

白酒微生物研究与应用现状

王旭亮¹, 王德良¹, 韩兴林¹, 胡建华², 张五九¹

(1.中国食品发酵工业研究院,北京 100027;2.北京顺鑫农业股份有限公司牛栏山酒厂,北京 101301)

摘要: 以浓香、酱香、清香白酒三大香型为出发点,概述了近年来白酒微生物的研究状况,并对其进行了分析和展望,旨在为白酒微生物的研究提供思路,进一步从微生物的角度揭示中国白酒的发酵本质。

关键词: 白酒; 微生物; 研究现状

中图分类号: TS262.3; Q93-3; TS261.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2009)06-0088-04

A Review of Current Research and Application about Chinese Liquor Microorganisms

WANG Xu-liang¹, WANG De-liang¹, HAN Xing-lin¹, HU Jian-hua² and ZHANG Wu-jiu¹

(1.China National Research Institute of Food & Fermentation Industries, Beijing, 100027;

2.Beijing Niulanshan Distillery, Shunxin Agriculture Co., Ltd, Beijing, 101301)

Abstract: The paper summarize up recent research and application about Chinese liquor microorganisms based on three typical Chinese liquor, including Luzhou - flavour Liquor, Fen-flavor Liquor, as well as Maotai-flavor Liquor, and analyze their prosperous function in future. The major purpose of the paper focus on substantial theory of Chinese liquor microbial fermentation with a view to exploit and promote further scientific research about Chinese liquor microorganisms.

Key words: Chinese Liquor, microorganism, research advances

白酒微生物指白酒生产过程中以及生产环境中的微生物的总称,既包括自然接种的天然微生物,也包括人工选育的纯种微生物;既包括糖化菌、发酵菌等有益微生物,也包括导致苦味和酸败的有害菌。广义上来讲,其包括附着在原料、用水、空气、曲、醅和醪、窖泥、糟、窖池、场地、工具、设备、乃至人手及鞋等上的微生物。狭义上来说主要是曲、醅和醪、窖泥、窖池中的微生物^[1]。

白酒酿造实际上是微生物代谢的过程。因此,要弄清白酒的发酵本质,就必须从微生物着手来进行研究。20世纪80年代至今,白酒微生物的研究进入了高潮,各酒厂、科研机构和学校纷纷对白酒微生物进行研究。本文就以香型为出发点来对近年来白酒微生物的主要研究状况进行概述。旨在为白酒微生物的进一步研究提供思路,以从微生物的角度更进一步理解白酒的发酵本质。

1 白酒微生物的研究现状

1.1 浓香型白酒微生物的研究

1.1.1 酒曲微生物的研究

酒曲微生物的研究主要集中在酒曲中微生物的种类、数量结构及其与酒曲理化性质关系的研究,以及酒曲中优良菌株的选育。

酒曲中微生物的种类与数量结构及其与酒曲理化性质的关系的研究,以及这些研究在生产中的应用。1995年,唐玉明等人以泸州老窖酒大曲为主要研究对象,分析了制曲

过程中曲皮和曲心微生物种群与生化性能的变化,对贮存3个月后的成品大曲曲皮与曲心的微生物数量及生化性能亦作了分析测定;并分别以曲皮、曲心在同等条件下进行了酿酒效果试验。结果表明,微生物数量在入房初期出现高峰,到中期显著降低,后期曲外层略有低落而曲心略有升高;培曲过程中曲外层的酶活力显著高于曲心,贮存后曲心的酶活力虽有提高,但仍明显低于曲外层;曲外层的微生物数量及酶活力虽显著高于曲心,但酿造效果却表现为曲心的出酒率及酒中的醋酸含量明显优于曲外层,酒的总酸含量相反^[2]。姚万春等对贮存期分别为3、6、9、12个月的泸型大曲中微生物种群、酶活性及酿造效果进行测定,结果表明,陈曲中微生物群体随贮存期的延长而减少,6个月以上的大曲酵母大量减少酶活力降低,超过9个月淀粉含量明显减少。酒中总酸、总酯含量随贮存期延长而降低。并建议泸型曲最好贮存期为3~6个月^[3]。唐玉明等对大曲发酵房上中下层空气微生物及曲药质量差异研究,提出曲药培菌期间,环境微生物对曲药质量的影响可能主要受酵母菌和细菌的影响^[4]。2001年,唐玉明对浓香型曲药细菌的分类鉴定进行了初步研究,结果表明浓香型大曲中含有大量的微生物,主要来源于原料、水、环境(空气、场地)微生物,以霉菌、酵母为主,但细菌还是不少,尤其是高温曲细菌种类更多,细菌以芽孢杆菌为主。但没有对曲药中细菌种类的变化和优良细菌菌株的利用进行研究^[5]。2005年,姚万春等人系统地研究了泸州老窖国窖曲不同层次间微生物数量、种类

基金项目 科技部“十一五”国家科技支撑计划“我国优势传统食品白酒和黄酒制造业关键技术研究与应用”项目(2007BAK36B02)。

收稿日期:2009-03-04

作者简介:王旭亮(1984-),男,河南洛阳人,硕士研究生,主要研究方向为工业发酵及食品加工。

通讯作者:张五九,E-mail:wang-xuliang@163.com。

和优势种群的差异及规律。结果表明,国窖曲层次间微生物数量、种类和优势种群差异较大^[6]。张文学等利用免培养法(Culture independent approach)提取浓香型白酒曲药中细菌的总DNA在分子水平上运用PCR扩增技术和16S rDNA序列同源性分析等方法测定曲药中细菌的16S rDNA基因近全序列,并建立系统发育树图。结果表明,组成该曲药中的细菌分属于 *Delftia*、*Dysgonomonas*、*Bacteroidetes*、*Proteobacterium*、*Nocardiopsi*、*Pseudomonas* 和 *Arthrobacter* 几大类群,表现出高度的细菌多样性^[7]。

大曲中优良功能菌的筛选和选育。唐玉明等从优质曲药中系统进行诱变选育出4株各具特色的优良功能菌株,即糖化功能菌种 LZ-24 和 A2-3,发酵功能菌种 S2.10,生香功能菌种 R-3。用不同的方式对其进行应用,并取得了良好的效果^[8]。2000年,其又收集国家名优酒厂不同季节、不同贮存期的感官的上等曲样200多个。通过增殖培养,分离纯化,获得原始菌株219株。其中霉菌69株(包括酯化菌4株),酵母菌25株,细菌125株,并从中筛选出综合性状较优良的A2-3菌株^[9]。同年,其还对浓香型曲药中酵母菌进行了初步的分类和选育^[10]。

1.1.1.2 酒醅中微生物的研究

对于酒醅中微生物的研究主要集中于发酵过程中各微生物的类群、演绎规律,以及其物质变化的关系,并初步阐明了白酒的生成机理。

熊昌绪等根据新疆的特殊自然条件,对浓香型白酒酒醅中微生物的消长、物质变化进行了研究,初步弄清了酒醅发酵微生物消长、物质变化的状况^[11]。陈敏对不同的大曲用量条件下,酿造浓香型酒过程中糟醅微生物(酵母、细菌、霉菌)的消长情况比较研究,得出在一定用曲量范围内:微生物峰值数与大曲用量无必然的相关性;不同用曲量的微生物数的对数值与发酵时间的相关曲线趋于一致^[12]。郭霞从酒糟中分离出酵母菌8株、细菌3株和霉菌4株,并分别选取10株和15株进行混菌发酵试验,认为在浓香型白酒发酵过程中,菌株在15株以上为宜^[13]。乔宗伟等以全兴酒厂正常生产窖池为试验窖,对窖池酒醅中不同空间位置的微生物区系进行了动态分析。初步弄清了浓香型白酒中窖池酒醅不同层面、不同区域微生物数量的分布及变化趋势;并通过形态、生理学特性的分析比较以及16S rDNA、18S rDNA序列分析等,对发酵过程中主要微生物类群进行了分类鉴定。发现酒醅不同层面的微生物区系在数量及类别构成上存在一定差异;在酒醅体系中未见到可培养微生物区系与不可培养微生物区系在组成及数量上的巨大差异;分析了酒醅微生物的消长变化受氧气、品温、pH值等因素的制约,但对具体的作用机制及相互影响并未作深入的论述和分析^[14]。张文学等还利用18S rDNA片断克隆分析和同源性比较,研究发现,浓香型白酒窖池中心糟醅中存在 *Torulaspora*、*Talaromyces*、*Issatchenkia*、*Saccharomycopsis*、*Trichosporon*、*Eurotium*、*Aspergillus*、*Zygosaccharomyces*、*Fomitopsis* 等9个真菌分类属,最主要类群是 *Issatchenkia*、*Talaromyces*、*Aspergillus* 和 *Eurotium* 等4属,并阐述了各菌属在发酵前中后期的变化情况。同时他们还发现好氧性霉

菌在发酵中后期的较大量存在和一定程度回升,提出发酵中后期窖池厌氧程度并非在逐渐增加和好氧性霉菌细胞内存在氧化磷酸化耦合机制,以提供霉菌所需要的分子氧两种假设^[15]。王海燕等对白酒窖池发酵的全程跟踪取样,借助于PCR-变性梯度凝胶电泳(DGGE)和16S rRNA基因文库两种方法,对比研究了江苏地区浓香型和芝麻香型白酒酒醅在发酵过程中的微生物菌群结构。DGGE图谱分析显示,随着发酵时间的延长,酒醅中的微生物多样性不断降低;发酵结束时 *Lactobacillus manihotivorans* 成为最主要的优势菌种。16S rRNA克隆文库的测序结果在数据库中进行比对后表明,浓香型和芝麻香型酒醅中的微生物种属存在巨大差异,仅有 *Weissella*、*Bacillus*、*Acetobacter* 和 *Lactobacillus* 4个属的微生物在两个文库中均能检测到,发现并鉴定出在白酒曲药和酒醅的研究中尚未报道的细菌属^[16]。赵东等人对以五粮液技术中心试验窖池为研究对象,通过跟踪发酵过程取样,对酒醅中的微生物区系及其生态因子进行了研究,初步揭示了酒醅微生物区系与酒醅生态因子在演变过程中的相互关系,对浓香型白酒的发酵机理进行了初步阐述^[17]。

1.1.3 窖泥中微生物的研究

窖泥中微生物的研究主要包括窖泥中微生物种群及其变化规律研究、窖泥中功能微生物的研究及应用,窖泥中微生物种群的分离和鉴定,以及微生物代谢模式的初步构建。

窖泥中微生物种群及其变化的研究。施安辉对浓香型酒窖中微生物随发酵过程中微生物的变化情况,从入窖至出窖窖泥中微生物区系分析的结果说明,窖泥中的好氧细菌和厌氧细菌均随发酵时间的延长而有规律地变化^[18]。唐建民等人对不加粮母糟的保窖进行了检测试验,揭示了不加粮母糟保窖过程中理化特性和微生物种群的变化规律,以及不加粮母糟与正常母糟的差异,为不加粮母糟的再利用提供了技术依据^[19]。

窖泥中功能微生物的研究及应用。20世纪80年代以来,中科院成都生物所吴衍庸对泸州老窖进行了深入的研究,发现并分离利用甲醇的生丝微菌,可降低白酒中甲醇含量,还可利用其去除再利用水中的硝酸盐。从浓香型酒老窖中分离出一株产甲烷杆菌,开发出甲烷细菌与己酸菌共酵的二元发酵技术。从泸州老窖泥中分离出产己酸的细菌,为推广人工老窖发酵浓香型酒作出了重要贡献^[20]。吴飞对泸州窖池与全兴窖池中酵母菌的变化情况作了研究,结果表明,发酵工艺对微生物消长情况有较大的影响。从优势菌群来看,每个窖池都有个属的酵母优势菌群,但是各个窖池中分布的优势菌又有所差异^[21]。

窖泥中微生物种群的分离和鉴定的研究。张文学采用传统微生物分类鉴定法,对泸州老窖不同窖龄窖池窖底和窖壁泥样中的可培养兼性厌氧细菌进行了分类计数,并初步鉴定到属。其大部分属于芽孢杆菌属(*Bacillus*)和芽孢乳杆菌属(*Sporolactobacillus*),也存在假单胞菌属(*Pseudomonas*)、梭菌属(*Clostridium*)等^[22]。王茂等从窖泥中分离筛选得到3株不同的乳酸菌,鉴定为玉米乳杆菌(*L.zeae*)、戊糖乳杆菌(*L.Pentosus*)、乳酸片球菌(*P.acidilactici*)^[23]。刘莉萌等人对3个不同的浓香型白酒酒醅发酵窖池的片球菌进行研

究,共分离得24株菌株。经生理生化鉴定和16SrRNA基因同源性分析,结果表明,其中20株菌属于片球菌属的7个已知菌种,并提出了2个新种:酒窖片球菌和耐乙醇片球菌^[24]。

微生物代谢模式的构建。杨鹏举从窖泥中存在的微生物入手,分析了其代谢特征,及其代谢产物对浓香型白酒质量的影响,并阐述了窖泥中微生物的代谢模式^[25]。这点在弄清白酒发酵机理方面很有用,但是研究较少,应是我们下一步工作的方向和重点。

1.2 清香型白酒微生物研究

从文献情报上来看,目前关于清香型白酒的研究报道相对于其他两种香型较少。主要是关于清香型白酒发酵过程中主要微生物的研究以及对大曲质量和应用的研究。1994年,李增胜对汾酒发酵过程中主要的微生物进行了比较阐述^[26]。熊子书在其“汾酒大曲的研究”中,对汾酒试点中对汾酒大曲进行的研究进行了综述。其中,主要对清茬、红心和后火等3种大曲的生产工艺、贮存变化、添加母曲和质量标准等进行了生产实践与研究,并分别制曲、混合使用,他指出,通过十余年来的生产实践,对提高汾酒的质量,收到了一定的效果。1994年周恒刚发表文章“评‘汾酒试点’乳酸菌的测定”对清香型白酒乳酸菌的研究状况做了较详细的描述。2005年,李增胜等对清香型白酒发酵过程酒醅中的主要微生物作了研究,认为酵母菌类主要有酵母菌属、拟内孢霉、汉逊酵母和假丝酵母;霉菌类主要有梨头霉、黄米曲霉、根霉、毛霉和红曲霉;细菌类主要有乳酸菌、醋酸菌、芽殖杆菌(革兰氏阳性)和革兰氏阴性芽孢细菌^[27]。

1.3 酱香型白酒微生物的研究

对于酱香型白酒微生物的研究主要集中在酱香型白酒生产过程中主要微生物类群和数量结构的研究及其在生产中的应用,酱香型主体功能菌及其与酒体中特征成分关系的研究及优良菌种的筛选。下面将分开举例概述。

酱香型白酒生产过程中主要微生物类群和数量结构的研究及其在生产中的应用。1980年,沈阳食品发酵所崔福来等人对湖南省常德市酒厂的酱香型武陵酒的酒醅和大曲进行了系统的微生物分离试验,结果表明,武陵酒醅入池发酵中期和后期,以及在制曲过程中,放线菌的数量均多于霉菌;获得了可供试制酱香型酒的菌株;确定了产酯酵母、白地霉和霉菌是形成堆积酒醅“白斑”的主要微生物类群;堆积和入池发酵过程中,酵母和细菌占绝对优势;成品大曲中残留的微生物主要是耐热的细菌、放线菌和少量霉菌^[28]。1992年,李佑红等比较研究了浓香型酒和酱香型酒酒曲中的细菌,将其分为三大类群:产酸细菌、底物分解细菌、放线菌,并研究了各类群在酒曲中的组成与结构特征。讨论了这些细菌与两大类型酒风格形成的关系^[29]。1995年,崔利等人研究了高温大曲在酱香型酒酿造中的作用,提出高温大曲质量标准应是注重香气,严格控制糖化力,宁低勿高^[30]。1996年,周恒刚研究了酱香型白酒堆积过程中微生物消长情况^[31]。2003年,蒋红军对酱香型白酒机械摊晾与传统摊晾场地微生物作了对比,认为传统摊晾场地残余酒醅中的微生物种类呈现出多样化,而且生长快,水分蒸发慢,受环境气温变化影响较小;而使用机械摊晾工具,其表面粘附残糟

很少,水分变化大,微生物数量少,种类较单一,且传代时间较长^[32]。2004年,其又综述了制曲发酵过程中细菌、酵母菌、霉菌三大类菌群的演替、作用规律及各自的特点。同时,又从酶的角度阐述了细菌的演替、作用规律^[33]。唐玉明等以郎酒厂第4轮次酒入窖糟醅正常生产窖池为研究对象,研究发酵过程窖池糟醅中不同空间位置的微生物区系的动态分析。结果表明,酱香型白酒糟醅发酵过程糟醅上、中、下层不同层面的各类微生物区系在数量上存在一定差异,总的分布趋势为上层高于中、下层,兼性厌氧细菌及其芽孢杆菌的数量分布亦是上层略高于中、下层^[34]。他们还研究了酱香型酒糟醅堆积过程温度和微生物区系的变化动态,认为堆积工序对酱香物质的生成及酒精发酵都十分重要,在生产上要加强堆积的生产管理,严格控制堆积时间与温度^[35]。

酱香型白酒生产主体功能菌及其与酒体中特征成分关系的研究。庄名扬等人从习酒的高温大曲中,分离到环状芽孢杆菌,地衣芽孢杆菌,经测定均具有较强的蛋白水解酶、淀粉酶活力。他们认为酒体特征组分是在环状芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌的作用下,氨基酸与果糖按美拉德反应途径而生成的^[36]。庄名扬等人以酱香型白酒高温堆积糟醅为含菌样品,经分离得多株耐温、耐酸酵母菌株,对它们的发酵力、产香特征以及次生代谢产物分析测定,确认Y1、Y5-1、Y5-2、Y6-1为主要功能菌。通过形态特征、生理生化特征的测定,它们分别归属于酵母属中的意大利酵母、地生酵母、酿酒酵母、间型假丝酵母^[37]。庄名扬等以酱香型白酒生产所使用的高温大曲为含菌样品,经分离获多株耐高温细菌,对它们的生化及香气特征的测定,确认B3-1菌株为主要功能菌。经形态特征、生理生化特征的测定,B3-1菌株归属于地衣芽孢杆菌^[38]。2007年,崔利总结了酱香型白酒中吡嗪类化合物的生成途径及环节,认为微生物在其形成过程中也起了很重要的作用^[39]。刘晓光等对酱香型白酒风味物质的形成与微生物关系的研究现状与进展进行了总结,提出应该把生物工程和基因工程的研究作为今后的重点研究目标。运用生物信息学方法,分析酿造微生物的生物化学功能、基因表达概貌,预测与酱香型白酒生产相关的蛋白质和微生物功能,将使酱香型白酒酿造微生物对茅台酒香气的影响有更深一步认识^[40]。

优良菌种的筛选过程,同时对酱香型酒糟醅中的酵母菌进行了初步分类和优良酵母菌株的选育,结果表明,酱香型酒糟中的酵母可分为5类,以2类和3类酵母最多,其次是4类酵母,1类和5类酵母均很少。从3类酵母中选育出了5株发酵力强的菌株,其中5S26和5S32耐酒精能力达19%vol,5S4在温度为46℃水浴中处理48h,仍能良好地生长。选育出的5S32酵母在主要酿酒原料(玉米、高粱、大米、红薯和小麦)糖化液中均表现出较强的发酵力^[41]。2008年,马荣山等人以麸曲酱香型白酒酒醅为菌种来源,通过平板分离纯化得到7株酵母菌。将各菌株分别制曲后测定酶活力及发酵力,筛选出5株酶活力高、发酵力强的酵母菌,并通过正交试验确定酱香酒生产的最佳工艺条件。结果表明,在发酵时间为21d,发酵温度为20℃,曲料比为1:1.1,接种量为13%的条件下,酒的酱香味突出,酒质最好^[42]。

2 研究现状的分析与展望

2.1 从研究的方向来看,浓香型酒生产微生物研究较多,而清香型和酱香型研究较少;酵母和霉菌研究的很多,而细菌研究的相对较少。

2.2 从研究内容上来看,人们对白酒微生物的研究主要集中在以下几个方面:白酒微生物的分离、纯化、鉴定和保藏;白酒微生物主要菌群(酵母、细菌、霉菌)的交替演绎规律的研究以及理化分析;优质功能菌的选育和应用;白酒生产环境中微生物的种类、数量的研究。

2.3 从研究手段上来看,基本上还处于传统微生物研究阶段,借助于分子生物学手段等先进方法的相对较少。

2.4 从研究的层次上来看,目前的研究多限于实际的生产应用,还没有系统地引入基因工程、发酵工程、代谢工程、以及环境微生物生态学的理论,还没有完全弄清楚白酒生产过程中的代谢网络机制,因此很难摆脱传统自然发酵的局面,质量也很难稳定控制。

总之,白酒作为中华民族独特的多菌种固态静止自然发酵技术,具有其独特的魅力,对于其中微生物的研究具有很高的理论和应用价值。但是,对于白酒微生物的研究多处于传统的生理生化阶段,要想真正的弄明白白酒的微生物本质,必须借助于先进的理论和先进的方法,如引入微生物生态、代谢工程、生物工程、发酵工程等理论以及分子生物学的方法,才能更好的促进白酒的发展,使白酒生产实现到质的提高。

参考文献:

- [1] 沈怡方.白酒生产技术[M].北京:中国轻工业出版社,1998. 29-32.
- [2] 唐玉明,张正英,任道群,等.曲外层和曲心的微生物数量生化性能及酿造效果研究[J].酿酒科技,1995,69(3):73-76.
- [3] 姚万春,唐玉明,张正英,等.泸型陈曲贮存期微生物酶类的变化及酿造效果[J].酿酒科技,1996,76(4):19-20.
- [4] 唐玉明,廖建民,姚万春.大曲发酵房上中下层空气微生物及曲药质量差异研究[J].酿酒科技,1999,93(3):23-25.
- [5] 廖建民,姚万春,唐玉明,等.浓香型曲药细菌初步分类鉴定研究[J].酿酒,2001,28(5):42-43.
- [6] 姚万春,唐玉明,任道群,等.泸州老窖国窖曲曲坯层次间微生物差异研究[J].酿酒,2005,32(5):35-37.
- [7] 胡佳,邓斌,张文学,等.浓香型白酒曲药中细菌组成及系统学分析[J].酿酒科技,2007,155(5):17-195.
- [8] 唐玉明,廖建民,姚万春,等.浓香型曲药功能菌的选育及利用研究[J].酿酒科技,1998,87(3):22-24.
- [9] 廖建民,唐玉明,姚万春,等.浓香型曲药微生物的分离与筛选研究简报[J].酿酒,2000,136(1):36-38.
- [10] 廖建民,任道琼,唐玉明,等.浓香型曲药中酵母菌的初步分类和选育[J].酿酒,2000,137(2):47-48.
- [11] 熊昌绪,刘福林.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].石河子农学院学报,1993,25(3):73-75.
- [12] 陈敏.浓香型酒发酵过程中糟醅微生物动态研究[J].酿酒科技,1998,89(5):26-28.
- [13] 郭霞.浓香型白酒酒糟微生物分离及发酵试验[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2005,22(1):50-52.
- [14] 乔宗伟,张文学,张丽莺,等.浓香型白酒发酵过程中酒醅的微生物区系分析[J].酿酒,2005,32(1):18-21.
- [15] 张文学,乔宗伟.浓香型白酒糟醅中真菌菌群的多样性分析[J].四川大学学报(工程科学版),2006,38(5):97-101.
- [16] 王海燕,张晓君,徐岩,等.浓香型和芝麻香型白酒酒醅中微生物菌群的研究[J].酿酒科技,2008,164(2):86-91.
- [17] 赵东,乔宗伟,彭志云.浓香型白酒发酵过程中酒醅微生物区系及其生态因子演变研究[J].酿酒科技,2007,157(7):37-39.
- [18] 施安辉.浓香型白酒发酵过程窖中微生物区系的分析[J].酿酒,1986,(4):24-29.
- [19] 廖建民,唐玉明,唐华民,等.不加粮母糟保窖过程中质量变化的研究[J].酿酒科技,1993,59(5):20-21.
- [20] 吴衍庸.白酒工业微生物资源的发掘与应用[J].酿酒科技,2006,146(11):111-113.
- [21] 吴飞.浓香型白酒窖池发酵过程中酵母类微生物的分析[D].四川:四川大学,2006.
- [22] 岳元媛,张文学,刘霞,等.浓香型白酒窖泥中兼性厌氧细菌的分离鉴定[J].微生物学通报,2007,34(2):251-255.
- [23] 王茂,赵辉,陈凤阁.浓香型白酒窖泥中乳酸菌的分离与初步鉴定[J].酿酒科技,2006,142(4):29-31.
- [24] 刘莉萌,张斌,东秀珠.浓香型白酒窖池中片球菌的分离与鉴定[J].酿酒科技,2007,152(2):22-25.
- [25] 杨鹏举.窖泥中微生物菌群及其代谢模式[J].酿酒科技,1995,68(2):14-16.
- [26] 李增胜.大曲清香酒发酵过程中微生物的动向[J].酿酒科技,1994,(5):25-26.
- [27] 李增胜,任润斌.对清香型白酒发酵过程中酒醅中的主要微生物[J].酿酒,2005,32(5):33-34.
- [28] 崔福来,王振羽,王凤侠等.微生物学杂志,1981,(2):13-19.
- [29] 李佑红,吴衍庸.四川浓香型与酱香型酒曲细菌区系构成的比较研究[J].微生物学通报,1992,19(4):211-214.
- [30] 崔利,彭追远,郑朝喜.高温大曲在酱香型酒酿造中的作用及标准浅说[J].四川食品工业科技,1995,(3):7-12.
- [31] 周恒刚.酱香型白酒生产工艺的堆积[J].酿酒科技,1999,91(1):15-17.
- [32] 蒋红军.酱香型白酒机械摊晾与传统摊晾场地微生物对比[J].酿酒科技,2003,120(6):38-39.
- [33] 蒋红军.茅台酒制曲发酵过程中微生物演替及作用规律[J].酿酒科技,2004,123(3):39-40.
- [34] 唐玉明,姚万春,任道群,等.酱香型白酒窖内发酵过程中糟醅的微生物分析[J].酿酒科技,2007,162(12):50-53.
- [35] 唐玉明,姚万春,任道群,等.酱香型酒糟醅堆积过程温度和微生物区系变化及其规律性[J].酿酒科技,2007,155(5):54-58.
- [36] 庄名扬,王仲文,陈星国.酱香型习酒功能菌的选育及特征组分的研究[J].酿酒科技,1996,75(3):17.
- [37] 庄名扬,孙达孟.酱香型白酒高温堆积糟醅中酵母菌分离、选育及其分类学鉴定[J].酿酒,2003,30(2).
- [38] 庄名扬,王仲文.酱香型高温大曲中功能菌 B3-1 菌株的分离、选育及其分类学鉴定[J].酿酒,2003,30(1):81-82.
- [39] 崔利.酱香型白酒中吡嗪类化合物的生成途径及环节酿酒[J].2007,34(5):39-40.
- [40] 刘晓光,谢和,屈直.酱香型白酒风味物质的形成与微生物关系的研究现状与进展[J].贵州农业科学,2007,35(2):131-134.
- [41] 唐玉明,姚万春,任道群,等.酱香型酒糟醅酵母菌的初步分类及选育.酿酒,2007,34(6):14-16.
- [42] 马荣山,刘婷,郭威.麸曲酱香酒醅中酵母菌的分离、筛选及应用[J].中国酿造,2008,178(1):17-19.