茶皂素综合提取技术研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 296-300.
- [4] 郭龄盛,叶乃兴,江帆,等. 茶树花酒的研制[J]. 中国茶叶, 2005, 27(6): 40-41.
- [5] 王丽丽. 茶(*Camellia sinensis*)树花香气成分研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2008: 4-6.
- [6] WANG H Y, GAO Y B, FAN Q W, et al. Characterization and comparison of microbial community of different typical Chinese liquor daqus by PCR-DGGE[J]. Applied Microbiology, 2011, 53: 134-140.
- [7] ZHENG Xiaowei, MINOO R T, ROBERT NOUT M J, et al. Daqu: a traditional Chinese liquor fermentation starter[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2011, 117(1): 82-90.
- [8] 敖宗华,陕小虎,沈才洪,等. 国内主要大曲相关标准及研究进展[J]. 酿酒科技, 2010(2): 104-108.
- [9] 王秋霜,赵超艺,凌彩金,等. 国内外茶树花研究进展概述[J]. 广东农业科学, 2009(7): 35-38.
- [10] 李大和. 白酒工人培训教程[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 52-55.
- [11] 肖东瓜,赵树欣,陈叶福,等. 白酒生产技术[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2011: 73-74.
- [12] 胡承,邬捷锋,沈才洪,等. 浓香型(泸型)大曲的研究及其应用[J]. 酿酒科技, 2004(1): 33-36.
- [13] 卫生部. GB 5009.3—2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [14] 张春林. 泸州老窖大曲的质量、微生物与香气成分的关系[D]. 无锡: 江南大学, 2012: 38-39.
- [15] 炊伟强. 大曲传统感官评价与其内在质量、理化指标的关系[D]. 无锡: 江南大学, 2010: 9-10.
- [16] 中国轻工业联合会. QB/T 4257—2011 酿酒大曲通用分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [17] 郭刚,张丽玲,章忠泰. 浅析大曲发酵力的测定[J]. 酿酒, 2011, 38(2): 80-81.
- [18] 炊伟强,敖宗华,张春林,等. 泸州老窖大曲感官特征与微生物、理化指标和化性能的关联研究[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(5): 761-766.
- [19] 李娟. 机压丢糟“包包曲”生产工艺的研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2011: 15-16.
- [20] 李燕,张燕,张书文. 气相色谱法同时测定白酒中的特征性香气成分[J]. 化学分析计量, 2008, 17(6): 59-61.
- [21] 付万绪,张海霞,孟勤燕,等. 大曲生产工艺对糖化力的影响[J]. 酿酒科技, 2007(2): 62-64.
- [22] 章克昌. 酒精与蒸馏酒工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002: 434-436.
- [23] 沈海月. 酱香型白酒香气物质研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010: 1-9.
- [24] LE V-D, ZHENG Xiaowei, CHEN Jingyu, et al. Characterization of volatile compounds in Fen-daqu: a traditional Chinese liquor fermentation starter[J]. Institute of Brewing and Distilling, 2012, 118(1): 107-113.
- [25] ZHANG Wenxue, WU Zhengyun, ZHANG Qisheng, et al. Combination of newly developed high quality Fuqu with traditional daqu for Luzhou-flavor liquor brewing[J]. World Journal of Microbiology Biotechnology, 2009, 25: 1721-1726.