

# 中国古代人民对酿酒发酵化学的贡献

罗志腾

(西北大学)

中山大学徐贤恭同志对我国古代化学的发展曾经作了论述,但其中对我国化学史上具有重要地位的酿酒化学并没有开展讨论<sup>[1]</sup>。其实,在我国悠久的历史 and 灿烂的文化中,我国古代人民在酿酒发酵化学方面也曾经为世界人民作出过重要贡献。下面从三个主要方面加以论述。

## 一、发明曲蘖酿酒——制曲酿酒术

现在世界上酿酒技术可归为三大来源:一为古代埃及的麦芽啤酒生产,二为古代的欧洲葡萄酒酿造;三为我国古代发明的曲蘖酿酒以及发展至今的制曲酿酒技术。

曲蘖酿酒技术的发明是我国古代人民重要贡献之一。从大量出土文物中,可以看到这一独创的工艺的光辉成就。离现在大约六千多年前的龙山文化时期,我们的祖先就使用了盛酒的尊、鬯(音“规”)和彝(音“垒”)等器具。进入奴隶社会后,青铜器中有更多的尊、卣、彝,还有热酒用的爵(音“角”)、斝(音“贾”)、角,以及饮酒用的觚、觶(音“质”)等。可见酿酒业之兴盛。当时酒的种类从质量上看,大概有两大类,即一类为较浓较香的“鬯其酒”,另一类为淡薄的醴。“鬯其酒”在甲骨文卜辞上常见。“鬯”是什么呢?《左传》上说:秬鬯,黑黍也。可知“鬯其酒”就是用黍所酿的香酒。从酒的加工过程来看,似可分为三种,即《周礼·天官篇》里的“辨三酒之物,一曰事酒,二曰昔酒,三曰清酒。”事酒就是一般的酒糟酒,即醴;昔酒是陈放时间较长的酒;清酒是把糟粕过滤掉的酒浆。至于酿酒的方法,当时有“五齐之名”,即“一曰泛齐,二曰醴齐,三曰盎齐,四曰醅齐,五曰沉齐”。何谓五齐?袁翰青解释为发酵的五个步骤<sup>[2]</sup>。“泛”是发酵之初,物料发动之状态;“醴”为物料冒泡;“盎”即发酵到最盛时,放出二氧化碳气体;“醅”到了发酵后期;“沉”是发酵终点,物料残渣与之分层了。虽然五齐可视为当时掌管酒类生产的“酒正”官们教授识别发酵现象的方法,但是实在的技术还是《尚书》中记载的“若作酒醴,尔惟曲蘖”,即曲蘖并用于酿酒的技术。

这种曲蘖并用技术,到了秦汉间才有较详细的记载。那篇记叙文即《礼记·月令篇》里面写道:“仲冬之月,乃令大酋,秫稻必香,曲蘖必时,湛炽必洁,水泉必香,陶器必良,火齐必得,兼用六物,大酋监之,毋有差贷”。这段四十四字诀,可说是世界酿酒技术的最早记载。它明确而扼要地叙述了酿酒技术的六个要素,即酿酒时间

的掌握、原料、酿酒微生物、水质、发酵器(陶器)和酿酒的温度。

从现代微生物发酵知识来看,六个要素中最要紧的是“曲蘖必时”。要及时地使用曲蘖,才能使原料秈即黏粟中的淀粉,在中性偏酸的泉水调和下,被曲中微生物酶和种子发芽时的酶菌所转化。蘖就是种子发的芽,如麦芽或稻芽。六个要素如果具备,就可以保证产酒的可能性。现代生物化学指出,原料中的淀粉转变成酒精,经历着一系列复杂的酶的催化反应。第一步是淀粉的水解。在 $\alpha$ -淀粉酶、 $\beta$ -淀粉酶或葡萄糖淀粉酶等各自催化下,淀粉转化为单糖或双糖;接着葡萄糖在磷酸化酶等多种酶催化下,变为丙酮酸到乙醛,然后乙醛还原为乙醇(酒精),放出二氧化碳。如果用1份淀粉发酵的话,理论上则可产生65°白酒99.2份。古代人们由于历史局限性,虽不能了解上述机理,然而他们总结的酿酒六个要素,终究是我们的宝贵遗产。

这一遗产之可贵,还由于与同时代的古代世界各民族相比较,它具有独特的地方。上面说到古代埃及和古代地中海欧洲人也有他们自己的酿酒方法。但是,就技术本身掌握难易的程度而言,我国曲蘖酿酒术比他们那两种方法需要更多的知识。我们的祖先使用曲蘖,首先需要有一个制曲过程。而制曲过程是人工控制霉菌生长发育的过程。要掌握这些过程,势必要了解霉菌的生物学规律,然后才可能获得制曲的成功。从对微生物世界进行研究的意义上来讲,不能不说我国古代人们比之十八世纪有了简单显微镜后才开始观察微生物世界的欧洲早了许多年!

但是,我国古代曲蘖酿酒技术必竟还是比较原始的。到了西汉繁荣之后,我国酿酒工艺才有了一个新的突破。本文作者曾经在讨论古代中国酿酒分期时,有过这方面论述<sup>(3)</sup>。这个突破就是单独用曲酿酒,其结果提高了酒的质量,提高了出酒率,扩大了酒的生产量等等。

现在着重讨论一下单独用曲不同于曲蘖酿酒的最主要的技术特点及其发展概况。

单独用曲酿酒最主要的技术特点之一就是制曲工艺本身。特点之二,就是酿造时用曲量的技术。用多少曲才能酿出更多的酒?这是古代人们一直要探讨的问题。起初规定“一酿用粗米二斛,曲一斛,得成酒六斛六斗”<sup>(4)</sup>。其用曲量为原料的50%。稍后崔浩母亲写的《食经》中做白醪酒法,似乎用曲量未变。到曹操呈的《上九酝法奏》中谈及的酿春酒法,用曲量依故,但加曲次数可达九次之多。当时发现多次加曲有利于产酒。经过三百年时间,由于制曲技术发展,曲的质量大为提高。从公元533—544年间北魏贾思勰记录的资料看,酿酒的用曲量已经大大减少。用最差的曲酿造,其用量也只是原料的六分之一;若用发酵力强的神曲,其用曲量仅仅是原料的三十分之一。但加曲的次数仍然采纳曹操推荐的多次投加法。这一技术到盛唐似应该有所发展,因为从李约瑟描写的唐首都长安西市酒家兴隆的景象推测,理应如此<sup>(5)</sup>。可惜唐朝有关酿酒技术书籍,如刘炫著《酒孝经》等至今下落不明。不过,到宋朝确实证明了曲量又在减少。《北山酒经》中说:“陈曲一斗米用10两曲,新曲用12两或13两”<sup>(6)</sup>。一斗约合30斤,10两是16两一斤的10两,可见用曲量乃不足原料的三十分之一。至于宋时发明的红曲,以及酿红曲酒时的用曲量及出酒率都未见有记录。仅仅从宋应星1637年初刻的《天工开物》十七卷“酒母”一节“南方曲酒,酿出即成红色者……”<sup>(7)</sup>,知道有红曲酒存在。

以上简述了我国古代发明的曲蘖酿酒到单独用曲酿酒技术的特点及历史发展过程。

## 二、制曲工艺的光辉成就

下面介绍古代制曲工艺的发展情形。

首先要了解，制曲工艺为什么会发展？自然主要是为了酿酒需要。为什么曲能使粮食酿出酒？因为曲中有几十种微生物，它们体内有许多酶菌。酶，是一种生物催化剂，在常温常压下，可以较容易进行物质转化。例如曲中有一种微生物称黑曲霉，其体内有一种葡萄糖淀粉酶，可以使成千上万葡萄糖苷在常温常压下很快地水解成结构较简单的葡萄糖。曲中许多酶各有各的用途，生物化学上称之为专一性。因此，实际上曲就是许多酶菌的保存者。这位保存者在现代科学中称为酶制剂。曲作为粗酶制剂，包括了酿酒全过程所需要的全部酶菌。如果进一步提纯了酿酒所需的酶菌，也就是说提高了酶的活力，可以在同一份原料条件下，提高了出酒率。换句话说，为提高出酒率就需要提高曲的质量，发展制曲工艺。

我们在古籍中可以看到，古人虽然没有如上了然的认识，然而为酿酒而发展制曲工艺的思想是明确的。例如，贾思勰就说过要好曲才能酿出好酒的话。除此而外，发展制曲同时也为了治病。《左传》上有一个故事，说有人得了腹病求曲作药。大概他得了今天说的消化不良症需要淀粉酶。求者得知对方无曲，唉息地说“河鱼腹疾，奈何？”。到了后来，以曲治病的记载就更多了，并专门制了“神曲”作药用，李时珍《本草纲目》就有详细的制法。

然而制曲工艺不是很早就具有较高水平的，到了秦汉，由于曲蘖用途的分野，才促进了制曲工艺的发展。《史记》上有“蘖、曲、盐、鼓千合”一句，可能是曲蘖分家很早期的记载。从那以后蘖专门用在制饴糖方面，酿酒只用曲了<sup>(4)</sup>。到了三国时代魏末，用曲酿酒已很普遍。有一位当时名士叫刘伶的写了一篇《酒德颂》，其中说到有位大人先生如何爱喝酒，“衔杯漱醪”“枕曲藉糟”。后一句是说垫坐在曲和酒糟上。可见用曲酿酒很普遍了。

虽然如此，制曲技术的全面总结，却当推二百几十年后的北魏贾思勰。本文作者曾经讨论过贾氏的制曲成就<sup>(5)</sup>。我们觉得其中最主要的成就有两点。第一，贾氏比较科学地提出了曲的分类和用量的原则。在此以前，我国制曲虽有千年历史，但是各地品种繁多并未见有人进行比较归类的研究。贾氏首先根据自己所处时代十多种曲的发酵力强弱，把曲分成神曲与笨（音“图”）曲两大类。他说“（神）曲一斗杀三石，笨曲一斗杀六斗。省费悬殊如此。”<sup>(6)</sup>，这是说用神曲酿酒，用曲量为原料的三十分之一，后者六分之一。第二，贾氏较准确地记述了制曲工艺所依据的曲中微生物生长规律。例如，他说制曲过程要“三七日”，第一个七日将曲料“当处翻之，还令泥户”，“至二七，聚曲……”，“至三七日，出之”，有的还要拿出曲房放入甕里再泥封，待到四七再取出晒太阳。出曲标准是“打破看，饼内干燥，五色衣成”。如果饼中“五色衣未成，更停三五日”。所谓“五色衣”即系霉菌各种颜色表现。现在看来，贾氏所述过程基本上符合霉菌生长规律。第一阶段以泥封曲房，是为了保温保湿促进霉菌孢子萌发，当菌丝迅速生长，强烈呼吸作用放出大量热能时，这时需要散热调节品温，故需翻动；第三阶段孢子逐渐形成了，品温下降，故又需“聚曲”保温，以利正常发育。最后“五色衣成”

说明各种霉菌都很茂盛了。

贾思勰如此精心总结的成果一直影响到后代。只有到了宋朝,才又看到了有新的发展。首先,对曲中微生物进行选育,后人较前人进步。北魏时,贾氏总结的制曲只讲究选择季节,还不知道有微生物接种概念。例如,贾氏说“七月上寅中”或“取中寅日”或“以七月中旬以前作曲,为上时”,其意思是说要做质量高的曲子需在七月初十至廿日之间做。因为这段时间对贾氏所处的黄河中下游来说,空气中微生物作为曲的菌种来源似乎有好处。每年如此按时制曲,并不用陈曲作为新曲之母。可是宋朝,就知道老曲末接到生曲团表面上,而不强调做曲季节<sup>(6)</sup>。明末《天工开物》又进一步指出制曲要选育优良菌种,说“凡曲信必用绝佳红酒糟为料,每糟一斗,入马蓼自然汁三升,明矾水和化”<sup>(7)</sup>。这是讲做红曲的接种方法及培养条件。有所发展的第二点,就是后人创造了红曲制法。红曲又称丹曲,首次记录是北宋陶谷著《清异录》。不过,他只是写“以红曲煮肉”的话,并没有制造工艺。《北山酒经》没有红曲,只看到在制曲过程“伤热则心红”一句。详细工艺描述就算《天工开物》了。

宋应星著作中的丹曲工艺有如下特点。一,在原料处理方面,有一个浸粬使“其气臭恶不可闻”的去蛋白质氨基酸的过程。这在以前的制曲过程中是没有的。二,选择优良种子后,规定接种量为2% (“每曲饭一石,入信二斤”),同时用明矾水拌种培养,大约在pH3.5左右培养,如此准确定量,过去历代所未见。三,在管理方面,强调保持酸性环境,强调干净防污染。四,出曲标准要观察“生黄曲”的全过程,即由白至黑,黑转褐,褐转代赭,赭转红,红极转微黄。

以上概述了我国制曲工艺的高度成就。这是古代世界上的重要成果。一直到十九世纪欧洲人才从我国曲中分离到霉菌。

### 三、提出发酵理论雏型

在酿酒发酵技术的基础上,我国古代许多学者探索着发酵本质和规律问题。最早记录发酵现象的,恐怕要算上面提到的“五齐之名”。但是比较系统叙述发酵现象、发酵本质、发酵方法和产物鉴定的著作,只能归于北魏贾思勰和北宋朱肱。当然,在他们先后都有人积累一些资料。例如,晋朝有一位江统(250?—310年)写过一篇《酒酷》,他观察和思考自然发酵现象。他说:“有饭不尽,委余空桑,郁积成味,久蓄气芳。本出于此,不由奇方”。显然他是说剩饭在空气中,经空气微生物作用可发酵成酒味。

然而贾思勰的《齐民要术》却成为集大成之作。贾氏提出的见解,实在是当今有关酶化学和乙醇有机化学的发酵理论雏型,具有启蒙作用。一千四百多年前,贾氏只凭观察与思考,而非用精密仪器测量,得出较科学的解释,这在世界酿酒史上是罕见的。

什么是发酵现象?他说:“浸曲发,如鱼眼汤”,“酒薄霍霍”,“香沫起”,“沸止为熟”等。就是说,曲掺到原料中,不久,表面可以看到象鱼眼大小的气泡不断产生与消失,而后就激烈些,可闻到轻香酒味,听到霍霍之声;发酵最激烈时好似沸腾,而最后不再沸腾了,称为“沸定”,就是发酵终点了。

为什么会发酵,即发酵本质是什么?贾氏说“曲势”也。“沸未息者,曲势未尽…”,“盖用米既少,曲势未尽故也”“酒薄霍霍者,是曲势盛也”,“米有不消者,

便是曲势尽”。这就是说，“曲势”是一种内在的发酵潜力，它是整个发酵过程中始终居于主导地位的推动力量。这是十分符合今天酶的动力学知识的。贾氏用“曲势”来解释发酵全过程，显然十分可贵。

至于发酵方法，他虽然未写成系统的几条几款，但从他对各种酒酿造过程记述中，可以看出贾氏对发酵方法的一般规律是颇有体会的。例如，他对酿酒发酵条件的归纳，提出对原料的选择及处理的具体方法；他对发酵温度的调控；对发酵用水的选择，以及发酵用水与原料的比例的规定等等。这方面的分析可另参看本文作者的其它论文<sup>[6]</sup>。

发酵理论雏型，还提供另一个重要内容，即对发酵产物的性质鉴定。产物性质如何？古代是不可能用现代化学分析方法，诸如各种仪器分析。但提出了简便相对可靠的检定方法。贾氏对酒质量好坏可以归纳为“闻、品、色、感”四个字。何谓“闻”，他说好酒“芳香酷烈，轻隽迻爽，超然独异”。用现代语说，闻起来芳香、浓厚、强烈而轻快。显然芳香是酒中醇与酸酯化产物，如乙酸乙酯、丁酸乙酯一类芳香酯，而浓厚与强烈等感觉是表示一定浓度，例如总酯浓度在每100毫升酒中含0.03克以下，则闻不到酒香，在0.07以上可闻一些，总酯浓度在0.2以上就有浓厚酒香了，象出口汾酒总酯量在0.3以上就使人感到浓厚、强烈而迻爽了。何谓“品”？就是品尝，看酒的口味如何，是测定非挥发物质的办法。贾氏用几种物味类比。他说“酒甘如乳”，“薑辛、桂辣、蜜甜、胆苦，悉在其中”。这就是常说的甜、辛、辣、苦、甘五味俱调。五味为何物质？现代有机分析化学可以查到它的主要成份。不过，测味的古法至今仍有简便通行的现实意义。我国现有八大名酒之一的西凤酒，就是品出五味俱调列为上等。何谓“色”？“酒色漂漂，与银光一体”，“色似麻油”均为好酒，这实际上是对乙醇为主体的多种物质水溶液的观察和体验。“感”即用手插入发酵器中，靠感觉判断温度。“以手入内甕中看：冷，无热气，便熟矣”。没有温度计条件下，这也是可贵的经验。

总之，上述贾思勰在发酵产物的鉴定等方面的总结，为我们留下了宝贵的科学遗产。

在贾氏之后，我国古代有不少学者还根据自己时代酿酒生产的发展，对上述理论雏型作了补充。比较知名的有《新丰酒法》、《北山酒经》和李保的《续北山酒经》。特别是朱肱的《北山酒经》对发酵概念、微生物接种概念、发酵方法等方面均有创见。例如，当时宋朝有一种宣传发酵只用刷案水的唯心主义说法，朱肱对此进行批判，他说“凡酝不用酵，即酒难发醇，来迟则脚不正”，而“正发的醇为酵最妙”。他提出“曲力”“酵力”说去批“不用酵，祇用刷案水，谓之信水”说<sup>[8]</sup>。在发酵方法上，朱肱还补充了加油止沸的办法。

以上种种，特别是古代中国对发酵概念的建立，比之西欧1857年才由巴斯德实验室确知发酵现象，足足早了一千三百余年。由此可见，我国古代劳动人民具有伟大的才智。

## 參 考 文 獻

- [1] 徐賢恭, 中山大學學報(自然科學版), 1977, 3, 57.
- [2] 袁翰青, 新建設, 1955, 9, 45.
- [3] 羅志騰, 化學通報, 1978年.
- [4] 漢書, 食貨志.
- [5] 羅志騰, 西北大學學報(自然科學版), 1976, 1, 104.
- [6] 賈思勰, 齊民要術, 第六十四, 廿一.
- [7] 宋應星, 天工開物, 中華書局影印版, 1959, 17卷.
- [8] 朱肱, 北山酒經, 清·鮑廷博輯《知不足齋叢書》第11函.
- [9] Joseph Needham, *Science & Civilisation in China*, Cambridge University Press, 1954.