

摘 要

本文研究空气中的微生物、氧对清香型大曲酒发酵微生物种类、数量的影响，空气、密度、比热容及气温对酒醅气固相比、物理特性及发酵升温的影响。

通过研究发现，生产过程中，空气中有大量的微生物带入酒醅；酒醅入地缸初期，地缸内存在氧气，氧气在 40 小时左右消耗为 0，微生物大量繁殖，酵母在 3d 左右达到最高，细菌在 6d 左右达到最高，且繁殖量远大于酒醅入地缸微生物量，多达两个数量级；配料和后处理方式影响气固相比，影响酒醅的密度、比热容，从而影响发酵升温速度、发酵顶温、挺温时间；产品的羟基化合物与空气呈正相关。

通过研究，找到了“前缓、中挺、后缓落”的地缸内升温规律，“冷加热减”用稻壳原则等规律和经验的科学依据，澄清了“淀粉高、升温高”“投曲多、升温猛”等一些错误观念和片面认识；制定了冷热季不同的用曲标准，调整了冷季投粮多、热季投粮少的投粮标准；找出了冷季促进升温、热季抑制微生物繁殖量的措施，从理论上找到了一些生产经验和规律的科学依据。

关键词：清香型白酒；空气；微生物；发酵升温

Effect of air and microorganisms in the air on Fen-flavor liquor fermentation

Abstract

The article studied effect of microorganisms in the air and oxygen on microorganisms' types and quantity in Fen-flavor liquor fermentation. The author also studied influence of air, density, specific warm, specific volume and temperature on ratio of gas and solid, physical characteristics and temperature caefaction.

It is found that in the production many microorganisms are taken into lees. When lees are put into the Digang originally, oxygen in the Digang is used up in 40 hours. Microorganisms reproduce and yeast reach maximum in 3days, bacillus reach maximum in 6days. Reproduction quantity is more 100 times than that of original microorganisms. Material composing and post-disposing modes affect ratio of gas and solid, density, specific warm and specific volume. At last above changes influence velocity of fermentation caefaction, decrease time of reaching maximal temperature and prolong keeping time. Carbonyl compound in the products have positive relationship with air.

The author concluded caefying rules in the Digang that temperature increased slowly in the beginning, maintained in the middle and decreased slowly at last and scientific gists of rules and experiences that bran-using quantity was more in cold seasons than in warm seasons. Some mistaken concepts and unilateral knowledge that caefaction velocity had positive ration with starch concentration and Daqu concentration were clarified. Different Daqu-making standards in different seasons were established. Foodstuff-adding standards that quantity was much in warm seasons and litter in cold seasons were adjusted. Moreover measures were found that temperature was increased in cold seasons and microorganisms were repressed to reproduce in warm seasons. So manufacture in the factories will be carried out successfully through the whole summer and scientific gists in theory were provided for production.

Keywords: *Fen-flavor liquor; air; microorganism; fermentation caefaction*

Directed by: Prof. DUAN Kaihong (Ph.D)

Engineer WANG Deliang

Applicant for Master degree: HU Guilin (master of Fermentation Engineering)

(College of Bioengineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

1 引言

1.1 酒的概述

1.1.1 酒的起源

白酒确切地说应该叫蒸馏酒^[1]，它是人类发明和利用蒸馏技术的产物。

白酒又名白干、烧酒、火酒，有些少数民族地区称阿刺吉酒，意为“再加工”之酒。它是粮食谷物等为原料，以酒曲、活性干酵母、糖化酶等为糖化发酵剂，经蒸煮、糖化发酵、蒸馏、贮存、勾兑而制成的蒸馏酒。

凡用水果、乳类、糖类、谷物等为原料，经酵母菌等微生物发酵后，蒸馏得到无色、透明的液体，再经过陈酿和调配，制成透明的、含酒精浓度大于20%（体积分数）的酒精性饮料，称作“蒸馏酒”。英语称作“Distilled Liquors”或“Spirit Liquors”^[2]。

酒起源于人类有文字记载的文明以前。旧石器时代已经有果实酒和奶酒，新石器时代已开始有谷物酿酒。

蒸馏酒是人类发明和利用蒸馏技术的产物，蒸馏技术是起源于古代“炼丹术”（东方）和香料提取技术（印度和中东）。世界技术发展史公认的蒸馏酒起源地有三个：中国、印度和阿拉伯国家^[2]。

我国对于酒的起源，有“仪狄造酒”、“杜康造酒”的说法^[3]，于是我国酿酒的起源限定于5000年左右的历史。其实，仪狄、杜康等只是掌握了一定技巧，善于酿酒罢了。从现代科学的观点来看，酒的起源经历了一个从自然酿酒逐渐过渡到人工酿酒的过程，它是古代劳动人民在长期的生活和生产实践中不断观察自然现象，反复实践，并经无数次改进而逐渐发展起来的^[2-3]。

蒸馏白酒的出现是我国酿酒技术的一大进步。秦汉以后历代帝王为求长生不死之药，不断发展炼丹技术，经过长期的摸索，不死之药虽然没有炼成，却积累了不少物质分离、提炼的方法，创造了包括蒸馏器具在内的各种设备，从而为白酒的生产打下了基础。单就蒸馏技术而言，我国最迟应在公元2世纪以前便掌握了，那么白酒的出现应在何时呢？对于此问题，古今学者有不同的见解，有说始于元代，有说始于宋代、唐代和汉代^[4-6]，至今仍无定论。

1.1.2 六大蒸馏酒简单对比

白酒是我国传统的蒸馏酒，与白兰地（Brandy）、威士忌（Whisky）、俄得克（伏特加，Vodka）、兰姆酒（老姆酒，Rum）、金酒（Gin）并列为世界六大蒸馏酒^[7-10]。但我国白酒生产中所特有的制曲技术、复式糖化发酵工艺和甑桶蒸馏技术等在世界各种蒸馏酒中独具一格^[7]。

下面简单将六大蒸馏酒比较一下，见表1。

表 1 世界主要蒸馏酒种、原料、酒精度及生产国

Table 1 The main kinds of Distilled Liquors, raw material, alcohol spend and produce of the country

蒸馏酒种类	主要原料	酒精度[% (V/V)]	生产国
白酒	高粱、麦类、玉米、大米、甘薯	38~65	中国
白兰地	白葡萄、葡萄皮渣	38~40	法国、意大利
威士忌	麦芽、玉米	38~45	英国、爱尔兰、美国、加拿大、日本
俄得克	麦芽、马铃薯、玉米	40~60	俄罗斯、波兰、南斯拉夫、美国
兰姆酒	蔗糖、糖蜜	40~60	古巴、牙买加、南美各国
金酒	麦芽、玉米、蔗糖、杜松子	40~55	荷兰、英国、美国

1.1.3 中国白酒按香型分类

此种分类方法按酒的主体香气成分的特征分类^[4-6]，在国家级评酒中，往往也按这种方法对酒进行归类。

酱香型白酒 以茅台酒为代表。由于其具有类似酱和酱油的香气，故称酱香型白酒。采用高温制曲、高温堆积、高温多轮次发酵等工艺，其风格特征是酱香突出、优雅细腻、酒体醇厚、后味悠长、空杯留香持久。酱香型白酒的香气成分比较复杂，有关酱香型白酒主体香味成分的确定目前仍在研讨之中。

浓香型白酒 以泸州老窖特曲、五粮液、洋河大曲等酒为代表，其风格特征是窖香浓郁、绵甜醇厚、香味协调、尾净爽口。发酵原料是多种原料，以高粱为主，发酵采用混蒸续渣工艺。发酵采用陈年老窖，也有人工培养的老窖。在名优酒中，浓香型白酒的产量最大。四川，江苏等地的酒厂所产的酒均是这种类型。

清香型白酒 以汾酒为代表，其风格特征是清香纯正、醇甜柔和、自然协调、后味爽净。其主体香气成分为乙酸乙酯，与适量的乳酸乙酯等构成复合香气，采用清蒸清渣二次清发酵工艺，发酵采用地缸。

米香型白酒 以桂林三花酒为代表，特点是米香纯正，以大米为原料，小曲为糖化剂。

凤香型白酒 以陕西西凤酒为代表，其特点是醇香优雅，干爽润口，诸味协调。

豉香型白酒 以广东玉冰烧为代表，以大米为主要原料。

兼香型白酒 以湖北白云边酒为代表，其浓、酱兼而有之。

特香型白酒 以江西四特酒为代表，大米为主要原料。

药香型白酒 以贵州董酒为代表。

芝麻香型白酒 以山东景芝白干酒为代表。

馥郁香型白酒 以湖南酒鬼酒为代表^[11]。

1.2 清香型大曲白酒技术特点及工艺流程

清香型大曲白酒的技术特点可概括为 13 个字：中温制曲、陶缸发酵、清蒸二次清^[2, 3]。

1.2.1 中温制曲



图1 大曲

Fig.1 Daqu

大曲是大曲酒的糖化发酵剂。以小麦、豌豆为主要原料，经粉碎、加水压成砖状的曲坯，依靠自然界带入的各种野生菌，在一定温度、湿度的条件下进行富集和扩大培养，并包含了酿酒用的各种有益微生物，再经风干、贮藏成为多菌种混合曲即为大曲^[1]。

中温曲的生产工艺流程：

小麦 60%、豌豆 40% → 混合 → 粉碎 → 加水搅拌 → 踩曲 → 曲砖 → 入曲室培养 → 成品曲 → 贮存 → 陈曲

大麦和豌豆的比例应与其特性及气候相结合进行考虑^[13]：大麦因皮多、皮厚、黏度小，故可使曲块较疏松、空隙较大，制曲过程中易“上火猛、后火快”，水分和热量散发过快，但有利于微生物充分繁殖，并形成大量的酶。豌豆因皮较薄、黏度较大，故有利于物料结块后保持水分和热量，并能赋予清香型白酒特有的香味，但不利于有益菌的充分生长。因此，大麦与豌豆的质量比例，应以 6：4 左右为好。冬季豌豆可略少些，以免曲块外干内湿或生心。但绝不能少于原料总量的 30%，否则曲坯易碎散。

具体的生产方法如下。

(1) 原料粉碎 将大麦和豌豆按比例称重后混合，粉碎，要求通过 20 目孔筛的细粉与不通过孔筛的粗粉之比，夏季为 30：70，冬季为 20：80。

(2) 踩曲 将粗细粉料与一定量水拌和，使用踩曲机将曲料压制成砖型，要求曲砖含水量为 36%~38%，每块曲砖质量为 3.3~3.5kg。

(3) 曲的培养 曲的培养可分为以下几个步骤：入室排列，长霉，晾霉，起潮火，大火阶段，后火阶段，养曲，出室。

①入室排列 先调好曲室温度，冬季为 15~20℃，夏季以不超过 20℃为好。曲室地面铺上稻壳，将曲砖侧放其上排列成行。曲砖间距为 2~3cm，行距为 3~4cm。每层曲砖之间用苇秆隔开，共堆放 3 层。曲砖排成品字形，便于散热，

②长霉 曲砖堆放完毕，待曲砖稍干后即用草席或麻袋将曲砖遮盖起来。夏季为

防止水分蒸发过快,可在遮盖物上洒些水。接着,关闭曲室门窗,任微生物在曲砖上生长繁殖。大约经过 1d 时间,在曲砖表面出现白色霉菌菌丝斑点。夏季大约 36h,冬季则需 72h,品温可达 38~39℃,此时,曲砖表面可看到根霉菌丝,拟内孢霉的粉状霉点和酵母的针点状菌落。如果曲砖表面霉菌尚未长好,可揭开部分遮盖物散热,同时调整湿度,延长培养时间。

③晾霉 当品温达到 38~39℃,即可打开曲室门窗,以排除湿气和降温,但不允许空气对流,防止曲砖因水分蒸发过快而发生干裂。接着,揭去上层遮盖物,并将侧立的砖块放倒,再拉开曲砖间距离,通过这一系列措施来降低曲砖水分和温度,保证曲砖表面菌丛不致过厚。菌丛的薄厚与晾霉时间掌握的是否恰当有很大关系。晾霉太迟,菌丛就长得厚,结果造成曲砖内部水分不易挥发;如果晾霉过早,结果曲砖内部的微生物繁殖不充分,造成曲砖硬结。

晾霉期一般为 2~3d,每天翻曲 1 次。第 1 次翻曲后,曲砖层由 3 层增至 4 层,第 2 次翻曲后增加到 5 层,这样做的目的是为了保温,让表面微生物向曲砖内生长。

④起潮火 晾霉完毕,曲砖表面干燥,不粘手时,即关闭曲室门窗,任微生物生长繁殖。待品温升到 36~38℃进行翻曲,翻曲时抽去苇秆,曲砖层由 5 层增加到 6 层,曲砖排列形状由品字形改成人字形。以后每 1~2d 翻曲 1 次,曲室门窗两启两关,经过几天后,品温可达 45~46℃。在此阶段,必须每天翻曲 1 次。

⑤大火阶段 通过开启门窗大小来调节日温,使 7~8d 时间内品温维持在 44~46℃。在此阶段,必须每天翻曲 1 次。

⑥后火阶段 大火阶段过后,品温逐渐下降到 32℃左右,将此温度维持 3~5d,让微生物在曲砖内繁殖充分。

⑦养曲 后火阶段过后,曲砖自身不再产生热量,为了防止曲砖内部剩余水分蒸发完,需用外热将品温维持在 32℃一段时间,把水分蒸完。

⑧出室 将曲砖搬出曲室贮存,曲砖间距离保持 1cm。

清香型大曲白酒在酿造时,清茬、后火、红心三种大曲进行配合使用,这三种曲的制备工艺阶段相同,仅在品温控制上有所区别,具体操作如下^[9-9]:

(1)清茬曲 热曲最高温度 44~46℃,晾曲降温极限为 28~30℃,属于小热大凉。

(2)后火曲 从起潮火到大火阶段,最高曲温达 47~48℃,并在此温度下维持 5~7d,晾曲降温极限为 30~32℃,属于大热中凉。

(3)红心曲 大曲培养时,采用边晾霉边关窗起潮火,无明显的晾霉阶段,升温速度快,很快到达 38℃,无昼夜升温两起两落及窗户两开两封,只依靠平时窗户开启大小来控制曲坯品温。从起潮火到大火阶段,最高曲温为 45~47℃,晾曲降温极限为 34~38℃,属于中热小凉。

由于制曲工艺条件略有区别,这三种成品曲的特点也不同,它们的物理性质如下,图 2 是三种大曲的外观。

(1)清茬曲 外观光滑,断面清白,略带黄色,气味清香者为正品。要求成品

曲中正品率占 60%~80%。

(2) 红心曲 曲快断面周边青白，中心红色者为正品，成品曲中要求正品率占 85%~95%。

(3) 后火曲 曲快断面内外呈浅青黄色，具有酱香或炒豌豆香味者为正品。要求成品曲中正品率为 80%~95%。



图 2 三种大曲

Fig.2 Three kinds of Daqu

这三种大曲的化学成分和生化特性也有区别^[3, 4]。见表 2、表 3、表 4。

表 2 化学成分比较

Table 2 Comparing the chemical composition

成分 曲种	水分/%	总酸度 /(mg/100mg)	还原糖/%	粗淀粉/%	总氮/%	蛋白态氮/%	氨基酸/%
清茬	13.20	5.25	0.41	53.28	3.26	2.79	0.16
红心	13.45	5.52	0.40	53.10	3.22	2.64	0.11
后火	13.00	5.24	0.38	53.00	3.20	2.82	0.14

注：以上样品为贮存三个月的大曲。

表 3 主要微生物含量比较

Table 3 Comparing the main Microbiological

种类 曲种	酵母菌 (10 ⁷ 个/g干曲)	汉逊酵母 (10 ⁷ 个/g干曲)	拟内孢霉 (10 ⁶ 个/g干曲)	犁头霉 (10 ⁷ 个/g干曲)	曲霉 (10 ⁷ 个/g干曲)	根霉 (10 ⁶ 个/g干曲)
清茬	6.76	3.06	5387	583	262.73	17.36
红心	58.8	8.41	5190	684	165.36	12.75
后火	11.5	43.15	4330	970	61.47	8.63

注：以上数据为贮存三个月的大曲测定三次的平均值。

表 4 大曲酶活性比较
Table 4 Comparing enzyme activity of Daqu

酶活 曲种	液化力 /[g 淀粉/(g 曲·h)]	糖化力 /[mg 葡萄糖/(g 曲·h)]	蛋白质分解力 /[P·U]*	发酵率 /%
清茬	1.94	797.0	16.33	76.0
红心	1.34	974.5	16.60	84.3
后火	1.31	795.5	16.07	87.0

* 蛋白质分解力 [P·U] 指 100g 曲在 40℃, 一定 pH 下分解蛋白质的克数。

注: 样品为贮存三个月的大曲三次测定的平均值。

对这三种大曲进行单独使用和混合使用的比较试验, 得知单独使用某种大曲的出酒率远比混合使用的低。其中出酒率以红心曲最低, 清茬曲次之, 后火曲较高。两种大曲混合使用比三种大曲混合使用的出酒率略低, 在酒的质量上并无明显区别。在发酵过程中, 红心曲前期升温略快, 清茬、后火曲后期升温幅度较高。在生产上以三种曲分别制备, 混合使用最好^[3-6]。

1.2.2 陶缸发酵

陶缸俗称地缸, 是清香型大曲酒采用的传统发酵容器, 其规格约为: 缸口直径 0.80~0.85m, 缸底直径 0.54~0.62m, 缸高 1.07~1.20m, 总体积为 0.43~0.46m³。一般每缸盛放发酵原料高粱 130~150kg。在发酵室内将缸埋于地下, 缸口与地面齐平。缸间的距为 10~24cm^[4-6]。

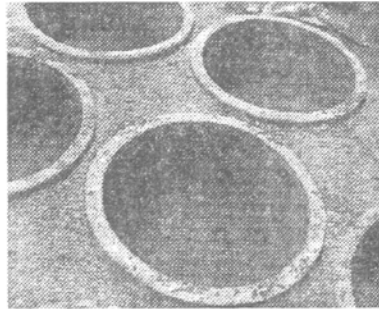


图 3 地缸

Fig.3 Digang

渣子入缸前, 应先清洗地缸内壁, 并用 4%的花椒水洗刷缸的内壁, 使缸内留下一种愉快的香气。

1.2.3 清蒸二次清

清香型大曲白酒采用“清蒸清烧二次清”的工艺，即 1 次投料、2 次加曲、2 次发酵、2 次蒸酒。

清香型白酒的清蒸两次清、地缸固态分离发酵，是先将高粱、辅料单独清蒸处理，再把蒸熟后的高粱加入大曲粉，在陶瓷缸中发酵，缸埋入土中，28d 后取出蒸馏，蒸馏后的酒糟不配加新料，只加曲粉，再发酵 28d 后蒸酒，糟就直接丢弃，将两次蒸得的酒勾兑成清香型白酒成品。

工艺流程如下^[3]：

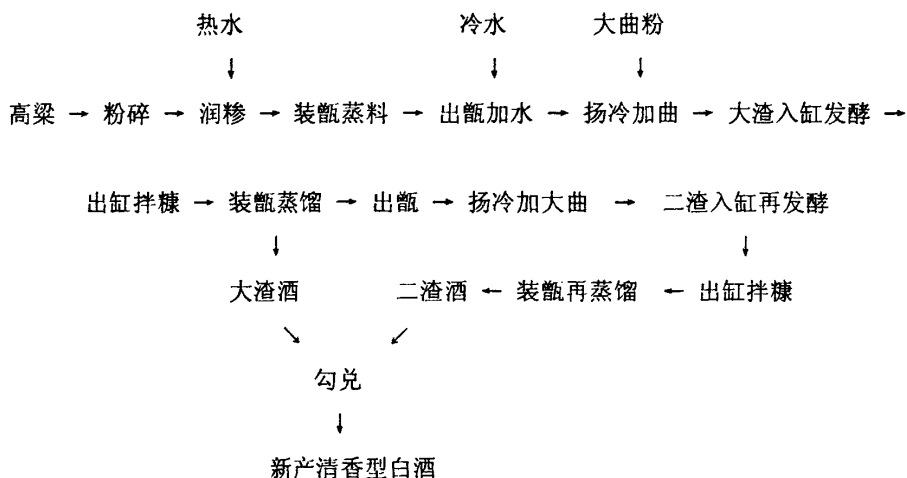


图 4 汾酒的工艺流程

Fig.4 Process flow of Fen-flavor liquor

1.3 立题背景

本课题来源于中国食品发酵工业研究院酿酒工程部和北京某大型白酒厂的合作项目。

此酒厂的酿酒历史远溯于明末清初的“老烧锅”，迄今已有 300 余年的历史。1952 年正式建厂，现已发展成为国有大型企业，总资产 5.1 亿，是北京市年产白酒 5 万吨以上的生产厂家之一。此酒厂位于北京市顺义地区，清澈甘冽的潮白河地下水系为酿酒提供了得天独厚的条件。主要生产浓香型白酒、清香型白酒、营养型酒、黄酒四大类，共计 110 余种不同规格的产品，畅销全国各省、市、自治区，并远销俄罗斯、韩国、台湾、美国、日本等国家和地区，深受中外消费者的青睐^[13]。

长期以来，人们普遍认为酒质与原料、土壤、水质、工艺有关，虽然也认为空气对白酒的发酵有影响，但是没有引起足够的重视^[9, 14, 15]。

白酒的生产是开放式多菌种共同发酵，开放式就会与空气接触，空气及空气中微

生物就会对发酵产生影响。研究发现空气及空气中的微生物主要从三个方面对酒醅产生影响：一是空气中的微生物对酒醅微生物的种类、量比的影响；二是空气中氧对酒醅微生物繁殖量的影响；三是空气含量对酒醅气固相比以及空气温度对酒醅发酵升温的影响。微生物的种类、量比、数量及发酵升温对白酒发酵都是至关重要的，因此可以认为，空气对白酒发酵非常重要。

白酒生产除了酱香型、兼香型和浓香型比较重视空气与酒醅接触“堆烧”外，几乎所有清香型企业均不重视酒醅与空气接触的环节^[14, 15]。在清香型白酒生产中，酒醅与空气接触主要是出甑后的摊凉（扬冷）、入缸、踩缸、封缸之前的环节。通过研究发现这些环节中，空气对酒醅微生物的影响是相当大的。

清香型白酒生产中，把配料作为了一个非常重要的工序来控制，控制指标是入缸酸度、入缸淀粉、入缸水分，很少有人注意到或重视空气含量对酒醅微生物和酒醅物理结构的影响。

在研究空气对白酒发酵的影响的过程中，对酿酒各工段的指标参数进行了跟踪。本文将大量的生产数据进行统计分析，并结合试验结果和书刊文献，注重对清香型白酒发酵过程中空气的影响的原理方面进行阐述，初步体现了酿酒发酵中空气的影响作用。

1.4 研究内容

白酒是开放式生产，整个过程均与空气接触，就连地缸内的封闭环境中也存在着空气，范围广、影响面宽；另外，空气中的微生物种类繁多，且受地理环境、土壤、气温、湿度、日照等多种因素的影响。

本文主要研究清香型白酒大渣发酵过程中的情况。

本文着重从空气中的氧、空气对酒醅的气固相比及发酵升温、空气对白酒成分的影响进行初步研究。希望通过研究，引起业内人士对白酒生产以及其他传统发酵产业中空气作用的重视，从各个方向作更深入的研究，为白酒这个古老的传统产业注入新的活力。

1.4.1 空气对白酒酿造微生物的影响

空气中的氧气对酿酒微生物的影响主要体现在微生物数量变化上，微生物的数量将影响酒的产量和质量。空气中的氧气对微生物的影响主要表现在两个方面：一是摊凉过程中，酒醅接触空气，从而通入氧，对酒醅微生物的繁殖起着重要影响；二是入缸后，酒醅尚含有一定量的氧气，酒醅中好氧微生物生长繁殖，消耗这部分氧，在氧消耗完后，微生物数量也大幅度减少。

微生物进入适当水分、温度的酒醅后，要繁殖，厌氧和好氧条件下的各种微生物在繁殖量和生长上存在着差异^[16, 17]。由此可见，酒醅与空气的接触时间和酒醅中空气含量对酒醅微生物的数量和量比有影响。

各种微生物之间的量比关系,即占总量的百分比主要决定于空气、原材料、曲药中的微生物种类和数量^[5, 15]。不同的原材料、曲药、空气量均可带入酒醅的微生物初始量及初始量比关系。而影响酒醅的微生物数量及量比关系更大的因素是繁殖量,不同的酒醅结构对繁殖量有重大影响,不同的微生物环境因子、淀粉、温度、酸度、水分、空气等条件对繁殖量有重大影响。

由此可以看出,空气对酿酒微生物的数量和量比关系有较大影响,从而影响白酒发酵。同时也看出,不同的空气条件,微生物的数量、量比、形态不同。

1.4.2 空气对酒醅气固相比、物理性质及发酵升温的影响

在清香型白酒生产中都广泛流传着“前缓、中挺、后缓落”和“前紧、中挺、后缓落”这样两句话^[5],这就是人们长期总结出来描述清香型白酒出好酒的缸内温度变化规律。大渣发酵时缸内正常升温符合“前缓、中挺、后缓落”的规律,二渣发酵时缸内正常升温符合“前紧、中挺、后缓落”的规律,才能达到酿制出优良品质的原酒。

入缸后酒醅中的气固两相,气相主要是空气,空气量直接影响到酒醅的气固两相比,空气密度和比热容均相对很低,气固比越高,酒醅的密度、比热容就越低,反之,气固比越低,酒醅的密度、比热容就越高。酒醅的密度、比热容直接影响发酵升温 and 顶温。

在清香型白酒酿造过程中,对气固相比影响最大的两大环节:一是配料处理,即配料;二是酒醅处理后,即入缸、踩缸。配料影响着酒醅的质量、吸热系数、热量产生;入缸、踩缸决定了酒醅密度。从气固两相相比角度分析,气固相比影响了升温因素,从而影响了升温曲线。气固相比不同,将有不同的升温幅度、顶温及挺温时间,从而影响酒的产量和质量。

白酒生产在发酵管理上,必须创造厌氧发酵的条件,控制住升酸幅度,在大渣发酵时掌握好“前缓、中挺、后缓落”的升温发酵规律,在二渣发酵时掌握好“前紧、中挺、后缓落”的升温发酵规律,才能够酿出品质优良的产品。缸内影响酒醅升温幅度的因素主要有酒醅初始温度(入缸温度)、酒醅疏松度、酒醅中微生物的种类、数量和量比关系。入缸过程中,主要控制入缸温度、酒醅疏松度,酒醅疏松度与入缸、踩缸方式密切相关。入缸、踩缸等酒醅后处理方式不同,决定不同的酒醅疏松度,创造不同的气固两相相比。

1.4.3 空气中微生物对白酒风味的影响

在相同的原料条件下,微生物种类决定代谢产物,也就是发酵产品的成分取决于微生物的种类,开放式白酒生产,空气中的微生物要进入酒醅,空气中微生物对酒醅中微生物种类、量比将产生影响。

白酒中各种成分的含量取决于各种微生物的数量之比,本部分利用沉降法测定空

气中的微生物，并观察记录酵母、霉菌、细菌的种群、数量；查找文献找出影响空气中微生物种类分布的主要因素；找出空气中的微生物对白酒酿造的影响途径。

空气中的微生物多种多样，在此主要研究地衣芽孢杆菌 (*Bacillus licheniformis*) 对白酒微量成分的影响。地衣芽孢杆菌在白酒发酵过程中，不仅具有较高的分解蛋白质能力，而且能促进美拉德反应发生^[16-18]，产生浓郁酱香物质 5-羟基麦芽酚，是白酒发酵中一种较重要的菌种，同时它还可以合成四甲基吡嗪^[19-22]。

四甲基吡嗪全名 2,3,5,6-四甲基吡嗪 (tetramethylpyrazine, TMP)，又名川芎嗪 (ligustrazine)，是我国传统具有活血化淤作用，同时又可理气、疏风止痛的中药川芎的一种生物碱^[23-26]。

2 材料与方法

2.1 主要仪器

PE Auto system XL 气相色谱仪	美国 PerkinElmer 公司
立式圆形压力蒸汽灭菌锅	上海医用核子仪器厂
冰箱	海尔
电热鼓风干燥箱	上海浦东跃欣科学仪器厂
干燥器	广州越秀医疗器械厂
分析天平	日本岛津公司
称量天平	北京试验器材厂
LRH-250 生化培养箱	上海一恒科技有限公司
OLYMPUS BH-2 显微镜	日本奥林巴斯公司电
子吊钩称(1.0 吨)	北京试验器材厂
超净工作台	苏州安泰空气技术有限公司
恒温恒湿培养箱	上海罗成仪器厂
血球计数板	北京试验器材厂

2.2 主要试剂

以下器材均来自 Biolog 公司

无菌棉签、无菌枪头；8 头电动移液器；浊度计；T/GP-ROD 浊度标准管；GP 鉴定微平板。

Biolog Microstation (4.2 版) 系统。

2.3 培养基

(1) 分离培养基^[27]

牛肉膏 0.3g, 蛋白胨 1.0g, NaCl 0.5g, 琼脂 2%, 水 100ml, pH7.0。121℃下灭菌 15min 倒平板。

(2) BUG+M+T 培养基^[27]

制备方法 (按配制 100mL 培养基): 称取 5.7gBUG 培养基和 99mL 蒸馏水于容器中煮沸溶解, 冷却至 25℃调整 pH 值至 7.3±0.1, 121℃下灭菌 15min, 冷却至 45~50℃, 加 10mL 已灭菌的麦芽糖 (M, 浓度 25%), 混匀倒平板。

巯基乙酸钠 (T) 应该在富集培养前加入到培养基上, 不易过早加入, 具体方法如下: 取 8 滴巯基乙酸钠 (0.24mL) 加入到 3mL 无菌水中, 将棉签浸入到溶液中蘸湿, 取出棉签, 在平板直径方向划条线, 再与线条垂直方向来回划线, 均匀涂布, 将平板转动 90°后, 均匀涂布, 直到巯基乙酸钠溶液均匀涂布于平板上, 放置一段时间后等到液体被培养基吸收后表面变干即可使用。

(3) GN/GP-IF 接种液^[27]

加 0.1g 结冷胶在 500mL 水中，煮沸并持续搅拌，直到结冷胶完全溶解，停止加热，继续搅拌。加 2gNaCl，搅拌至完全溶解；加 0.15g 聚醚 F-68，搅拌至完全溶解；分装到 10*150mm 的试管中，每管装 19mL 左右；在 121℃ 下灭菌 30min 备用。

(4) 牛肉膏蛋白胨培养基

牛肉膏 5.0g，蛋白胨 10.0g，NaCl 5g，水 1000mL，pH7.2，121℃ 灭菌 20min。

(5) 麦芽汁培养基

麦芽汁由试验室专人制取。

(6) 察氏培养基

NaNO₃ 2.0g，K₂HPO₄ 1g，KCl 0.5g，MgSO₄ 0.5g，FeSO₄ 0.01g，蔗糖 30g，琼脂 15g，水 1000mL，121℃ 灭菌 20min。

2.4 主要方法

(1) 微生物数量测定^[28]

称取酒醅样 1.0g 于试管中，加入 10mL 无菌水，振荡后，取上清液 1mL，用无菌水梯度稀释至 10⁻¹，10⁻²，10⁻³，用 25×16 血球计数板在显微镜下计数，所计数量控制在 30~300 个范围内。

(2) 氧的测定方法

公司酿酒中试基地利用缸内自动监测系统对氧的消耗趋势进行自动跟踪测定。

(3) 酒中微量成分的测定^[29-37]

PE Auto system XL 气相色谱仪

色谱柱 (column): CP2Wax57CB(键合高极性聚乙二醇, Chrompack)50m×0.25mm

进样器 (injector): 250℃

检测器 (detector): FID, 250℃

载气 (carrier gas): 氮气 (N₂)

柱流量 (flow rate): 0.8ml/min

分流比 (splitting ratio): 100:1

程序升温 (temperature program): 35℃ (4min) $\xrightarrow{3.0^\circ\text{C}/\text{min}}$ 60℃ $\xrightarrow{10^\circ\text{C}/\text{min}}$ 130℃ $\xrightarrow{15^\circ\text{C}/\text{min}}$ 205℃ (15min)

内标物 (internal standard): 叔戊醇, 乙酸正戊酯, α -乙基丁酸(2-乙基丁酸)

进样量 (sampling volume): 1.0 μ L

(4) 酒醅淀粉测量^[38]

取入缸酒醅 5.000g 或取出缸酒醅 10.00g，用酸水解法测定，但将水解用盐酸改为加入盐酸溶液(1+4)100mL(稀释 5 倍)，水解时间缩短为 30min。

(5) 酒醅酸度测量^[39]

称取 10.00g 酒醅试样于 250mL 烧杯中,加 100mL 水,搅匀。在室温下浸泡 30min,在浸泡时间内,每隔 10min 搅拌一次。浸泡液用双层纱布或脱脂棉过滤,弃去初滤液,加 20mL 水,摇匀,然后接取滤液备用。吸取 10mL 上述滤液于 50mL 三角瓶中,加 20mL 水,摇匀。加 2 滴 1%酚酞指示液,用 0.1 mol/L 的氢氧化钠标准溶液滴定至微红色 30s 不褪色,记录标准碱液用量。结果以 100g 酒醅中含酸的 mg 当量数计。

$$\text{酸度}(\text{mg 当量}/100\text{g})=N \times V \times 100/[10.00 \times (10.00/100.0)]$$

式中 N —— 氢氧化钠标准溶液浓度, mol/L;

V —— 氢氧化钠标准溶液用量, mL。

(6) 酒醅还原糖测量^[36]

按照廉-爱农法进行测定。

吸取斐林试剂甲、乙液各 5mL 于 100mL 三角瓶中,加入按 2.2.2.2 制备的试样浸泡液 2.00mL,用滴定管加入一定量葡萄糖标准溶液,混匀后置电炉上加热至沸腾,以每秒 4~5 滴的速度继续滴入葡萄糖标准溶液,直至蓝色或紫红色消失为准,记下滴定用去葡萄糖标准溶液总量,后面的滴定步骤应控制在 0.5~1mL。如果超出或不足,则应增加或减少最初的葡萄糖标准溶液的量,重新滴定。空白操作同样。

$$\text{糖份}(\text{以葡萄糖计, g/mL})=(V_0-V) \times C \times n \times 100/V_s$$

式中 V_0 —— 空白滴定葡萄糖标准溶液用量, mL;

V —— 试样滴定葡萄糖标准溶液浓度, g/mL;

C —— 葡萄糖标准溶液浓度, g/mL;

N —— 试样稀释倍数;

V_s —— 试样稀释液用量。

(7) 酒醅水分测量^[36]

称取 10.0g 试样,用常压快速干燥法测定,干燥温度 130℃,时间为 3h,在相同温度下称量至恒重。

$$\text{水分}(\%)=[(M_1-M_2) \times 100\%]/M_1$$

式中 M_1 —— 样品湿重;

M_2 —— 样品干重。

(8) 酒醅质量测定

使用电子吊钩称重(量程 1.0t)计进行称重。

(9) 温度的测定

由生产班组每日使用自制温度计插入每口缸缸内酒醅下层进行测定,插入深度为 1m,数显温度计显示温度示值记录为当日缸内发酵监测温度。

各车间组织录入温度监测数据,由公司对各车间的缸内升温数据进行统计分析。

(10) 空气中微生物的测定

采用沉降法,将培养基倒入直径 9cm 的培养皿中,冷却后于 32℃培养箱中放置培养 24h,使其水分蒸发,然后将培养皿统一放置在测定地点,打开培养皿盖暴露

5min。将盛装麦芽汁培养基和察氏培养基的培养皿放在 28℃左右培养箱培养 36~48h，牛肉膏蛋白胨培养基放在 32℃左右培养箱培养 36~48h，分别观察记录酵母、霉菌、细菌的种群、数量。

3 空气对白酒酿造微生物的影响

3.1 试验结果

3.1.1 不同温度、不同时间, 酒醅对空气微生物的富集试验^[3,39-40]

本试验采用生产现场摊场上在摊凉后未加大曲的酒醅, 取样放入 500mL 三角瓶, 箍紧, 放入 20℃, 25℃, 30℃, 35℃, 40℃ 的培养箱进行恒温培养, 并分别在 0、2、4、6、10、24h 取样进行微生物镜检。

检测数据见表 5。由表 5 可以得出:

在 20℃ 兼性条件下进行培养, 随着培养时间的延长, 酒醅中微生物的增殖较缓慢, 效果不明显, 但这也许和“低温缓慢增殖、低温发酵”有着必然联系。

在 25℃ 兼性条件下进行培养, 随着培养时间的延长, 酒醅中所含菌数增长较快, 24h 后菌体较强壮, 数量增加明显。

表 5 不同温度培养下酒醅微生物变化

Table5 The different temperature trains the microorganism change of fermented grains

培养温度	不同培养时间下样品微生物(含酵母菌)计数结果/(10 ⁸ 个/g)					
	0h	2h	4h	6h	10h	24h
20℃	2.2	2.5	3.0	3.0	3.1	3.2
25℃	1.8	2.4	3.1	3.7	4.6	15.3
30℃	1.5	2.9	3.4	10.1	12.2	35.1
35℃	1.4	2.0	4.8	2.3	3.8	6.4
40℃	1.3	1.7	2.6	2.6	1.9	2.0

在 30℃ 兼性条件下进行培养, 随着培养时间的延长, 酒醅中所含菌数增长最为明显。培养 6h(或更长时间)时, 菌数(含酵母菌)在数量级上已开始体现出明显的差异。

在 35℃ 兼性条件下进行培养, 随着培养时间的延长, 酒醅中所含菌数的消长规律性不强。细胞形态变小, 特别是培养 24h 时, 酵母菌特征不明显。过高温度不利于酵母菌增殖。

在 40℃ 兼性条件下进行培养, 随着培养时间的延长, 酒醅中所含菌数的消长规律性不强。细胞形态变小, 特别是培养 24h 时, 酵母菌特征很不明显。过高温度不利于酵母菌增殖, 而有利于乳酸菌等细菌生长。

3.1.2 酒醅入缸 24h 的微生物变化^[41-42]

对入缸 24h 的酒醅微生物变化进行检测, 检测数据如下表 6 所示(15 次平均):

表 6 酒醅入缸 24h 微生物变化 个/g
Table 6 The microorganism change of fermented grains in 24h

		下曲后	入缸 24 小时后
热季	球菌	1.23×10^9	6.60×10^9
	杆菌	2.14×10^9	2.54×10^9
	酵母	2.60×10^7	2.45×10^8
冷季	球菌	1.01×10^9	3.88×10^9
	杆菌	1.83×10^7	1.42×10^8
	酵母	2.21×10^7	1.32×10^8

3.1.3 延长酒醅与空气接触时间的入缸试验^[43-44]

在冷季, 酒醅在下曲后自然放置在生产场地上, 延迟入缸时间为 24h, 让酒醅在有氧的条件下与生产环境中丰富的、大量的微生物进行接触。生产现场的室温在 20℃ 以下时试验, 除入缸时间延迟 24h 外, 所有工艺操作均按正常的传统工艺生产。试验酒醅的出入缸指标变化情况与相邻缸同层次酒醅进行对比, 试验酒醅的产量变化与相邻缸同层次酒醅的产量进行对比, 试验酒醅所摘一级酒的内在指标变化情况与相邻缸同层次酒醅的所摘一级酒的内在指标进行对比, 并同时感官鉴评。

表 7 单甑产量对比

Table 7 A Chinese liquor distiller output

	试验前	试验后	对比
产量/kg	130	132	132
优级酒/kg	15	16	15

从表 7 可以看出, 经过延时入缸的试验酒醅对比比样以及试验前一轮在产量上区别不明显, 而所摘的优级酒从数量上稍多(优级酒指棉、香、甜三特酒)。

用气相色谱检验原酒酯、醇、酸、醛指标, 检验结果见表 8。

表 8 表明, 试验原酒的内在酯、醇、酸、醛指标相对于对比和试验前的横向、纵向比较, 相对突出的指标是乙酸乙酯、乳酸乙酯的变化。

原酒感官对比: 经过专家对试验酒样和对比酒样进行鉴评, 结果反映出: 试验酒样的丰富感、绵甜、爽净均好于对比样, 但后味略显杂。

表 8 原酒酯、醇、酸、醛指标对比

单位 mg/100mL

Table8 Comparing esters, alcohols, acids, aldehyde of base liquor

指标	试验前	试验后	对比
乙酸乙酯	296.2	351.8	300.7
乳酸乙酯	246.4	282.1	248.7
己酸乙酯	1.9	2.4	1.4
正丙醇	7.7	9.8	7.9
正丁醇	0.6	1.2	0.7
异戊醇	57.3	58.4	57.8
乙酸	91.5	97.6	93.3
丙酸	0.5	0.7	0.6
己酸	0.1	0.2	0.1
乳酸	26.7	29.7	25.5
乙缩醛	50.1	53.4	51.3

3.1.4 酒醪与空气接触温度的影响试验^[45-47]

进行了 25℃, 30℃, 35℃, 40℃ 四个温度梯度的下曲温度试验, 其他操作均按正常操作进行: 在下曲后, 酒醪自然冷却至入缸温度方可入缸, 本试验是在冷季实施的, 室温 7~10℃, 微生物指标分别取上、中、下相同甑次的酒醪作样品进行微生物镜检, 平均值见表 9:

表 9 酒醪微生物指标比较

个/g

Table9 Comparing the microorganism change of fermented grains

	下曲前	入缸酒醪
25℃	1.91×10^8	2.80×10^9
30℃	1.91×10^8	3.00×10^9
35℃	1.90×10^8	4.51×10^9
40℃	1.70×10^8	7.30×10^9

由表 9 可以得出, 适当提高下曲温度, 有利于酒醪对空气微生物的富集, 以及自身酒醪微生物的生长和繁殖。40℃下曲的入缸酒醪微生物是 25℃下曲的 2.6 倍。

将 25℃, 30℃, 35℃, 40℃ 四个温度梯度下原酒的产量和优级酒产量进行统计, 结果见表 10。

表 10 原酒产量比较

Table 10 Comparing base liquor of output

指标	25℃	30℃	35℃	40℃
产量/kg	132.5	145	131	128
优级酒/kg	13.8	15.5	13.7	12.7

从表 10 得出, 30℃下曲的单甑产量最高, 其次为 25℃、35℃、40℃。所摘优级酒比较, 30℃比其他温度下曲所摘优级酒稍多。

将原酒用气相色谱进行检测, 结果见表 11。

表 11 原酒指标比较

mg/100mL

Table 11 Comparing base liquor of ingredient

指标	25℃	30℃	35℃	40℃
乙酸乙酯	268.5	271.6	277.2	298.9
乳酸乙酯	221.1	223.9	236.1	238.9
己酸乙酯	1.9	1.9	2.0	2.0
正丙醇	7.1	7.3	7.3	7.4
正丁醇	0.5	0.5	0.5	0.6
异戊醇	53.1	53.5	54.1	55.1
乙酸	90.1	90.8	90.7	91.0
丙酸	0.5	0.5	0.6	0.7
己酸	0.1	0.1	0.1	0.1
乳酸	26.1	26.1	26.5	26.7
乙缩醛	50.1	53.1	57.1	59.1

从表 11 可以看出, 乙酸乙酯含量随着下曲温度的升高有小幅度的增加, 40℃最高。差异最明显的是乙缩醛, 35℃、40℃下曲试验的乙缩醛含量明显高于 25℃、30℃的下曲试验, 这与延长时间, 接触空气时间延长, 乙缩醛明显增加相一致。

品评结果: 经过专家暗评, 认为: 从闻香比较, 40℃下曲试验的原酒最浓香, 其次依次是 35℃, 30℃, 25℃; 从味上比较, 40℃, 35℃的酒浓甜, 但显醛、显杂, 尤以 40℃最突出, 30℃、25℃的酒协调感较好。

3.1.5 氧对缸内微生物繁殖的影响⁽⁴⁰⁻⁵⁰⁾

根据酒厂缸内监测系统数据显示, 在封缸 40h 后, 氧气基本消耗完毕, 缸内含氧量接近于 0%(如图 5 所示)。

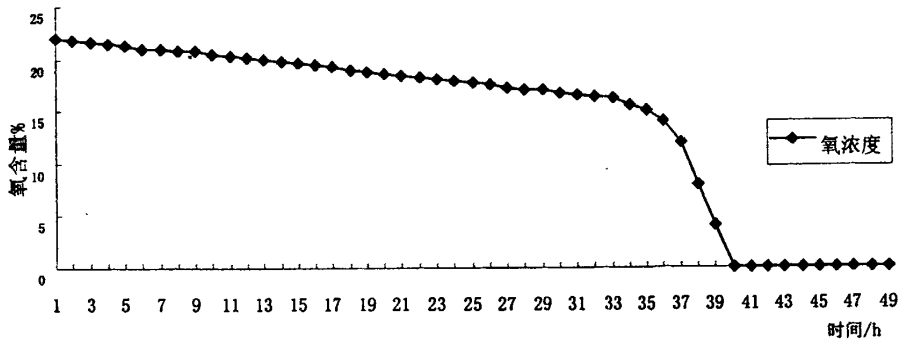


图5 地缸内氧气消耗

Fig.5 Oxygen is consumed in Digang

检测了一口缸内微生物浓度随时间变化的规律，检测数据如下表 12 所示：

表 12 缸内微生物变化

10⁸ 个/g

Table12 The microorganism is changed in Digang

时间	酵母	细菌
入缸	2.26	34.6
3	1785	56.5
6	987	96.3
8	375.1	58.2
10	80.9	27.2
13	4.87	9.56
16	2.75	5.32
18	1.37	3.89
21	1.03	2.59
24	0.78	2.31
28	0.58	2.15

3.1.6 不同氧含量对繁殖的影响试验^[51-52]

酒醅中空气含量对微生物繁殖影响较大，不同的空气含量，将有不同的微生物种类、数量、量比，以及不同的细胞形态。为摸索入缸酒醅在空气含量不同条件下的生长和繁殖区别，设计了酒醅在两个极端条件下培养的试验，即入缸酒醅分别分成两份样品，样品 I 在好氧条件下培养、样品 II 在厌氧条件下培养，温度均为 30℃，培养时间为 48h 后，镜检微生物结果如表 13 所示。此试验是模拟大生产设计的，只是地缸不是大缸，是一些小的陶瓷缸。

表 13 不同氧环境酒醅微生物变化

10⁸ 个/g

Table13 The microorganism is changed in different oxygen environment of fermented grains

	入缸酒醅	好氧培养 48h	厌氧培养 48h
球菌	28.5	482	370
杆菌	1.25	25.2	10.1
酵母	1.12	31.5	9.51

3.1.7 生产现象

结合酒厂以往的数据和试验记录的数据,对一年内不同月份单甑平均产量和单甑优级酒产量进行统计,结果见表 14。

表 14 不同月份的酒产量、质量比较

Table14 Comparing output and quality in different months

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
单甑平均产量/kg	130	129	125	124	120	111	109	90	120	122	124	125
单甑优级酒/kg	12.5	8.9	8.4	8.5	8.9	6.9	2.63	1.2	11.1	16.8	18.6	21.1

3.2 讨论

1、不同温度、不同时间,酒醅对空气微生物的富集试验

由表 5 可以得出,在 25~30℃,兼性条件下对富集空气微生物的酒醅进行培养,随着培养时间的延长,酒醅中所含菌数呈较明显的增长趋势。培养 6h(或更长时间)时,菌数(含酵母菌)在数量级上已开始体现出明显差异。这种温度条件也是酵母菌的最适生长温度。而在过低(≤20℃)或过高(≥35℃)的温度条件下,酵母菌的适应能力和增殖能力都在一定程度上受到了制约。甚至在较高温度下,乳球菌等乳酸菌和一些芽孢杆菌可能更适应环境,进行增殖。以上结果也通过酵母菌自身繁殖特性验证了酿酒工艺中“低温入缸、低温发酵”的有效性,尽管这些菌的有益性尚未完全明白。

2、酒醅入缸 24h 的微生物变化的试验

从表 6 中可以得出,不同季节,空气量对酒醅微生物的繁殖有着不同的影响。热季和冷季酒醅摊凉上有什么差别呢?在摊凉过程中,空气把环境中的微生物带入酒醅中而繁殖,其繁殖量与温度、酸度、空气量、水分、时间有关。热季气温较高,微生物繁殖速度快,热季气温高,为了使酒醅温度下降到合适的范围,鼓风量也大,空气带入酒醅的微生物数量就大;热季温差小,鼓风时间远大于冷季,摊凉时间长,繁殖量多。因此说,摊凉时间,风量,下曲温度非常重要。实际上,酒醅微生物的繁殖量远远大于大曲加入量,且对酒的影响非常大。热季应该少用曲,因为发酵升温比冷季发酵升温快,酒浓香甚至过头出现杂味。这主要就是环境微生物在酒醅中繁殖量太快的

原因。所以热季应适当控制繁殖量，减少用曲量，既有利于提高质量又降低成本。

3、延长酒醅与空气接触时间的入缸试验

经过延时入缸的试验酒醅对比样以及试验前一轮在产量上区别不明显，而所摘的优级酒从数量上稍多。由表 8 可以得出，试验原酒的内在酯、醇、酸、醛指标相对于对比和试验前的横向、纵向比较，相对突出的指标是乙酸乙酯、乳酸乙酯的变化，乙酸乙酯的含量对比样高 16.9%，比试验前高 19.1%，乳酸乙酯的含量对比样高 13.4%，比试验前高 14.5%，这也验证了不同空气含量，原酒的羟基化合物不同，试验后原酒的微量成分基本比试验前的原酒含量增多。

4、酒醅与空气接触温度的影响试验

酒醅微生物的复活需要适当的初始温度，在适宜温度下，活性就强，生长繁殖就快，冷季下曲温度过低，仅 20℃左右，操作中为防止入缸温度低于工艺标准，因此，就尽量加快入缸，但同时也缩短了酒醅与空气的接触时间，也就是缩短了酒醅吸附微生物及酒醅中微生物繁殖的时间；热季操作中，热季下曲温度远高于 20℃，热季的酒醅与空气接触的时间长，吸附的微生物较全面。基于此，设计了提高冷季下曲温度，延长酒醅与空气的接触时间，取得了较好效果。设计 25℃，拟摸索冷季大曲接种的较佳条件，以便使酒醅达到入缸温度入缸；试验中设计 30℃，则是因为酵母的最适生长温度为 28~30℃；设计 35℃，因为高温区酵母的激活温度为 35~48℃；设计 40℃，这是因为大曲的中挺期温度为 40℃，在 40℃时，摸索大曲中较高温微生物激活对酒质的作用。

此试验中证明了适当提高下曲温度，对原酒的产量和质量均有利。因为下曲温度过高，则摊凉时间延长，空气中微生物进入酒醅量增多，酒醅中大曲微生物在适宜条件下，繁殖较快，微生物的种类、数量及量比关系发生变化，导致所产原酒的品质变化。

5、氧对缸内微生物繁殖的影响试验

从表 12 中可以得出，整个发酵过程中，微生物的变化不尽相同，酵母数最高为入缸 3d 左右，上升 3 个数量级，细菌最高为入缸 6d 左右，上升 3 倍左右。在生产实践中，淀粉浓度的变化范围或比例较小，一般在 5%~10%，而微生物浓度的变化范围很大，有时是数量级的变化。酿酒微生物多为兼性厌氧微生物，在有氧条件下，微生物主要进行生长和繁殖，个体体积增大，数量剧增。在无氧情况下，微生物进行发酵，生成酒精或其它微量物质。

入缸后酒醅的氧含量维持在一定量水平，由图 5 可看出氧含量于 40h 消耗完全。由表 12 可知，缸内微生物的数量在 3d 左右增长最大，其后大幅度下降。说明在有氧情况下，微生物消耗氧气，数量迅速增长，在无氧情况下，缸内微生物停止数量上的增长，微生物数量的增长受氧气影响。这说明，酒醅空气含量对缸内微生物数量关系呈正关系，其微生物数量越多，进行厌氧发酵消耗淀粉产生酒精越快，产热速度也就

越快。

6、不同氧含量对繁殖的影响试验

好氧培养酒醅样品表面有较稠密的明显白色点状物。镜检球菌个体较大，杆菌粗壮，酵母菌多为出芽状，裂殖明显。酵母增殖倍数最大，其次为杆菌，增殖最少的为球菌。厌氧培养酒醅样品表面有少许白色点状物。镜检球菌相对入缸酒醅的个体变小，酵母呈杆状、腊肠状、出芽状。其球菌增殖倍数最多，其次杆菌。表 13 检测结果显示，氧含量(或空气量)对酒醅中微生物的数量、量比和形态的影响程度较大。酒醅经好氧培养后，微生物的数量增加很明显，而且个体增大、形态更加丰满；厌氧培养时，微生物为适应环境，体形变小，比表面积增大，形态差异明显。同时，有氧环境更有利于酵母的生长和增殖，厌氧环境相对较有利于球菌的增殖。

7、生产现象的讨论

冬季酒的产量较好，秋季、冬季优级酒产量较高，如何在产量和质量之间寻求最佳平衡点，是现在酿酒行业所持之以恒的共同追求。根据有多年生产经验的师傅的一些观点，并查阅大量的文献知道^[53-55]，夏季控制酒醅微生物的繁殖量，冬季加大酒醅与空气微生物的交换量，即通过调节通风量和通风温度，可以更快地接近产量和质量的平衡点。

热季控制繁殖量的措施有：

- ① 增加淀粉浓度、水分，减少用糠，减少酒醅中空气含量；
- ② 严加踩缸，排挤空气；
- ③ 酒醅入缸后立即隔绝空气；
- ④ 在摊凉入缸过程中，尽量减少酒醅暴露在空气中的时间等。

反过来，冬季气温低，一方面酒醅冷得快，鼓风量小，带入酒醅中的微生物量少，另一方面，气温低，微生物活性降低，繁殖速度慢，再者，由于酒醅冷的快，为了保证入缸温度，长期都要求冷季摊场要做的快，这样繁殖时间减少，三个方面的原因致使醅子中的微生物量小于热季。由于影响繁殖量的因素主要是温度、空气量和时间，以及带入和加入大曲微生物的初始量(基数)，因此，为提高冷季酒醅的微生物繁殖量，可采取如下措施：

① 出甑摊凉时，提高鼓风的温度和湿度，放慢温度下降和水分蒸发速度，延长鼓风时间，增大空气中带入微生物量，增大基数，提高繁殖速度，增加繁殖时间；

② 适当增加用曲量，增加微生物初始量(基数)；提高下曲温度，有的提高到酵母活化最佳温度 40℃，使之更好更快地活化，且下曲后翻拌，温度降下来就在 30℃ 左右，微生物活性强，繁殖快，下曲温度提高后，翻曲后酒醅可在摊凉床放置较长时间，延长了接触空气时间，自然冷却达入缸温度时才入缸；

③ 提高酒醅入池温度，但入缸后不马上踩缸，待温度达到入缸温度时，再踩缸，

延长酒醅暴露时间；

④ 踩缸时尽量轻一些，让酒醅中有更多的空气量。

长期以来，人们对空气，场地，器具和大曲微生物及其在醅中繁殖对酒影响的程度了解不够，没有引起重视。凡从事酿酒生产的人，均有这样的经历，热季摊场下的酒醅若不经及时处埋，便会发现酒醅气色出现酸味，甚至长出白色点状物，这是微生物富集增殖所致。而且，若将该部分酒醅入缸，所产酒将味杂，即丰富过头。

4 空气对酒醅气固相比、物理性质及发酵升温的影响

4.1 试验结果

4.1.1 质量较优班组缸内升温规律

对 2 个较优班组的 528 口地缸进行逐日跟踪缸内升温监测, 分别进行了 28d 的监测跟踪, 统计结果如图 6 所示。

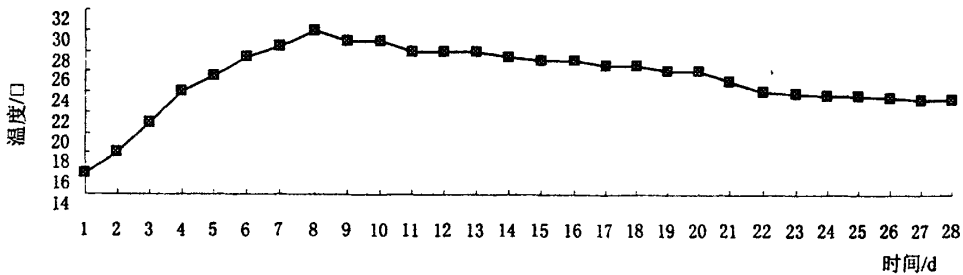


图 6 优秀班组缸内升温曲线

Fig.6 Temperature change curve of excellence group

从图 6 中曲线可以看出, 质量较优班组的升温曲线基本符合“前缓、中挺、后缓落”的规律。前缓期, 并不是时间越长越好, 基本上在第 8d 左右达到顶温; 中挺期维持在 28~32°C 左右, 大约维持 10d 左右; 后缓落期, 大约从第 18d 开始, 一直到发酵结束, 这段时间温度要缓慢的降落。

4.1.2 热量、初温、升温速度、升温幅度及顶温对缸内升温的影响

清香型白酒在发酵过程中, 缸内升温对酒的产量和质量有直接关系, 缸内升温包含初温(入缸温度)、升温速度、升温幅度及顶温(发酵最高温度)、热量, 下面分别就这四指标变化对酒质的影响进行研究。

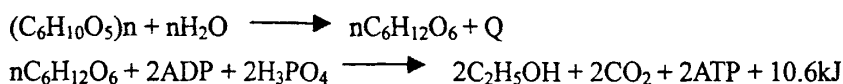
1、热量主要来源于淀粉的发酵产热

为揭示缸内淀粉消耗水平, 对质量较优班组地缸内的淀粉消耗水平进行了跟踪检测。检测结果见图 7。

由图 7 可以看出, 地缸中淀粉含量由 31% 左右下降到 14% 左右, 消耗淀粉 17% 左右。

热量的产生与淀粉的消耗息息相关。

淀粉在地缸中, 先在淀粉酶的作用下生成葡萄糖, 再经酒化酶的作用生成酒精或其他微量成分, 其间发生热量变化^[50-57], 其反应方程式如下:



由上述方程式可以看出，淀粉在糖化、酒化过程中放出热量。其产出热量多少与被糖化、酒化的淀粉量有关，利用得多，产出热量就多，利用的少，产出热量就少，产热与淀粉浓度并无直接关系。

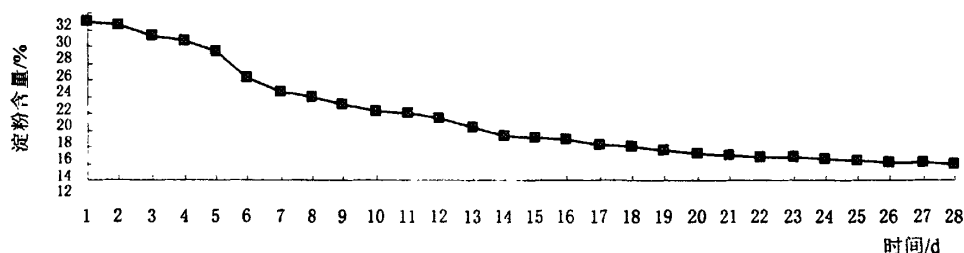


图 7 优秀班组缸内淀粉含量变化曲线
Fig.7 Starch content curve of excellence group

在入缸时，可利用淀粉量大于糖化、酒化能力时，热量多少与淀粉浓度无关。

在投入淀粉量小于糖化、酒化能力时，即低于 31% 时，增加淀粉含量会增加热量。所以当入缸淀粉高于 31% 时，增加入缸淀粉浓度，不会增加热量。

由此可见，在浓度低时，增加淀粉可增加热量，当淀粉浓度增加到一定量时，再增加淀粉，不会再增加热量。这与文献报道不尽相同。

2、入缸温度

固态发酵，入缸以后，缸内的温度目前还没有办法直接调控，但可以通过配料、控制入缸温度即酒醅初始温度来控制升温速度、升温幅度。相对而言，入缸温度的控制冬季较易，夏季控制较难。还可以采取的措施是冬季在缸盖上加稻壳进行保温，夏季减少保温材料，如果有必要，在地缸周围土地上扎眼灌凉水，迫使地缸中酒醅的温度降低^[3,58]。

(1) 入缸温度影响缸内升温

入缸温度是指入缸粮糟在入缸时的温度，是缸内升温的基础温度。缸内发酵温度的变化当然与基础温度有关，它影响着缸内初期的升温速度和发酵的最高温度(顶温)。

(2) 入缸温度过低的影响^[58-60]

①主要的糖化酶,酵母等嗜温、嗜热微生物的活性下降,初期的升温速度就很慢,直接影响发酵速率,由于前期发酵速度慢,主发酵期时间将延长,发酵期是一定的,酯化阶段的时间减少,将影响酒的品质。

②由于入缸温度过低,初期升温又很慢,给非主要的、最适温度比较低的嗜冷微生物提供了较充足的繁殖代谢时间;代谢产物增多,使酒组成偏离固有成分,酒质发生改变。

③发酵顶温是入缸初温加升温幅度,许多产酸菌适宜温度较高的环境,入缸温度过低,顶温较低,不利于产酸,同样影响酒质。

在酿酒行业,普遍强调低温入缸。入缸温度也应根据气温变化加以调节,在北京地区,一般9~10月份的入缸温度以11~14℃为宜,11月份以后9~12℃为宜;寒冷季节,发酵室温约为2℃左右,地温6~8℃,入缸温度可提高到13~15℃;3~4月份气温和室温均已回升,入缸温度可降到8~12℃;5~6月份开始进入热季,入缸温度应尽量降低,最好比自然气温低1~2℃。

(3) 入缸温度过高的影响^[61, 62]

①入缸温度过高,嗜温和嗜热的微生物活性增强,一开始升温就较快,主发酵提前,酯化时间增长,从这点上看,有于提高酒质。但是,入缸温度过高,一方面,会导致发酵过快,升温过猛,生酸菌等其他菌种迅速增殖,破坏了酒醅微生物的平衡,抑制了酵母的发酵产乙醇功能,酵母自溶,出现产量低的现象。此时消耗的淀粉还不多,乙醇含量不高,酒产量低,酯化效果差,出缸酒醅出现“残淀高、残糖高”的情况。另一方面,入缸温度过高,使发酵顶温过高,产酸菌活跃,升酸幅度大,但主要是一些耐温的产酸菌如乳酸菌、乙酸菌等,而不耐温的很快消亡,产酸较单一,所以酒体不丰富。用工人的话叫“假酸”、“低级酸”、“醋酸”。

②入缸温度过高,升温快,使一些嗜冷微生物很快就衰亡,甚至有一些在入缸之前就已经衰老,这样嗜冷微生物的代谢产物就很少,酒体不丰富,影响酒质。

③虽然不管冷季、热季的入缸温度都没有超出酵母的最低或最高不适温度,都能发酵,但是发酵要产热,酒醅要升温,入缸温度过高,升温后,酵母的发酵受到遏制,影响升温,使其减少。

3、发酵升温速度

发酵升温速度,是发酵速率的反映,向来都被看成是影响酒的品质的重要因素之一,是“前缓、中挺、后缓落”的缸内温度变化规律的前缓程度的重要描述。

“前缓”的意思是发酵升温要缓慢,这与纯种发酵速度要快是相反的。在清香型白酒生产中,不管酿酒发酵,还是制曲发酵,都要求发酵升温要缓慢,这是由它的传统生产方式所决定的。

微生物的生长和繁殖受温度影响较大,每种微生物都有一定的适宜温度范围和最适温度,以酵母和乳酸菌为例(如表15所示),其最适温度差别较大^[63-64]。

表 15 几种重要微生物的温度数据
Table15 Several important microorganisms temperature data

	酿酒酵母	乳杆菌
温度范围/℃	10-40	2-53
最适温度/℃	28	30-40

不同微生物应有不同的最适温度区间，假定某微生物的适应温度范围为 $t_1 \sim t_2$ ，针对不同的升温速度来分析其代谢情况。

如图 8 所示，曲线 B 是符合前缓规律的升温曲线，曲线 A 是升温过快的升温曲线，温度区间 $t_1 \sim t_2$ 是该微生物生长代谢的最适区间， $t_1' \sim t_2'$ 是升温过快下该微生物在最适温度区间的时间范围， $t_3' \sim t_4'$ 是前缓规律下该微生物在最适温度区间的代谢时间，明显可以看出的是 $t_3' \sim t_4'$ 大于 $t_1' \sim t_2'$ 。

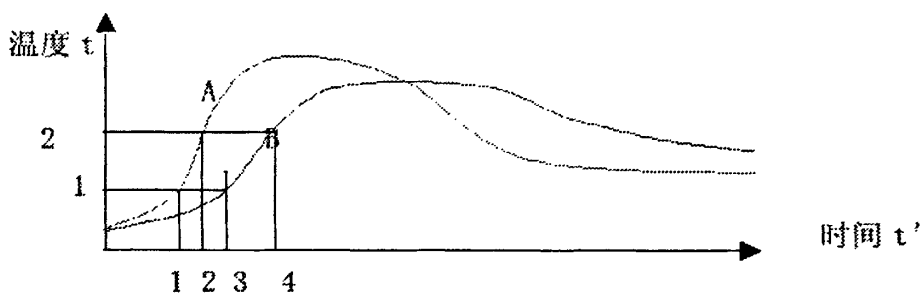


图 8 升温与温度示意图

Fig.8 Sketch of temperature increases and temperature

这也就是说，升温过快时，跨越最适宜温度区间的时间，远小于前缓的正常升温时间，其代谢产物也就少得多。每一种代谢产物，既是白酒的组成部分，又是另一些微生物的原料，或形成某些酒类风味物质的中间体或前驱体，即前端一种代谢产物减少，酒中就会有多种成分将要减少。酒的风格就会改变。这就是“前缓”的原理所在。或者说，升温速度过快，将对酒质不利。

4、顶温与微生物发酵的关系

顶温是缸内发酵的最高温度，在此通常指中挺期温度。在前期缓慢升温过程中，酵母等产酒精的作用得到了充分的发挥，到中挺期，缸内酒醅已积累了一定浓度的酒精，此时酵母的产酒能力受到产物浓度的抑制，其副产物的数量增加，生成了大量的白酒微量成分；其它产酸菌也在此时期，厌氧条件下，温度较高时期，表现更为活跃，生成了大量的有机酸。

(1) 微生物发酵与酒产酯的关系

酯的生成是一个非常缓慢的过程^[65]，受有机酸发酵和酒精发酵的影响。顶温过低，酵母作用过强，产酸菌能力较弱，不利于产酸；顶温过高，酵母作用受抑制，不利于后期代谢所需物质的合成，而产酸菌活跃，产生了大量的如乳酸、醋酸等低级酸，造成酒偏格。

适宜的顶温有利于酵母、产酸菌的作用，产生对白酒有利的有机酸等微量成分，这有利于酯类物质的合成，或有利于微生物产酯。故只有前缓和适宜顶温及挺温时间，才有利于白酒产香，提高酒的品质。

(2) 影响升温速度的因素

升温速度对缸内发酵产物及酒质有直接关系^[66]，弄清升温速度的影响因素，提出措施加以控制是稳定和提高产酒质量的有效途径。

升温速度公式

缸内升温是由于缸内发酵时放出了热量，使酒醅温度上升。

从热量传递公式 $Q = mc(t_2 - t_1)$ 中，不难看出：升温速度等于 $(t_2 - t_1)$ /时间，记为 Δt ，左边总热量除以时间，就是产热速度， Q /时间、记为 ΔQ ，即可得：

$$\Delta t = k \frac{\Delta Q}{M \times C}$$

式中 Δt —— 升温速度
 M —— 酒醅质量
 C —— 酒醅比热容
 k —— 吸热系数
 ΔQ —— 产热速度

从公式中，可得到影响升温速度的要素有四个：一是产热速度，二是酒醅质量，三是酒醅比热容，四是地缸的吸热系数。这四个要素均与空气直接相关，可见空气在发酵中的重要程度。下面分别探讨这四要素与哪些因素有关。

① 产热速度

热量的产生，来源于淀粉的糖化和糖转变成酒精的过程，都是微生物的作用，属生化反应，热量产生的速度，自然与反应速度有关。而反应速度与微生物浓度、淀粉浓度直接相关。影响产热速度的最大因素是微生物浓度，在生产实践中，淀粉浓度的变化范围或比例较小，一般在 2%~4%，而微生物浓度的变化范围很大，有时是数量级的变化。

微生物活性也影响升温速度，从公式中只有微生物浓度和淀粉浓度影响反应速度，但实质上微生物自身的活性影响反应速度；淀粉的性质和糊化度也影响反应速度。淀粉的结构不一样，糊化和水解速度不一样；糊化度不一样，被微生物利用的速度相差很大，如文献报道 α -淀粉酶和 β -淀粉酶被微生物利用的速率差距为 5000 倍。

②酒醅质量

地缸一定，酒醅质量决定于酒醅密度。酒醅是多种物质的参和物，其密度与参和的各种物质间比例密切相关。从经验不难判断，密度比较：粮食、水、大曲 > 酒醅 > 糠壳。故可以判断，粮食、水、大曲增加，地缸中酒醅的质量增加，而糠壳增加，地缸中酒醅的质量降低。

③比热容

酒醅比热容，与密度一样，决定于各种参和物之间的比例，随比热容大的物质在酒醅中占的比例增大，酒醅的比热容就随之增大，反之，比热容大的物质在糟中比例下降，酒醅的比热容下降。

④吸热系数

本文定义的吸热系数代表着向外界热量热交换的情况，当外界温度高于缸内温度，地缸酒醅吸收外界热量，此时吸热系数 k 大于 1。吸收的热量越多，吸热系数就越大。当外界温度低于缸内温度，缸内酒醅向外界散热，此时吸热系数小于 1，散热越多， k 越小。可见，吸热系数与空气的隔热效果有关。由于缸内温度在不断变化，气温也是不断变化的，所以吸热系数是个变数。

(3) 影响发酵顶温的因素

①顶温公式

顶温是缸内发酵的最高温度，此温度在酿酒发酵中，通常指中挺期温度。酒醅顶温的影响因素主要决定于微生物发酵产生的热量及其散失热量之差、酒醅的质量、酒醅的比热容和酒醅的初始温度，其关系示意如下：

$$t_{顶} = k \frac{Q_m}{M \times C} + t_{入}$$

式中 $t_{顶}$ —— 顶温

Q_m —— 发酵生产的热量

M —— 质量

C —— 比热容

$t_{入}$ —— 入缸温度

k —— 吸热系数

入缸温度是工艺操作所能控制的；酒醅质量、比热容与酒醅结构有关，和工艺操作密切相关，热量决定于微生物的活性和浓度。

②淀粉与顶温

根据生产实际，酒醅中，微生物所能产生作用的最低淀粉为 8%，8% 以下微生物基本不能降解。微生物消耗淀粉的同时放出热量，消耗的速度过快，产生的热量也较

多，这样对顶温的时间将有影响。

③水分与顶温

大渣入缸水分以 53%~54%为好，最好不超过 54.5%。水分过少，醅子发干，发酵困难；水分过大，产酒较多，但因材料过湿，难以疏松，影响蒸酒，且酒味显得寡淡。酒醅水分对顶温的影响也较大，很显然，水分过低，微生物难以作用，其温度难以上升。

④糠壳与顶温

同样道理，糠壳过高，酒醅升温也难以实现，根据生产中部分班组超量使用糠壳，造成了升温过猛、顶温过高的实例。

4.1.3 投粮对气固相比的影响

1、不同投粮的升温曲线

图 9 是对某班组的不同的入缸淀粉的缸内升温进行逐日监测数据进行统计分析制作的升温曲线图，将该班组 2007 年春季入缸淀粉划分为三个部分，将入缸淀粉低于 33%，高于 31%的 280 组数据划分为一部分，其余高于 33%的 308 组、低于 31%的 168 组数据分别划分为另外两部分进行统计，发现了其入缸升温与淀粉之间存在相关性。

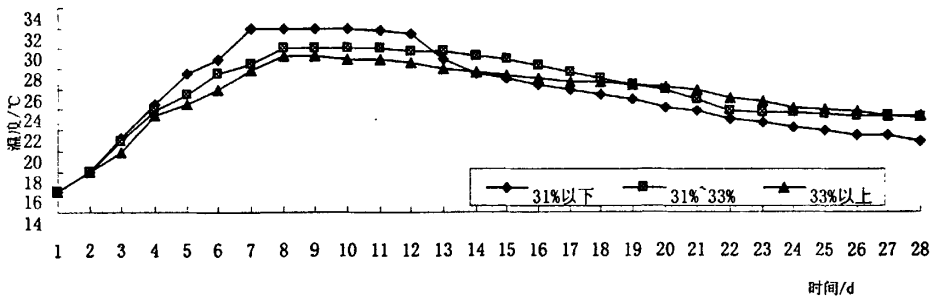


图 9 不同入缸淀粉升温曲线

Fig.9 The different amylum temperature increases curve

从图 9 可以看出：31%以下入缸淀粉前期升温 2.3°C，7d 左右达到顶温，顶温为 32 °C 左右，挺温 5d 左右，后期降温较快，平均每天降温 1.1°C；31%-33%的入缸淀粉前期升温 1.75°C，8d 左右达到顶温，顶温为 30°C 左右，挺温 8d 左右，后期平均每天降温 1°C；33%以上入缸淀粉前期升温 1.89°C，8d 左右达到顶温，顶温为 29°C 左右，

挺温 9d 左右, 后期降温较慢, 平均每天降温 0.8℃。

2、投粮与升温的关系

粮食的主要作用是提供微生物营养物质、发酵产生的风味物质、提供原料自身的风味物质三大作用^[67]。

粮食中的淀粉是发酵升温热量的基础物质, 投粮对酒醅组成中淀粉的含量影响最大, 入缸淀粉浓度要适合于酵母菌的生长繁殖, 有利于酒精发酵的进行, 有利于发酵的控制。一些文献和部分业内人士认为, 入缸淀粉浓度过高, 容易引起发酵升温过猛, 酸度增高, 淀粉不能合理利用, 造成浪费; 而淀粉浓度过低, 所产的酒精量少, 浓度低, 也会造成发酵不良, 产量降低, 降低了劳动生产率^[68-70]。

在清香型白酒生产中, 粮食是经过粉碎的, 颗粒比糠壳较小, 增加投粮时, 粮食颗粒主要填充糠壳空隙, 由于糠壳的体积比粮食较大, 所以, 通常状况下, 增加投粮量, 酒醅的体积几乎不变, 只增加酒醅的质量, 质量 m 增大, 升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 均要下降。

投粮增加, 一方面, 酒醅酸度下降, 微生物的活性增强, 另一方面, 酒醅的水活度下降, 微生物的活性减弱, 当酒醅酸度较高, 严重影响微生物活性时, 投粮增加, 微生物的活性会大幅度增加, 当酒醅酸度较低时, 水活度较大时, 增加投粮, 对活性的影响不大, 当酒醅酸度低, 水活度较小时, 增加投粮, 微生物的活性下降。

在生产实际中, 入缸酸度的变化幅度比入缸水分大得多, 如表 16 所示。

表 16 入缸酸度与水分变化幅度

Table 16 Acidity and moisture content change extent in Digang

	最低入缸	最高入缸	变化幅度/%
酸度	0.2	0.4	100
水分%	53	57	7.5

4.1.4 加辅料量稻壳对气固相比的影响

对某车间某班组在 2007 年 4~6 月用稻壳量过大, 出现了原酒产量、质量大幅度下降的教训进行了总结和分析, 并和此车间其他班组同期用稻壳量比较发现, 缸内升温受稻壳用量影响较大。发现该班组用稻壳/用粮的数值基本大于 24% (见图 10 中稻壳量偏大), 而其他班组同期的用稻壳量/粮的比值均在 20%-22% (见图 10 中稻壳量正常), 其车间 6 个班组 1560 口地缸的平均缸内温度曲线统计及对比图见图 10 所示。

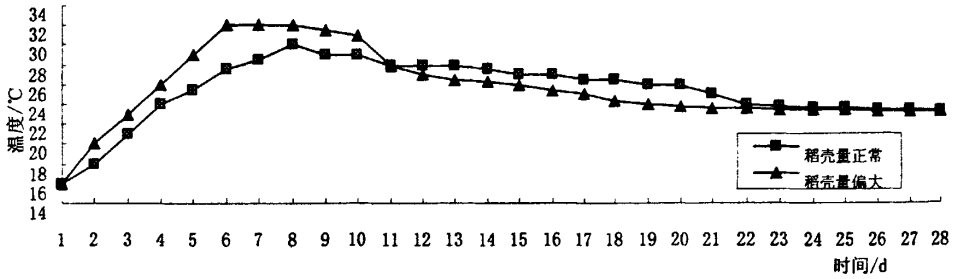


图 10 稻壳量不同的缸内温度变化

Fig.10 The different rice husk of temperature increases curve

从图 10 可以看出, 24%以上用稻壳量前期升温平均 2.3°C, 6d 左右达到顶温, 顶温为 32°C 左右, 挺温 5d 左右, 后期降温较快, 缸内温度曲线异常; 20%-22%的用稻壳量前期升温 1.25°C, 8d 左右达到顶温, 顶温为 30°C 左右, 挺温 10d 左右, 后期降温缓慢; 其中, 个别用稻壳量在 25%以上的地缸, 缸内升温在短短 4d 时间内则升到顶温, 顶温高达 34°C, 升温异常。

4.1.5 投水对气固相比的影响

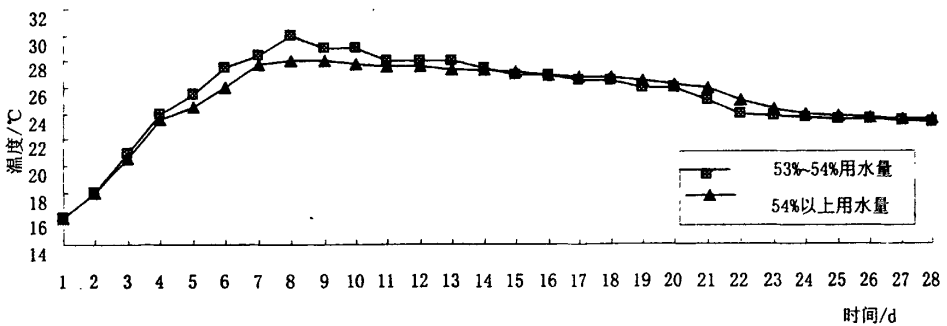


图 11 不同用水量的缸内升温

Fig.11 Different water consumption of temperature increases curve

某车间某班组有一种“糠大水大, 冷热不怕”的观念盛行, 他们采用了加大投水

量的操作方法，通过对不同水分的发酵情况进行了观察，将该车间入缸水分以 54% 为界对其缸内升温进行比较和统计，其中，53%~54% 以下的的数据 128 组，54% 以上数据 97 组，结果如图 11 所示。

从图 11 可以看出，53%~54% 以下入缸水分前期升温平均 1.25℃，8d 左右达到顶温，顶温为 30℃ 左右，挺温 10d 左右，后期降温相对较缓慢；54% 以上的入缸水分前期升温 1.0℃，8d 左右达到顶温，顶温为 28℃ 左右，挺温 13d 左右，后期降温稍慢。

4.1.6 投曲对气固相比的影响

某车间部分班组在生产过程中，认为大曲质量差，采取大量加曲的措施，结果产量、质量均不理想，残糖、残淀很高。为此对 2 个加曲班组进行分析，并与其它正常投曲的 6 个班组进行比较，其结果统计如表 17 所示。

表 17 不同大曲使用量的产质量比较

Fig.17 The use of different Daqu output and quality comparison

	正常班组	加曲
用曲量/%	11	14
顶温/℃	30	28
淀粉消耗/%	17	15
单甬产量/kg	130	110
单甬优级酒/kg	12.6	8.1

4.1.7 缸边和缸心酒醅比较试验

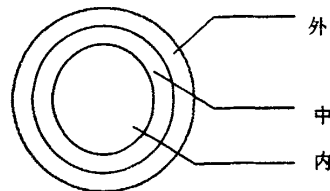


图 12 地缸分区图

Fig.12 Division plans of Digang

将同一层次的酒醅分为三个部分，如图 12 所示，将最中心 20cm 范围内的酒醅取样，作为“内”，将缸周边 15cm 的酒醅取样作为“外”，在“内”、“外”酒醅的余下部分的中间部分取样，作为“中”。以下检测数据上、中、下指上、中、下层，

不指同一口缸，上、中、下之间不具备可比性，内、中、外指同一口缸的同一层次，均为 10 次样品平均指标，其出缸酒醅检测结果如图 13 至图 16 所示。

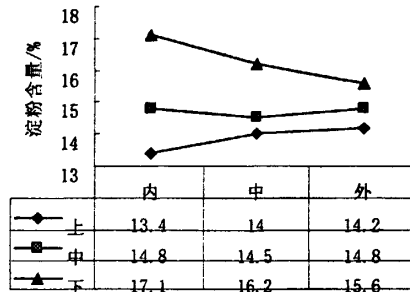


图 13 出缸淀粉

Fig.13 Starch changes

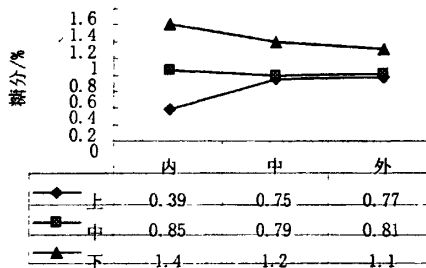


图 14 出缸残糖

Fig.14 Sugar changes

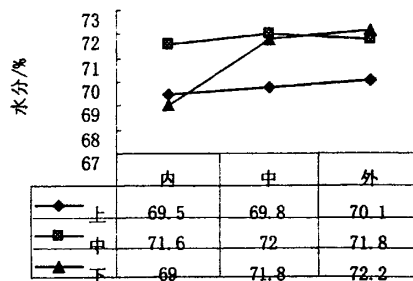


图 15 出缸水分

Fig.15 Moisture content changes

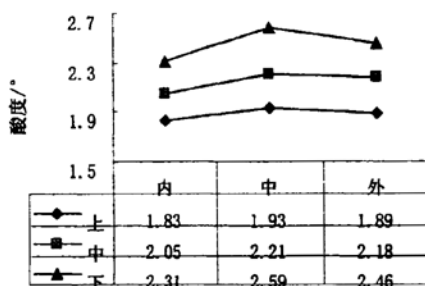


图 16 出缸酸度

Fig.16 Acidity changes

4.1.8 缸边和缸心酒醅的酒主要骨架成分比较

为摸索地缸中心和地缸边酒醅所产酒的区别,共试验 3 口地缸,每一口地缸分上、中、下三组层次试验,每组试验 3 次。以相邻两甑的酒醅为一组试验,起醅方式与常规不一样,本次起醅采取酒醅从缸中心开始单独起出,酒醅量为一甑(本试验所用的甑为小甑,是按工业大生产的比例缩小而制成,每次可蒸料 3kg),这部分单独上甑蒸馏取酒,作为地缸酒醅“内”,余下部分周边酒醅,也是一甑的酒醅,作为“外”。“内”、“外”酒醅所产原酒利用气相色谱仪测定其乙酸乙酯和乳酸乙酯的含量,数据如图 17 和图 18 所示:

根据检测结果可以看出:

下层缸边酒醅乙酸乙酯、乳酸乙酯略高;

中层缸边酒醅乙酸乙酯略高,乳酸乙酯略低;

上层缸边酒醅乙酸乙酯、乳酸乙酯略低。

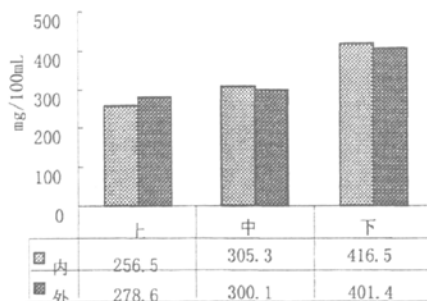


图 17 乙酸乙酯含量

Fig.17 Ethyl acetate

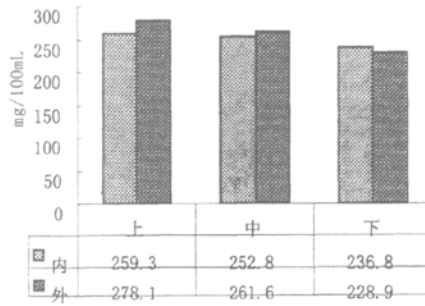


图 18 乳酸乙酯含量

Fig.18 Ethyl lactate

4.2 讨论

1、质量较优班组缸内升温规律试验

在发酵前期，酒醅中含有氧气，酵母主要进行生长增殖，消耗淀粉，并放出热量，促使酒醅升温。在发酵中期，酒醅中氧气消耗完毕，酵母开始衰老，出现自溶，产酸菌作用产酸，也消耗淀粉，产生热量，但热量的产生与热量散失基本平衡，造成了挺温过程。在发酵后期，糖化发酵变得微弱，微生物作用主要是起酸醇酯化，生成原酒主体香，其热量生成低于散发，导致温度下降。

2、初温、升温速度、升温幅度及顶温、热量对缸内升温的影响

白酒生产是开放式的、传统的、种类繁多的微生物共同参与代谢的过程。它的生产方式，决定了其产品成分的多样性和复杂性。既然是种类繁多的微生物共同参与代谢过程，就不可能像纯种发酵那样，在一个固定的、区间较小的温度范围内发酵。因为不同的微生物有不同的最适温度。显然，若将发酵温度固定在一个小区间内，就只能适应该区间的微生物的代谢，而抑制适合于区间外的微生物的代谢，就得不到传统白酒的固有风格。这就是清香型白酒生产时，发酵温度是不断变化不能固定的原理所在。

3、投粮对气固相比的影响

增加投粮时，糠壳的空隙更多地被填充，使得酒醅中的空气量下降，氧含量减少，酵母等微生物的繁殖受限，浓度下降。由于淀粉浓度的增加远不及微生物的下降幅度，致使反应速度下降，产热速度 ΔQ 下降，缸内升温变慢。

由表 16 可见，生产实际中，酸度对微生物的活性影响远远大于水活度对微生物活性的影响。

由此可见：

淀粉越高,酒醅质量越大;

由于淀粉的加入,改变了酒醅组成,导致比热容上升;

淀粉增加后,酒醅间隙减少,空气含量减少,微生物数量、产热速度降低。因此,可由公式推出,淀粉增高后,酒醅的升温速度将下降,顶温将降低,反之亦然。

由图 9 的生产统计数据所反映的规律也证明了这一点。

由前面分析可以看出,淀粉越高,酒醅酸度越高,间隙越小,酒醅的空气含量越低,气固相比低。

从淀粉的角度分析可看出,酒醅空气含量越高,气固相比高,酒醅升温速度越快,顶温越高,挺温时间越短,降温速度越快。

4、加辅料量稻壳对气固相比的影响

一般文献认为,稻壳是酿酒生产中的优良填充剂,主要起填充作用。具有疏松性、透气性、填充性等特点^[71-78]。经过研究,发现稻壳不仅具上述作用,更重要的,它是空气在酒醅中的主要载体,稻壳用量是影响酒醅空气含量的最大因素。研究稻壳用量对发酵升温的影响,实际也揭示了空气对缸内升温的作用。

长期生产实践中,人们认为稻壳量的增加,会促进缸内升温,为什么会促进缸内升温呢?

稻壳量增加,酒醅间隙增大,酒醅中的空气量增加,从而微生物的繁殖量增加,细胞浓度增加,糖化发酵速度增快,产热增大,发酵升温速度加快。在缸内有氧条件下,酵母和细菌的浓度分别是入缸时的几千倍和几十倍。由此可见,缸内的含氧量或者说酒醅用稻壳量,对缸内升温速度的影响作用很大。

空气的比热容很小,在常压 20℃时,只有 0.25,仅是水的 1/4。稻壳主要构成是纤维,其次是水和空气,纤维的比热容比水小,所以稻壳比热容比水小。投稻壳量增加,酒醅的比热容降低,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 上升。反之,投稻壳量减少,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 下降。

酒醅的体积主要由出缸糟量和投稻壳量决定,由于受甑容和缸容的限制,酒醅的体积几乎保持不变。要加大用稻壳量,必然要加大踩缸的强度。而酒醅的密度在 $(0.5\sim 0.8)\times 10^3\text{kg/m}^3$,稻壳的密度在 $0.13\times 10^3\text{kg/m}^3$ 左右,两者相差很大,所以,投稻壳量增加时,酒醅的密度大幅度下降,从而使酒醅的质量 m 大幅度下降,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 上升;反之,投稻壳量减少时,酒醅的密度上升,从而使酒醅的质量 m 上升,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 下降。

酸度是衡量酒醅总酸的指标,一方面,增加投稻壳量,减少了酸的总量,酸度下降;另一方面,增加用稻壳量,酒醅质量下降,酸度上升。但总体平衡来说,稻壳用量对酸度影响不大。

投稻壳增加,酒醅的密度降低,地缸体积基本不变,其酒醅的质量下降;

投稻壳增加,酒醅比热容下降;

投稻壳量增加,酒醅酸度降低,酒醅间隙增加,空气含量增高,微生物活性及数

量增加;

质量下降,比热容下降,微生物浓度增加,均促进升温,因此,稻壳是促进升温的最大因素。把稻壳定义为酿酒生产中促进升温中最大的“燥药”。

经过此教训后,应严格控制用稻壳量。

5、投水对气固相比的影响

(1) 空气与投水及缸内升温的关系

酿酒生产离不开水,淀粉糊化、糖化,微生物生长繁殖、代谢活动等,都需要一定数量的水,适当的水分是发酵良好的重要因素。酿酒生产用水有量水、酒醅水、加浆水、底锅水、冷却水等。就酒醅含水来源而言,主要来源于酒醅原有出缸水分、蒸馏时底锅水带入水分、摊凉过程的量水水分等,当然,蒸馏、摊凉的水分均存在交换因素。就配料而言,在此主要讨论入缸水分。

有人认为,如入缸水分过低,会引起酒醅发干,酸度高,酒醅不柔软;糖化发酵不正常,残余淀粉高,出酒率低^[79-83]。如果水分过高,会引起糖化发酵升温缓慢,发酵期长,微生物繁殖快,生酸量大,发酵不彻底,酒醅发黏,造成蒸粮困难^[75-77]。后一观点,本文认为有待于进一步探讨。

长期生产实践中,人们都认为投水量的增加,会减缓缸内升温,为什么会减缓缸内升温呢?

投水量增加,压缩酒醅间隙,排挤空气,使酒醅中的空气量减少,从而使微生物的繁殖量减少,糖化发酵速度减缓,产热速度降低,发酵升温速度也就减缓。

酒醅的主要组成部分是水、稻壳、粮食,用水量对酒醅体积影响不大,但对酒醅的密度影响较大。一方面,醅子的密度在 $(0.5\sim 0.8)\times 10^3\text{kg/m}^3$ 左右,水的密度在 $1.0\times 10^3\text{kg/m}^3$,两者相差大,投水量增加时,酒醅的密度上升;另一方面,投水量增加,压缩酒醅空隙,不但不增加体积,反而体积减少,使酒醅密度大幅度上升,从而使酒醅的质量 m 上升,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{\text{顶}}$ 下降;反之,投水量减少时,酒醅的密度下降,从而使酒醅的质量 m 下降,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{\text{顶}}$ 上升。

水是酒醅组成中的比热容最大的,投水量增加,酒醅的比热容将增加,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{\text{顶}}$ 降低。反之,投水量减少,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{\text{顶}}$ 上升。

酸度是微生物发酵的重要条件^[64-67],当酸度比较高而严重影响微生物活性时,此时适当添加水分,可降低酸度,促进升温;但当酸度较低,添加水分,对微生物活性影响较小时,增加水分,则是抑制升温。

由此可见,水分越高,酒醅密度越大,比热容越大;水分增加后,酒醅间隙减少,空气含量减少,微生物浓度下降,三个方面均使升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{\text{顶}}$ 下降。反之,水分降低,升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{\text{顶}}$ 上升。

由此可见,水是抑制缸内升温的最大因素。水分增高后,酒醅质量增大,比热容增大,挺温时间越长,降温速度越慢。

(2) 用水生产实践与规律

“糠大水大，糠小水小”的用水规律^[88-93]

生产中的这一规律，一方面是证明了稻壳能增加空气量，降低酒醅密度，促进升温的作用。另一方面也证明了水会增加酒醅密度、比热容，减少酒醅中空气量，气固相比低，抑制升温的作用。在同样条件下，稻壳大，水必须大，稻壳小，水必须小，才能保证缸内的正常升温。但是我们看到这一原则是在同样条件下更适用。在不同季节，气温差异较大时，不是很适用。如热季与冷季，气温差异大，就不适用这一原则。

“冷减热加”的用水规律^[94-95]

生产中的这一规律，充分证明上述理论。热季微生物活性强，入缸温度较高，发酵升温快，加水，可排挤酒醅中的空气量，降低气固相比，降低微生物密度，增大酒醅密度和比热容，抑制缸内升温，降低发酵速度和发酵升温的目的。反之，冬季减水，促进缸内升温。

从前面分析可以看出，水分越高，酒醅空气间隙越低，酒醅的空气含量越低。从水分的角度分析，进一步证明了，酒醅空气含量越高，气固相比高，酒醅升温速度越快，顶温越高，挺温时间越短，降温速度越快。

6、投曲对气固相比的影响

投曲的主要作用是提供大曲微生物^[96-97]，作为酒醅微生物的初始浓度的一部分，增加大曲投入量，酒醅微生物初始量增加。但同时，也因排挤空气，空气含量低，微生物繁殖量受限制。投曲量过大，空气下降幅度大，微生物活性降低，以及投曲的投粮作用，投曲量增加，酒醅质量 m 增加，均使升温速度下降。但同时，从检测数据也看出，在大曲过量的时候，前期 1~2d 升温很猛，但其后升温速度明显减缓，其顶温较低。

(1) 空气与投曲及对缸内升温的影响

大曲用量多，发酵升温快、升酸快，升温时间缩短，乙醇生成期缩短，产出的酒酒质较差。相反，若用曲量过少，发酵升温慢，主发酵菌种的优势地位不能确立，酒醅发酵也不正常，所产酒质量、产量均较差。

大曲的主要作用是提供酿酒必需的有益微生物以及酶类；提供淀粉，起投粮作用，经糖化发酵产生酒精或产生特殊香味物质；提供白酒香味成分，以及白酒微量成分合成的中间体或前驱物质。

从投曲量角度分析空气与缸内升温的关系，却具有相当复杂的相关性，一是投曲本身投入了微生物量，二是投曲如同投粮一样，影响着酒醅结构及物理特性，空气微生物与大曲微生物的相互作用、相互影响，给缸内升温带来了复杂多样性。

大曲含有 58% 左右的淀粉，投曲相当于投入淀粉，其投入量的增加，填充稻壳和酒醅间隙，对酒醅体积影响不大，空气含量下降，酒醅密度上升，从而使酒醅的质量 m 上升，升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 下降；反之，投曲量减少时，酒醅的密度下降，从而使酒醅的质量 m 下降，升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 上升。

投曲量究竟是促进升温还是抑制升温呢？这要看投曲量和气温，酒醅接触空气的

时间。一方面，入缸初始微生物浓度增加大，前期生长繁殖快；大曲过量，使酒醅的空气量较少，空气消耗快，微生物的繁殖量减弱，使酒醅中微生物浓度下降，糖化发酵速度减缓，产热速度反而降低，发酵升温速度也就减缓，顶温不高，另一方面，酒醅质量增加较大。

从大曲自身含有大量的微生物角度看，可以增加酒醅的微生物浓度，使升温速度 Δt 和发酵顶温 $t_{顶}$ 上升。当微生物的初始浓度达到一定浓度时，少量加曲，可增加微生物初始浓度，对酒醅的空气含量影响不大，对微生物繁殖量影响不大，这可使酒醅初期产热速度较快。

(2) 用曲的生产实践与规律

“热减冷加”的用曲原则 生产中采用“热减冷加”的用曲原则，根据不同季节，大曲投入量不同：热季气温高，微生物在适宜的空气温度、湿度情况下，易于繁殖，为控制热季微生物浓度，原则上少用曲；冷季气温低，空气等环境条件相对不适宜，微生物的繁殖就较弱，需增加微生物浓度，故多用曲。

7、缸边和缸心酒醅比较试验

从内、中、外酒醅的指标比较可以看出，下层酒醅的缸边酒醅与缸心酒醅的各项指标区别最为明显。上、中层的缸边酒醅出缸淀粉及出缸残糖均低于缸心酒醅，说明缸边酒醅消耗淀粉高；出缸酸度以中间部分为最高，其次是缸边酒醅，最低是缸心酒醅；水分缸心酒醅小于缸边酒醅。

上层缸心酒醅的淀粉和残糖高于缸边酒醅，说明缸边酒醅淀粉消耗较高。酸度为缸心高于缸边。

8、踩缸生产实践与规律

“冷季稀足、热季密足”的踩缸生产实践 踩缸是入缸工序的重要操作，至目前为止，踩缸的方式仍采用传统的脚踩方式。通过踩缸，减少了酒醅中的空气含量，降低了气固相比，抑制好气性微生物的生产和繁殖，以利于低温缓慢发酵。但不宜踩得过紧，否则容易踩成团块，空气含量极低，气固相比低，反而不利于发酵。一般说来，冬季稀足，热季密足，缸边紧踩，缸心稀踩。

踩缸为什么总结出“冷季稀足、热季密足”的经验呢？这实际上也是空气影响发酵的生产实例。热季温度高，空气中带入酒醅的微生物丰富，酒醅在热季相对冷季而言，微生物的生长和繁殖速度大大高于冷季，为了控制微生物在缸内过快生长、繁殖，导致升温过快，影响产量、质量，采取踩密足，尽量排挤酒醅中的空气，增加酒醅密度，抑制缸内升温。反之，冷季空气中的微生物带入量不如热季，且酒醅微生物的生长繁殖速度慢，踩稀足，适当保留酒醅中的空气量，维持一定气固相比，保持酒醅较小的密度，促进缸内升温，所以，“冷季稀足，热季密足”是行之有效的。

5 空气中的微生物对白酒风味的影响

5.1 Biolog 微生物自动分析系统原理^[98-99]

Biolog 微生物自动分析系统是美国 Biolog 公司从 1989 年开始推出的一套微生物鉴定系统, 发展到现在已经能鉴定包括细菌、酵母、丝状真菌在内的近 2000 种微生物, 其中细菌可鉴定 234 个属, 1 226 个种。与其他鉴定系统相比, Biolog 微生物自动分析系统能利用计算机进行数据分析, 自动化和标准化程度高, 大大简化了鉴定程序, 具有数据库广、鉴定范围大、鉴定快速等优点, 目前已成为国际上细菌多项分类鉴定常用的技术手段。

Biolog 微生物自动分析系统主要根据细菌对糖、醇、酸、酯、胺和大分子聚合物等 95 种碳源的利用情况进行鉴定, 其中 A1 孔是对照孔。细菌利用碳源进行呼吸时, 会将四唑类氧化还原染色剂 (TV) 从无色还原成紫色, 从而在鉴定微平板上形成该菌落特征性的反应模式或“指纹图谱”, 通过纤维光学读取设备——读数仪来读取颜色变化, 由计算机通过概率最大模拟法将该反应模式或“指纹图谱”与数据库中的进行比较, 将目标菌株与数据库相关菌株的特征数据进行比较, 获得最大限度的匹配, 可以在瞬间得到鉴定结果, 确定所分析的菌株的属名或种名。

Biolog 系统鉴定结果主要有 3 个参数, 即可能性 (Probability, PROB)、相似性 (Similarity, SIM) 和位距 (Distance, DIST), 其中 SIM 值和 DIST 值是两个重要参数, DIST 值表示测试结果与数据库相应数据条的位置, SIM 值表示测试结果与数据库相应数据条的相似程度。Biolog 系统规定: 细菌培养 4~6h, 其 $SIM \geq 0.75$, 培养 16~24h 时, $SIM \geq 0.5$ 时, 系统自动给出鉴定结果为种名, SIM 值越接近 1.00, 鉴定结果的可靠性越高; 当 SIM 值小于 0.5, 但鉴定结果中属名相同的结果的 SIM 值之和大于 0.5 时, 自动给出的鉴定结果为属名。

5.2 试验结果

5.2.1 用 Biolog 微生物自动分析系统鉴定地衣芽孢杆菌

1、样品的纯化与制备

将已分离到的芽孢杆菌在分离培养基中划线分离, 30℃条件下培养 24h。挑选单菌落在 BUG+M+T 培养基上采用“米”字形画线富集培养, 30℃条件下培养 24h。

2、样品的鉴定方法

(1) 浊度调整 在关机状态下调整读数为 0, 打开电源, 用无菌水调整至读数为 100%, 再用 T/GP-ROD 浊度标准管调整读数至 28%。

(2) 菌悬液制备 取无菌棉签在 GN/GP-IF 接种液中蘸湿, 在平板表面轻轻滚动蘸取菌体, 注意不要带出培养基, 沿着接种液管内壁转动棉签, 使菌体附着在内壁上,

同时把菌体打散，倾斜接种液管使菌体均匀分散在接种液中，通过加菌体或加 GN/GP-IF 接种液不断调整浊度大小，最终使浊度值达到 $28\% \pm 3\%$ 。

(3) 接种微平板 用 8 头电动移液器将菌悬液分别加在 GP 鉴定微平板的各孔内，每孔 $150 \mu\text{L}$ ，共 96 孔。

(4) 培养 盖上鉴定板盖，标上菌株号放置在一个大小适宜的托盘中，放置于 30°C 培养箱中培养，在 4~6h、16~24h 各读数一次。

(5) 读取数据 取出鉴定微平板放置在读数仪上，计算机读取数据，自动检索数据库，按照可能性大小给出 10 个 ID 名称。

微平板反应结果见图 19 和图 20。

3、结论

培养 5h 时读数，Biolog 系统 SIM、PROB 和 DIST 没有数值，是因为细菌生长状况不太好，微平板中的碳源未被完全利用。但是仍给出了鉴定结果，第一位是地衣芽孢杆菌。

培养 21h 时读数，Biolog 系统显示 SIM 为 0.79，大于 0.75，PROB 为 99%，DIST 为 0.11。最终鉴定结果为地衣芽孢杆菌。

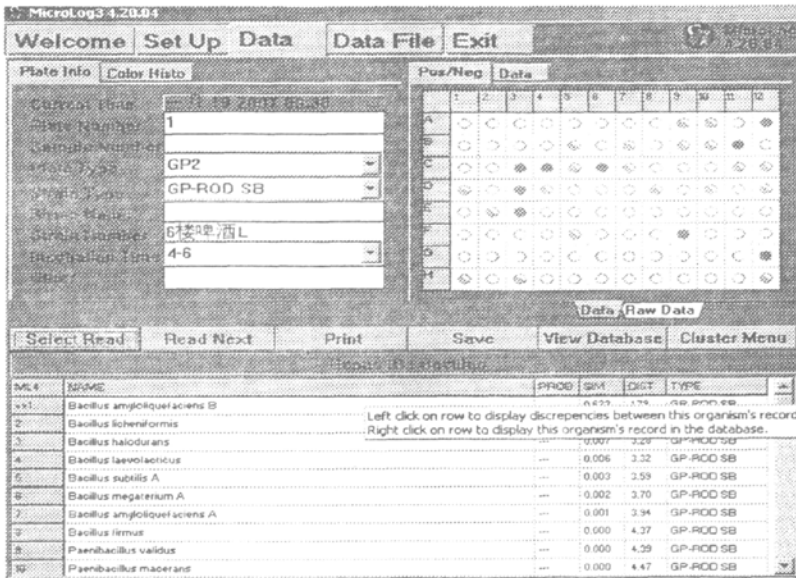


图 19 细菌生长 4-6h 微平板图谱

Fig.19 Micro-plate map in 4-6h

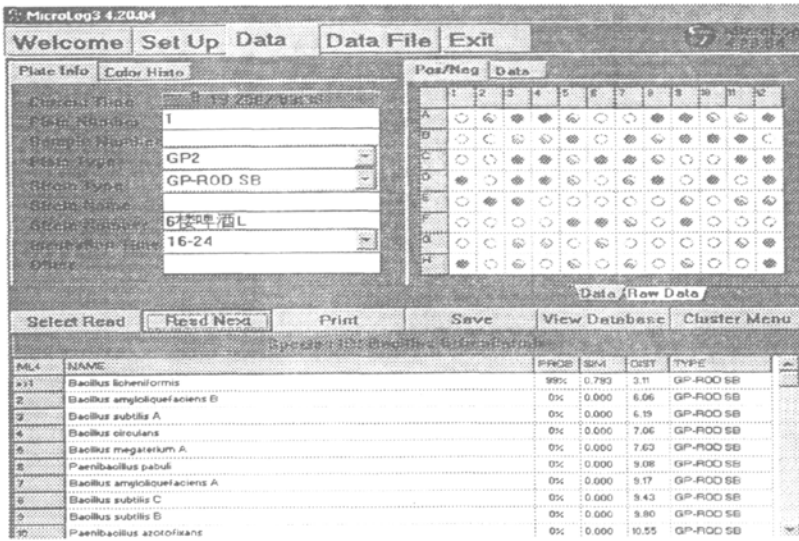


图 20 细菌生长 16-24h 微平板图谱

Fig.20 Micro-plank map in 16-24h

5.2.2 空气中的微生物与酒醅接触过程中微生物的关系

通常认为，酒醅的微生物来源于曲药、环境等。微生物分布的一般规律为空气中细菌多，原料中霉菌多，场地中酵母菌多^[100-101]。但究竟这些微生物是如何进入的呢？参考文献未见报道。由于微生物的种类、量比等的检测十分复杂，检测数据难以得出确切的结论，为此，对摊凉过程中微生物的数量变化进行了摸索，该试验对出甑糟、摊凉下曲前、下曲后、入缸 1d 后的酒醅分别进行了镜检，共计 10 次，检测数据变化基本一致，统计数据如表 18 所示。

表 18 摊凉过程中微生物的数量变化

Table18 The microorganism quantity is changed of fermented grains

		1	2	3	4
热季	球菌	—	4.51×10 ⁸	1.18×10 ⁹	7.50×10 ⁹
	杆菌	—	5.11×10 ⁶	2.65×10 ⁷	2.52×10 ⁸
	酵母	—	3.25×10 ⁶	2.57×10 ⁷	2.55×10 ⁸
冷季	球菌	—	1.26×10 ⁶	1.07×10 ⁸	4.95×10 ⁹
	杆菌	—	1.55×10 ⁶	3.01×10 ⁷	1.41×10 ⁸
	酵母	—	1.51×10 ⁶	2.5×10 ⁷	1.32×10 ⁸

注：1 为出甑时，2 为摊凉后下曲前，3 为下曲后，4 为入缸 24h 后。

出甑时，酒醅在 100℃蒸馏取酒、蒸煮糊化 1h 以上，理论上应无活微生物，检测结果亦未检出；热季摊凉至下曲前温度应为 25℃以上或平室温，这时的微生物数量级达 10^8 ，因未加入曲药，其微生物的来源可视为全部是酒醅富集空气等环境的微生物，而热季的微生物富集量大于冷季，说明热季的空气特性有利于微生物的富集。冷季下曲温度应为 20℃左右或平室温，下曲后，酒醅微生物的含量提高了一个数量级，构成了新的微生物量比关系。入缸 1d，是指酒醅在入缸后，尚未封缸所取样，是微生物在有氧状况下生长繁殖所致。

由此可以看出，空气中的微生物在酒醅未加入曲药微生物之前便开始进入酒醅。

不同的季节、不同的气候条件，微生物含量存在不同的量比关系。热季，空气中球菌：曲药中球菌为 1:2，冷季为 1:8，且繁殖量也不相同，生长增殖后的量比关系也不同。

5.3 讨论

1、环境条件对空气微生物分布的影响^[102]

地区、气候条件的不同，微生物的差异也很大；微生物的种类和数量也受到季节（主要是温度和湿度）的影响。例如，冬天细菌多于夏天，霉菌和酵母菌夏天多于冬天。大曲制备中“伏曲”最优，南方曲优于北方曲。在白酒企业中保留着很多谚语，这些历史经验也充分证明了由于不同地域所含有的微生物种类与分布不同，即使工艺条件相同，但酒的风味与品质也会相差很大。

2、影响空气中微生物种类分布的主要因素

微生物的生长发育与周围的自然环境特别是光、热、水、土等条件有着密不可分的联系，酿酒地缸及微生物的生长繁殖发酵等均受这些自然条件的影响和制约。在某种意义上说，空气中的水、热、光、气等条件配合愈好，加上人们的合理利用，微生物的生长发酵状况愈好，酿酒的产量、质量也愈高。此外，气候对微生物的遗传性也起着重要作用，微生物长期在一定的自然条件下生长发育，便同化了生活环境中的某些条件为自身要求。空气是微生物的主要生态因子之一，其温度、水分、光照是酿酒微生物繁殖的重要环境条件。

(1) 气温 温度是微生物生长繁殖的重要条件。气温过低，微生物活性较差，生长停滞，甚至处于休眠状态；气温过高，微生物生长繁殖也要受到影响，甚至死亡。一般说来，气温>10℃，大多数微生物开始活跃，且气温越高，微生物活性越强，生长繁殖越快。不同气温，空气中的微生物不同，研究表明，空气中的细菌数量最多，其次是霉菌，酵母的数量不多。霉菌以曲霉、青霉较多，根霉、白地霉最少。产酯酵母在热季较少，在气温较低的 4、9、10 月份较多。产香酵母适应高温，5、6、7 月份较多。

(2) 湿度 水分是生命的组成成分,是微生物的最大组分,与微生物运动密切相关。许多酶促反应均在水相中进行。适宜的湿度,有利于微生物的生长繁殖,不同的湿度将影响不同的微生物种类、数量、量比。湿度越高,微生物活性越强。

(3) 流动性 空气与土壤微生物等之间存在一个流动系统,微生物在空气中由于缺乏足够的营养物质和水分不能较好地繁殖,但却栖息着大量的微生物孢子,其中细菌占优势。孢子在随着空气的流动过程中,到处传播。当落入适宜温度、水分和有营养的基质上时,也就是说条件适宜的情况下,它们就开始繁殖,然后将孢子卷入空气中,如此相互交替,循环。酒醅与空气环境也正具有如此一个流动关系。

(4) 紫外线辐射 微生物的遗传受环境因子的影响会产生一些变异,环境因子如物理因子(紫外线等)、化学因子(诱变剂)。微生物的遗传和变异是一对矛盾,得到了人们的不断利用。日照等带来紫外线辐射,对微生物的遗传和变异起着重要作用,同时,也对微生物起着筛选和进化作用。

(5) 土壤及其微生物 因具有微生物生存的基本条件,土壤是自然界微生物活动的主要场所。影响微生物在土壤中活动的主要因素:水、土壤的营养、土壤的酸碱度、温度。

3、酒厂的气候条件与微生物

此酒厂的酒,“清香纯正,绵甜爽净,入口甘美,入喉净爽,各味谐调,恰到好处,尤以风格突出而著称”。

影响酒风味与品质的本质是酿造过程中独特的微生物。不同地域条件下的环境条件对地缸、酒醅以及空气微生物的种类以及数量分布有着极其重要的影响。也正是这个复杂的微生物体系造就了此酒独有的风味与品质。

从地理条件来看,北京此酒厂地处土地肥沃的华北平原,北依燕山山脉,季节明显、温度适宜,因此农作物物产丰富且质量上乘。又东临潮、白二河汇合处,地下水丰富并水质优良,酿酒送检的水样经权威部门检测符合饮用天然矿泉水标准,因此非常适宜酿酒。所以这些地理环境优势也是造就此酒厂“二锅头”风味独特的原因所在。

另外,酒厂悠久的酿造历史对空气中的微生物也有着十分重要的影响。在酿造过程中许多适应牛山产地地域条件的微生物大量繁殖,并在自然进化中得以保存和发展。这种由于历史形成的空气中微生物种类和含量的变迁也使得此酒厂酒的风味很难模拟。

4、空气中的微生物影响白酒酿造的途径

(1) 酿酒微生物的多样性

白酒酿造是一个多菌种混合式的传统固态发酵过程,其间歇式、开放式生产过程,酒醅从出缸、拌料、上甑、出甑、摊晾、下曲、入缸、踩缸、封缸等所有操作几乎都

是在空气中进行的,这种开放式的生产方式,大大增加环境微生物与酒醅的接触几率。固体发酵的复杂性、不可控性、混合菌种相互作用的复杂关系,以及不同的气候条件、不同的生产工艺等造就酿酒生态环境中酿造微生物多样性,也就形成了我国白酒产品风味的百花齐放。

(2) 空气中的微生物与制曲过程中微生物的关系^[100]

曲药作为酿酒发酵的动力,是酿酒的骨头,酒的品质很大程度上决定于曲药的质量,其微生物的主要来源是空气和原辅料。由中温、中高温、高温发酵而得的大曲制造过程是开放过程,其曲药是原料经粉碎、成型、入室安置、培养、出室、入库储存、出库粉碎、送到酿酒现场,除初期粮食带来的少量微生物外,整个曲药制造过程中均是空气微生物参与作用。尤其发酵室培养过程更是空气微生物的富集和增殖过程。

(3) 空气中的微生物与地缸周围土里微生物的关系

地缸周围土里微生物主要来源于土壤和空气,不同的土壤条件,造就不同香型和风格的酒,如牛山的黑色土壤,与茅台的紫砂土不同,以及适宜的酸碱度、丰富的C、N物质及微量元素、良好的渗透性构筑成了适宜于微生物生长代谢的天然培养基,为此酒厂的酒酿造提供了独特的微生物组成。独特的空气和土壤特点,造就了一个微生物生长的良好环境。经对此酒厂地缸周围土里微生物镜检,土壤中的微生物数量达到 10^5 。

5、空气中微生物对白酒品质与风味的影响^[104-105]

固态发酵是种类繁多、数量不同的多种微生物在较多水分的固态条件下,消耗原料所产生的一系列代谢反应。不同的微生物代谢产物不同,不同的原料,代谢产物也有差异。所以固态发酵的产物是非常复杂的,其中乙醇只是占绝对大的比例而言。但产品是曲酒,而不是酒精,所以更关注,追求那部分比例很小、作用很大的微量成分。特别是名优酒企业。

固态发酵酿酒的微量成分是微生物消耗原料所产生的代谢产物,其酒的品质与原料和微生物的种类、数量及其比例直接相关。这就是固态发酵的最直接、最重要的两大基本要素。原料、微生物、工艺决定了微生物的生存代谢环境,从而决定微生物的数量、种类、各种微生物之间的量比关系。

酒醅微生物的数量决定于三个方面:曲药量及曲药的微生物含量,将其称为“加入量”;环境“带入量”,它不仅决定于场地、工用具上的微生物量,还决定于接触酒醅的空气量、空气中的微生物浓度;繁殖量,微生物进入酒醅后要繁殖,繁殖量与下列因素有关:空气量、温度、时间、酸度、水分。微生物的种类主要来自于当地的空气、土壤和原料。

6、各香型白酒的羰基化合物分析^[106-107]

独特的酿造工艺,使得白酒中各种有机类组分非常复杂,而且多样化,仅呈香呈

味物质就有有机酸类、酯类、高级醇类及羰基化合物等。白酒中的这些香味成分，因其含量及种类组成的不同，构成白酒的不同香型和风格。白酒常见的主要香型酱香、浓香、清香型，每一种香型都有其特殊的香味成份结构。研究白酒中呈香呈味物质与香型之间的关系，对白酒的生产及科学研究都有十分重要的意义。

白酒中香味物质以酯类、有机酸及高级醇类较为人们所熟知，而且各自的主体香成分各具特色。而羰基化合物也是一类重要的香味成分，近几年常见对此类化合物的研究报道，在各种香型间存在了偶然或必然的规律。糠醛、丁二酮、3-羟基二丁酮（醋喻）等是羰基化合物的一种，也是白酒中尤其是酱香型白酒香味组成中的重要成分，通过研究发现对于常见香型如酱香、浓香、清香型等白酒来说，酒中羰基化合物的含量与香型有一定的关系。进一步研究表明，这一现象是与白酒酿造工艺相关的，不同的条件、不同的生产工艺、尤其不同的空气条件，酿造出不同香型的白酒，也使不同香型白酒中的糠醛含量产生巨大的差异，而且这种差异不论在理论上还是实践中都具有一定的规律性。

6 结论与建议

本论文在研究空气及空气中微生物对白酒发酵的影响过程中,将大量的生产数据进行统计分析并结合论证,初步考察了酿酒发酵中空气的影响作用,提出了一些新的观点和认识。

6.1 本文主要结论与讨论

① 白酒起源的启迪及试验验证,不用大曲也能产酒。空气对白酒发酵起着非常重要的作用。

② 酒醅与空气接触时间、温度、酒醅的空气量不同,微生物的数量和量比不同,产品的成分不同,羰基化合物与酒醅接触空气时间及酒醅中的空气含量呈正关系。

③ 不同的环境、不同的空气湿度、气温、光照、空气中的微生物浓度和种类及其量比关系不同。白酒成分、质量与区域有着重要关系。

④ 空气对缸内升温四大要素均直接相关。

⑤ 粮食、水分、曲药增加,酒醅密度增大,空气含量下降,酒醅比热容上升,升温速度放慢,顶温下降;稻壳增加,空气含量增加,酒醅密度下降,酒醅比热容下降。酒醅的空气含量越多,酒醅的密度、比热容越小,缸内升温速度越高,顶温越高。气温越高,缸池吸热系数越高,缸内升温速度越快,顶温越高。

⑥ 空气微生物是酒醅微生物的重要组成成分。

⑦ 空气的温度、湿度、酒醅空气量对酒醅微生物起着重要作用。

⑧ 酒醅空气量与其淀粉消耗水平呈正关系。

⑨ 空气量对酿酒微生物的繁殖量有重要作用。繁殖量远远大于初始量。

⑩ 摊凉过程酒醅的主要“三大变化”直接与空气相关。摊凉的主要作用除降低酒醅温度而外,更重要的还有网罗空气微生物。

通过研究,发现与文献报道、经验认识不同之处有:

① 文献认为,冷季 13~17℃入缸有利于提高产品质量,而此酒厂的冷季采取 16~20℃入缸,而其产品质量也较好。

② 经验认为,入缸淀粉高,缸内升温快,顶温高。热季生产要减粮。生产数据统计显示和试验证明,该观点不尽正确。淀粉浓度低时,增加淀粉浓度可增加产热量,当淀粉达到一定值时,再增加入缸淀粉,缸内升温反而减缓,顶温反而低。

③ 经验认为:淀粉高,水分应该高,生产实践和试验证明,淀粉和水均是抑制升温的因素,在相同条件下,淀粉高时,水分应降低,才能保证正常升温。

④ 经验认为:加曲促进升温。本文认为:适当加曲会促进缸内升温,过量加曲,反而抑制升温,酒醅残糖、残淀粉高。

6.2 建议

① 配料中，应更加重视稻壳量，除水分和淀粉单独控制外，还应增加“水+淀”联系指标。

② 摊凉过程应列入清香型白酒生产的关键重要工序，鼓风量、摊凉时间、水分列入工艺参数，并加以检测。

③ 应对酒醅密度的快速检测方法进行研究，列入工艺参数加以控制。

④ 热季生产，一要控制微生物浓度，重点是控制繁殖量，二要增加酒醅密度和比热容。热季不宜降低淀粉浓度，适当提高淀粉浓度、水分、降低用稻壳量，缩短酒醅与空气的接触时间，可以缩短热季停产时间，提高设备利用率和劳动生产率。

⑤ 冷季生产，一要提高微生物浓度，重点是提高繁殖量，二要降低酒醅密度和比热容。

⑥ 热季摊凉中，应更加关注水分散失，尽量缩短摊凉时间及酒醅与空气接触时间，入缸后，应及时隔绝空气；冷季摊凉中，应改进鼓风设备，增加空气湿度，提高空气温度，减少酒醅水分蒸发和温度下降速度，延长鼓风时间，增加鼓风量，延长酒醅与空气的接触时间。

⑦ 踩缸时，气温较低，更应稀踩。

致 谢

本论文是在导师段开红教授和中国食品发酵工业研究院王德良高级工程师精心指导下完成的。从论文的选题、研究方案的设计、课题的开展以及论文的撰写都无不凝聚了导师的智慧和心血。几年来,段老师和王德良高级工程师严谨认真的治学态度和忘我的工作作风深深的震撼了我,在研究中开阔的思路,灵活的思维使我受益非浅,这些将是我终身受益的最为宝贵的财富,在此向二位老师致以深深的谢意!

衷心感谢:中国食品发酵工业研究院已退休陈木兰高级工程师,要永杰高级工程师,王丽华工程师,徐昭辉高级工程师,谷芳红工程师;北京顺鑫农业股份有限公司牛栏山酒厂朱婷婷副主任,盛力副主任和胡建华在我试验过程中给予的无私帮助。

衷心感谢内蒙古农业大学生物工程学院的田瑞华老师,田维平老师,苏士老师以及帮助过我的各位老师。

衷心感谢本试验室与我朝夕相处并给予我很大帮助的张雪峰,都海渤,万永清,刘杨,朱小建师弟和田兴华师妹,我会永远记得我们在一起学习和生活中的点点滴滴,不管是研究中的互相帮助,还是生活中的欢声笑语,这都将成为我以后美好的回忆!

最后,谨以本文献给抚育我成长、培养我读书、教育我认真做人的父母亲,以及两位姐姐和贾志芳!是他们给了我支持与理解,使我在一次又一次困难和挫折时获得鼓舞的力量,赋予我能够展翅高飞的翅膀!

参 考 文 献

- 1 沈怡方. 白酒生产技术大全[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998.
- 2 章克昌. 酒精与蒸馏酒工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2005.
- 3 康明官. 清香型白酒生产技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- 4 周恒刚. 白酒生产工艺学[M]. 北京:轻工业出版社,1982.
- 5 陆寿鹏. 白酒工艺学[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- 6 康明官. 白酒工业手册[M]. 北京:中国轻工业出版社,1991.
- 7 张郁松. 世界六大蒸馏酒[J]. 食品与健康,2002(11):25-26.
- 8 李大和. 白酒生产问答[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.
- 9 J.R.Piggott. The Science and Technology of Whiskies,1990.
- 10 J.R.Piggott. Distilled Beverage Flavour,1989.
- 11 李林. 酒鬼酒馥郁香型研究科技成果通过鉴定[N]. 中国食品报,2005年8月31日(第B01版).
- 12 吕鸣镛. 关于清香型白酒中温大曲生产工艺的一些体会[J]. 酿酒,2001,28(2):41-43.
- 13 吴林. 一路高歌,奔腾不息的牛栏上酒厂[N]. 中国质量报,2007年3月29日(第010版).
- 14 李大和. 浓香型大曲酒生产技术(修订版)[M]. 北京:中国轻工业出版社,1997.
- 15 肖冬光. 白酒生产技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- 16 Aiba S, I manska T, I manska T. Cloning and exprssion of the thermostable amylase gene from Bacillus stearothermophilus in Bacillus, Bacillus stearothermophilus and Bacillus subtilis[J]. Appl Environ Microbiol. 1983, 46:1059-1065.
- 17 庄名扬,王仲文,孙达梦等. 美拉德反应与酱香型白酒[J]. 酿酒:2002(4):42-47.
- 18 庄名扬. 再论美拉德反应与酱香型白酒[J]. 酿酒科技:2005(5):34-38.
- 19 Takuo Kosuge, Hiroko Kamiya. Discovery of a pyrazine in a natural product: Tetramethylpyrazine from cultures of a strain of Bacillus subtilis [J]. Nature. 1962. 193: 776.
- 20 Takuo Kosuge, Hiroko Kamiya. Tetramethylpyrazine: a Bacillus subtilis growth factor. Nature [J]. 1962. 194: 1099.
- 21 Takuo Kosuge, Tahei adachi, Hiroko Kamiya. Isolation of tetramethylpyrazine from culture of Bacillus natto, and biosynthetic pathways of tetramethylpyrazine. Nature [J]. 1962. 195: 1103.
- 22 Z. J. Xiao · N. Z. Xie · P. H. Liu · D. L. Hua · P. Xu. Tetramethylpyrazine production from glucose by a newly isolated Bacillus mutant [J]. Apply Microbiol Biotechnol: 2006, 73: 512-518.
- 23 李公宝. 四甲基吡嗪抗血小板活性及抗栓治疗[J]. 中国微循环,1997(02):24-26.
- 24 吴志刚. 川芎嗪的药理学进展[J]. 武汉化工学院学报,2003(01):35-38.
- 25 Zhou, XB, Salganicoff, L, Sevy, R. The pharmacological effect of ligustrazine on

- humanplatelets. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 1985, 20 : 334 .
- 26 Hui K K, Yu J L, Tse E, et al. The effects of tetramethylpyrazine on human platelet alpha 2 adrenergic receptor adenylate cyclase system. *Res Commun Chem Pathol Pharmacol*, 1987, 58: 3.
- 27 程池, 李金霞, 姚栗等. Biolog微生物自动分析系统——细菌鉴定操作规程的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2006, 32(5): 50-54.
- 28 周德庆. 微生物学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986.
- 29 张晓磊, 胡国栋. 专用型国产气相色谱仪及DNP填充柱测定白酒中的主要香味成分[J]. *色谱*, 2002, 20(5): 471-473.
- 30 Martion J. P Layne. Determination of Ethanol, Volatile Fatty Acids, Lactic and Succinic Acid in Fermentation Liquids by Gas Chromatography[J]. *J. Sci. Food Agric.*, 1985, 36: 638-644.
- 31 Liebich H M. *J Chrometogr Sci*, 1970, 8(9): 527.
- 32 Peppard T L, Halsey S A. *J Chromatogr*, 1980, 202-271.
- 33 Wobben H J, Timmer R, *J Food Sci*, 1971, 36: 464.
- 34 Kishimoto T, Wanikawa A, Kagami N, et al, Analysis of hop-derived terpenoids in beer and evaluation of their behavior using the stir bar sorptive extraction method with GC-MS[J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53: 4701-4707.
- 35 Lermusieau G, Bulens M, Collin S. Use of GC-olfactome-try to Identify the hop aromatic compounds in beer[J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49: 3867-3874.
- 36 MecNamare K. and Burke N. *Journal of High Resolution ChromaW graphy&Chromatography Ccnmunications*. 1986, 8: 853-855
- 37 Nykancn L. and Suomalaincn H. *Aroma of Beer, Wine and Distilled Alcoholic Aeverages*, Akademie-verlag, Aerlin 1983: 44.
- 38 技术监督行业工人技术考核培训教材编委会 组编. 白酒果酒黄酒检测技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 1997.
- 39 E. Crocoran. *Biotechnology: Topics in Enzyme and Fermentation*. Chichseter Allan Wiseman, Ellis Horwood Limited, 1985.
- 40 沈怡方. 清香型白酒浅议[J]. *酿酒*, 2004, 31(2): 25-26.
- 41 Derek LeRoith, et al. *Purification of Fermentation Products*. Washington, DC: American Chemical Societ, 1985.
- 42 秦含章. 国产白酒的工艺技术和实验方法[M]. 北京: 学苑出版社, 2000.
- 43 Owen P, Ward. *Fermentation Biotechnology: Principles, Processes*. London: Open University Press, 1989.
- 44 张克旭. 代谢控制发酵[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005.
- 45 钱松, 薛惠茹. 白酒风味化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997

- 46 顾国贤. 酿造酒工艺学(第二版)[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.
- 47 PAK Lam Yu. Fermentation Technology: Industrial Applications. New York: Elsevier Science Publishers Ltd, 1990.
- 48 Rajani Joglekar, et al. Biotechnology in Industry Selected Application and Unit Operation. USA: Ann Arbor Science, 1983.
- 49 熊昌绪.浓香型白酒酒醅发酵过程中微生物消长、物质变化的研究[J].酿酒科技,1994,(2): 25.
- 50 沈萍,范秀容,李广武等.微生物学实验[M].北京:高等教育出版社,1999.
- 51 J.R.Leigh. Modeling and Control of Fermentation Processes. UK: Peter Poregrius Ltd,1987.
- 52 沈怡方,李大和.低度白酒生产技术[M].北京:中国轻工业出版社,1996.
- 53 刘建英. 浅析发酵周期过长及调整措施[J].酿酒科技,2001(2):37-35.
- 54 Henry C, Vogel. Fermentation and Biochemical Engineering Hand Book: Principles, Process Design and Equipment. USA: Noyes Publication, 1983.
- 55 蔡定域.实用白酒分析[M].成都:成都科技大学出版社,1994.
- 56 Delgenes J P,Escare MC. Biological production of industrial chemicals,i.e.xylitol and ethanol, from lignocelluloses by controlled mixed culture systems[J].Industrial Crops and Products, 1998(7):101-111.
- 57 Peter F Gomez,L. O. Ingram. Cloning, sequencing and charac-terization of the alkaline phosphatase gene(phoD)from Zymomonas mobilis[J] .FEMS Microbiology Letters. 1995,125: 237-245.
- 58 朱引保, 赵迎路. 人工控温酿造汾酒的理论与实践[J].酿酒, 2001, 28(6): 37-40.
- 59 Alejandro Calleja, Elena Falqu é . Volatile composition of Menc í a wines.Food Chemistry, 2005, 90:357-363.
- 60 连宾. 微生物在酱香型白酒香味物质形成中的作用[J].中国酿造,1997(1):13-15.
- 61 姚汝华.微生物工程工艺原理[M].广州:华南理工大学出版社,2003.
- 62 Damiel.I.C. Wang, et al. Fermentation and Enzyme Technology. USA: John Wiley & Sons,1979.
- 63 J. A. Regodon, F. Perez, M. E. Valdes, C. De Miguel, M. Ramyrez. A simple and effective procedure for selection of wine yeast strains.Food Microbiology, 1997, 14: 247-254 .
- 64 韩旭,陈婕,万丽梅. 酵母发酵的最佳温度初探[J]. 生物学教学,2000(10):36-37.
- 65 李大和,李国红,李国林. 浅谈浓香型大曲酒入窖发酵条件与产质量的关系[J]. 酿酒, 2002(05):30-32.
- 66 赖登烽. 谈谈“入窖温度”及其变化规律[J]. 酿酒,2004(05):40-42.
- 67 沈怡方. 白酒风味质量形成的主要因素[J]. 酿酒科技,2005(11):4-6.
- 68 范文来. 大曲酒发酵过程中淀粉消耗的动力学分析[J]酿酒科技,1996(02):13-16.

- 69 唐祖杰, 夏季立. 高产的几点体会[J]. 酿酒, 1994, (06) : 53-55.
- 70 潘小平. 浓香型白酒的入窖发酵条件[J]. 酿酒科技, 2001(02) : 64-55.
- 71 张吉煥, 胡建祥, 蔡关林. 提高太白酒优质品率的工艺研究[J]. 酿酒科技, 2003(03): 63-65.
- 72 凌生才. 稻谷小曲白酒生产工艺操作[J]. 酿酒科技, 2004(01): 44-46.
- 73 贾莉薇. 浅谈浓香型白酒生产的工艺控制[J]. 酿酒科技, 2003(01): 34-35.
- 74 周德庆. 微生物学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- 75 孙俊良. 发酵工艺[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- 76 周恒刚. 白酒生产指南[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
- 77 周恒刚. 白酒生产与环境[J]. 酿酒科技, 2004(3) : 119.
- 78 吴衍庸. 中国蒸馏白酒传统酿制及微生物学[J]. 四川食品与发酵, 1997(3) : 4-5.
- 79 Smits J P, Rinzema A, Tramper J, et al. The influence of temperature on kinetics in solid-state fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*. 1998, 22 : 50-57.
- 80 马加军. 浓香型大曲酒春夏秋冬入窖酸度的研究[J] 酿酒科技, 1995(04): 40-41.
- 81 Peter F, Stanbury, et al. *Principles of Fermentation Technology*. New York: Pergaman Press, 1984.
- 82 M.E. Bushell, Joseph shiloach, et al. *Mired Culture Fermentation: Applications to Large-scale Progresses*. Washington, DC: Whitetable litho Ltd, 1981.
- 83 James E, Bailey, et al. *Biochemical Engineering. Fundamentals*, 2nd. New York: McGraw-hill International Edition, 1986.
- 84 范文来, 陈宗敬. 浅析酒醅酸度[J]. 酿酒, 1996, (02): 23-26.
- 85 刘子红, 李学思, 李培杰. 提高浓香型白酒优质品率的技术措施[J]. 酿酒科技, 2005(04): 63-65.
- 86 华南理工大学. 酒精与白酒工艺学[M]. 北京: 轻工业出版社, 1999.
- 87 Henning Boje Andersen. MMS: an electronic message management system for emergency response. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1998, 45(2) : 132-140 .
- 88 肖冬光. 白酒生产[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- 89 Nasution SH. Fuzzy critical path method. *IEEE Transaaction on Systems, Man and Cybernerics*, 1994, 24(1) : 4857 .
- 90 李云龙, 马荣山, 董静等. 酱香型白酒发酵基质的比较试验[J]. 酿酒, 2005(02): 30-32.
- 91 李大和. 浓香型白酒生产工艺与质量关系的思考[J]. 酿酒科技, 2001, (05): 34-35.
- 92 凌生才, 柯仕生. 小曲白酒生产工艺操作技术总结[J]. 酿酒科技, 2000(01): 44-46.
- 93 张俊良, 崔俊生. 提高清香型低度白酒质量的工艺措施[J]. 酿酒, 2005(05): 53-55.
- 94 朱引保, 赵迎路. 汾酒的优质高产实践与认识[J]. 酿酒科技, 2001(6) : 35-37.
- 95 郭辉, 周丽娜, 任全生等. 汾酒发酵优质高产规律的研究[J]. 酿酒科技, 2006(10) : 49-52.
- 96 吴衍庸. 白酒工业生态中的微生物生态学[J]. 酿酒科技, 2001(5) : 32-33.
- 97 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.

- 98 冯瑞华, 樊蕙, 李力等. Biolog 细菌自动鉴定系统的应用 [J]. 微生物学杂志, 2000, 20 (2): 36-38.
- 99 Shan-Hua Yang, Pi-Han Wang. Three species of yeasts news to Taiwan [J]. Taiwania, 2003, 48 (2): 99-105.
- 100 李增胜, 任润斌. 清香型白酒发酵过程中酒醅中的主要微生物 [J]. 酿酒, 2005 (9): 33-34.
- 101 王元太. 清香型白酒工艺技术的传承、创新和发展 [J]. 食品工程, 2006 (1): 3-5.
- 102 Harvey W, Blanch, et al. Foundation of Biochemical Engineering: Kinetics and Thermodynamics in Biological Systems. Washington, DC: American Chemical Society, 1983.
- 103 唐玉明, 廖建民, 姚万春等. 制曲车间不同环境场地空气微生物差异研究 [J]. 酿酒, 1999, (01): 54-57.
- 104 辛磊. 白酒微量成分与酒体风格特征关系的探讨 [J]. 食品与机械, 2004 (4): 49-50.
- 105 王忠彦, 尹昌树. 浓香型白酒微量成分复杂的原因 [J]. 酿酒科技, 2000 (2): 89-91.
- 106 曾祖训. 试论白酒香味成分与质量风格的关系 [J]. 酿酒, 2002, 29 (1): 8-10.
- 107 宋钢. 微生物代谢与香气成分 [J]. 中国酿造, 2006 (2): 64-68.

作者简介

胡桂林, 男, 汉族, 中共党员, 1982年2月出生于内蒙古呼和浩特市和林县。2001年考入内蒙古农业大学生物工程学院生物工程专业, 于2005年7月毕业并获得工学学士学位。2005年9月考入内蒙古农业大学生物工程学院发酵工程专业攻读硕士学位, 研究方向为发酵工程技术应用。

攻读硕士学位期间任研究生班班长, 生物工程学院发酵工程党支部副书记。

一. 所获奖励

在大学本科期间连续六次获得二等奖学金。

在研究生期间获得优秀奖学金。

2006年10月作品《维纳斯啤酒城设计方案》获内蒙古自治区第三届“挑战杯”创业大赛“优秀奖”。

2007年3月获得“内蒙古农业大学优秀学生干部”称号。

2007年5月获得“内蒙古自治区高校优秀学生干部”称号。

二. 发表论文情况:

胡桂林, 段开红, 田瑞华. 沙棘啤酒的研制[J]. 内蒙古农业大学学报, 2006, 27(4): 120-122.

胡桂林, 段开红, 田瑞华. 十大香型白酒技术特点对比[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(4): 251-254.

胡桂林, 王德良, 段开红等. 利用 Biolog 微生物自动分析系统对两株啤酒酵母的鉴定和比较[J]. 酿酒, 2007, 34(5): 64-65.

胡桂林, 王德良, 段开红等. 用 Biolog 微生物自动分析系统鉴定大曲中地衣芽孢杆菌的研究[J]. 酿酒, 2007, 34(6): 32-33.