

白酒生产工艺学

·周恒刚 编著·

轻工业出版社

白酒生产工艺学

周恒刚 编著

轻工业出版社

内 容 简 介

白酒是如何生产出来的,我国的名酒都具有哪些特点,这些特点是如何产生的,这些问题不仅为广大读者所关注,白酒业界工作者也希望有个明确的系统的认识。本书在回答这些问题的同时,全面介绍了白酒生产工艺的各个方面。本书共分十六章,第一章总论中论述了我国酿酒起源及历史沿革,第二至第五章分别介绍了白酒生产的原料、有关酶类和微生物类群,第六章至第十章介绍了白酒生产的整个工艺过程及发酵机理,第十一章至第十三章介绍了液态法白酒生产以及小曲制酒和大曲制酒的工艺特点,第十四章至第十六章为白酒呈香物质及其来源、白酒的保存管理及评酒等。

本书对白酒生产工艺的论述全面、系统,力求简要又不乏实例,较多地反映出近年白酒生产、科研方面的主要成果。

本书可供从事白酒生产、科研的技术人员及有关大专院校师生学习参考。

白 酒 生 产 工 艺 学

周恒刚 编著

轻工业出版社出版

(北京阜成路8号)

张家口地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092 毫米 1/32 印张 9 12/32 字数 208 千字

1982 年 5 月 第一版第一次印刷

印数: 1—18,000 定价: 1.10 元

统一书号: 15042·1659

目 录

第一章 总论	1
第二章 原料	11
第三章 白酒生产中的有关微生物	26
第一节 霉菌	26
第二节 酵母菌	31
第三节 细菌	35
第四章 淀粉及白酒生产的有关酶类	40
第一节 淀粉	40
第二节 淀粉酶	45
第三节 蛋白酶	54
第四节 纤维素酶	59
第五章 曲霉菌、酵母菌、己酸菌的培养	67
第六章 麸曲	78
第一节 制曲配料	78
第二节 曲盘制曲	86
第三节 通风制曲	90
第四节 UV ₁₁ 菌制曲	100
第七章 酒母	106
第一节 大缸酒母	106
第二节 固态法培养产酯酵母	117
第八章 白酒发酵机理	129
第九章 麸曲法酿酒工艺	152

第一节	麸曲法酿酒工艺要点	152
第二节	薯干原料麸曲法酿酒工艺	158
第三节	含单宁原料麸曲法酿酒工艺	170
第十章	白酒蒸馏	180
第十一章	液态法白酒生产	197
第一节	固态与液态法生产的白酒在风味 上不同的原因	197
第二节	液态去杂, 固态增香, 固液勾兑的 白酒生产工艺	203
第三节	串香法白酒生产工艺	209
第四节	液态一步法白酒生产工艺	213
第十二章	小曲制酒工艺	217
第一节	小曲制曲工艺	217
第二节	小曲制酒工艺	223
第十三章	大曲制酒工艺	233
第一节	大曲酒工艺的微生物动向	233
第二节	大曲制曲工艺	238
第三节	清香型白酒生产工艺	243
第四节	浓香型白酒生产工艺	247
第十四章	白酒香味与异味	259
第十五章	白酒老熟及其管理	274
第十六章	评酒	286

第一章 总 论

白酒亦称烧酒。我国的白酒是世界上独有的一种蒸馏酒。白酒生产已有千余年历史，它标志着我国在发酵制酒工艺和蒸馏技术上有着独特的技艺和高超的水平。产品独具风格，深受广大消费者及国际市场上的好评。

白酒生产工艺的特点是：双蒸合一，配醅入窖，界面复杂，多菌发酵。在白酒生产中，巧妙地利用野生菌发酵，恰到好处地利用气温与原料条件，采用别致的蒸馏方式，创造出各种不同风格的名酒。白酒生产工艺，在发酵工业中，确是一门别具一格的技术，并具有极强的艺术性。

酿酒技术在我国有悠久的历史并有详细的历史记载。贾思勰著《齐民要术》（公元530~550年）对当时制酒用曲有着精辟的论述和总结，其中包括：三斛麦曲法（曲饼），神曲法，秦州春曲法，白醪曲法（大曲），河东神曲方（小曲？），卧曲法等。对于原料配方、制曲工艺、曲饼规格、卫生条件、保温措施、成品鉴定和保存方法都详述备至，对酿造（黄酒）方法亦有论述。

宋人朱翼中著《北山酒经》（公元1117年）详细叙述了十三种制曲方法。在制酒操作上提出了具有总结性的要诀“曲蘖必时，湛饷必洁，水泉必香，陶器必良，火齐必得。六者尽善更得醴浆，则酒人之事过半矣”。他对半人工培育酵母菌的方法不仅重视而且有深刻的体会。“北人造酒不用酵，然冬月天寒，酒难得发，多颠了。所以要取醅面，正发醅为最妙”。这即是利用旺盛期的酵母接种，又属于半连续发酵。“凡醞不用

酵，即难发酵。来迟则脚不正(发酵迟缓的不适宜做酒母用)，只用正发酒醅最良。不然则掉取醅面，绞令稍干，和以曲蘖，挂于衡茅谓之干酵”。看！这种保存酵母菌种的方法是多么巧妙啊！。对于曲和酒母的用量，与季节的结合，他亦有一定的见解。“用曲四时不同，寒即多用，温即减之。酒人冬月用酵紧(多)，用曲少；夏日用曲多，用酵缓(少)”。根据季节寒暑的变化，采取不同措施，有多么深刻的体会和纯熟的技艺啊！

宋应星著《天工开物》(公元1637年)对于南北方制曲方法及特征也有明确记载，并提出制曲时应添加酒糟的见解。从现在的观点上看，向麸皮等原料中添加酒糟，主要是给微生物供应充足的微量营养成分及调节酸度，在古代则是为了接入酵母菌。“……用曲与淮郡所造不同，统名大曲。但淮郡市者打成砖片，而南方则用饼团。……米麦为质料，但必用成曲酒糟为媒合，此糟不知相承起自何代，尤之烧矾之必用矾滓云”。他把微生物接种巧喻如制矾时添加晶种一样！

上述主要是黄酒发酵，白酒生产必须闯过蒸馏术这一关。据李时珍《本草纲目》(公元1596年)中记载“葡萄酒有二样，酿成者味佳。有如烧酒法者……烧者取葡萄数十斤，用大曲酿酢，取入甑蒸之，以器承其滴露，红色可爱，古者西域造之。唐时破高昌始得其法”。这是我国古老的白兰地或葡萄烧的制法，唐代已有，但与白酒生产有些不同。又有载云“烧酒，非古法也。自元时创始。其法用浓酒和糟入甑，蒸令气上，用器承滴露。凡酸坏之酒皆可蒸烧。近时唯以糯米或粳米或黍或秫或大麦，蒸熟和曲酿甑中七日，以甑蒸取。其清如水，味极浓烈，盖酒露也”。从以上论述中可以推论，白酒是由处理酸坏黄酒开始演变到用粮谷酿制，是极合情理的。但这是液体蒸馏，颇似现代“三花酒”及糟烧一类白酒。至于固态发酵与

蒸馏始自何时，有待查考。

上述诸家，尽管有一定的局限性，但他们对当时酿酒生产进行了精辟的总结，为后世留下了极其珍贵的历史资料。

解放前，白酒工业操纵在官僚及资本家手中，生产方法亦多落后，并成为压迫和剥削工人和广大群众的工具。这宝贵的民族遗产已被反动政府百般摧残，凋蔽不堪。

解放后，白酒工业得到了蓬勃发展。广大白酒工人的积极性和创造性得到充分发挥，从而极大地改善了过去“土烧锅”的落后面貌。解放以来，白酒工业广泛开辟原料来源，以野生植物代替粮食，并充分利用薯类和工农业副产品、下脚料为国家节约大宗粮食。通过推广麸曲、酒母和无药糠曲；选育优良菌种，起到了降低成本，加速资金周转的作用。应用通风制曲、通风晾楂、白酒机械化等，有效地降低了劳动强度，提高了劳动生产率。《烟台白酒操作法》、《四川小曲酒操作法》的出版，对普及白酒科学教育和推动白酒科学的发展起了很大作用。凌川、茅台、汾酒等试点，系统地总结了传统操作经验，发现了许多香味成分，为提高质量开辟了道路。近年来，各研究部门对白酒香味微量成分分析取得了可喜的成果。

四川省创造了人工窖泥老化经验；全县试点对液态法及固态法白酒从工艺到成品作了研究，摸索出了一些新途径；北京昌平试点，对于各种曲及产酯酵母进行了探讨，在利用人工培养微生物试制优质酒方面取得了一些成就。

当前白酒工业仍然还存在着劳动强度大、效率低、耗粮高、地区与厂际之间差距大等情况，有待进一步改进。关于白酒工艺上复杂的发酵机理，有用微生物的选育和利用，白酒香味成分的定量测定等许多问题还需深入研究，使传统技艺发扬光大，更好地为社会主义现代化建设服务。

现在全国白酒主要生产方法如下：

1. 大曲

麦曲：名酒、优质酒及个别地区沿用传统麦曲生产白酒。本法产品质量虽好但成本较高，出酒率偏低，资金周转较慢。麦曲法生产在全国所占比重较小。

麸曲：北方各省都采用本法生产，江南亦有许多省份采用，占全国白酒产量比重最大。

2. 小曲

小曲固态发酵：四川、云南、贵州等地大部分采用此法，箱内培菌糖化，而后配醅发酵。主要用根霉做糖化剂，以酵母发酵。蒸馏方法与大曲法相同。

小曲液态发酵(酒饼法)：广东、广西、福建等地固态培菌糖化，发酵后淀粉变为酒精而成液态。因酒精含量较高，采用直火蒸馏。此法正在改用机械化生产。

其他尚有大曲混合法，或利用小曲酒精经长期发酵生成大量香味物质，串蒸馏入酒内以提高白酒风味。如贵州的董酒、安酒、匀酒等皆是。这种方法又有了新的发展，遂产生了串香白酒，改善了液态法白酒的质量。现在采用麸曲法液态发酵，如同酒精厂的粗馏酒，出酒率虽高，但质量尚有改进的必要，故采用串香法或采用液态除杂、固态增香、固液勾兑法提高其质量。最近“一步法”已取得进展。

白酒在长期较为固定的设备和工艺条件下，使产品形成了独有的典型性，它的风味早为广大群众所公认，遂构成了特定的风格，流传了几百年。若要改变其设备或工艺，必须掌握它的特点，在能够保持其原有风格的前提下进行改变，否则将会产生不良后果。白酒中的名酒之间亦各不相同，风格差别很大。白酒与其他蒸馏酒的差别更大。白酒之间虽有差别，但

仍有其共性，对其共性和特殊性必须有一定的了解。抓住其共性与特殊性之间的区别，保持其固有的风格，才能使科学实验、设备改进、推广先进经验取得较好的成果。

一、白酒(主要指大曲酒、麸曲酒)工艺上的特点

(一) 双蒸合一

酒类蒸馏是将液体与固形物进行分离，同时浓缩酒精分。并馏入少量的高级醇、酯、醛、酮、芳香族化合物等物质，以增加酒的香味。白酒的蒸馏方法与一般蒸馏酒不同，它以酒醅为填充料，将甑桶变为填充式蒸馏塔。特别是甑内的酒醅里本身含有各种物质，当酒精和水的蒸汽通过时，各种成分按不同的蒸发系数分配馏入酒内。这些物质的浓度、填充粒度及空隙每次都有变动，故很难计算。因而与一般间歇式蒸馏塔亦不相同。尤其是白酒蒸馏与原料糊化混合在一起同时进行，两者起到相互调节作用，从而减少煤耗，缩短工时，降低劳动强度。经多次试验证明，混蒸法的出酒率稍高于清蒸法，但由于原料带来的气味被蒸入酒中，其质量不如清蒸的好。间歇蒸馏可以有效地处理酒头和酒尾，这对提高产品质量有密切的关系。特别是水蒸气蒸馏，许多高沸点物质也能被蒸馏出来，而用直火蒸馏则难以达到此目的。在改革白酒蒸馏设备时，必须注意这一点。要力求把香味物质蒸馏出来，严防残存于酒糟中而浪费。由于蒸发系数不同，在不同香型的白酒之间，酒度不需强求一致。

(二) 配醅入窖

白酒发酵时，需配入大量酒醅。以粮谷或薯类为原料，用麸曲法生产时，一般配醅量为1:4~5；用小曲法生产时，为1:2~3。这些酒醅起着松散及分界面作用，并且是调节酸度，

供应微生物的营养和香味物质的前体，同时还起到调节基质浓度即淀粉浓度的作用。此外，酒醅经多次发酵，可充分利用淀粉，有利于提高出酒率和改善产品质量。加醅固态发酵，所产酒糟亦为固体，提供家畜饲料，给运输和贮藏都创造了方便条件。酒醅经长期反复发酵，从而积累了大量微生物代谢产物及菌体自溶物。这些物质有的本身就呈香味，有的则是香味的前体物质。因此，出酒率的高低，质量的优劣，都与酒醅的质量密切相关。

泸州老窖曲酒的生产，对“万年糟”极为重视。汾酒厂采取传统的清烧（清楂）法，不配醅进行两次反复发酵，它是北方老白干的典型，是清香型酒的代表。茅台酒工艺也采取清楂法，但经过长期多轮次发酵，以其独特的工艺方法将各轮次所产的酒分类入库、分别贮存、勾兑出厂。

一般白酒厂对于养醅（糟）也极为重视，如果酒醅质量不佳，势必造成“掉排”，并长期不易扭转。《烟台操作法》规定的“低温入窖、定温蒸烧”实质上就是确保酒醅质量的有效措施。

（三）界面复杂

自然界的物质状态存在着气相、液相、固相三种形式。这三种不同相的接触面称做界面。在界面上栖息的微生物的类型和特性与在均一相中的差别很大。几十年前曾有人尽了最大努力，以有机培养基分离土壤中的硝化菌未获成功。以后，采取硅胶体才培养出来。不久，又有人用蛋白胨培养基添加砂子，同样分离出硝化菌。证明硅胶和砂子起到了特殊作用。后来界面得到了发展，用陶土、活性炭、氧化铝等作为胶体粒子吸着剂，这些吸着物质对微生物有极大的亲和力。但是这个问题相当复杂，其分散度、氢离子、不同性质及其形状，对不

同种类的微生物有着不同的影响。

液体发酵制醋时，在木桶中添加大量木屑，起着界面作用，增加溶解氧，快速发酵提高得率。产酯酵母由于液体表面张力，并与气相接触而产膜，若添加界面活性剂减少表面张力，则极少产膜，而其酒精生成能力大为增加，几乎接近于非产膜酵母。有人在酒精发酵中，加纤维吸着剂，认为吸着剂对酵母的酒精发酵起到很大的促进作用。

白酒固态发酵时，窖内气相、液相、固相三种状态同时存在（气相比例极少），这个条件有力地支配着微生物的繁殖与代谢，遂形成白酒特有的芳香。例如利用相同的糖蜜原料，液体发酵后经蒸馏塔蒸出来的桔水酒（粗馏酒）不具有白酒的芳香；若将糖蜜拌入谷壳进行固态发酵、固态蒸馏，尽管其质量较差，但有地道的老白干酒风味。除颗粒的界面影响之外，也不应忽视配醋中所带来的前体物质所起到的重要作用。

有些发酵工业已采用界面活性剂提高得率，或者利用其抑制杂菌，均有很大效果和发展。但是由于应用的历史还较短，一门新的技艺正在形成中。白酒发酵过程中，界面关系极为复杂且不稳定，关于界面对出酒率及质量的影响。将是今后科研工作中的新课题。

（四）多菌发酵

麸曲、小曲法酿制白酒时，利用人工培养的纯菌种，对出酒率和质量影响很大，起着主导作用。但是白酒生产目前多是手工操作，感染野生菌的机会极多，从而形成多菌发酵，发酵期长尤其如此。凌川白酒用河内白曲添加产酯酵母，经十四天发酵后，出窖检菌时，竟分离出数十种菌。其中除极少数的酵母菌外，主要的是细菌。白酒发酵不可避免侵入大量乳酸菌，该菌生成的乳酸酯是白酒不可缺少的香味成分；若生成

量过多,亦使白酒的质量减色。除乳酸菌外,尚有枯草杆菌、醋酸菌、丁酸菌等等。梭菌、甲烷杆菌等是产生己酸及其酯类的必要细菌,这对生产泸型酒是必不可少的。这些菌类是在生产过程中,由空气、场地、工具、窖泥等感染而来的。这些外界侵入的微生物,虽然当时数量极少,当窖内条件适宜时,则迅速繁殖。在某一时期可能成为窖内的主宰者,而另一时期则死亡殆尽。各种微生物在窖内盛衰消长,互相交替。由于代谢产物的积累及其他原因,有的维持下去,有的被中途淘汰。在多种微生物之间,有着互生、共生、拮抗等关系;又有着各式各样的酶活物质和各种不同的代谢产物;还有分解、合成、开环、酯化、氧化还原等生化反应。这些错综复杂的变化,在其他发酵工业中是罕见的。当前要把这些复杂的情况完全弄清楚,以进行人工控制尚有一定困难。今后随着科学的发展,科研工作的深入,找出一定规律,抓住微生物的动向,给它们创造适宜的条件,适当的接入必需的菌种,对巩固提高产品质量和出酒率将是可取的。

二、白酒质量的特点

饮料酒与一般食品不同,它属于食品中的嗜好品。乙醇是白酒的主要成分,对饮者起刺激作用,这与其他饮料酒是相同的。但是由于原料和工艺与其他饮料酒不同,所以其风味与其他饮料酒亦相异。在微量成分上(即香味物质),它与以葡萄为原料发酵蒸馏的白兰地不同,与以大麦芽为原料发酵蒸馏的威士忌不一样,与以甘蔗糖蜜发酵蒸馏的兰姆酒更有明显的区别。白酒有其独特的风格,主要特征如下:

(一) 高级醇类少

白酒中的高级醇类较其他蒸馏酒少得多,其中戊醇类低

于白兰地、威士忌的2~4倍，低于兰姆酒的10倍左右。丁醇类的绝对量也低许多倍。

(二) 乙酸乙酯含量高

白酒中的乙酸乙酯高于其他蒸馏酒许多倍。比白兰地的高10倍，比兰姆酒的高2~3倍，比威士忌的高0.5~1倍。

(三) 乳酸乙酯含量高

白酒更突出的是乳酸乙酯含量高。其他蒸馏酒只是微量检出，而白酒的乳酸乙酯含量一般都达40~200毫克/100毫升之多。这是固态发酵和固态蒸馏的特点所造成的。在白酒生产过程中，侵入大量的乳酸菌，并能充分繁殖而产生相当多的乳酸及其酯类，应用甑桶蒸馏又能将其大量蒸出，遂使乳酸乙酯在白酒的香味物质中占着很大比重。因而说白酒香气的主要特征是含有大量的乳酸乙酯并不过分。

(四) 芳香族化合物含量少

芳香族化合物是各种蒸馏酒的重要香气成分来源。白兰地、威士忌、兰姆酒都含有较多的芳香族化合物。这些物质主要来自原料中的单宁，更重要的是于木桶中经长期贮存，木材中的木质素被分解而参与了芳香族化合物的生成。如香草醛、香草酸、阿魏酸等。威士忌则有一部分芳香族化合物来自泥炭。白酒多贮存于瓷缸(甕)中，不接触木材，但也含有芳香族物质。经试验证明，愈疮木酸系统的物质主要来自曲的原料——小麦、麸皮，丁香系统则来自高粱中的单宁。白酒中芳香族化合物的种类和数量都比白兰地、威士忌、兰姆酒的少得多。

尽管白酒与其他蒸馏酒的许多微量成分在种类上、数量上、比例关系上有不少差别，但最主要的是上述四种差异，构成了各种酒的不同风味，形成各自的典型性。

白酒与酒精亦不相同，例如利用酒精糊化锅加压蒸煮的原料，虽经固态发酵蒸出的白酒，其酒味亦不佳。经液体发酵的醪液，以固态方法蒸出来的酒也缺乏白酒风味。用固体发酵的醪加水后以酒精蒸馏塔蒸馏，蒸出的酒更缺乏白酒应有的芳香。单纯从用淀粉原料、加曲糖化、以酵母发酵、蒸馏提取酒精这些基本操作来看，两者大致相同。但是，由于设备、工艺不完全一样，则酒中的微量成分有很大差异，造成风味上有明显的区别。这两种成品的要求亦不相同，对酒精的要求越纯越好，白酒中的香味物质是它的杂质。白酒是饮料和嗜好品，要求它具有一定的香味并且有酩酊作用(过瘾)。白酒中的某些香味物质是以消化乙醇的微生物产生的，也有的香味物质是以乙醇为前体物质。微生物进行发酵要消耗碳源，而有时其代谢产物又妨碍发酵。基于这些因素，提高白酒的香味难免与出酒率有些矛盾，即产生香味物质必须有合理的消耗。因此，不能以生产酒精的出酒率来要求白酒的出酒率。然而也不能忽视白酒生产中的潜力，采取有效措施，防止不必要的损失，在保证质量的前提下努力提高出酒率是完全必要的。因此，必须用辩证唯物主义的观点和方法，解决白酒生产上存在的矛盾。

第二章 原 料

一、甘 薯

甘薯又称红薯、地瓜、山芋等，有很多优良品种，甘薯富含淀粉，是酿酒的好原料。甘薯是高产作物，按亩产单位产酒量计算亦十分经济。广大农民有切干保存经验，给白酒工业创造了有利条件。一般薯干原料出酒率50%左右，母薯干原料出酒率30~35%。薯拐子约产20%左右。

表1 甘薯原料成分表(%)

甘薯类别	水分	淀粉	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	灰分
四川鲜薯	69.8	27.7	1.1	0.23	0.7	0.74
华北鲜薯	61.6	14.58	1.3	0.1	0.3	0.5
广东鲜薯	74.6	18.18	0.6	0.5	0.2	0.6
上海鲜薯	75.25	21.49	1.08	0.19	—	0.62
天津薯干	10.9	70.2	2.3	3.2	3.3	2.0
河南薯干	10.1	68.06	4.61	0.89	—	2.77

甘薯原料有很多优点，首先就是淀粉的纯度高。例如用2%盐酸水解测定的薯干淀粉，与同法测定的其他原料淀粉相比纯淀粉多。甘薯淀粉粒大，易于糊化，给糖化发酵创造了有利条件。其组织蓬松，吸水能力强，含浆多，减少酒精和糖的损失。因其含脂肪及蛋白质少，发酵过程中升酸幅度小，这对淀粉酶钝化及酵母提前死亡的危害性极小。由于具有这些优点，薯干出酒率比其他原料都高。

甘薯原料亦有缺陷，因它为块根作物，所以其成品酒的薯

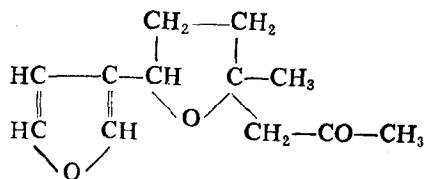
干味较浓。块根中有甘薯树脂($C_{34}H_{66}O_{20}$)($C_{16}H_{32}O_3$)，在绝干物质中约有0.35~0.4%，对发酵虽有妨碍，因其量小，危害性不大。并因其果胶多，生成甲醇量较高。鲜薯不易保存，遇有病害则影响出酒率及白酒质量。

病腐薯：鲜甘薯最易腐败，比任何作物都严重。主要因其含水量较大，糖分等营养充足，从而给腐败菌造成有利条件。擦伤表皮更容易感染腐败菌而引起腐烂。

甘薯的病害较多，主要是黑斑病，此外还有内腐病、青霉病、软腐病等，都是由菌类引起的。受冻的坏死薯，受水泡的水腐薯，则是由于自然灾害和保管不当而造成的。病腐薯不但妨碍糖化、发酵作用，并造成淀粉损失，或细胞壁粘在一起，不易吸水，煮不烂，淀粉酶及酵母难以起到应有的作用，以致出酒率极低。有害物质蒸入酒内则严重降低白酒质量。

黑斑病是甘薯最严重的病害，有的块茎在生长过程中即患此病。其患处呈黑青色，有强烈的苦味。用10%氯化铁点于患处，薯片呈鲜绿色。用小苏打或氨水涂在切片上，60°C保持20分钟，即可发现青绿色，这个方法很灵敏。如在患处滴浓盐酸则呈现蔷薇色。

由感染黑斑病的甘薯，以131°C/3毫米汞柱分离出一种苦味质，一般称作黑斑病苦味质，其分子式为： $C_{15}H_{22}O_3$ ，学名称作蕃薯酮。其结构式如下：



其生成原因为甘薯树脂受黑斑病菌的作用，产生不饱和