

中国白酒的蒸馏技术(上篇)

赖登烽¹, 彭明启², 丁志贤¹

(1.四川全兴股份有限公司, 四川 成都 610036; 2.四川省酒类研究所, 四川 成都 610017)

摘要: 1998 年 8 月, 在成都市府南河交汇处水井街酒坊发掘到埋藏数百年的酿酒遗址和成套的酿酒器具文物。从灶台直径的大小表明该作坊已具有相当的生产规模。甑径达到的数量级说明蒸馏器的设计技术和运行操作技术均已达到较高的水平, 它形成的传统工艺绝大多数被沿用至今。研究表明, 这些技术虽是源于实践经验的总结, 却包含了丰富的科学哲理, 为发展今天的酿酒技术提供了有力的实践佐证。

关键词: 天锅甑; 中国白酒; 水井坊; 蒸馏技术

中图分类号: TS262.3(2); TS261.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-9286(2004)05-0051-02

Distillation Techniques of Chinese Liquors (I)

LAI Deng-yi¹, PENG Ming-qi² and DING Zhi-xian¹

(1.Sichuan Quanxing Co. Ltd., Chengdu, Sichuan 610036; 2. Sichuan Liquor Scientific Research Institute, Chengdu, Sichuan 610017, China)

Abstract: In August 1998, liquor-making site and complete liquor-making apparatus buried for several hundred years were unearthed at Shuijing Street liquor workshop (Located at Hu'nán River interjunction in Chengdu). The diameter size of hearth suggested that the workshop was in possession of comparatively large production scale. The steamer diameter size suggested that the design techniques and distilling operation techniques of distillatory vessels at that time had achieved advanced stage. Most of the techniques have continued to use up to present. And the research indicated that these techniques, although developed through the summarization of production experience, were science-oriented, which provided powerful evidence for the development of liquor-making techniques nowadays. (Tran. by YUE Yang)

Key words: Tianguo steamer; Chinese liquors; Shuijing liquor workshop; distillation techniques

“中国蒸馏酒起源于何时?”一直是世界科技史界争论不休的问题。水井街酒坊遗址发掘出的众多蒸馏酒酿造设施有力地说明, 元末明初, 中国就有了较为成熟的蒸馏酒酿造技术^[1]。这类技术以现代的观点来看, 所包含的内容涉及以微生物为主体的生物工程技术, 它保障着酿酒业的“丰产”问题, 让众多微量组分实现定向浓缩与同步萃取技术, 保障着酿酒业的“丰收”问题。

中国白酒被誉为世界六大蒸馏酒之一。其独到之处是在主体成分酒精被浓缩的同时与之共生的香味组分也被同步浓缩萃取而进入酒体。也就是说, 中国白酒一经蒸出, 即具备了成品酒的基本组分骨架。中国白酒也需要贮存, 贮存的目的有利于内部少许物质的进一步平衡转化, 让多种物质间完成更广泛的缔合与转化。其过程不与贮存容器发生分子间反应, 更不需要通过贮存浸泡工序来增加香味成分, 这是中国白酒的显著特征。

水井坊出土文物主要是现在正使用着的发酵窖池, 是白酒生产的基本设备, 600 多年来一直沿用至今。文物中灶台的形状说明了作坊一直在使用中国特有的天锅甑蒸酒, 而灶台的内径清楚的标明它的单甑产量值。从对天锅甑的技术分析看出, 在当时环境下作坊的单甑产量值已达到天锅甑的极限产量了(尽管与现代甑桶产量相比, 其值也只为现有单产量的 1/8~1/6)。限制天锅甑产量的首要问题是大锅冷凝器的换热效率低, 热交换速度缓慢而限制了甑子容量的扩大, 这是导致上世纪 50 年代后天锅甑被遗弃的直

接原因。

从那时到现在又过去了 50 余年, 这 50 年的新技术进步日新月异。近代的换热技术完全能够解决天锅甑所遇到的技术难题, 为继承天锅甑的种种优势奠定了基础, 也启发了我们有可能对现行蒸馏设备功能的不足进行完善和补充。

1 中国白酒的甑式蒸馏设备——天锅甑

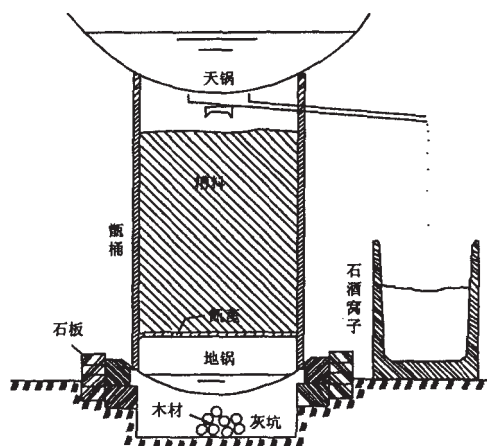


图 1 中国的天锅甑

收稿日期: 2004-05-31

作者简介: 赖登烽(1948-), 男, 四川全兴股份有限公司副总经理, 高级工程师, 教授级咨询师, 国家白酒特邀评酒委员, 从事酿酒工作 36 年, 获部、省科技进步奖 8 项, 发表科技论文 20 余篇。

图 1 中展示了上世纪 50 年代后期的全兴天锅蒸馏器。尽管这一设备看起来近乎原始,但却支撑着水井酒坊走过 600 多年辉煌历程,创造过中国白酒的辉煌业绩。

地锅放在灶台上,桶底放置了一个竹编的篦子,上面放置糟醅,它们的重量由灶台边缘承接。上甑口放上一口铁锅——天锅,内装冷水作为冷却器。天锅尖底下面置一接酒斗,通过流酒管引至石酒窝子。当地锅放上水后,加火,即可蒸酒。待地锅水烧开后,蒸汽扑向甑篦。此刻,工人便将发酵好了的含有一定酒精浓度及丰富香味物质的糟醅均匀而轻轻地铺撒在甑篦上,逐渐将酒醅加到顶端一定位置,这时糟醅中的酒汽及香味物质经过了如此反复的汽化—凝结—汽化过程后已集中到了甑顶上一薄层料面下,此时糟醅中的酒精浓度及香味物质浓度已接近最低浓度水平。安好引酒管,抬上天锅,掺好冷却水,一个完整的上甑操作过程就完成了。同时要求做到缓火蒸馏,即可得到较好蒸馏效果。

古人采用的这种结构简单的蒸馏器,是经过长期实践,不断改进、筛选的一种特别适合中国白酒使用的装置,蒸出的酒在世界蒸馏白酒中独具一格。

2 天锅甑的重要特征

2.1 利用大气压力来保证蒸汽品质稳定

天锅甑的蒸汽发生器是一口地锅,地锅是通过进水口与大气相通,保证着地锅沸腾始终是处在一个大气压力之下运行。我们知道沸腾蒸汽所含有的热量与压力密切相关,压力越高所含有的热量亦高。压力稳定不变时所提供的热能也稳定不变。在蒸酒的时候,由于蒸汽压力稳定,要求“火力”大小变化就简化为对产汽量的控制,工人操作起来十分方便。现在,酒厂普遍使用了锅炉集中供汽系统,大大提高了供汽效率,并且节约能源。现在蒸酒时亦还要引用天锅甑的蒸酒原理,即通过一个与大气相通的底锅把水加热蒸汽后再用来蒸酒,这正是中国甑的一大特色。

2.2 在保护酒品质的前提下设定甑子容量

据操作过天锅甑的老工人回忆,天锅甑内料层高度大约为 70 cm,这一数据与最佳装料高度试验结果一致。试验表明,料层高度小于 50 cm,提香不充分,酒质则较低劣;料层高度升高到 70~80 cm 时,在通常条件下(锅底无回酒的蒸馏)酒质都能达到合格。基础酒标准根据这一数据再参照出土灶台尺寸,水井坊天锅甑的甑容量是在 0.2~0.26 m³ 范围内,每甑能装糟子 100~150 kg。铁锅口径约为 80 cm,锅深约为 40 cm,按这个尺寸计算,天锅可装冷却水 120~130 kg。水温从 15℃ 升至 35℃,它可以冷凝出 7.6 kg 酒液。

由此看来,天锅的自然对流循环方式吸热最大能力也只能达到 8 kg 左右。如果再加大甑径以增加产量,人们会发现增加直径将使甑容量体积以直径的 3 次方关系呈指数增加,而此时天锅冷却面积却只能以直径增量的 2 次方关系呈指数增加。天锅冷凝面的增加不能匹配体积增加带来的酒产量的增多,多产出的酒冷却不下来,酒损失将迅速加大。故天锅这种甑体有一个最佳的甑径,在这个甑径下可获得最佳的产酒量。

上世纪 50 年代初,大酒厂引进了管状热交换器来代替天锅冷凝器,位置也从天上放到地上。从换热这个角度上讲,列管式换热器有很大的容量,酒甑便可以适当做大,及时解决了当时制约酒厂产量扩大、进行工业化生产的难题。

当然,这只是问题的一个方面。限制甑径增大的另一个重要因素是全甑穿汽一致性问题,这是保障获取较高优质酒品率的先决条件。设想,如果在甑表层槽面上既能做到盖盘时同步穿汽,又能

做到盖盘后各个甑区(甑边区、甑中心区、甑半环区)穿汽的速度相等,便克服了蒸馏时首尾杂质掺混流出现象,一级酒产量就会增加。

我们可以把圆形甑篦上的受热面积看成是由一个个的小圆环拼接起来的,假若每一个小圆环的半径增量值都相等,随着半径的增加,圆环面积将会以平方关系增大。考查单位长度的半径所对应的环状面积,外圈比内圈更大得多。在糟子的透汽性相同,底锅产汽热流密度(单位面积上运载的热量)相同的前提下,面积大的地方要比面积小的地方获取热能多。实践证明,甑边区总是热得快。尽管上糟时还增加了对甑边区的落点压力,盖盘时还先堆高了边区的糟子量,目的是增加甑边区里的堆积密度,把多得的热量吸收掉,可惜这些措施无法完全补偿热量的平衡,甑边仍还抢先一步出酒,又抢先一步把酒流完。接着,甑边继续向甑盖空间提供尾级杂质、水及高沸点物质,这些杂质将混入中心甑区产出的优质酒中,一起流出,有杂味的酒当然被判为二等、三等酒,滴入另桶中,所以,一定要注意酒甑直径的增加受到冷凝能力和甑篦受热均匀性两个条件的制约。

2.3 科学的设置酒汽通道,选择了集团型相变模式

酒汽通道是指酒汽离开甑内表层糟子后运动到冷却面这一段路程的通道。怎样布置?怎样设计?水井坊出土文物以及云、贵等边远地区的现用设备都把这一问题的原理表现得明白清楚。其共同点是:让通汽道的面积与料层蒸发面积相等,让酒汽以最短路程扑向冷凝面。这种构思原则是颇有道理的。

今天,我们可以这样理解:(1)甑内表面料层下的酒液已饱含了酒精和众多香味组分物质。乙醇分子以自身低沸点、活动量大的优势推动着与之缔结成分子团关系的其他高沸点物质分子团一起运动。靠着缔合键力的作用,当乙醇分子蒸升时亦把这些大而笨重的分子群卷着一起跃进酒汽空间中。始终处在主动状态下的大量乙醇分子簇拥着这些重而大的分子团一起前进。如果空间内热量足够多,便可以继续提供热能支持,以维持这些分子团的定向运动。但是,空间内的热能是一种来自料层表面的辐射热,随着距离的增加,辐射热迅速减少,热能的减少,意味着乙醇的牵引力减少而独自降落,最终返回料面。而乙醇分子就独立出来了,变成了自由基形态的分子。为了减少这一状况的发生,冷凝捕获面不应放置在离蒸发料面太远的地方,所以古人把冷凝器搬到甑顶上离料面最近的地方。(2)以乙醇分子为牵引力,把香味物质分子团抬升到一定空间后,此时它们由液态变成了气态,分子之间的距离一下就拉开了若干倍,相互之间的约束力或影响力突然间大大减小(1 百万倍)。其相互连接关系变得相当的脆弱,一挤压力或拉升力都可以让它们彼此分开,各奔东西。若有大一点的搅动或剪切力出现时,更可使这些组分分子团变成自由形态,被收入酒中。所以,要求酒汽通道上的面积不要做得忽大忽小,这样会造成挤拉气团,破坏它们的完整性,这是第一要求。第二要求是用平板冷凝器来捕获这些气团,让它们在前进中依次冷凝,其相互间的连接关系不被打乱,组分间的均匀性就得到了保持,以这种方式获得的酒被人评价为“有 3 个月的贮存效果”。

2.4 天锅甑的甑壁选用木质材料是恰当的

近代传热学有一个物性指标叫做“热扩散系数 a ”,它表达的物理意义是物质对热量传递的速度, a 值越大,表明热能扩散越快, a 值越小,表明物质内部热能扩散越慢(a 单位为 m²/s),在木质甑中,热在糟子和甑壁中的传播速度很相近。若用石头做甑壁,两

(下转第 55 页)

于碳链的增长,在蔗糖存在下,也可促进杂醇油的生成。

2.1.3 多元醇的生成:以丙三醇为例,酵母菌在产酒精的同时,亦可生成部分甘油。酒醅中蛋白质含量越多,温度及 pH 值越高,则甘油的生成量也越多。甘油主要产于发酵后期。某些细菌在有氧条件下也产甘油。

2.2 酸类的生成

白酒发酵过程中形成的有机酸种类很多,产酸的途径也很多。很多有机物都能经生物化学等反应生成有机酸,低级的酸也可逐步合成较高级的酸,醇和醛也可氧化为相应的有机酸。

2.2.1 乙酸的生成:酵母菌酒精发酵可产乙酸,醋酸菌可将酒精氧化为乙酸,糖经发酵生成乙醇,再经歧化反应生成乙酸,异型乳酸菌也产乙酸。

2.2.2 乳酸的生成:由乳酸菌经同型或异型乳酸菌发酵生成;毛霉、根霉等也能产 L-型乳酸。

2.2.3 己酸的生成:由酒精和乙醇可合成丁酸或己酸;由酒精和丁酸可合成己酸;也可先生成丙酮酸,丙酮酸再变为丁酸,丁酸再与乙酸合成己酸。

2.2.4 戊酸及庚酸的生成:先由丙酮酸经丙酮酸羧化为草酰乙酸,再还原成苹果酸,进一步脱水还原为琥珀酸,然后脱羧合成丙酸,最后,由梭状芽孢杆菌经类似丁酸、己酸的合成路线,将丙酸合成戊酸和庚酸。

2.3 酯类的生成

酯是由醇和酸的酯化作用而生成。途径有二:一是通过有机化学反应生成酯,但这种反应在常温条件下极为缓慢,往往需几年时间才能使酯化反应达到平衡,且反应速度随碳原子数的增加而下降。二是由微生物的生化反应生成酯,这是白酒生产中产酯的主要途径。存在于酒醅中的汉逊酵母、假丝酵母等微生物,均有较强的产酯能力。

2.3.1 乙酸乙酯的产生:由丙酮酸羧化为乙醛,再氧化成乙酸,并在转酰基作用下生成乙酰辅酶 A;或由丙酮酸氧化脱羧为乙酰辅酶 A。乙酰辅酶 A 在酯化酶的作用下与酒精合成乙酸乙酯。

2.3.2 乳酸乙酯的产生:符合一般脂肪酸乙酯的共同途径。即乳酸经转酰基酶活化成乳酰辅酶 A,再在酯化酶作用下与乙醇合成乳酸乙酯。

2.3.3 丁酸乙酯和己酸乙酯:均为相应的脂肪酸与醇在酯化酶促进下通过生化反应酯化而成。

3 中国白酒的发展方向

近年来,中国白酒一直在向“低度、营养型白酒”发展。也就是高度酒向低度酒转化;无营养酒向营养型酒转化。所谓营养型白酒,就是以白酒为酒基,风味上基本保持了传统白酒的特征,又具有营养保健性质的白酒^[14]。

因而,应该充分发挥传统工艺的技术特点,运用现代生物技术、中医学和营养健康学等理论去改造引导中国白酒的发展,使之达到提高白酒科技含量的目的,使中国白酒向着“白酒的风格、果酒的工艺、补酒的功能”的方向发展。也就是说,在突出中国白酒风格特征的基础上,降低有害成分甲醇、高级醇、醛的含量,提高营养成分和保健作用,把中国各类白酒、果露酒、滋补酒、药酒以及各类世界名酒(洋酒)的优点和先进的工艺有机地科学地结合起来,实现古为今用,洋为中用^[15]。

参考文献:

- [1] 张丽敏,张生万.中国白酒与风味物质[J].酿酒科技,2002,(3):41-42.
- [2] 曾祖训.中国白酒的魅力[J].酿酒,2002,29(6):99.
- [3] 郭坤亮.茅台酒酿造微生物的生物多样性成因及研究价值的探讨[J].酿酒,2002,29(2):36-38.
- [4] Cheng ML,Wu J,Wang HQ,Xue LM,Tan YZ,Liu P,Li CX,Huang NH,Yao YM,Ren LZ,Ye L,Li L,Jia ML.Effect of Maotai liquor in inducing metallothioneins and on hepatic stellate cells[J].Shijie Huaren Xiaohua Zazhi,2001,9(12):1369-1373.
- [5] 季克良.茅台酒在中国白酒发展中的影响、地位及作用[J].酿酒科技,2003,(4):29-31.
- [6] 庄名扬.中华浴酒的保健源——功能因子的剖析[J].酿酒,2003,30(4):11-14.
- [7] 高月明,侯小波,沈淑梅.清香型白酒潜力何在[J].酿酒,2002,29(6):6-8.
- [8] 尚维,刘群,栗伟.核酸保健功能白酒的研究[J].酿酒,2001,28(4):92-93.
- [9] 庄名扬.浅析中国白酒微量成分的生理活性[J].酿酒,2000,(5):23-25.
- [10] 刘沛龙,唐万裕.白酒中金属元素的测定及其与酒质的关系[J].酿酒科技,1997,(6):23-28.
- [11] 徐占成.名酒新论[M].成都:四川科学技术出版社,1997.
- [12] 胡国栋,程劲松,宋叶.气相色谱法直接测定白酒中的游离有机酸[J].酿酒科技,1994,(2):11-15.
- [13] 沈怡方.白酒生产技术全书[M].北京:中国轻工业出版社,1998.
- [14] 黄书声.中国营养型白酒之说[J].酿酒,2003,30(4):6-7.
- [15] 赖高淮.从科学技术是第一生产力谈中国白酒的发展[J].酿酒,1999,(4):32-35.

=====

(上接第 52 页)

者的热传播速度差别也不是很大,上甑时感觉到甑壁稍烫一点,会出现轻微的甑底热得快的现象;如果用金属材料做甑壁,例如不锈钢,其 $a=0.9\text{ m}^2/\text{s}$,这一数值比糟子的 a 值大了 1 百万倍(10^7),总的现象是盖盘后甑子内侧的不锈钢板(面积大约有 4 m^2)将热量大量传上来加热边沿一带的糟子,使它先穿汽,先流完酒,接着出流的尾段杂质便渗入中心部位正在正常出流的优质酒中,破坏它的口感,搅乱它的成分,使此刻的酒质降低等级。可以设想,甑桶若能改用木质材料做甑壁,就可以避免由甑壁带来的这部分热干扰。甑壁上有 4 m^2 大的加热面对边沿糟子进行加热,其量不可忽视(请注意,此时的甑底面积仅为 2.1 m^2),它是造成优质酒率下降的主要原因,也是使一段酒中含有“糟子味”的直接原因。发酵好的糟

子是蒸出好酒的前提,但好糟子不能多出好酒才是一个大问题,也是蒸馏设备没有全面体现上述蒸馏原则的缘故。

以上 4 点天锅甑的蒸馏原理是古人留给我们的宝贵财富,它所遇到的技术问题现在已不是问题了。今天的酿酒科技工作者在继承古老天锅甑的蒸馏原则的同时,应用现代科学技术,使它发扬光大,提高蒸馏收得率,有效地保证糟醅发酵“丰产”后的“丰收”,实现最大的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] [C]水井坊,2002(3):7.
- [2] D.皮茨 L.西索姆.传热学(原第二版)[M]北京:科学出版社,2002.