

糖化酶工厂 和酿酒工艺

刘荣忠 编著



糖化酶生产 和酿酒工艺

刘荣忠编著

湖南科学技术出版社

糖化酶生产 和酿酒工艺

刘荣忠 编著

责任编辑：戴光炎

湖南科学技术出版社出版（长沙市展览馆路14号）

湖南新华书店发行 湘潭地区印刷厂印刷

1983年1月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：5.125 字数：113,000

印数：1—4,900

统一书号：15204·92 定价：0.45 元

内 容 提 要

这是一本专门介绍糖化酶生产和酿酒工艺的读物。全书以微生物学和酶学理论为指导，对糖化酶生产和酿酒的新工艺作了详述。对糖化酶深层发酵染菌、酒母染菌、酒精发酵异常、生产菌种退化和选种、育种等生产中的问题都作了较深入的分析，提出了解决措施。书的内容新颖、深入具体，紧密结合生产。书末附有部颁糖化酶质量标准、测定方法，还有用量计算。

本书可供从事酿酒、食品、酶制剂、酒精、抗菌素、制药等行业的工人、技术人员、管理干部，以及其他发酵行业的人员和有关专业的师生参考。

前 言

酶制剂是轻工业中蓬勃发展的新兴工业。糖化酶是酶制剂的重要品种，主要用于食品和制药等工业部门。

我国糖化酶的生产正在迅速发展，产量成倍增长；糖化酶在酿酒中的应用正在迅速扩大，遍及全国二十多个省、市、自治区。另一方面，采用糖化酶酶制剂取代麸曲酿酒，具有提高酒的质量，提高和稳定出酒率，节约粮食，减轻工人劳动强度，精简生产和管理环节等优点，还可以杜绝麸曲引起的生产事故，有利于专业化生产。可以预见，糖化酶酿酒将成为我国酿酒工业现代化的必由之路。

在科研实践中，经常有些地区的生产和管理部门要求研究所提供这方面的技术资料，或要求举办技术培训班。限于人力，都无法一一予以满足。这正是编写本书的缘故。

本书概括了近几年来我国糖化酶酶制剂生产和用于酿酒的新技术、新工艺，其中部分内容是编者本人的科研实践。全书以基础理论贯穿始终，对糖化酶生产和酿酒的工艺条件作了具体说明。对生产中经常遇到的问题，诸如酒母染菌、酒精发酵异常、糖化酶深层发酵染菌、生产菌种退化等发生的原因、表征、危害性、影响因素都列出了专章、专节，作了较深入的分析，指出了防治措施。对生产菌株的选种、育种、保藏，以及糖化酶在葡萄糖和黄酒生产中的应用新工艺，也作了具体介绍。

希望本书的出版会有助于当前正日新月异地发展着的糖化

酶的生产和应用。同时，本书的内容对从事酿酒、食品、酶制剂、酒精、抗菌素、制药等行业的技术人员、工人、管理干部，以及其他发酵行业的人员和有关专业学校的师生会是有所裨益的。

本书编写中，得到曾雁宾同志的热忱关怀并审阅，在此表示深切感谢。同时，由于编者水平有限，缺点错误在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

1982年8月

目 录

第一章 我国糖化酶生产和酿酒的发展概况	(1)
第一节 糖化酶制剂发展概况.....	(1)
第二节 糖化酶酿酒发展概况.....	(5)
第三节 糖化酶酿酒的优越性.....	(6)
第二章 酶的性质	(12)
第一节 酶的组成和化学本质.....	(12)
第二节 酶的特性.....	(14)
第三节 影响酶反应的因素.....	(16)
第四节 糖化酶的作用机理.....	(20)
第三章 糖化酶液体深层发酵和提取工艺	(23)
第一节 生产菌种的特性.....	(24)
第二节 影响酶产量的因素.....	(27)
第三节 糖化酶深层发酵工艺和发酵条件.....	(33)
第四节 糖化酶的提取.....	(38)
第四章 糖化酶深层发酵染菌分析	(51)
第一节 染菌的危害.....	(51)
第二节 培养基染菌及处理.....	(52)
第三节 种子染菌及其控制.....	(55)
第四节 空气过滤系统染菌及其控制.....	(56)
第五节 罐体和管件引起的染菌及其控制.....	(58)
第六节 操作和管理引起的染菌及改进.....	(61)
第七节 染菌原因的分析方法.....	(67)

第五章 糖化酶在酿酒中的应用	(68)
第一节 酒精发酵原理	(68)
第二节 糖化酶液态法酿酒工艺和条件控制	(71)
第三节 糖化酶固态法酿酒工艺和条件控制	(73)
第四节 酒精发酵异常及处理	(76)
第六章 糖化酶酒母培养	(80)
第一节 酿酒酵母的特性和营养	(81)
第二节 影响酵母繁殖和发酵的因素	(84)
第三节 糖化酶大酒母培养	(87)
第四节 糖化酶大缸酒母和固体酵母的培养	(90)
第五节 酒母染菌的处理	(92)
第七章 菌种退化及其防止	(94)
第一节 菌种退化的概念和表现	(95)
第二节 菌种退化的原因	(97)
第三节 引起菌种退化的因素	(98)
第四节 生产中防止菌种退化的措施	(100)
第八章 微生物的选种、育种和保藏	(103)
第一节 选种的一般程序	(104)
第二节 育种的方法	(113)
第三节 菌种的保藏	(126)
第九章 糖化酶在其他食品工业中的应用	(135)
第一节 酶法生产葡萄糖的工艺要点	(135)
第二节 糖化酶在黄酒酿造中的应用	(145)
附录:	(147)
(一) 轻工业部关于工业用糖化酶质量的部颁标准	(147)
(二) 轻工业部颁发的糖化酶测定方法(试行标准)糖化型淀粉酶活力的测定方法	(148)
(三) 糖化酶用量计算	(153)

第一章 我国糖化酶生产和酿酒的发展概况

糖化酶又称淀粉—1,4—葡萄糖苷酶 (Amylo—1,4—glucosidase)、淀粉葡萄糖苷酶 (Amyloglucosidase)、葡萄糖淀粉酶 (Glucoamylase)、 α —淀粉酶 (α -Amylase)。它是一种淀粉酶，能将淀粉转化成葡萄糖。

糖化酶是我国酶制剂中应用最广、发展最快的一种酶。它广泛地应用于食品（特别是酿酒）和制药等工业部门。

第一节 糖化酶酶制剂发展概况

我国劳动人民对人类科学的发展，有过许许多多卓著的贡献。在许多个世纪以前，他们就在生产实践中观察和了解微生物的生命活动，探索微生物的发酵规律，总结了一整套固态法制曲的生产技术，并一直沿用至今。近代糖化酶酶制剂的生产，就是这一技术发展的结果。另一方面，尽管制曲是一种比较落后的生产方式，但是，由于这种技术在生产中有一定的代表性，因而在酶制剂工业尚未十分完善以前，仍有它的实际意义。

近三十年来，我国的酶制剂工业化生产从无到有，从小到大，从单一品种到多品种，从一种用途到多种用途。到目前，我国从事酶制剂生产和研制的单位已经有100多个，其用户遍及全国二十多个省、市、自治区。现在，我国已经大量生产的酶制剂主要有糖化酶、 α —淀粉酶、中性蛋白酶、碱性蛋白酶、酸性蛋

白酶和脂肪酶等品种。已经投产和应用的酶制剂品种达20个以上，经过研制取得成功的酶制剂品种也在10种以上，已经生产的试剂酶或结晶酶的品种在20种以上。

据统计，1980年我国酶制剂的产量比1979年增长1.29倍，比历史最高产量的1978年增长78.3%。可以看出，我国的酶制剂工业发展很快，并已初具规模，在产品的产量、质量和品种方面都正在迅速提高和扩大。

糖化酶酶制剂生产方面，过去由于采用的糖化酶产生菌，菌种的酶活力不高，一般只有几百单位，造成糖化酶酶制剂生产的成本高、耗粮高，给工业化生产带来困难，因而，在我国的酿酒工业中，长期以来多采用酶活力单位不高的麸曲或液体曲作为酿酒原料的糖化剂。

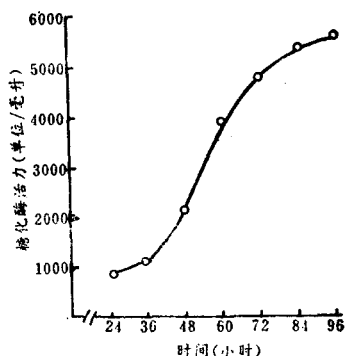
近几年来，随着我国酶制剂工业的发展，糖化酶产生菌的诱变育种工作不断取得可喜的进展。现在，糖化酶已成为我国酶制剂的主要品种，其产量增长的速度已跃居各种酶制剂增长速度的首位。1980年我国糖化酶酶制剂的产量比1979年增长309%，而且仍是短线产品，轻工业中的食品工业需要它，化学工业中的制药工业需要它。糖化酶酶制剂产品，目前我国还远不能满足轻化工业用户的要求。

糖化酶酶制剂的生产，在我国以江苏省发展最快、生产最早、规模最大。湖南、四川、黑龙江等省的发展也很快。以湖南为例，1979年湖南基本上还没有这种产品。1980年，湖南糖化酶的产量迅速增加到230吨，用户遍及省内外的近100家酒厂，包括新疆伊犁酒厂在内。在上级领导部门的重视和用户的迫切要求下，湖南1981年糖化酶的产量已超过800吨，比1980年增长3.5倍。即使如此，同样不能满足本省用户的需要。

在糖化酶产生菌的育种工作方面，中国科学院微生物研究

所对产糖化酶菌种——黑曲霉糖化菌种经过多年的诱变育种，于1977年筛选出了黑曲霉变异株A. S. 3.4309 (uv-11)菌种。在240立升发酵罐中，用19%浓度的配方，经发酵4天，糖化酶的酶活力可达5616单位/毫升，并且这一菌株产生其他酶，如转移葡萄糖苷酶、酸性蛋白酶等的活力都甚低。实践证明，黑曲霉A. S. 3.4309菌株是一株优良的糖化酶产生菌。该菌株经液体深层培养产生的糖化力比过去普遍采用的黑曲霉“东酒一号”等菌株的糖化力要高出数倍。该菌在生产中转接数代，产生糖化酶的酶活力仍然比较稳定。

可以这样说，由于黑曲霉变异株A. S. 3.4309的选育成功，我国糖化酶酶制剂的工业化生产才真正成为可能。这一优良菌株的成功选育，开始了我国糖化酶酶制剂生产的新时期。A. S. 3.4309菌株产糖化酶的情况见图1。



以后，四川食品工业研究所又用黑曲霉 A.S. 3.4309 菌株进行诱变育

种，选出了菌号为黑曲霉uv-11-46的变异株。1978—1979年，在底料容积700立升规模的发酵罐中，采用16%浓度的发酵培养基和大通气量，试验结果，糖化酶活力达到5,612单位/毫升，稳定于4,000单位/毫升，最高酶活力达6,107单位/毫升。

湖南津市酶制剂厂采用uv-11-46菌株，在10,000立升发酵罐中，用浓配方生产71批糖化酶，最高酶活力达7,150单位/毫

升。1980年，这个厂共生产糖化酶208吨（1,0000单位/毫升或克计），全年糖化酶的平均酶活力达4,593单位/毫升，生产成本也有了明显降低，发酵单位达到了全国同行业的先进水平。

1979年以来，上海工业微生物研究所采用黑曲霉变异株uv-11作诱变的出发菌株，进行化学诱变，使菌株产糖化酶的水平获得了新的进展。该所使用化学诱变剂N—甲基—N'—硝基—N—亚硝基胍对uv-11菌株进行第一次处理，获得了uv-11—36菌株。再以uv-11—36菌株作为诱变出发菌株，进行第二次亚硝基胍处理，最后获得uv-11—111变异株。该变株采用17%浓度的发酵培养基配方，在500立升发酵罐中，搅拌速度在每分钟450—480转的条件下，产生糖化酶的活力达10,000单位以上，使我国糖化酶菌株的产酶水平又前进了一步。uv-11—111菌株产糖化酶变化情况见图2。

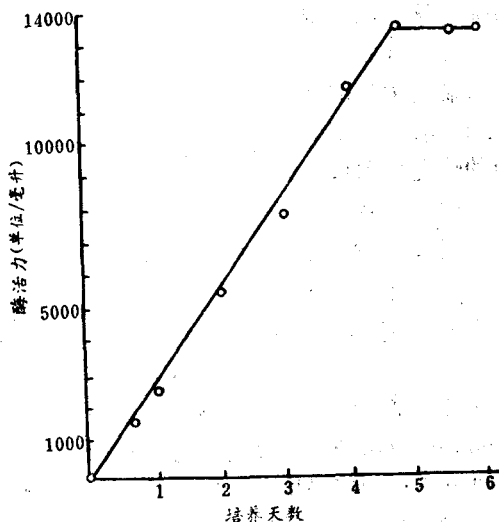


图2 uv-11—111菌株在500升罐中产糖化酶情况

1981年，无锡酶制剂厂在无锡轻工业学院的协助下，采用新的菌种和三级发酵、大种量及中间补料等新的技术，使糖化酶在大生产中的月平均发酵水平从原来的4,000单位/毫升左右，提高到6,000单位/毫升左右，发酵周期也明显缩短，为糖化酶发酵生产工艺走出了一条新路。1981年，四川省食品研究所又进行了糖化酶浓醪发酵，使糖化酶发酵酶活力达到了9,000单位/毫升。可以相信，随着产糖化酶菌种及产酶水平的不断提高，我国的糖化酶发酵水平不论在产量、质量和生产成本等方面都将达到一个新的高度。

第二节 糖化酶酿酒发展概况

在我国，1978年首先在无锡酶制剂厂采用糖化酶酶制剂酿酒，尔后，湖南的衡阳、津市等地的酶制剂厂也开始生产这种酶制剂，并用它在一些酒厂中酿制液态法和固态法白酒，取得了良好的效果。

继1978年利用黑曲霉变异株A.S.3.4309工业生产糖化酶酶制剂成功之后，无锡酶制剂厂先后在用酶量180单位/克和80单位/克原料的条件下，对酒精和白酒生产都取得了提高出酒率和降低吨酒粮耗的肯定效果。以江苏盐城酒厂为例，该厂1979年开始用糖化酶固体酶制剂生产酒精和白酒，在用酶量80单位/克原料条件下，酒精的全粮出酒率，酶法比麸曲法提高2.33%，淀粉出酒率比麸曲法提高4.1%；每吨酒精耗粮，酶法比麸曲法节约粮食107公斤；每吨酒精成本，酶法比麸曲法降低10.36元；每吨白酒成本，酶法比麸曲法降低5.05元。以该厂年产1,800吨酒精和1,200吨白酒计算，每年可节约成本费2.47万元。

北京和天津酒精厂使用黑曲霉07-11菌株，生产液体糖化

酶，用于薯干原料酒精生产，在用酶量63~79单位/克原料条件下，发酵的各项指标均能达到黑曲霉CoV糖化酶液在相同加酶量时的发酵水平，为进一步降低糖化酶酿酒的成本提供了依据。

衡阳市酒厂在湖南轻工研究所的帮助下，用糖化酶酶制剂（固体和液体二种）酿制固态法粮白酒（大米原料）和代白酒（薯干原料），在用酶量150单位/克原料条件下，取得了原料出酒率提高7.7~11%，淀粉出酒率提高15.1~20.7%的良好效果，并摸索出了一条用糖化酶酿制固态法白酒的工艺措施和糖化酶培养大缸酒母的方法，为糖化酶酶制剂在中、小型酒厂的使用走出了路子。

由于黑曲霉uv-11高产菌株的选育成功，大幅度降低了工业用糖化酶酶制剂的成本。因而自1979年以来，采用糖化酶酶制剂酿酒能够在江苏、湖南、四川等省推广开来。现在，全国各地都在发展和推广采用糖化酶生产酒精和白酒。

第三节 糖化酶酿酒的优越性

实践证明，用糖化酶代替麸曲酿制液态法和固态法白酒具有下面的一些优点：

一、提高白酒质量

因为酶的酶系较纯，同时不用麸皮，所以使用糖化酶酿制液态法白酒带进成品酒中的杂质或对人体有害的成分也较少。用糖化酶酿制的液态法白酒，与麸曲法白酒相比，其优点是：邪杂味显著减少、苦味较小、口味较纯正。

糖化酶酿制的固态法白酒经品尝评定，也比麸曲法白酒的苦、杂味减少。各种理化指标的分析表明，糖化酶生产的固态法白酒含有对人体有害的成分减少了，各种质量指标比麸曲法

白酒更加接近或达到规定的标准。

表1 衡阳酒厂酶法生产的固态法代白酒质量分析 1980.5

工 艺	糖化酶代白酒			麸曲代白酒			酶法比曲法白 酒有害物质 降低(%)
	1	2	3	1	2	3	
样品批号							
酒 度	50	50	50	50	50	50	/
总 酸	0.168	0.143	0.138	0.254	0.205	0.173	29
总 酯	0.090	0.093	0.087	0.195	0.125	0.092	/
总 醛	0.0054	0.0050	0.010	0.014	0.013	0.013	51
甲 醇	0.24	0.22	0.23	0.26	0.22	0.24	/
杂 醇 油	0.08	0.06	0.10	0.08	0.10	0.14	25

二、提高出酒率、降低粮耗

糖化酶用于固态法和液态法酿酒都能提高出酒率。一般的酒厂在使用糖化酶酿酒后，液态法白酒的出酒率可提高3~5%。对原来用麸曲法生产，出酒率水平较低的酒厂来说，提高出酒率的效果会更为显著，每吨酒的粮耗一般可以降低200公斤左右。以年产1万吨白酒计，可以节约200万公斤粮食。

糖化酶代替麸曲酿制白酒，还可以节约大量麦麸，这就解决了不少省区麦麸来源困难的矛盾。与采用“东酒一号”麸曲相比，每1,000吨白酒可节约麦麸5万公斤以上；与用uv-11麸曲相比，也可节约麦麸数万公斤。可以看出，糖化酶的使用在节粮、代粮方面有重要的经济意义。

表2 沅江、桃源、澧县酒厂酶法和曲法液态法白酒生产结果 1981.4

项 目 结 果 厂名与工艺		投料量 (公斤)	淀粉 含量 (%)	65°酒 产量 (公斤)	全粮原料 出酒率 (%)	全粮淀粉 出酒率 (%)	吨酒 粮耗 (公斤)
沅 江	酶 法	56431	71	32166	57	80.4	1754
	麸 曲 法	62250	71	26768	43	60.5	2325
桃 源	酶 法	81200	69	43495	53.4	77.5	1866
	麸 曲 法	103600	69	49974	48.2	69.9	2073
澧 县	酶 法	5100	71	24971	49	69	2041
	麸 曲 法	283680	70	110386	40	57.1	2500

三、出酒率稳定

一个稳定的出酒率对企业的生产来说是十分重要的。使用麸曲酿酒时，曲子的生产受到气温、供电、设备、厂房、操作条件等许多因素的影响，麸曲的糖化力时高时低，变化幅度大，曲子糖化力既不稳定，又不易控制，以致容易引起出酒率不稳定。夏季高温容易感染杂菌，会使曲子糖化力大幅度下降，甚至完全报废。同时，麸曲生产过程中，如果遇上数小时的停电，就会引起烧曲而完全不能使用。以上这些情况都是麸曲法酿酒给生产带来的弊病。

使用糖化酶酿酒，可以显著地增加出酒率的稳定性。由于对酿酒原料规定了一定的用酶量（酶活力单位/克原料），每次投入原料中糖化酶的总糖化力（即酶活力的总单位数）始终是相对恒定的，这就使淀粉转化成可发酵糖的数量也相对稳定，出酒率也就比较稳定。因此，出酒率稳定是使用糖化酶酿酒的

又一个好处。

四、杜绝麸曲引起的事故、减轻劳动强度

由于固体糖化酶的保存期长，贮藏6个月以上酶活力尚可保存90%以上，而液体浓缩酶贮藏3个月以上酶活力尚可保存90%以上，即使在夏季，在加入防腐剂的情况下，也可以贮藏较长一个时期，因而有利于保证用户使用方便。糖化酶代替麸曲，就杜绝了由于曲子染菌或中途停电造成烧曲的酿酒停产事故。另一方面，糖化酶深层发酵生产的机械化程度较高，取代了麸曲生产中工人肩挑背负、高温操作的繁重劳动，深受工人欢迎。

五、有利于专业化生产

长期以来，我国绝大多数酒厂都采用麸曲作为酿酒原料的糖化剂，而麸曲的制作都是各酒厂各自为阵，自己生产。生产工具、设备落后，生产方式分散，工人劳动强度大，还要在35℃以上的高温下操作。生产管理上也带来许多麻烦和问题。使用糖化酶酶制剂酿酒，可以取消每个酒厂分散的制曲车间，减化工厂生产环节，由酶制剂厂向各个酒厂提供在质量和数量上都得到保证的糖化酶，这就给酿酒部门带来许多生产管理上的方便，因而有利于生产的专业化、社会化。

目前糖化酶生产和使用中需要妥善解决的是供需矛盾。近两年来，在从中央到地方的各级有关部门的重视和支持下，我国糖化酶的生产发展迅速，产量增加很快。但是，仍远远满足不了使用单位的需要，这就需要糖化酶的生产单位和使用单位共同作好安排，制订计划，履行合同，保证供给。对一个酒厂而言，要避免发生糖化酶供需脱节的现象，以免给使用单位造成损失。解决糖化酶的供需矛盾，主要是酶制剂生产厂在签订供需合同时量力而行，留有余地。对超过本厂生产能力的供货