

BAIJIU
NIANGZAO
JISHU

主编 罗惠波

白酒 酿造技术



西南交通大学出版社
SWJUP [Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

白酒酿造技术

主 编 罗惠波

副主编 辜义洪 黄治国

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

白酒酿造技术 / 罗惠波主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2012.9
ISBN 978-7-5643-1944-1

I. ①白… II. ①罗… III. ①白酒 - 酿造 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TS262.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 207607 号

白酒酿造技术

主编 罗惠波

*

责任编辑 牛 君

封面设计 原谋书装

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都中铁二局永经堂印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm × 230 mm 印张: 10.125

字数: 181 千字

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1944-1

定价: 20.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《白酒酿造技术》

编委会

主 编 罗惠波

副主编 辜义洪 黄治国

编 委 (按姓氏笔画为序)

卫春会 兰小艳 张敬慧 罗惠波

宗绪岩 黄治国 梁宗余 辜义洪

前 言

中国作为世界公认的三个蒸馏酒起源地之一，是酒的故乡和王国。中国白酒以其独特的酿造技艺和独具风味的酒体特征，在世界酒林中独树一帜，与白兰地、威士忌、伏特加、朗姆酒、金酒并列为世界六大蒸馏酒，在世界烈性酒类产品中散发着熠熠光彩。传统白酒酿造技艺是中华民族的国粹，也是世界非物质文化遗产的重要组成。贵州茅台、山西汾酒、泸州老窖、宜宾五粮液、绵竹剑南春、古蔺郎酒等白酒传统酿造技艺先后被确定为国家级非物质文化遗产，体现了国家对白酒工业的高度重视。

今天，中国白酒工业正逐步实现四个变化：蒸馏酒向酿造酒转变；高酒度向低酒度转变；普通酒向优质酒转变；粮食酒向果酒转变。

中国酒类市场已经成为世界酒类企业的聚焦点和主战场。中国酒类食品受到许多来自国外的白酒、啤酒、葡萄酒抢占中国市场的威胁，中国酿酒产业面临着前所未有的生存危机和发展机遇。中国酿酒传统如何传承和创新，如何实现酿酒企业的现代化和信息化，继承和开发其深厚的历史和文化价值；如何将文化继承和产业发展相结合，发展民族品牌，实现国际化，使中国白酒成为世界的酒，创造中华民族优秀酿酒产业辉煌发展的明天，是迫在眉睫需要解决的问题。

本教材内容主要包括白酒工业的发展、白酒生产原辅材料、白酒生产微生物、制曲技术、大曲白酒生产技术、小曲酒生产技术等，突出应用性和针对性，具有很强的职业性、实践性和操作性；同时还着重介绍了白酒生产领域的新知识、新技术、新方法和新工艺。

本书可供高等职业院校生物技术专业、生物工程专业、发酵工程专业、酿酒工程专业的师生使用，也可作为酿酒企业职工培训教材，还可供从事白酒生产、管理、营销的工程技术人员和管理、营销人员参考。

由于编者水平有限，本书难免有不全面甚至错漏之处，敬请批评指正！

编 者

2012年8月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 白酒的起源	1
第二节 白酒工业发展史	5
第三节 白酒在社会经济中的地位	14
第四节 白酒工业发展趋势	16
第二章 白酒分类	18
第一节 世界蒸馏酒	18
第二节 白酒的分类	22
第三章 白酒酿造过程中的物质变化	29
第一节 白酒酿造过程中的物质分解	29
第二节 白酒酿造过程中的物质生成	35
第四章 制 曲	55
第一节 白酒酿造微生物及其特性	55
第二节 制曲原料	62
第三节 大曲生产技术	65
第四节 小曲生产技术	80
第五节 麸曲生产技术	91
第五章 白酒生产工艺	99
第一节 酿酒的原辅料	99
第二节 大曲酒酿造工艺及特点	103
第三节 大曲酒生产工艺	107
第四节 小曲酒生产工艺	135

附 录	142
附录 A 食品安全国家标准 蒸馏酒及其配制酒 (GB 2757—2012)	142
附录 B 浓香型白酒国家标准 (GB/T 10781.1—2006)	143
附录 C 酱香型白酒国家标准 (GB/T 26760—2011)	144
附录 D 清香型白酒国家标准 (GB/T 10781.2—2006)	146
附录 E 米香型白酒国家标准 (GB/T 10781.3—2006)	148
附录 F 凤香型白酒国家标准 (GB/T 14867—2007)	149
附录 G 食用酒精国家标准 (GB 10343—2008)	151
附录 H 无水酒精质量标准 (GB/T 678—2002)	152
参考文献	154

第一章

绪 论

第一节 白酒的起源

白酒又名烧酒或火酒，有些少数民族称其为阿刺吉酒，意为再加工之酒。白酒是我国特有的一大酒种，它最早产生于酿造酒的再加工，因此要谈白酒的起源还得从酿造酒说起。

一般传说，酒是杜康发明的。过去有的酒厂还把杜康当作酿酒的祖师爷供奉，连日本的清酒行业也把酿酒技师尊称为“杜氏”，其依据可见于古书，如《事物纪原》载：“杜康始作酒”。但有的书如《世本》却说：“仪狄始作酒醪，变五味，少康作秫酒”。少康即杜康，他要比夏禹时的官吏仪狄晚得多。据此，似乎是仪狄先造的酒。《战国策》说：“昔者，帝女令仪狄作酒而美，进之禹，禹饮而甘之……”。这里并没有说仪狄最先造酒，只是说他能够酿出甜美的酒而已。综上所述，其实杜康、仪狄都只是掌握了一定技巧，善于酿酒罢了。跟大多数生产技术一样，酒的创造和发展，也是我国古代劳动人民在生活和生产实践中不断观察自然现象，反复实践，经无数次改进而来的。一般来说，白酒的产生可分下述三个阶段。

一、自然界造酒

自然界的含糖野果是猿的食物，在成熟之后掉落下来，积集于坑洼之处，或者猿将没吃完的野果放在石洼中，天长日久，这些野果被野生酵母发酵，

变成了香气扑鼻、酸甜爽口的原始果酒。《篷枕夜话》中有一段类似的记载说到了这一自然过程：“黄山多猿猱，春夏采杂花果于石注中，酝酿成酒，香气溢发，闻数百步……”。这种现象，可能在旧石器时代就被我们的祖先注意到了。

随着社会的发展，人类开始学会原始的牧业生产，在存放剩余的兽乳过程中，他们又发现了被自然界中的微生物发酵而成的乳酒。在农耕时代前后，人类认识到野生植物含淀粉的种子（谷物等）可以充饥，便搜集储藏，以备食用。由于当时的保藏方法原始，谷物在储藏期间容易受潮或受雨淋而导致发芽或长霉，这些发芽或长霉的谷物若继续浸泡在水里，其中的淀粉便会受谷芽中的酶和野生霉菌、野生酵母菌等微生物的酶作用而糖化、发酵，变成原始的粮食酿造酒。另外，当煮熟的谷物吃不完时，他们用树叶等包盖起来，存放在树洞中，这些熟粮也会受根霉、酵母等野生微生物的作用变成“酒酿”。这是另外一种方式的原始粮食酿造酒的发现。

这一阶段大概在 7 000 ~ 10 000 年前，由于自然界的作用造出酒来，逐步被人类所发现和认识。

二、利用天然微生物造酒

农业生产开始以后，谷物有了富余，加上人类发现了原始的酒，味道又香又甜，喝过后浑身发热、精神兴奋，有心人便开始模仿，有意识地让谷物长霉发芽，用它来酿酒，从而进入了利用天然微生物造酒的阶段。我国在很早以前就有了农作物，从山东大汶口遗址出土的文物中发现有与甲骨文酒字形相似尖底储酒容器。由此可以推测这一阶段大概始于 6 000 年前。《淮南子》一书说：“清醢之美，始于耒耜”。耒和耜都是古代的农具。即美味可口的酒，开始于农业生产出现之时。而且 5 000 年前的龙山文化时期就有了尊、罍、高脚杯、小壶等陶制的酿酒和饮酒的专用器具。因此，到夏代初期出现掌握一定技巧、能酿出香甜美酒的仪狄这样的人，也就不足为奇了。

到商代，出现了专门的酿酒作坊，如郑州二里岗及河北藁城台西村就发现了商代酿造作坊的遗址，酿酒技术也有了发展。由此，谷芽（蘖）和长霉的谷物（麴）的利用开始分家。《尚书·说命篇》中有“若作酒醴，尔惟麴蘖”的论述，反映了当时已用蘖来制造酒度低的醴，用麴来酿造酒度较高的酒。

到周朝，统治阶级不但设置了专门掌管酿酒的官职，如“酒正”、“酒人”、“浆人”、“大酋”等，对酿酒的要点也进行了经验总结。《礼记·月令仲冬》

中便有记述：“仲冬之月，乃令大酋，秫稻必齐，麴蘖必时，湛炽必洁，水泉必香，陶器必良，火齐必得，兼用六物，大酋监之，无有差贷”。意为在冬季到来之后，酒正向大酋发出命令，把优质均匀的高粱和稻米准备好，及时提供新鲜的麴蘖，粮谷的浸泡和蒸煮要注意清洁卫生，用水应选择纯净的好水，酿酒器具必须精良，火候（发酵温度）要控制得当，大酋要加强监督管理，把这六件事都做好，才能做出好酒来。这些要点即使从现代的酿酒工艺要求来看也是较为全面的，可以说这是世界上最早的酿酒工艺规程。

由于醴的酒度低，口味淡薄，因此逐渐被淘汰，而用麴酿造的酒却日渐得以发展。秦汉以后制麴技术有了很大进步，麴的品种迅速增加。仅《方言》中记载的就有近 10 种，酿酒技术也随之提高，风味各异的酿造酒在各地纷纷出现。北魏人贾思勰在《齐民要术》中系统、详细地总结和记述了当时的各种制麴方法和酿酒工艺，后人也有不少关于制麴酿酒的记述。

总之，在这一阶段，我国古代劳动人民已通过对自然现象的模仿、实践，不断总结改进，掌握了制麴酿酒的基本规律，已经能够比较有效地利用天然微生物来酿酒了。

三、蒸馏酒的出现

秦汉以后，随着酿酒技术的发展，酿酒、饮酒的普及，为蒸馏酒的产生打下了基础。另一方面，历代帝王为了寻求不死之药，不断发展炼丹技术。不死药虽然没有炼出来，却积累了不少物质分离、提炼的方法，创造了种种设备（包括蒸馏器具），为蒸馏酒的产生提供了条件。由此将蒸馏器具试用来蒸熬酿造酒，就出现了蒸馏酒，这是毋庸置疑的。至于究竟是为了想从好酒中提炼出令人兴奋愉快的精华，以作长生之妙药，试着“用好酒蒸熬取露”而产生了蒸馏酒；还是想处理储存酸败的酿造酒以减少损失，试用了蒸馏设备，从而造出蒸馏酒，并得出了“凡酸坏之酒皆可蒸烧”的经验，则尚待进一步考证。

关于蒸馏酒的出现年代，也有不同的见解。有些人根据李时珍《本草纲目》中“烧酒，非古法也，自元时始创”的说法，认为蒸馏酒始于元代。但随着对历史研究的深入，现在认为蒸馏酒出现在唐代的人越来越多了。1975 年在河北承德青龙县出土的一套金代铜烧酒锅，敦煌的西夏酿酒蒸馏壁画，北宋田锡的《鞠本草》中关于经两三次反复蒸馏而得到酒度高、饮少量即醉的美酒记载，这些事实都说明蒸馏酒的出现要比元代早得多。目前，有关烧

酒的文字和文物出现的最早时代是唐代。唐代的白居易(772—846)曾有“荔枝新熟鸡冠色,烧酒初开琥珀香”的诗句;雍陶(805—?)也有“自到成都烧酒熟,不思身更入长安”的名句。这两位诗人的诗里不仅说到了烧酒,而且表明当时的烧酒已有密闭陈酿,使之老熟的工艺。在已发现的贵州少数民族的文献资料中,对烧酒也有所反映。《西南彝志》第15卷《播勒土司论雄伟的九重宫殿》一文,在论述隋末唐初之事时,有“酿成醇米酒,如露水下降”这样简单蒸馏工艺的记载。因此,可以推测,蒸馏酒的出现是在唐代或稍早于唐代,只是当时还未普及,到元朝则已传播开来。1343年,朱德润在他的《轧赖机酒赋》中则对蒸馏酒蒸馏器的构造和蒸酒状况作了写实,但元朝的这篇文献所记述的蒸馏方法都是用酿造酒为原料直接蒸熬的液态蒸馏;而明代李时珍(1518—1593)的《本草纲目》所说的是“用浓香和糟入甑,蒸令汽上”的蒸馏方法。无疑后者的蒸馏效率比前者更高,有了很大的进步。这也许是《本草纲目》中蒸馏酒出现年代较晚的原因所在。

以上是从蒸馏酒的产生与发展过程,阐述了对蒸馏酒起源的认识。但是,关于蒸馏酒究竟在我国何时起源,至今仍然没有定论,说法不一。一说唐代起源,二说元时传入,三说元代始创。

第一种说法有诗词为证。除上面讲到的唐代著名诗人白居易和雍陶的名言外,还有李肇的“酒则剑南之烧春”等绝句,就是最好的证明。因为,在唐代将酒统称为“春”,显然“烧春”是指烧酒,其名在民间已广为流传。

第二种说法认为蒸馏酒是元时从印度传入我国的一种“阿刺古”酒。1328年,元朝饮膳太医忽思慧在《饮膳正要》中谈到过这种叫“阿刺古”的酒,称之为蒸馏酒。现已查明,“阿刺古”、“阿刺吉”和“阿刺奇”这三个名称都是 Arrack 的音译,是用稻米和棕榈汁酿造的蒸馏酒。

第三种“元代始创”说法的依据,是明代药学家李时珍的《本草纲目》中的“烧酒非古法也,自元时始创”一段话。

这三种不同说法虽各有其理,但有一共同点即白酒是蒸馏酒(或称烧酒、烧春),均确证无疑。这里,就出现一个问题,“既然白酒是蒸馏酒,那么,它是用什么样的器具进行蒸馏的呢?”1975年12月,河北省出土了一套金代铜烧酒锅,专家们用此锅做了2次蒸馏实验,证明行之有效,只是出酒率偏低。因此,可以说至少在金代或金代以前就有蒸馏酒了,进而也说明“元时传入”和“元代始创”的蒸馏酒起源说难以成立。而且从已出土的隋唐文物中15~20 mL的小酒杯和北宋田锡所作《曲本草》中关于“蒸馏酒度数较高,饮少量便醉”的论述来看,蒸馏酒起源于唐代乃至唐代以前的说法,终将得到确证。从现存传统蒸酒器及金代铜烧酒锅、天长铜蒸馏器来看,它们

似乎属于一个系列，其起源当与古代蒸饭用的甑、甗有关。在汉代文物中，具有类似天长蒸馏器形态的铜甗很多，这表明甗是当时常用的蒸具。我国上海博物馆馆藏汉代蒸馏器实物，该蒸馏器的年代，经过青铜专家鉴定是东汉早期或中期的制品，而且在安徽滁州黄泥乡也出土了一件似乎一模一样的青铜蒸馏器。吴德铎先生和马承源先生认为我国早在公元初或一二世纪时，人民在日常生活中便已使用青铜蒸馏器了。

在古希腊时代，亚里士多德（Aristotle）曾经写道：“通过蒸馏，先使水变成蒸汽继而使之变成液体状，可使海水变成可饮用水”。这说明当时人们已发现了蒸馏的原理。古埃及人曾用蒸馏术制造香料。在中世纪早期，阿拉伯人发明了酒的蒸馏。在10世纪，一位名叫阿维森纳（Avicenna）的哲学家曾对蒸馏器进行过详细的描述，但当时还未提到蒸馏酒。有人认为尽管没有提到蒸馏酒，但蒸馏酒肯定在那个时期已经出现了。公元1313年，一位加泰罗尼亚（Catalan，分布于西班牙等国的人）教授也许是第一次记载了蒸馏酒的人。

从很多可以提供的考古证据来看，中国是蒸馏酒的起源国，是世界上利用微生物制曲酿酒最早的国家，要比法国人卡尔迈特氏用根霉菌制酒精、德国人柯赫氏发明固态培养微生物法早3000年左右。我们可以自豪地说，我国是世界上最早利用蒸馏技术制造蒸馏酒的国家，要比西方威士忌、白兰地等蒸馏酒的出现早600~700年。我们的祖先对酿酒生产技术和科学文化的创造、发展作出了杰出的贡献。

第二节 白酒工业发展史

中国白酒发展的真正动力是科学技术的进步。新中国成立以来，白酒界的专家、学者、工程技术人员辛勤地耕耘，创造了众多的科技成果，并得以应用和推广，一次又一次地推动了中国白酒的进步与发展。

一、改革普通白酒工艺，节约酿酒用粮

白酒是耗粮高的酒种，所以，节约粮食、提高出酒率一直是酿酒行业技术工作的重点，并围绕节粮开展了一系列的科技攻关活动。

1. 组织代用原料酿酒试点，开辟原料新来源

20世纪50~60年代，为了开辟代用原料酿酒的新途径并提高酒的质量，各地开展了多次试点活动。首先是以薯类为原料的“烟台试点”及“金陵试点”；继而是以橡子原料为中心的“周口试点”及以菝葜根（金刚头）为中心的“常德试点”；以后又进行了木薯酿酒的研究及伊拉克蜜枣酿酒、甜菜酿酒新工艺推广等工作。这些试点不仅解决了代用原料酿酒及酒质提高的问题，而且总结出经验，培养了人才，为以后中国白酒工业的发展打下了基础。

2. 液态法白酒工艺改进及提高酒质的研究，开创了白酒发展新局面

采用液态发酵法生产白酒是中国白酒工业史上的一项重大革新。多年实践证明，该法具有出酒率高、清洁生产、减轻劳动强度等许多优点。采用该法生产的白酒，质量不断提高，产量不断扩大。总结液态发酵法白酒工艺改进和质量提高工作，大致可分为以下两个阶段：

第一阶段是初馏酒精的再加工阶段。这可以从1964年的原北京酿酒厂串香工艺的采用，生产出风味达到普通白酒水平的红星白酒开始。以后，全国各地在香醅制作、香醅提香方法、采用己酸菌发酵液增香、改进酒精蒸馏设备及工艺等诸方面做了大量的工作，创造出了一条“液态发酵酒除杂，固态发酵醅增香，固液法结合的工艺路线”。这条路线不仅增加了产量，提高了效益，而且使酒的质量有了很大提高。其代表产品——山东产的坊子白酒连续荣获第三、四、五届全国优质白酒的称号。

第二阶段是以食用酒精为基酒，经科学调配而成的各类白酒阶段。这一阶段完成的技术成果有：20世纪70年代初，利用固态发酵优质酒的副产品——“酒头、酒尾、香糟、黄水”，经过处理后来兑制食用酒精生产出第一代物美价廉、量大面广的低档新工艺白酒。20世纪80年代，采用优级食用酒精加部分优质白酒，经勾兑而生产出“双优型”的第二代中档新工艺白酒。20世纪90年代，黑龙江省又研制出优级食用酒精加营养物的第三代营养型复制白酒，并取得了明显的经济效益和社会效益。

3. 总结白酒生产经验，提高了出酒率，改变了白酒生产的落后面貌

20世纪60年代“烟台白酒酿制操作法”的诞生，标志着中国白酒酿造

进入了一个有法可依的新阶段。该操作法总结的十六字经验：“麸曲酒母、合理配料、低温入窖（池）、定温蒸烧”，不仅成为当时酿酒操作的先进技术代表，而且一直是指导整个白酒工艺操作的经典。

在学习烟台制酒经验的基础上，涿县酒厂又总结出了“稳、准、细、净”的白酒操作法，这四字经验使白酒酿制操作纳入了科学管理的轨道，改变了白酒生产的落后面貌。

在这个时期，先后还有永川小曲酒操作法的制订及“安次六度”管理法的总结。这些都对规范白酒酿制操作，提高出酒率作出了突出的贡献。

二、科学总结，改进优质白酒生产工艺

中国白酒真正的大发展，可以说是以名优白酒的进步为代表。从 20 世纪 60 年代初到现在的 50 多年中，名优白酒的微量成分分析，传统工艺总结，新工艺、新设备的采用等均有新的突破和进展。这些成果不仅扩大了名优酒产量，还提高了名优酒价值。

1. 浓香型白酒

(1) 肯定了浓香型白酒酿造必须使用泥窖。对泥窖的建造总结出如下标准：容积要适当，尽量扩大窖泥与香糟的接触面积，窖壁要有一定斜度，便于窖泥的成熟。窖要密闭，不透气、不渗水。

(2) 发明创造“人工老窖”。首先将纯种或混种的己酸菌经液态扩大培养后，再用以发酵窖泥。然后，把发酵好的窖泥涂于泥窖表层 15~30 cm，并及时将糟醅入窖发酵。这种人工老窖的产酒质量相当于十几年自然老窖的水平。此项新技术推动了浓香型白酒的大发展。

(3) 采用“双轮底”发酵新工艺，提高酒中酯的含量。所谓“双轮底”，即是把上一批发酵好的窖底香糟留下一甑不出窖，滴尽黄水后，加少许大曲粉翻拌后再发酵一个周期，然后单独出窖蒸馏。这套工艺既能提高酒中酯的含量，又能提高香糟的质量，所以被大多数浓香型白酒厂所采用。

(4) 研制成功多项增香工艺，提高浓香型白酒优级品率。有的厂采用多种原料酿酒，使酒的香味丰满；有的厂采用回酒、回糟发酵，明显提高酒质；有的厂采用黄水、酒尾窖外酯化，然后将此酯化液以不同方式参与发酵，明显地提高了酒中酯的含量；还有的厂采用“重复发酵”工艺，即把发酵好的

酒醅出窖翻拌，加曲后再入窖发酵一个周期，此法被认为是浓香型白酒提高质量的重要措施。此外，还有“夹泥”发酵、“己酸菌液”灌窖发酵等工艺措施，也被有的厂所采用，这些工艺措施均收到了良好的成效。

(5) 白酒微量成分的剖析，有效地指导了白酒的勾兑工作。白酒中微量成分的种类十分复杂和繁多，对浓香型白酒的各种酯、酸、醇、羰基化合物的量比关系的科学分析，其中最突出的是酯类的量比关系。己酸乙酯为主体香气，应占总酯比例的40%左右；乳酸乙酯与己酸乙酯的比值小于1，乙酸乙酯与己酸乙酯的比值小于1为好。

2. 酱香型白酒

(1) 总结出气候条件对酿制大曲酱香型白酒的影响。茅台地区的自然条件是海拔409 m，全年平均风速约为1.2 m/s，空气相对湿度为63%~88%，平均降雨量为1 088 mm，平均气温约为21℃。实践表明，只有这样高温、多雨、潮湿的气候条件，才适合酱香型大曲中和酿酒工艺中微生物的网罗，才适合多轮次的发酵工艺的需要。

(2) “四高一长”是大曲酱香型白酒的工艺特点。“四高一长”即高温制曲、高温堆积、高温发酵、高温流酒和长期储存。同时，确定了大曲酱香型白酒是由“酱香、醇甜、窖底香”三种典型体的基酒构成及其各自所占的比例。此外，各地对酱香型白酒主体香气成分的研究也有一定的进展。

(3) 麸曲酱香型白酒的研制取得可喜成效。贵州省轻工科研所分离出高温细菌及生香酵母菌株，经人工培养后参与发酵，并总结出了高粱、小麦混合配料，场上堆积，麸曲酒母续楂发酵30天的生产工艺。在全国推广后，促进了麸曲酱香型白酒的发展。随后为提高麸曲酱香型白酒的质量，黑龙江省又创造了大曲、麸曲相结合生产酱香型白酒的工艺路线。其特点是：采用传统大曲多轮发酵工艺后，转入麸曲续楂发酵工艺。这套工艺路线很适合北方气候特点，既能提高酒质，又能提高出酒率。

3. 清香型白酒

(1) 总结出地缸发酵的优点：便于热量散发，保持最佳发酵温度，促进酒精生成；密封好，促进酵母在无氧条件下进行发酵作用，便于清洗，有利于工艺卫生管理及酒体的干净。这些优点决定了它是清香型大曲酒酿造的较理想的发酵设备。

(2) 分析出清茬、后火、红心三种大曲生物活性及成分上的差异，确定

三种曲合理的储存期和科学的搭配使用比例。同时对清香型白酒大曲使用的小麦、大麦、豌豆三种原料的成分和作用及其量比关系，曲料粉碎程度对大曲质量的影响等都作了较深入的探讨，起到了指导生产的作用。

(3) 剖析了清香型大曲酒的成分及其量比关系。其中主要有：乙酸乙酯为主体香气，其含量占总酯 50% 以上；乙酸乙酯与乳酸乙酯比例合理，一般在 1 : 0.6 左右； β -苯乙醇、琥珀酸乙酯与形成特殊香气有关；乙缩醛、正丙醇含量较高，酯大于酸多倍。

(4) 充分利用酒头及酒尾中的有益物质，研制成功清香型低度白酒。这种工艺生产的低度酒既保持了高度酒的风格，又解决了口味淡的问题。

4. 其他香型白酒

(1) 凤香型白酒：在传统工艺总结、酒质微量成分分析、储存对酒质的影响等诸多方面均有科学、准确的结论。因此，凤香型白酒被确立为一个新的香型而立足于白酒工业。

(2) 米香型白酒：科学地总结了米香型白酒中香味成分的特征。米香型白酒的香味成分特征概括起来有：主体香味成分是 β -苯乙醇、乙酸乙酯和乳酸乙酯，醇含量高于酯含量，乳酸乙酯含量占总酯的 73% 以上，乳酸含量占总酸的 90%。

(2) 兼香型酒：该香型的研究工作也有很大进展，总结了“一步法”与“二步法”两种生产工艺的各自特色；查定了兼香型酒微量成分特征；强调了浓酱协调是这类酒的质量特色。

(3) 豉香型酒、芝麻香型酒、“四特”类型酒均已独立成型。“董酒”和“老白干”类型酒等的科研工作也逐步展开。

三、白酒微生物的选育和应用

酿酒微生物是酒类生产过程中糖化与发酵的动力，菌种生物活性的强弱直接影响酒的产量与质量。所以，选育优良菌种应用于白酒酿造一直是行业技术工作的重点。由于坚持不懈的努力，取得了一次又一次突破性的进展，从而带动了整个白酒行业的进步。

1. 霉菌的筛选、诱变及应用工作不断创新

最早用于白酒酿造的是黄曲霉和米曲霉。它们的缺点是糖化力低、耐酸性差，所以后来选用了耐酸性强的黑曲霉。随后在黑曲霉种菌性能提高上又做了大量工作，最后选用的 AS3.4309 菌种，其糖化能力提高 10 倍，用曲量减少 50%，提高出酒率 2% 以上，是一株接近国际水平的优良糖化菌。同时，根霉、毛霉等用于小曲酒生产，提高了出酒率。中国科学院微生物研究所从小曲中选出 5 株念珠菌，适用于各种原料的小曲酒生产；厦门白曲由人工培养的根霉及酵母纯种曲制作获得成功；贵州研制成功根霉麸曲，已上市销售。这些成就对改善小曲培养方法，提高小曲酒产率均有很大的推动作用。

2. 酵母菌种保持稳定性及适应性强的特色

多年来一直沿用的酵母菌种性能稳定，适应性强。其中有适应淀粉质原料的南阳酵母、有适应糖质原料的古巴 2 号酵母。经多年生产实践，它们都具有发酵力强、适应性强、不易变异等优点。特别是产酯酵母得到广泛应用，1963 年，凌川试点将“球拟”、“汉逊”、“1312”等优良产酯酵母用于优质白酒生产，达到了提高酒的酯含量、增加香味的目的。1965 年，祁县试点又将汾酒试点分离出的几株酵母菌和曲霉菌用于新型白酒及麸曲清香型白酒的生产，均收到良好效果，之后在全国推广。1981 年，廊坊轻工研究所对产酯酵母的产酯机理、培养条件、在酿酒工业上的应用等做了卓有成效的研究。这个时期，四川省食品发酵工业研究设计院又选育出产酯量为 800 mg/100 mL 的高产酯酵母。

3. 分离培养细菌用于酿酒取得了新突破

1964 年，茅台试点确认了窖底香的主体成分是己酸乙酯。随后内蒙古轻工科学研究所、辽宁大学生物系等单位，从老窖泥中分离出了己酸菌。紧接着用分离得到的己酸菌以及含有己酸菌的老窖泥为种子，扩大培养后用于“人工老窖”的参与发酵，增加酒的主体香气等项新技术，在全国范围内普遍推广。“人工老窖”揭开了我国白酒行业应用细菌培养来提高酒质的技术工作的序幕。以后又有一些单位将甲烷菌用于窖泥培养的研究，以及进行了低乳酸含量的菌株在浓香型制酒工艺上的应用试验。贵州省从高温大曲中分离出嗜热芽孢杆菌，经人工培养后用于麸曲酱香型酒的生产等，都收到了明显的成效。