

食醋酿造工艺

杨天英 梁守华 王尔茂 编著

山西人民出版社

食醋酿造工艺

杨夫英 梁守华 王尔茂

张安宁 齐祥娃 编著

车振明 主审

山西人民出版社

(晋)新登字6号

食醋酿造工艺

杨天英 梁守华 王尔茂编著

山西人民出版社出版发行 (太原并州北路11号)
铁道部第三工程局印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 7.5 字数: 193千字
1994年5月第1版第1次印刷 印数: 1500册

ISBN 7-203-03093-8

G·1286 定价: 14.00元

前 言

中国是世界上的食醋王国。我国的食醋工业发展迅速,生产技术进步很快,但系统介绍食醋酿造技术的书籍却较少。为适应食醋工业生产、教学和科研事业的发展需要,我们组织了部分多年从事发酵生产、教学和科研的技术人员,合作编著了这本食醋酿造工艺。

本书主要内容有食醋酿造工艺、食醋工厂设计和食醋检验与分析等,具有较强的理论性和实用性,可供从事食醋生产、科研、设计的技术人员参考,也可作为各类学校食醋酿造专业的教学用书。

本书由杨天英任主编,梁守华、王尔茂、张安宁任副主编,车振明任主审。全书编写分工如下:王尔茂(1、2、7、8),杨天英(3、5、7),梁守华(3.3、5.1、6),张安宁(4、5.5),贡汉坤、翁鸿珍、梁毓玲(4),荣学泽、郭晋(6),任石苟(5.12),王以强(5.13、8.6),郭沛荣和刘润玉(8.3),王丽娟(8.4),姚宇文(8.6),阎佳(8.7),李祝胜、杨克文、张希杰也参加了部分内容的编写。

本书的编写得到了山西老陈醋厂和山西省轻工业学校领导的大力支持,在此谨表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,资料缺乏,再加编著者水平有限,书中难免有不妥、疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

1994.2

目 录

1. 绪论	(1)
1.1 食醋发展简史	(1)
1.2 食醋的营养价值及其功用	(2)
1.3 食醋的成分	(4)
1.4 食醋的分类	(7)
2. 食醋生产原料	(8)
2.1 概述	(8)
2.2 主要原料	(10)
2.3 辅助原料	(14)
2.4 水	(16)
2.5 原料处理	(18)
3. 发酵剂制备工艺	(22)
3.1 制曲工艺	(22)
3.2 酒母制备工艺	(55)
3.3 醋酸菌培养工艺	(64)
4. 食醋发酵理论基础	(69)
4.1 糖化	(69)
4.2 酒精发酵	(74)
4.3 醋酸发酵	(81)
5. 食醋生产工艺	(85)
5.1 山西老陈醋生产工艺	(85)
5.2 固态麸曲发酵酿醋工艺	(103)
5.3 生料酿醋工艺	(113)
5.4 太原益源庆名特醋生产工艺	(115)
5.5 镇江香醋生产工艺	(117)
5.6 四川老法麸醋生产工艺	(119)

5.7	福建红曲老醋生产工艺	(122)
5.8	江浙玫瑰醋生产工艺	(124)
5.9	辽宁喀左陈醋生产工艺	(126)
5.10	酶法液化通风回流酿醋工艺	(129)
5.11	液态深层发酵酿醋工艺	(131)
5.12	浇淋法酿醋工艺	(133)
5.13	白醋生产工艺	(134)
6.	醋糟综合利用	(141)
6.1	醋糟的二次利用	(141)
6.2	干粉饲料及单细胞蛋白饲料的加工	(144)
6.3	食用菌栽培	(147)
7.	食醋工厂设计	(150)
7.1	厂址选择	(151)
7.2	工艺设计示例	(152)
7.3	物料衡算	(156)
7.4	水、热力用量计算	(158)
7.5	生产设备计算与选择	(161)
7.6	生产车间工艺布置	(166)
7.7	辅助部门及工厂卫生	(167)
7.8	年产 5000 吨大曲陈醋厂设计资料	(170)
8.	食醋检验与分析	(173)
8.1	食醋分析检验基础知识	(175)
8.2	食醋的感官检验	(188)
8.3	原辅料的检验	(190)
8.4	曲的检验	(199)
8.5	食醋成品的检验	(204)
8.6	细菌检验	(221)
8.7	试剂的配制	(227)
	附表	(231)

1. 绪 论

食醋是我国传统的酸性调味品。食醋的主要成分是醋酸,此外还含有氨基酸、糖类、酯类、食盐等物质,使其具有酸、香、苦、温、无毒等特性。食醋自古以来就是人们日常生活中不可缺少的调味佳品,它不仅可以增进食欲,帮助消化,而且也具有食疗和保健的作用。

食醋通常是以高粱、大米、薯干、玉米等为原料,在微生物作用下经复杂的生化过程酿制而成。我国地域辽阔,各地的气候、原料以及人们对食醋风味的嗜好习惯不同,在悠远的酿醋历史中,创造出各种工艺不同、风格各异的酿醋方法。形成了如山西老陈醋、镇江香醋、四川保宁醋、福建永春老醋等名醋,它们质地优良、醋香浓郁、回味鲜甜、浓稠适度、风格独特,深受国内外消费者欢迎。

1.1 食醋发展简史

食醋在我国具有悠久历史,食醋古时称醢(xi 希)、酢(cuo 措)、苦酒。在殷朝之前,制酒技术很原始,常因制酒条件控制不当,发生醋酸菌污染而酸败,以其味酸美,遂产生食醋。据庄颂著《物原类考》的考证,认为“酱成于盐,同时已有醋,一名苦酒,周时称醢,汉时称醋”。《物原》食原中第七、四十条中证有“殷果作醋,周公作酱芥辣”。《周礼·天官》中记载:“醢人主作醢”,“醢人掌共五齐、七菹”。《礼记》云:“大功之丧不食醢酱”。从这些记载看来,食醋业到周以及战国时期已很发达,周朝已设有专给贵族管理酿醋的“醢人”之官。东汉人应劭所著《风俗通义》对在古籍《竹书纪年》和《白虎通·符瑞》中记载的蓂莢作过考证:“古太平蓂莢生于阶,其味

酸,王者取之以调味,后以醯醢代之”。用蓂莢作的植物醋,比周朝醋官作的醯醢(醋)还更早些。这与《物原》认为“殷果作醋”的提法相应,可见食醋的起源,当在周朝之前。

北魏时期贾思勰所著《齐民要术》将醋的生产方法称为作酢,内述作大酢法、秫米神酢法等二十三种方法。这些制醋法与现在使用的酿醋老法相似,主要是以黄衣(即麦麴)为糖化剂和发酵剂。黄衣是用蒸熟整粒小麦作的一种以米曲霉为主的散曲。

北魏崔浩所著《食经》亦载有“作大豆千岁苦酒法”。其酿醋法均采用液态发酵。

元《居家必用事类全集》中也有数则用米曲霉曲制醋的记载,如“造大麦醋法”、“造三黄醋法”。

我国是食醋生产最早的国家,有着漫长的历史,但因操作方法墨守成规,其发展进程非常缓慢。清初顺治年间山西介休人王来福在清徐创办的醋坊“美和居”,改进了熏醋工艺,使酿醋方法进入了较高级阶段,因而出现了“山西老陈醋”的名牌,发展成北方最著名的食醋。我国的一些名醋也在此前后出现,如1850年开始生产的镇江香醋,四川保宁麸醋,福建永春红曲醋,浙江玫瑰米醋等。

解放前,我国酿醋工业大部分是手工作坊,沿用古老落后的生产工艺,设备简陋,卫生条件差,产量低而不稳,原料利用率低,劳动强度大。新中国成立后,食醋工业和其它行业一样,得到了很大的发展。1956年轻工业部总结推广济南酿造厂的新固态发酵法,即使用纯种人工培养的曲霉和酵母进行固态糖化和酒精发酵。1967年上海经过反复试验,创造了酶法液化自然通风回流的固态发酵新工艺,建成25立方米大型醋酸发酵水泥池,扩大了生产规模;还使用了经纯粹培养的枯草杆菌、曲霉菌、酵母菌和醋酸菌。此后天津等地又采用酶法液化回流法生产食醋。1972年山西长治副食加工厂试产成功生料制醋新工艺。自1972年起,石家庄等地先后研究并采用液态深层发酵法新工艺。1977年上海醋厂首先将自吸式充气发酵罐应用于液态醋生产。1982年山西老陈醋厂采用了

太阳能陈酿设备,使其出品率提高 25%。河北邯郸市蔬菜公司酱菜厂研究出“生料液体回流浇淋制醋新工艺”。近年来固定化酵母菌及醋酸菌生产食醋已有成功的报导,酒精转化率稳定在 80~90%,乙醇生产能力达 4.77 克/升·小时,醋酸转化率达 80%以上,醋酸生产能力为 0.42 克/升·小时。近年来开发出喷射反应器,环流反应器,脉冲溢流喷射自吸式反应器等各种类型的旨在提高溶氧效率及高效节能的生物反应器,有些已用于食醋发酵。

虽然我国制醋工业发生了相当大的变化,但同国际先进水平相比还有相当一段差距,如何使传统的酿醋工艺和现代技术相结合,既能提高原料利用率又能保持和提高食醋的风味,将是一项重要的课题。可以预见,现代生物技术、电子计算机等高新技术将促使我国食醋酿造技术发生飞跃,食醋生产将逐步实现规模化、自动化、品种多样化。随着人们生活水平的逐步提高和生活习惯的改变,市场对食醋的需求量将不断增加。全世界食醋的年产量约为 100 亿升(即约 1 千万吨),其中我国 1990 年总产量约 140 万吨,人均消费 1.27 公斤,而日本人年均消费食醋 3.3 公斤,可见我国食醋生产有着广阔的市场前景。

1.2 食醋的营养价值及其功用

食醋,自古以来就是我国人民喜爱的酸性调味品。食醋用于烹调时,能去腥膻、解油腻,可增加菜肴的鲜味和香味,食醋既可助消化,又可调剂胃口,增进食欲。醋能使食物在加热时将钙、磷、铁等成分溶解出来,减少 Vc 损失,提高营养价值,且便于人体吸收。食醋对人体有一定的保健功用,经常服用食醋或醋渍食品,对预防感冒、防止动脉硬化和对高血压、冠心病均有一定益处。食醋还可起到一定的美容、减肥功效,用食醋洗发可治疗脱发、去头屑,用醋泡脚可治脚气病等。食醋具有较强的杀菌、抑菌能力,能杀灭肠道致

病菌,抑制肠道细菌,从而有助于消除人体疲劳,延缓衰老。在室内熏蒸食醋可起到预防流行性感冒的作用。

《周礼》记载:“齐、菹、酱皆需醯咸味”。就是说,醯人在制作齐、菹、酱之类的菜肴时,必须用醋类调味。南朝齐梁时期的医学家陶弘景也说:“醋之为用,无所不入”。可见,在我国古代烹饪中,醋的应用是相当广泛的。在调味中,酸为五味之一,有“无酸不成味”之说。古人亦把醋作为药用,《本草纲目》中说醋“酸温散瘀解毒,下气消食,开胃气,散水气,治心腹血气疼,产后血晕,症结痰癖,黄疸痈肿,口舌生疮,损伤积血,谷鱼肉菜草诸虫毒”。

1.3 食醋的成分

食醋因生产工艺、使用原料等的不同,其成分也相差较大。因此,醋的化学组成难以用统一的数字范围表示。

食醋的主要化学成分,除水外可以概括如下:

1. 有机酸

食醋是一种酸性调味料,因此,酸味物质是它的主要成分,一般应含有 2% 以上的有机酸。醋的质量愈高,其有机酸含量也愈高。醋中的酸味成分来源于有机酸,大部分是发酵过程中形成的,少量来自于原料中。

食醋中主要的有机酸是醋酸,此外还有乳酸、柠檬酸、苹果酸、延胡索酸, α -酮戊二酸、琥珀酸、焦谷氨酸、葡萄糖酸、丙酮酸、酒石酸、甲酸、丙酸、丁酸等。

用粮食发酵生产的醋中挥发酸含量高,约占总酸的 70~80%,不挥发酸含量少;用果汁制成的醋中不挥发酸含量较多。挥发酸是甲酸、醋酸、丙酸、丁酸、戊酸、辛酸等低碳链脂肪酸,醋中绝大部分是醋酸,其它都是微量的。不挥发酸是乳酸、柠檬酸等含有支链的难以挥发的有机酸。我国酿造醋中不挥发酸含量在 0.16~

0.78 克/100 毫升。

单纯的醋酸有刺激性酸味，回味不长，调味作用差。只有多种有机酸，特别是不挥发酸的存在，才能使食醋酸味绵长，柔和可口，具有增进食欲，帮助消化等作用。

2. 含氮化合物

食醋中含有氨基酸氮 0.09~0.625 克/100 毫升，在全氮中氨基酸占 40~50%，食醋中含有 18 种以上的氨基酸，此外还有核酸、多肽及一些胺类物质。醋中氨基酸主要来源于原料中蛋白质的水解和微生物的自溶，一般来讲，原料中蛋白质的含量高，醋中氨基酸的含量也高，酿醋原料不同，氨基酸类别也不同。因此，在考虑提高醋的氨基酸含量时，首先应想到增加原料中蛋白质的比例。

蛋白质在糖化过程中，被蛋白酶分解成氨基酸和低分子肽类，一部分在酵母和醋酸菌生长繁殖时被消耗，部分发生反应生成酮酸、类黑素等，剩下的便留存于醋中。

食醋中的氨基酸，能使食醋鲜味柔和，并能增进色泽，调和香气。氨基酸是合成蛋白质的主要成分，是人体细胞组织及新陈代谢中各种酶的构成物质，使食醋具有较好的食疗和保健作用。有人认为食醋中琥珀酸与谷氨酸、核酸关连物质在一起使醋带有鲜味。所以优质醋要求含不挥发酸高，氨基酸高。

3. 糖类

食醋中的糖类来源于原料中的各种物质水解生成物，一般全糖含量在 0.18~12.82 克/100 毫升，主要是低聚糖。其中以葡萄糖、果糖、麦芽糖为最多，此外，还有甘露糖、阿拉伯糖、核糖、木糖、半乳糖、棉子糖、纤维二糖、甘油、山梨醇、蔗糖等。

食醋中的糖类主要是使食醋产生一定的甜味，糖类对调和产品口感，提高产品色泽和稠厚度均有一定作用。

4. 香气成分

食醋中的微量成分有醇类、醛类、双乙酰等，是构成食醋香气的物质，其中酯类是构成醋香的主要物质。食醋中的芳香成分主要

来源于酿醋原料及发酵过程,它们在醋中含量甚少,但在恰当的配比下,能赋予醋浓郁的芳香,各种醋的香气特征是它的香气成分量的平衡表现。

①酯类 酯类物质是构成食醋香味的主要物质,在醋中含量愈高,通常醋质愈好。酯的含量与原料、生产工艺等有很大关系。如山西老陈醋的总酯含量达 3.8 克/100 毫升,福建红曲老醋总酯含量为 1 克/100 毫升。

食醋中的酯类有醋酸乙酯、醋酸正丙酯、醋酸异丁酯、醋酸正丁酯、醋酸异戊酯、醋酸正戊酯、丙酸乙酯、乳酸乙酯、醋酸甲酯等。

②醇类 食醋中有少量乙醇,还有含量更少的甲醇、丙醇、异丙醇、丁醇、异丁醇、仲丁醇、异戊醇、正戊醇等。过量的高级醇能引起食醋苦涩的感觉。

③醛类 食醋中含有少量的醛类物质。醛类大都是醇的氧化中间产物,对食醋的风味有一定的作用。食醋中有乙醛、糠醛、异戊醛、乙缩醛、甘油醛、香草醛等,极微量的乙醛产生的辣味,对食醋风味协调起着一定的作用。

④酚类 食醋中含有微量的酚类物质,如丁香酚、香草酸、4-乙基愈创木酚、水杨酸等。这些物质都有一定的香味,在醋中起着丰富醋的香气成分、使醋香气柔和、让人愉快的作用。酚类物质阈值都很低,象 4-乙基愈创木酚含量 1~2ppm 就能呈香气。因此极微量的酚类物质对构成食醋的香气是不可缺少的。

⑤双乙酰、3-羟基丁酮 这些物质在醋中含量少时,可赋予食醋蜂蜜似的甜香气味;含量较高时会使醋产生酸奶臭、霉臭、或馊饭味,这些物质多是由丙酮酸转化来的,乙酰乳酸是其的前体物质。双乙酰的阈值只有 0.2ppm,实际生产中,可采取陈酿等技术,使醋中这类物质的含量低于阈值。

1.4 食醋的分类

我国各地生产的食醋品种很多,分类方法也无统一的标准。按产地命名的,如山西老陈醋、镇江香醋、四川保宁麸醋、四川三汇特醋、四川屏山县夸醋、河南安阳彰德陈醋、云南剥隘七醋、天津独流老醋、辽宁喀左大城子陈醋,还有福建永春红曲醋、江浙玫瑰醋、北京熏醋、上海香醋等;按原料命名的,如高粱醋、米醋、麸醋、酒精醋、沙棘醋、柿子醋等;按工艺及产品外观特征命名的,如玫瑰醋、白醋、合成醋、速酿醋等;按使用的曲命名的,如麸曲醋、小曲醋、大曲醋、红曲醋等;按使用及功能命名的,如调味醋、饮料醋、保健醋等。

2. 食醋生产原料

2.1 概述

从酿醋理论和工艺观点来讲,任何含淀粉或可发酵性糖类与酒精的原料,都可以生产食醋。但是,对于大规模工业生产,所用原料不仅要满足工艺要求,还要考虑经济效益、产品质量、消费者心理及生产管理的方便等因素。

1. 酿醋原料的分类与选择

能用来做醋的原料不一定都能适合工业化生产,因此在酿醋时选择原料要考虑诸多因素。原料中含可发酵性物质的成分多,可得到较高的出醋率;原料应资源丰富,供应量大,易收集,易贮藏,加工方便;原料产地离工厂近,便于运输集中,节省费用;原料中不含对人体有害的成分,符合食品卫生要求。

目前,酿醋行业常用的原料一般分为如下几类:

①淀粉质原料 谷类有高粱、玉米、大米、大麦、小麦、青稞、小米等。薯类有甘薯、马铃薯等。

②糖质原料 有甘蔗糖蜜、甜菜糖蜜、果类等。

③辅料 麸皮、细谷糠和豆粕等。

④填充料 常用的填充料有谷壳、稻壳、高粱壳、玉米秸、玉米芯、高粱秸等。填充料的主要作用是疏松固态醋醅和促进空气流通,利于醋酸菌发酵。

⑤添加剂 添加剂一般都能不同程度增加食醋成品固形物含量,增进食醋的色泽和风味,改善食醋的体态,提高食醋的质量。

食盐:醋醅发酵成熟后,需加入食盐,抑制醋酸菌活动,防止醋

酸分解。食盐还能起调和食醋风味的作用。

砂糖:增加食醋甜味。

香辛料:有茴香、大料、芝麻、生姜等,赋予食醋独特的风味。

糖色:增加食醋色泽及香气。

苯甲酸钠:起防腐作用,是普通食醋常用的防腐剂。

2. 原料成分与酿醋的关系

①水分 无论何种原料都含有水分,原料的水分含量愈高,物质的含量就愈少;另外原料水分高也不利于贮存。因此采购时一定要控制好原料的水分。

②糖类 酿醋原料中含有的淀粉或蔗糖、麦芽糖、葡萄糖等,在微生物的作用下发酵生成醋酸和各种有机酸是食醋的主要成分。因此,这些物质的含量愈高,出醋率愈高。糖类中的五碳糖等非发酵性糖,在生产中不能生成醋酸,有些在发酵过程中可能生成糠醛等影响风味和醋质的物质,这类物质含量愈少愈好。纤维素类虽然也属糖类,但不能被淀粉酶分解,除了起填充作用,对酿醋基本没有什么直接影响。

淀粉按化学结构可分为直链淀粉和支链淀粉两种,直链淀粉由 α -1,4-葡萄糖苷键组成,支链淀粉除 α -1,4-葡萄糖苷键外,还有形成分支的 α -1,6-糖苷键。支链淀粉必须在 100°C 以上才溶于水,溶液呈粘稠状态。

淀粉在发酵过程中先被霉菌中的 α -淀粉酶、糖化酶等分解成蔗糖、麦芽糖和葡萄糖,再被酵母继续分解成酒精,最后经醋酸菌作用生成醋酸。

③蛋白质 酿醋原料中的蛋白质,在酿醋过程中,经蛋白酶分解,可作为微生物生长繁殖的营养物质,也是食醋中各种氨基酸的主要来源,能增进食醋的色泽、营养价值和风味。蛋白质的存在有利于在发酵过程中形成较多大分子的有机酸,因此蛋白质含量高有助于食醋风味的提高。谷类原料中蛋白质含量高于薯类原料,因而用谷类原料做的醋品质较高这就是一个重要的原因。

④脂肪 酿醋原料中,脂肪的含量一般较低,在发酵过程中可生成少量脂类物质,有助于保持和提高食醋的香味。脂肪在发酵过程中大部分不发生变化。原料中脂肪含量高,酒精发酵中生酸快,升酸幅度大,会使原料出醋率降低。

⑤无机盐 无机盐中的磷、钾、钙、镁等是构成微生物细胞和辅酶的重要成分,是微生物生长和酶进行作用必不可少的。

⑥果胶 薯类原料果胶含量较多(如木薯、甘薯等),在高温下易分解成甲醇。甲醇在酒精发酵过程中大部分挥发掉,对人体的健康不构成威胁。果胶的存在会影响醪液粘度,继而影响酒精发酵和醋酸发酵,但其影响程度也较小。

⑦单宁 单宁有涩味,有收敛性,遇铁成兰黑色,能把蛋白质凝固,不利于微生物生长,对发酵有阻碍作用。过多的单宁能使食醋带苦涩味,少量的单宁在发酵过程中可生成丁香酸等香味物质,改善和提高产品的风味。高粱、大麦等原料中都含有一定量的单宁,糖化时可选用含单宁酶高的黑曲霉作为糖化剂来分解单宁,以减少单宁对酿醋生产的不利影响。

2.2 主要原料

2.2.1 谷类原料

谷类是酿醋最常用的原料,高粱、大米、大麦、小麦等都是酿醋的好原料。

1. 高粱

高粱是酿造食醋很好的原料,高粱有粳、糯两种。按高粱颜色分为白、黄、红、黑等。高粱籽实呈椭圆形或扁圆形。高粱的化学成分由于品种、地区、土壤的不同而有差别。

表 2-1

高粱的化学成分(%)

种类	水分	淀粉	蛋白质	脂肪	粗纤维	无机盐	单宁
粳	13	62.5	10.1	4.2	7	0.9	0.4
糯	12	61	8.3	4.6	5	1.08	0.57
平均	10~14	62~68	8~15	3~5	3~8	1~1.5	0.3~0.7

高粱淀粉的粘度次于马铃薯淀粉,但较玉米、大米淀粉的粘度高,高粱的淀粉主要集中在胚乳中。胚乳占干重 80%,主要为淀粉颗粒,外面包一层由蛋白质和脂肪组成的胶粒层。胚占干重 8%,富含脂肪和无机盐。胚和胚乳被皮层(膜)包裹。皮膜占干重的 12%,包括果皮与种皮,果皮在外,是角质化的坚硬组织,主要成分是纤维素;果皮里面是种皮,含有色素和单宁物质。

2. 大米

大米淀粉含量高,用来酿醋出醋率高,风味纯净,我国南方习惯上用大米作为酿醋的主要原料。大米种类很多,有粳米、籼米、糯米等。酿醋时使用碎米比较经济。

稻米由皮层、胚乳、胚三部分组成。糯米所含淀粉多为支链淀粉,粘度大,不容易老化,糖化速度缓慢,成醋风味好,故常被用来做高档香醋。普通醋多用粳米生产。

3. 玉米

玉米学名玉蜀黍,又称苞米。玉米籽粒包括果皮、种皮、糊胶粒层、内胚乳、胚芽、实尖等六个基本部分。其中胚乳占玉米粒干重的 84.3%左右,主要成分是淀粉。玉米胚芽富含脂肪,干物质中含脂肪可达 30~40%,玉米做醋时应除去胚芽,榨取玉米油。

4. 大麦

大麦品种很多,可供食用、作饲料和发酵工业原料。大麦按麦