

# 酱香型大曲贮存过程中发酵性能变化的研究

张丽, 卢红梅, 陈莉, 乔岩, 何星, 安家静

(贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州大学贵州省发酵工程与生物制药重点实验室, 贵州贵阳 550025)

**摘要:**以酱香型大曲为研究对象, 研究大曲在贮存过程中水分含量、微生物菌落总数、霉菌及酵母菌数量的变化, 以及发酵力、液化力、糖化力、酯化力和酒化力等生化性质的变化。结果表明, 酱香型大曲贮存初期的霉菌数量、液化力、糖化力及酯化力含量都较低, 在前4个月的贮存过程中这四个指标均呈先升后降的变化趋势, 5~8个月时变化趋于稳定; 大曲的水分含量、菌落总数、酵母菌数量、发酵力和酒化力在贮存的前4个月明显呈下降趋势, 贮存4个月后在相对小的范围内波动。通过对大曲贮存中水分、菌落总数、霉菌数量、酵母菌数量、发酵力、液化力、糖化力、酯化力及酒化力等各指标间进行相关性分析, 其中60%以上的指标间达到显著、极显著关联。酱香型大曲贮存5~6个月时生化性能趋于稳定, 用于白酒生产有利于稳定基酒的产量和质量, 最适宜于酱香型白酒的生产。

**关键词:** 酱香型大曲; 贮存; 生化性质

文章编号: 1673-9078(2017)9-231-237

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.9.034

## Study on Changes in the Biochemical Properties of Maotai-flavor Daqu during Storage

ZHANG Li, LU Hong-mei, CHEN Li, QIAO Yan, HE Xing, AN Jia-jing

(School of Liquor-making and Food Engineering, Guizhou Key Lab of Fermentation Engineering and Biological Pharmacy, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** Maotai-flavor daqu was used as a research object, and changes in its biochemical properties, such as fermenting power, liquefaction power, saccharification power, esterification power, alcohol-producing power, water content, the total number of microbial colonies, and mold and yeast counts during the storage of daqu were studied. The results revealed that the mold counts, liquefaction power, saccharification power, and esterification power were relatively low at the early stage of the storage of Maotai-flavor daqu; these four parameters showed a downward trend after the initial increase during the first four months of storage, and then the parameters maintained between five and eight months of storage. Water content, the total number of colonies and yeast cells, fermenting power, and alcohol-producing power of Maotai-flavor daqu significantly decreased during the first four months of storage, and then these parameters fluctuated in a relatively small range. The correlation analyses (of water content, the total number of microbial colonies, counts of molds and yeasts, fermenting power, liquefaction power, saccharification power, esterification power, alcohol-producing power, and other parameters) were conducted, and more than 60% of these parameters showed a significant or extremely significant correlation. The biochemical properties of Maotai-flavor daqu began to stabilize between five and six months of storage, and this situation was conducive to stabilization of the yield and quality of Maotai-flavor base liquor and was most suitable for the production of Maotai-flavor liquor.

**Key words:** Maotai-flavor daqu; storage; biochemical properties

我国白酒酿造历史悠久, 它是以高粱等粮谷为主要原料, 以大曲、小曲或麸曲及酒母等为糖化发酵剂, 经蒸煮、糖化、发酵和蒸馏而制成的饮料酒, 又称蒸

收稿日期: 2017-05-04

基金项目: 贵州省科技计划(工业攻关)项目: 黔科合 GY 字[2014]3031;

贵州大学研究生酱香型白酒创新实践基地项目

作者简介: 张丽(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 发酵工程

通讯作者: 卢红梅(1967-), 女, 博士, 教授, 硕士生导师, 从事酿酒工程、

发酵工程、酶工程、食品生物技术等方面的教学与研究工作

馏酒, 是中国特有的传统酒种, 在六大蒸馏酒中别具一格<sup>[1,2]</sup>。高温大曲是以小麦为原料制成的且含有微生物菌系、微生物酶系和复合曲香香味物质的微生态制品, 制曲品温最高超过 60℃, 是酿酒的糖化发酵剂和生香剂, 在白酒酿造过程中有着举足轻重的地位, 主要用于生产酱香型白酒<sup>[3]</sup>。酱香型白酒的酿造以“二次投粮、九次蒸煮、八次发酵、七次取酒”和“高温制曲、高温堆积糖化、高温发酵、高温流酒、生产周期长、贮存时间长”为其显著的传统工艺特点<sup>[4]</sup>。其中, 大曲

质量的好坏直接影响到白酒的质量、产量以及风味,所以自古就有“曲乃酒之骨”、“好曲酿好酒”和“粮是酒之肉,水是酒之血,曲是酒之魂”等古语,由此可见曲块质量直接影响所产基础酒的酒质和出酒率。

酱香型大曲的各理化与生化指标是考察大曲是否发酵成熟,从而反映着大曲的品质优劣。在大曲的制作过程中,酱香型曲块中栖息着丰富的微生物种属(比如细菌、酵母菌及霉菌等)<sup>[5,6]</sup>,大曲微生物的代谢可以产生大量淀粉酶、糖化酶、蛋白酶和酯化酶等各种酶,在生物酶和温度的作用下,经过一系列复杂的生化反应进而产生众多的芳香成分,对白酒的产酒、生香和产酯等方面起着十分重要的作用<sup>[7-9]</sup>。制曲过程中,曲块各部位微生物的消长变化是不一样的<sup>[10]</sup>。因此培养成熟的新鲜大曲需经一段时间的贮存方可使用,传统酱香型白酒生产中,制曲完成后需要6个月的贮存,使曲块中的各理化与生化性质等均处于最佳状态,从而有利于制备质量更好的酱香型大曲。而在实际生产中,酱香型大曲的贮存时间从2~3个月到8~9个月的都有。

通过主要研究酱香型大曲在贮存过程中部分生化性质的变化,分析贮存时间对大曲中发酵力、液化力、糖化力、酯化力和酒化力等生化性质的影响,探讨酱香型大曲的最佳贮存期,以利于更科学、系统地指导生产,不断地提高大曲的产、质量。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

#### 1.1.1 材料

酱香型大曲,贵州省茅台镇某酱香型白酒企业制曲车间生产。

#### 1.1.2 主要试剂

氢氧化钠:重庆茂业化学试剂有限公司;盐酸:重庆川江化学试剂厂;葡萄糖:成都金山化学试剂有限公司;碘化钾:广东光华科技股份有限公司;五水硫酸铜:成都金山化学试剂有限公司;酒石酸钾钠:成都金山化学试剂有限公司;可溶性淀粉:天津市大茂化学试剂厂;重铬酸钾:上海埃彼化学试剂有限公司;无水乙酸钠:天津市大茂化学试剂厂;冰乙酸:重庆北碚精细化工厂;甲醛溶液:天津市盛奥化学试剂有限公司;磷酸二氢铵:天津市大茂化学试剂厂等。以上均为分析纯。

淀粉酶(高温):安琪酵母股份有限公司;孟加拉红复合培养基:天津市科密欧化学试剂有限公司;平板计数琼脂培养基:天津市科密欧化学试剂有限公司

等。以上均为生物试剂。

### 1.2 主要仪器

PHS-3E 型酸度计:上海精科天美科学仪器有限公司;快速水分测定仪:奥豪斯仪器(上海)有限公司;GZX 9070 MBE 数显鼓风干燥箱:上海博讯实业有限公司医疗设备厂;YXQ-LS-50SI 立式压力蒸汽灭菌器:上海博讯实业有限公司医疗设备厂;HH-6 数显恒温水浴锅:国华电器有限公司;78-1 型磁力加热搅拌器:江苏省金盘市荣华仪器制造有限公司;SPX-250 型生化培养箱:上海悦丰仪器仪表有限公司;超净工作台:广东光华科技股份有限公司;电子天平:上海菁海仪器有限公司;标准检验筛:浙江上虞市华丰五金仪器有限公司;万用电炉:北京科伟永兴仪器有限公司;发酵栓:徐州大华玻璃制品有限公司等。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 取样方法

酱香型大曲的贮存:将按传统制曲发酵完成的酱香型大曲从发酵房与曲仓传递孔丢入试验专用曲仓,大曲贮存时间为8个月(从第一年的5月份到第二年的1月份)。

大曲的取样:为了保证取样的科学性以及均一性,出房时在曲仓的不同位置进行取样,从曲堆表层、内部、曲仓角落、曲仓靠近地面等位置分别选取5块大曲。将挑出的大曲混合用破碎机破碎后过60目筛,然后用四分法进行缩分取样,收集曲粉备用。

#### 1.3.2 测定方法

##### 1.3.2.1 水分的测定

参照《QB/T 4257-2011 酿酒大曲通用分析方法》<sup>[11]</sup>。

##### 1.3.2.2 大曲中微生物菌落总数、霉菌和酵母菌总数的测定

具体操作方法参照《GB 4789.2-2016 食品微生物菌落总数的测定》<sup>[12]</sup>《GB 4789.15-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》<sup>[13]</sup>。

##### 1.3.2.3 大曲发酵力、液化力和糖化力的测定

发酵力是指在30℃,72h内0.5g大曲利用可发酵糖类所产生的二氧化碳克数,单位为g/(0.5g·72h)。液化力是指在35℃,pH 4.6条件下,1g绝干曲1h能液化淀粉的克数,单位为g/(g·h)。糖化力是指在35℃,pH 4.6条件下,1g大曲1h转化可溶性淀粉生成葡萄糖的毫克数,单位为mg/(g·h)。具体方法参照《QB/T 4257-2011 酿酒大曲通用分析方法》。

##### 1.3.2.4 大曲酯化力的测定

酯化力是指每 50 g 大曲在 35 °C, 经过 7 d 催化己酸和乙醇合成己酸乙酯的毫克数, 单位为 mg/(50 g·7 d)。在规定试验条件下, 大曲中酯化酶催化游离有机酸与乙醇合成酯, 再用皂化法测定所生产的总酯 (以己酸乙酯计), 表示其酯化力。酯化力的检测方法具体参照《QB/T 4257-2011 酿酒大曲通用分析方法》。

### 1.3.2.5 大曲酒化力的测定

大曲能将原料中的淀粉转化为乙醇, 以试样在规定条件下将淀粉转化为乙醇的量就表示酒化力的大小。具体方法参照《QB/T 4257-2011 酿酒大曲通用分析方法》。

### 1.3.3 数据处理和分析

采用 Origin 7.5 和 SPSS 17.0 等软件对实验数据进行处理, 每个处理组进行 3 次平行实验。

## 2 结果分析

### 2.1 水分

大曲中水分是一个重要的指标, 对大曲的培养和贮存起着关键性的作用, 水分在制曲过程中与微生物的生长和酶的生成密切相关。

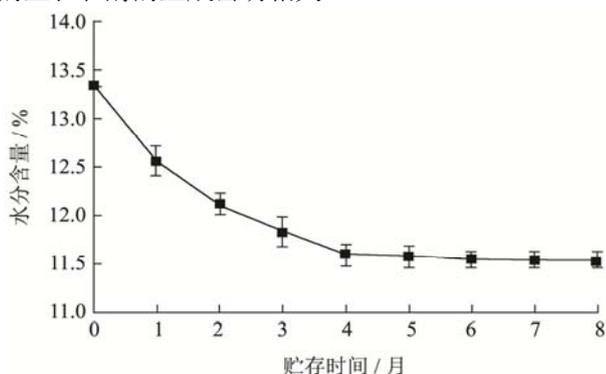


图1 大曲贮存过程中水分含量的变化

Fig.1 Changes in moisture content during storage of daqu

从图1可以看出, 酱香型大曲在贮存过程中, 水分含量整体呈下降趋势; 前4个月水分含量变化明显, 4个月后趋于平缓。大曲中的水分依其与曲料的结合方式可分为3类: 吸附水分、毛细管水分和溶胀水分。在大曲入库贮存前, 曲块表面吸附水分以及曲胚内部的一部分毛细管水分已蒸发, 在贮存的前3个月内剩余的毛细管水分又蒸发一部分, 致使含水量进一步降低。贮存4个月后, 曲胚中含有很少的毛细管水分和溶胀水分, 而这两部分水分在以后的贮存过程中变化很小。大曲由于其质地有较多的孔隙, 容易吸收空气中的水分, 其水分含量与空气湿度的变化也有一定的关系。大曲在贮存5~8月时水分含量的波动可能与空气湿度的变化有关, 但均保持在稳定的范围内。

### 2.2 微生物菌落总数

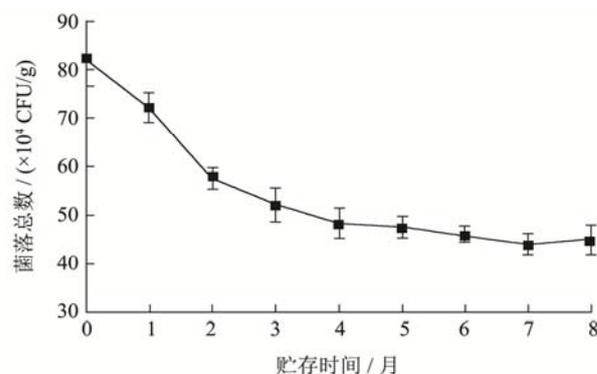


图2 大曲贮存过程中菌落总数的变化

Fig.2 Changes in the total number of colonies during storage of daqu

从图2可以看出, 酱香型大曲在贮存过程中, 菌落总数整体呈下降趋势。微生物的生长受制于生长环境和营养物质, 1~4个月菌落总数大幅度降低, 一方面可能是因为酱香型大曲在高温发酵过程中富集的高温细菌在贮存的相对低温条件下存活率下降<sup>[14]</sup>; 另一方面可能与水分含量的快速降低有关, 特别是大曲表面吸附水和毛细管水分的降低。对比图1与图2可以发现, 二者的变化趋势较一致, 与储炬等<sup>[15]</sup>研究相符, 说明微生物对水活度的敏感性较强。贮存4个月后, 大曲菌落总数的降幅变缓, 但仍有小幅度的降低, 其原因可能是在水分较低的环境中, 微生物自身的存活率不高。

### 2.3 霉菌数量

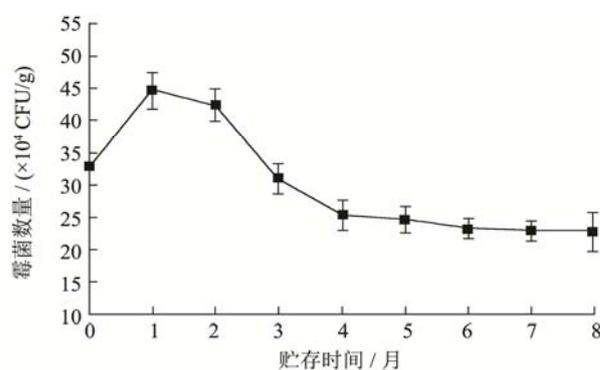


图3 大曲贮存过程中霉菌数量的变化

Fig.3 Changes in mold counts during storage of daqu

从图3中可以看出, 酱香型大曲在贮存过程中霉菌数量先增后降, 在整个贮存期呈下降趋势。霉菌数量在前1个月内呈上升趋势, 达到最大值为  $4.5 \times 10^5$  CFU/g; 而随着贮存时间的增加, 霉菌的数量逐渐下降; 在贮存4个月之后, 霉菌数量一直处在较低水平, 上下略有浮动, 基本稳定。霉菌对大曲的培养起着至

关重要的作用，其具有糖化力强的优点，在生产过程中产生各种酶，利用其代谢产生液化和糖化淀粉酶；并能产生多种影响酒类风味的物质，在酒的发酵过程中发挥着不可替代的作用。

## 2.4 酵母菌数量

大曲中的酵母菌有酒精酵母、产酯酵母和假丝酵母等，其中酒精酵母是大曲中的主要产酒功能菌<sup>[16]</sup>，对大曲和大曲酒的产品质量起着决定性的作用。

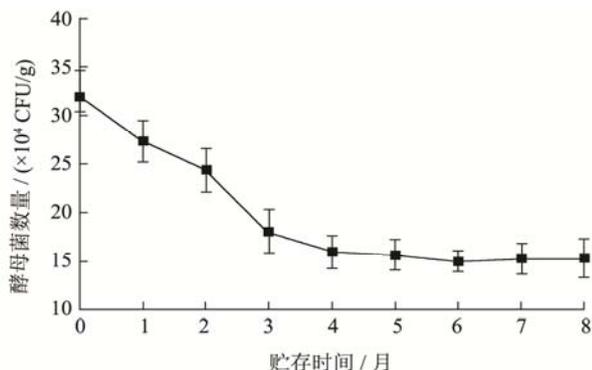


图4 大曲贮存过程中酵母数量的变化

Fig.4 Changes in yeast counts during storage of daqu

从图4中可以看出，酵母菌数量在大曲贮存过程中整体呈下降之势。随着曲块中水分和养分含量的逐渐散失，微环境中氧含量严重缺乏，酵母菌由于繁殖代谢受抑制，因此前3个月下降速度与幅度均较大。贮存4个月后大曲酵母菌数量的变化相对较稳定，可能是有些酵母菌对水分活度要求比较低，能够在水分较低的环境中存活。

## 2.5 发酵力

大曲发酵力是指大曲在糖化液中发酵，包含了淀粉的液化、糖化和酒化等一系列复杂的过程<sup>[17]</sup>。采用失重法测大曲的发酵力，不仅包括大曲微生物在无氧发酵过程中产生的二氧化碳，也包括大曲中微生物有氧呼吸生长中产生的二氧化碳<sup>[18,19]</sup>。

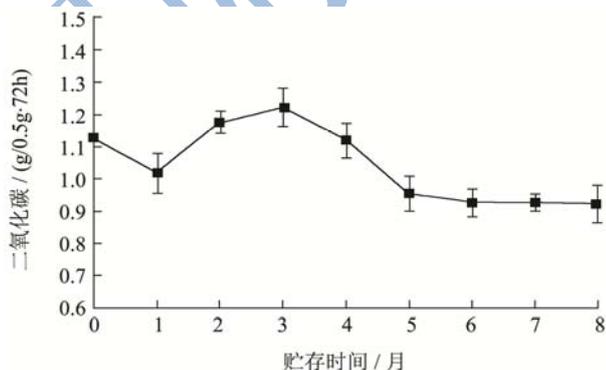


图5 大曲贮存过程中发酵力的变化

Fig.5 Changes in fermentation power during storage of daqu

从图5中可以看出，在大曲的贮存过程中发酵力总体呈下降趋势，其随贮存时间的延长而降低，与大曲中微生物数量的变化一致。由于微生物的厌氧作用产生酒精，使原料发酵，所以大曲的发酵力与酵母菌的数量之间呈一定地相关性，酵母菌数量发生变化，大曲的发酵力也随之变化。结合图4可以看出，大曲的发酵力变化与大曲中酵母菌的数量相关但并不完全相符，说明还有其他因素影响大曲的发酵力水平，此结果与张良等<sup>[20]</sup>人的研究吻合。由图大曲在贮存约6个月时发酵力水平保持在一段相对稳定的状态，随着发酵液中乙醇含量增加，发酵速度不断减慢，且生成量增加不明显，故贮存时间以6个月左右为宜。

## 2.6 液化力

大曲的液化力反映大曲中液化型淀粉酶将淀粉水解为糊精的能力，主要是由霉菌和枯草芽孢杆菌产生，如 $\beta$ -淀粉酶<sup>[21]</sup>。大曲的液化力是酱香型白酒酿造的起始，许德富<sup>[22]</sup>将大曲生产中制曲原料的淀粉水解酶称为大曲发酵的启动因子。

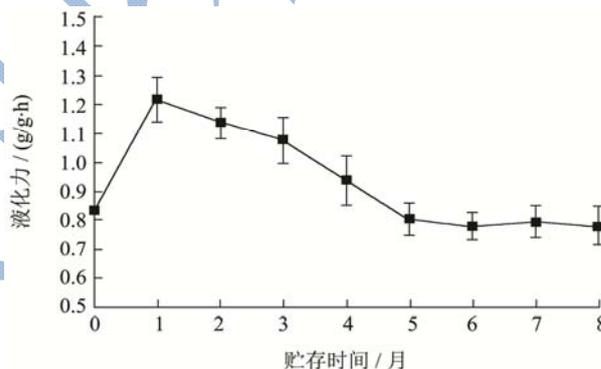


图6 大曲贮存过程中液化力的变化

Fig.6 Changes in liquefaction power during storage of daqu

从图6中可以发现，大曲的液化力在整个贮存过程中呈先增后降的趋势。液化力和糖化力的高低又与大曲中微生物的生长繁殖有一定的关联性，尤其是霉菌。在贮存1个月时，大曲的液化力从开仓时的0.83 g(g·h)上升到1.20 g(g·h)，结合图3这与霉菌数量在贮存前期的增加是相符的；从贮存第2个月开始，大曲的液化力开始逐渐降低，与霉菌的变化趋势相同，原因可能是霉菌在环境条件相对恶劣时，大曲中的淀粉酶、糖化酶活力较低。随着贮存时间的增加，在贮存5个月后大曲液化力逐渐趋于平缓，此时大曲质量比较稳定。

## 2.7 糖化力

大曲的糖化力是指大曲中具有糖化作用的酶及微生物将淀粉转化为糖分的能力，能够将淀粉转化为被

酵母菌等所利用的可发酵性糖<sup>[23]</sup>。从图7中可以看出,大曲贮存的前两个月,其糖化力有一定程度的增加,这与霉菌的数量变化相似。霉菌代谢产生的酶能催化原料中的淀粉转化为糖,是大曲糖化力的主要影响因素,随着贮存时间的延长,霉菌数量略有减少,但是霉菌代谢产生的酶类在大曲中积累,因此大曲糖化力的变化趋势是呈增加的趋势。而贮存时间超过4个月之后,结合图3,随着霉菌数量的降低,淀粉酶产量减少、活力降低,导致大曲的糖化力开始降低。在贮存6个月左右时,大曲的糖化力含量逐渐保持在一个相对较稳定的范围内,此时用于发酵酿酒有利于稳定基酒的质量。综合图6和7可知,大曲贮存过程中液化力和糖化力的变化呈正相关,趋势基本一致。

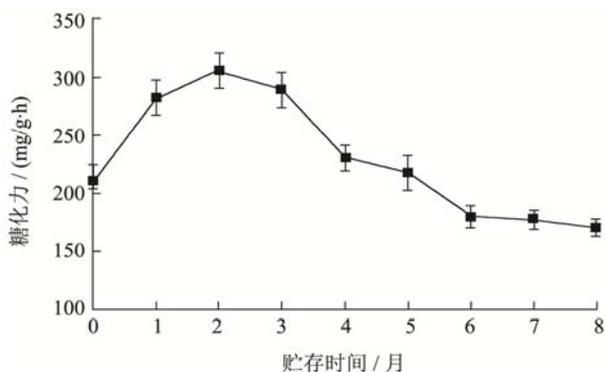


图7 大曲贮存过程中糖化力的变化

Fig.7 Changes in saccharification power during storage of daqu

## 2.8 酯化力

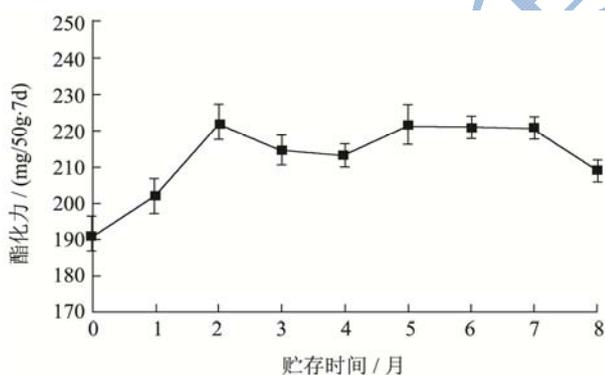


图8 大曲贮存过程中酯化力的变化

Fig.8 Changes in esterification power during storage of daqu

大曲的酯化力是指大曲催化合成酯类物质的能力,对酱香型白酒形成独特的风味有重要的贡献。大曲的细菌、霉菌和酵母菌都能够进行酸、醇结合的酯酶,说明大曲的酯化作用是一个很庞大和复杂的系统<sup>[24]</sup>。由图8可知,酱香型大曲在贮存过程中酯化力总体呈上升趋势。在贮存前2个月,大曲酯化力的增幅较快,酯化力从发酵结束时的190.45 mg/(50 g·7 d)增加到222.85 mg/(50 g·7 d),结合大曲微生物的变化趋

势来看,大曲酯化力的上升与霉菌在贮存前期的增加有一定的相关性,说明霉菌对大曲酯化力有重要的贡献。大曲在贮存第3~8个月期间,酯化力的变化相对稳定,在220 mg/(50 g·7 d)上下浮动。由图可知,贮存5~7个月左右时酯化力水平更稳定,使大曲的质量更好。

## 2.9 酒化力

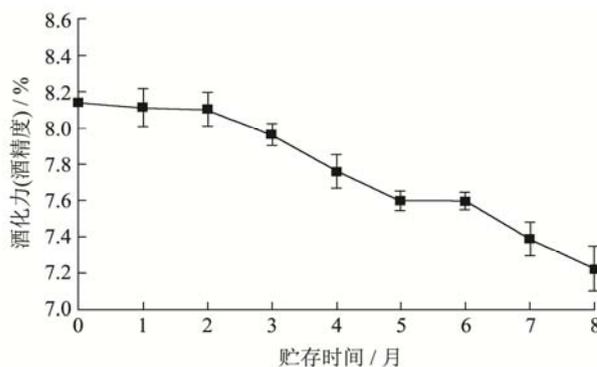


图9 大曲贮存过程酒化力的变化

Fig.9 Changes in alcohol-producing power during storage of daqu

从图9中可以看出,酱香型大曲在贮存过程中,酒化力整体上随贮存时间的增加而降低;贮存前2个月时还相对保持稳定,3~8个月降低幅度加快;其中第5~6个月酒化力性质比较稳定,6个月后又快速下降。大曲的酒化力和大曲液化力、糖化力、发酵力和酵母菌数量等都有着紧密的联系,而这些指标在贮存期整体均呈下降趋势,因此贮存时间越长,酒化力越低,越不利于产酒。由上面的数据可知,酒化力在大曲贮存6个月时活性最佳,适宜白酒的酿造。

## 3 结论

3.1 用SPSS 17.0软件对酱香型大曲贮存中水分、菌落总数、霉菌数量、酵母菌数量、发酵力、液化力、糖化力、酯化力及酒化力等各指标间进行了相关性分析,得到结果如表1所示。由表1可知,各指标间均具有一定的相关性,其中60%以上的指标间达到显著、极显著关联,以酒化力的关联性最突出;酯化力与其它指标之间存在负相关性;说明大曲在贮存过程中各微生物、生化指标间相互关联,性质上相互影响,使酱香型大曲在最佳的贮存期进行酿造,从而达到良好的产酒、产香风味。

3.2 酱香型大曲贮存初期的霉菌数量、液化力、糖化力及酯化力含量都较低,此时用于白酒生产将大大降低曲酒的质量。在前4个月的贮存过程中这四个指标均呈先升后降的变化趋势,5~8月时变化趋于稳定;

大曲的水分含量、菌落总数、酵母菌数量、发酵力和酒化力在贮存的前4个月呈明显下降趋势,贮存4个月后在相对稳定的范围内波动。结合图1~图9,各指标均在贮存期5~6个月时变化幅度较小、生化性能趋

于稳定,此时用于白酒生产有利于稳定基酒的产量和质量,从大曲生化性能角度看最适宜于酱香型白酒的生产。

表1 大曲贮存期各指标间的相关性分析

Table 1 Analysis of correlations among the characteristics of daqu during the storage period

指标	相关系数								
	水分	菌落总数	霉菌数量	酵母菌数量	发酵力	液化力	糖化力	酯化力	酒化力
水分	1.000	0.988**	0.639	0.976**	0.719*	0.317	0.322	-0.830**	0.757*
菌落总数		1.000	0.704*	0.979**	0.728*	0.408	0.393	-0.825**	0.796
霉菌数量			1.000	0.781*	0.653	0.881**	0.830**	-0.332	0.839**
酵母菌数量				1.000	0.742*	0.474	0.463	-0.751*	0.820**
发酵力					1.000	0.608	0.724*	-0.538	0.898**
液化力						1.000	0.925**	-0.116	0.733*
糖化力							1.000	-0.010	0.813**
酯化力								1.000	-0.427
酒化力									1.000

注: \*\*在0.01水平(双侧)上显著相关; \*在0.05水平(双侧)上显著相关。

## 参考文献

- [1] GB/T 15109-2008,白酒工业术语[S]  
GB/T 15109-2008, Terminology of Chinese spirits industry [S]
- [2] 刘玉平,黄明泉,郑福平,等.中国白酒中挥发性成分研究进展[J].食品科学,2010,31(21):437-441  
LIU Yu-ping, HUANG Ming-quan, ZHENG Fu-ping, et al. Recent advances in extraction and analysis of volatile flavor compounds in Chinese liquor [J]. Food Science, 2010, 31(21): 437-441
- [3] 明红梅,刘宇驰,卓毓崇,等.制曲温度对酱香型大曲质量的影响[J].中国酿造,2010,29(7):157-160  
MING Hong-mei, LIU Yu-chi, ZHUO Yu-chong, et al. Effect of temperature on the quality of moutaiflavor Daqu [J]. China Brewing, 2010, 29(7): 157-160
- [4] 杨大金,蒋英丽,陈小林,等.酱香单次酒风格质量、香味组分特点与作用及工艺对其影响[J].酿酒科技,2004,4:35-37  
YANG Da-jin, JIANG Ying-li, CHEN Xiao-lin, et al. Styles and flavoring components characteristics and functions of maotai-flavor liquor of different production turn and production techniques influence [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2004, 4: 35-37
- [5] 吴衍庸.酒曲微生物分析与白酒香型初探[J].酿酒科技,2004,5:38-39  
WU Yan-yong. Analysis of distiller's yeast microbes and research on liquor flavor types [J]. Liquor Making Science & Technology, 2004, 5: 38-39
- [6] 徐岩,吴群,王海燕.传统白酒技术研究进展[C]//中国首届微生物与白酒酿造技术研讨会,2013:6-7  
XU Yan, WU Qun, WANG Hai-yan. Research progress of traditional liquor technology [C]// China's First Microbial and Liquor Brewing Technology Seminar, 2013: 6-7
- [7] 张宿义,许德富.泸州酒技艺大全[M].北京:中国轻工业出版社,2011  
ZHANG Su-yi, XU De-fu. Luzhou-flavor liquor technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011
- [8] 明红梅,郭志,周健,等.浓香型大曲中产香微生物的筛选及鉴定[J].现代食品科技,2015,4:186-191  
MING Hong-mei, GUO Zhi, ZHOU Jian, et al. Screening and identification of aroma-producing microorganisms in Luzhou-flavor Daqu [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 4: 186-191
- [9] 罗惠波,杨晓东,杨跃寰,等.浓香型大曲中可培养真菌的分离鉴定与系统发育学分析[J].现代食品科技,2013,9:2047-2052  
LUO Hui-bo, YANG Xiao-dong, YANG Yue-huan, et al. Isolation, identification and phylogenetic analysis of culturable fungi in Luzhou-flavor Daqu [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 9: 2047-2052

- [10] 王俊坤,孙志新,丁峰,等.中温偏高温大曲生产工艺研究[J].酿酒科技,2011,11:76-78  
WANG Jun-kun, SUN Zhi-xin, DING Feng, et al. Study on the production of moderate-high-temperature Daqu [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2011, 11: 76-78
- [11] QB/T 4257-2011,酿酒大曲通用分析方法[S]  
QB/T 4257-2011, General methods of analysis for Daqu [S]
- [12] GB 4789.2-2016,食品微生物菌落总数的测定[S]  
GB 4789.2-2016, Determination of total number of microbiological colonies in food [S]
- [13] GB 4789.15-2010,食品安全国家标准 食品微生物学检验霉菌和酵母计数[S]  
GB 4789.15-2010, National standards for food safety Microbiological examination of food Mold and Yeast Count [S]
- [14] 崔利.形成酱香型酒风格质量的关键工艺是“四高两长,一大一多”[J].酿酒科技,2007,34(3):24-35  
CUI Li. The key process of forming the style of Maotai-flavor wine is "four high and two long, one big and one more" [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2007, 34(3): 24-35
- [15] 储炬,李友荣.现代工业发酵调控学(第二版)[M].北京:化学工业出版社,2006  
CHU Ju, LI You-rong. Modern industrial fermentation regulation [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006
- [16] 严伟,刘建文,吴生文,等.特香型大曲存储过程中霉菌、酵母菌、细菌数量变化规律的研究[J].酿酒科技,2014,1:27-28  
YAN Wei, LIU Jian-wen, WU Sheng-wen, et al. Analysis of the quantity of mycete and yeast and bacterium in the storage process of site-flavour Daqu [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2014, 1: 27-28
- [17] 周娜,简何,唐贤华,等.中高温浓香型大曲发酵力测定条件的优化研究[J].酿酒科技,2015,4:73-75  
ZHOU Na, JIAN He, TANG Xian-hua, et al. Optimization of measuring conditions for fermentation ability in high-temperature Luzhou flavor koji [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2015, 4: 73-75
- [18] 张春林,敖宗华,炊伟强,等.固相微萃取-气相色谱-质谱法分析中高温大曲发酵、贮存过程中挥发性风味成分的变化[J].食品与发酵工业,2011,37(4):198-203  
ZHANG Chun-lin, AO Zong-hua, CHUI Wei-qiang, et al. Analysis of volatile flavor components during high temperature Daqu fermentation by storage by gas chromatography-mass spectrometry with solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food and Fermentation Industries, 2011, 37(4): 198-203
- [19] 杜礼泉,唐聪,蒲浩.大曲产酒能力检测方法的探讨[J].中国酿造,2006,25(8):63-64  
DU Li-quan, TANG Cong, PU Hao. Exploration to determination methods of alcohol-producing ability of Daqu [J]. China Brewing, 2006, 25(8): 63-64
- [20] 张良,秦辉,许德富,等.曲药贮存过程中生化性能变化的研究[J].食品与发酵工业,2008,34(12):18-21  
ZHANG Liang, QIN Hui, XU De-fu, et al. The study of biochemical changes in the stored procedure of the quyao [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(12): 18-21
- [21] 范文来,徐岩.大曲酶系研究的回顾与展望[J].酿酒科技,2000,3:35-40  
FAN Wen-lai, XU Yan. Retrospect and prospect of Daqu enzyme system [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2000, 3: 35-40
- [22] 许德富,倪斌,沈才萍.试述大曲的内在品质[J].酿酒科技,2003,5:19-20  
XU De-fu, NI Bin, SHEN Cai-ping. Introduction to the inherent quality of Daqu starter [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2003, 5: 19-20
- [23] Zheng Xiao-Wei, Yan Zheng, Han Bei-Zhong, et al. Complex microbiota of a Chinese "Fen" liquor fermentation starter (Fen-Daqu), revealed by culture-dependent and culture-independent methods [J]. Food Microbiology, 2012, 31(2): 293-300
- [24] 沈才洪,应鸿,许德富,等.大曲质量标准的研究(第二报):大曲“酯化力”的探讨[J].酿酒科技,2005,3:17-20  
SHEN Cai-hong, YING Hong, XU De-fu, et al. Study on daqu quality standard (II)-research on Daqu esterifying power [J]. Liquor-Making Science & Technology, 2005, 3: 17-20