

白酒中四大乙酯在酿造发酵中形成的探讨

沈怡方

(江苏南京市一校园5号5-413室,江苏 南京 210018)

摘要: 四大乙酯(己酸乙酯、乙酸乙酯、乳酸乙酯和丁酸乙酯)是我国白酒中的主要香气成分,其含量占总酯的90%~95%,乳酸乙酯含量高是我国白酒的显著特征之一。己酸乙酯是己酸与乙醇经酯化而形成,研究结果表明,具有酯化能力的微生物有酵母菌和霉菌。酵母菌在生长活动期,其胞内酶将己酸酯化合成为己酸乙酯,而曲霉菌则是胞外酶合成己酸乙酯,主要有红曲霉和根霉菌。乙酸乙酯的形成有3条途径:一是酵母菌在酒精发酵时的副产物;二是酒醅中多量乙酸经微生物酯化而成;三是其他微生物发酵的代谢物。乳酸乙酯一是配醅带入,二是发酵过程中乳酸菌产生大量乳酸而形成。丁酸乙酯是由丁酸菌或己酸菌产生的丁酸与乙醇经生化反应而合成。(一平)

关键词: 白酒; 四大酯; 形成机理

中图分类号: TS262.3; TS261.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-9286(2003)05-0028-04

Study on the Formation Mechanism of Four Main Kinds of Ethyl Esters in the Fermentation of Liquors

SHEN Yi-fang

(Nanjing Yizhiyuan Building 5 Unit 5-413, Nanjing, Jiangsu 210018, China)

Abstract: The four kinds of ethyl esters (ethyl caproate, ethyl acetate, ethyl lactate and ethyl butyrate) are the main flavoring components of Chinese liquors. The content of these ethyl esters accounted for 90%~95% of the total esters and high content of ethyl lactate is one of the distinctive characteristics of Chinese liquors. Ethyl caproate formed by the esterification of ethanol and caproic acid, and the study results indicated that the microbes with esterifying capability included yeasts and mold. During the growth period and active stage, the intracellular enzyme of yeasts esterified caproic acid into ethyl caproate. However, the extracellular enzyme of mold mainly including *monascus* and *rhizopus* esterified caproic acid into ethyl caproate. The formation of ethyl caproate has three pathways: 1. the byproduct of yeast during the fermentation of alcohol; 2. esterification of the acetic acid in fermented grains; 3. the metabolite by the fermentation of other microbes. Ethyl lactate is attended by the compounding of fermented grains or it forms by the large amount of lactic acid (produced by lactic acid bacteria during fermentation). Ethyl butyrate is formed by the biochemical action of alcohol and butyric acid (produced by butyric acid bacteria or caproic acid bacteria). (Tran. by YUE Yang)

Key words: liquor; four main kinds of ethyl esters; formation mechanism

在20世纪70年代中期,由内蒙古轻工业科学研究所应用气相色谱分析了我国各类型近百种酒样的香气组成成分后,开始明确了我国白酒与世界上其他蒸馏酒类的不同点之一是以含6个碳以下的低级脂肪酸乙酯及乳酸乙酯含量众多^[1]。乳酸乙酯、乙酸乙酯是我国白酒的主体酯类;在浓香型及酱香型酒中还有相当量的己酸乙酯及少量的丁酸乙酯;这四大酯按不同香型的酒分别占总酯的90%~95%。乳酸乙酯含量多是我国白酒的显著特征之一,而辛酸乙酯、癸酸乙酯、月桂酸乙酯及乙酸异戊酯含量极少,它们在酯类中的组成比例都在10%以下。

在20世纪60年代中期,当时轻工业部组织的茅台与汾酒试点分别提出了己酸乙酯是浓香型酒的主题香气,乙酸乙酯是清香型酒的主题香气。因此在随后的这些年来就提高产品质量、增加主体

香乙酯的含量及调整四大酯与香气成分间的量比关系,从微生物、生产工艺方面都做了很多科研工作,并在生产中取得了明显的成效^[2-17]。

白酒在酿造发酵过程中,有机酸与乙醇经生物化学作用而生成的乙酯,谓之乙酯化。从微生物而论,酵母菌、霉菌和细菌都有酯化能力,综观人们对四大乙酯的认识、实验与应用主要在霉菌与酵母菌上。根据我们以往的科研工作及有关报道,综合分析讨论如下。

1 己酸乙酯的酯化作用试验萌芽时期

1.1 1976年,内蒙古轻工科学研究所为提高液态发酵白酒质量研究项目时,在酿酒发酵的大生产试验中经对比确定了在液体糖化醪经酒精发酵24 h或48 h以后,添加5%己酸发酵液,继续发酵72~

收稿日期: 2003-05-26

作者简介: 沈怡方(1933-),男,江苏人,高级工程师,白酒界著名专家,中国白酒协会副会长,1953年大学毕业后就开始了酿酒生涯。他负责的“提高液态白酒质量研究课题”获全国科学大会奖,其中己酸菌的分离培养及应用试验,为我国微生物学填补了一项空白,后又解决了人工发酵窖泥的科技关键,发表学术论文近百篇,提出了许多全国白酒生产发展具有重要作用的学术上的新见解,并著有多部著作,1998年主编出版了宏篇巨著《白酒生产技术全书》。

表 1 不同微生物对己酸发酵液乙酯化作用的结果						
基质			微生物	酯化条件	酯化液己酸 乙酯含量 (mg/100 ml)	
编号	己酸发酵液 (ml)	95 %酒精 (ml)				
1	100	6	—	K 氏酵母液 10 g	30 ℃ , 3 d	—
2	100	6	—	黄曲 10 g	30 ℃ , 3 d	15.9
3	100	6	—	K 氏酵母液 10 g + 黄曲 10 g	30 ℃ , 3 d	13.2
4	100	1	10	生香酵母 10 ml	30 ℃ , 3 d, 常摇动	—

96 h , 醪液经釜式蒸馏 , 所产白酒的己酸乙酯含量能保持在 70 mg/100 ml 以上 , 最高达 158 mg/100 ml , 使成品酒具有较明显的浓香型白酒的香气。首次突破了浓香型白酒必须有老窖泥及长期发酵之说^[2]。

1.2 1977 年 , 内蒙轻工科学研究所与无锡酶制剂厂协作进行提高瓜干原料液态发酵白酒质量的科研项目时 , 又进一步对己酸酯化条件做了些探索性的小型试验^[3] , 结果摘录如下。

1.2.1 不同微生物对己酸发酵液的乙酯化作用 (见表 1)

1.2.2 温度对己酸乙酯化的影响

按表 1 中 2 号的试验条件分别于 30 ℃ 和 40 ℃ 保温酯化 3 d , 测定己酸乙酯含量分别为 10.5 mg/100 ml 和 3.5 mg/100 ml 。因此提高温度对生物酯化反而有不利影响。

1.3 1988 年 , 由周恒刚先生领导和组织的北斗科研组报道的己酸酯化试验结果基本上和内蒙所的结果一致^[4]。摘录如表 2。

表 2 曲酒有关物质酯化试验 (3 次平均)						
编号	酵母	麸曲	大曲	黄水	处理 己酸	己酸乙酯 (mg/L)
1	+	+	-	+	+	13.5
2	-	-	-	+	+	3.4
3	+	+	-	-	+	1.98
4	-	-	+	-	+	1.71
5	-	+	-	-	+	1.0
6	+	-	-	-	+	0.84
7	+	-	-	-	+	0.7
8	+	+	-	-	+	0

注: 汉逊酵母, 河内白曲, 大曲, 古井黄水。

对于以上试验结果的认识与分析意见将在本文的讨论章节中阐述之。

1.4 约在 20 世纪 70 年代末 , 有的浓香型大曲酒厂将黄水及酒尾加大曲 (也有再加窖泥的) 一起盛放于陶缸中发酵 30 d 或更长后的液体倒入蒸馏底锅串蒸酒醅 , 能使酒质提高 , 这一实践经验也可算酯化发酵的萌芽 , 是现今培养成酯液的前导。

北斗科研组对此曾作了初步测定 , 结果见表 3^[4]。

表 3 各厂大曲、黄水酯化活性测定 (3 次平均) (mg/100 ml)				
项目	古井	洋河	双沟	泰安
大曲	0.186	0.221	0.158	0.140
黄水	1.09	1.08	0.98	0.73

2 关于霉菌酯化作用的研究

在 20 世纪 80 年代前后相当一段时间内 , 提高浓香型大曲酒质量的主攻方向是增己降乳 (提高己酸乙酯含量降低乳酸乙酯含量) , 在众多生产工艺的技术措施中必然会注意到增强酯化作用的

问题^[5]。自 1976 年发现酵母及曲霉菌在不同条件下对己酸的酯化作用后 , 直至 20 世纪 90 年代初 , 庄名扬等^[6-7]报道了其对于曲霉菌的酯化作用较系统的研究成果 , 特别是应用于全兴酒厂的生产实践取得了良好的效果后 , 有关酒厂及科研单位在这方面的试验结果较多 , 现部分摘录如下。

1993 年 , 中科院成都生物研究所庄名扬等^[6]报道了从全兴酒厂生产大曲中分离 4 株酯化酶产生菌 , 其中 9055 菌株产酶活性最高。按其形态及生理生化特征确定为曲霉科 (*Eurtlaceae*) 的曲霉属。初步研究了该菌的产酶条件 , 以麸皮为培养基 , 添加葡萄糖、醋酸钠对提高酶活力有一定影响 ; 金属离子 Fe⁺⁺、Ca⁺⁺、Co⁺⁺、Mn⁺⁺ 有益于产酶 , 其中 Ca⁺⁺ 微量有促进作用 , 浓度略高则呈相反作用。该菌为好气性 , 最适生长温度为 35 ℃ , 培养基初始 pH 值为 5~6。可采用厚层通风培养生产粗制酯化酶。通过对酶制剂的用量、底物己酸与乙醇的含量、酯化温度、时间等试验 , 选择了酯化酶催化作用的最佳条件。将粗制酯化酶应用于全兴大曲酒的酿酒生产进行了缩短发酵期的试验 , 结果表明 , 发酵 40 d 的 10 批次白酒中的己酸乙酯含量高于 60 d ; 双轮底试验己酸乙酯含量高达 537.8 mg/100 ml。

1995 年 , 习酒科研所陈宗雄等^[7]在应用 9055 菌株粗制酶于习酒酿酒生产时以黄水、尾酒、次品酒作底物 , 添加粗酯化酶制作酯化液。其串蒸 36 d 发酵期的酒醅所得酒样比 60 d 发酵期酒样的己酸乙酯高、乳酸乙酯低。将粗酯化酶添加于入窖酒醅发酵 45 d 与 80 d 后蒸得白酒中的己酸乙酯均高于对照窖 30 % 以上。

1995 年 , 河南宋河酒厂任鹿海等^[8]从大曲中分离得到 7 株酯化菌 SY-1~SY7 , 制成麸曲后以 2 % 添加量于含己酸 1 % 的酒精水溶液中 , 在 30 ℃ 酯化 15 d , 筛选出己酸乙酯含量最高的 SY-5 菌株。根据该菌培养形态特征确定为曲霉属中的红曲霉。对于 SY-5 菌株酯化条件试验表明 , 在黄水中最适 pH 为 3.5 左右 , 即黄水稀释浓度为 55 % 左右 , 酒精浓度 8 % , 酯化温度 32~35 ℃ , 酯化时间为 20 d 以上 , 以 30 d 较为理想 , 酯化麸曲用量为 2 %。将 SY-5 麸曲酯化液应用于生产试验 , 明显地增加了总酯尤其是己酸乙酯的含量 , 使酒质改善 , 提高了优质品率 , 经济效益显著。在使用方法上以直接蒸馏得的酯化液用作调味液勾兑白酒或串香蒸馏效果为佳 ; 泼入酒醅中蒸馏或回窖发酵不宜采用。

1996 年 , 费国华等^[9]在河南仰韶酒生产中采用中科院成都生物研究所 “MZ” 酶工程技术 , 取发酵 90 d 的酶化液 2 kg 洒入发酵 30 d 的出窖酒醅中进行蒸馏 , 截取前馏分 40 kg , 与对照相比 , 4 种主要乙酯均增长 , 其中己酸乙酯增长 1 倍以上 , 口感浓香突出 , 与 85 d 发酵窖的酒相当 , 达到提高酒质等级、缩短发酵期之目的。将酶化液加入酒精后进行大曲酒醅串香蒸馏也能获得同样满意的效果。

“MZ” 酶化液的生产为由 MZ 菌制成香酯酶 , 基质由有机酸类、醇类、激活剂组成。根据 MZ 多功能复合酶的性能 , 基质可选用单一或多种按白酒中各种乙酯的量比需要而添加。MZ 酶为具有耐热性强的嗜热脂肪酶 , 酶化温度可达 40 ℃ 以上 , 酶化时间 90 d 基质中己酸乙酯含量可达到 95~115 g/L。

1990 年 , 吴衍庸等^[10]从泸州酒厂大曲中分离筛选得到 1 株红曲霉菌 , 具有强的生香功能。该菌在麦芽汁及合成培养基液体培养产生少量色素 , 在玉米淀粉培养基中产生大量红色色素 , 依据其形态特征等被鉴定为烟色红曲霉 (*Monascus fuliginosus*) H-101 菌株。其产生的酯化酶最适产酶温度 30 ℃ , 酶活反应最适温度为 50 ℃ , 酶

液在60℃处理24h,酶活仍保存75% pH稳定在4.5~7.5,可保存100%酶活力。该酶具多功能而产生复合香酶。

除红曲霉外,根霉菌也具有较弱的酯化作用。2002年刘光桦、赖登煜等^[11,12]对根霉酯化菌CS825已酸乙酯酯化条件进行了研究。结果表明,由成都全兴酒厂水井街酒坊分离获得的根霉酯化菌CS825菌株用于生产酯化酶时,无论采用固体发酵或液体发酵,都具有很高的己酸乙酯酯化活性,而常用的红曲霉在固体培养时酯化活性高,但在液态发酵时生物量形成少,酯化活性也很低,并试验了CS825菌株在液体培养时培养基的选择、通气量、培养温度、时间、无溶剂相、固定化方式等条件对酯化酶活力的影响。

将从大曲中分离到的优良菌株移植接种到大曲培养成强化大曲。红曲霉是其中之一。

3 有关乙酸乙酯的试验研究

乙酸乙酯是我国白酒中含量较多的一种乙酯,尤其对清香型、米香型、凤型以及二锅头等酒的风格具有重要的作用,它又是清香型的主体香气组成分。在20世纪80年代之前,清香型酒曾是我国东北、华北、西北地区的主产区,为了提高白酒质量增加乙酸乙酯含量(主要是麸曲法白酒),1964年辽宁省陵川试点姜定国等首先报道了应用5种生香酵母制优质白酒的试验报告,对其产酯条件和生产应用作了研究。1965年内蒙包头试点以中科院2300[#]菌种做了补充及验证,并采用柱层析鉴定了2300[#]、汾、1343[#]、1274[#]4种生香酵母所产的酯均为单一的乙酸乙酯。在应用于普通麸曲法白酒生产中,可采用固体堆积培养或液体平面培养后在蒸馏时酒在酒醅上以提高成品酒的乙酸乙酯含量。在入窖添加生香酵母,将发酵期延长至21d所产白酒的乙酸乙酯增加,乳酸乙酯下降,清香风格明显。这些俗称为生香酵母的汉逊氏酵母属还广泛应用于多种香型的麸曲法优质白酒中。

有研究表明,生香酵母是大曲中的主要酵母菌,它在发酵过程中利用葡萄糖后首先代谢乙醇和乙酸,而后在酵母胞内酯酶的作用下生成乙酸乙酯。生香酵母发酵的主要代谢产物及其含量见表4。

表4 生香酵母发酵的主要代谢产物及含量 (mg/100 ml)						
项目	乙醇	乙酸	乳酸	丁酸	己酸	乙酸乙酯
含量	148.77	108.5	2.33	0.25	0.15	219.14

在实验室对纯种酒精酵母发酵的研究表明,发酵过程中,副产物乙酸的生成量随乙醇生成量的增加呈上升趋势。

王元太^[13]指出,采用人工高酯化能力的红曲霉菌种接种到强化大曲中,可使50%以上的成曲断面出现红线和红心。使用该大曲生产的清香型原酒,其总酯高达5.0 g/L以上,如用于低度酒的调味酒,结合其他生产工艺措施,其总酯含量可高达6.0 g/L以上,总酸高达1.0 g/L以上。

对凤型酒不同发酵期的工艺试验证实,根据当前市场的需求,要提高凤型酒的产品质量,扩大低度酒的生产,必须延长发酵期。将原发酵14d工艺分别延长至23d和30d乃至120d,试验结果,以乙酸乙酯为首的己酸、丁酸及乳酸乙酯均有很大的增长^[14]。

4 关于乳酸乙酯与丁酸乙酯

4.1 乳酸乙酯

在传统的固态发酵方式中,大部分香型都采用了原粮配醅的操作法以调节入窖发酵酒醅的酸度和淀粉含量保持正常发酵条

件。因此这部分配醅从发酵起始就带入了乳酸,同时开放式的固态发酵及所使用的大曲、小曲或麸曲酒母等糖化发酵剂必然又带入了大量乳酸菌,导致在酿酒发酵过程中不断生成乳酸乙酯。因此乳酸乙酯是在四大乙酯中产量最多的。只因其水溶性最大,故最后在蒸馏时大部分进入了酒尾及残留糟醅中。有人说,乳酸乙酯含量多是我国白酒的特征,没有乳酸乙酯就不成为白酒之说并不过份。沈尧坤等^[15,16]对山东景芝酒厂固态发酵浓香型曲酒发酵酒醅中微量香味成分测定及其蒸出率的查定结果见表5及表6。

表5 用不同浓度的乙醇萃取测得酒醅中某些香味成分的含量 (mg/L)

组分	100%乙醇萃取			50%乙醇萃取
	1	2	3	
乙酸乙酯(包括乙缩醛)	58.9	59.8	59.9	59.3
丁酸乙酯	13.8	13.8	14.3	14.7
异丁醇	11.0	10.1	12.0	11.5
戊酸乙酯	11.0	13.8	—	10.1
正丁醇	10.6	10.1	10.6	9.7
异戊醇	37.7	37.1	40.9	39.6
己酸乙酯	299	303	277	288
酯 醇	30.3	28.1	30.3	24.0
乳酸乙酯	3008	3169	3188	3137
乙 酸	2387	2272	2424	2415
2,3-丁二醇(左旋)	782	823	818	296
2,3-丁二醇(内消旋)	313	299	327	317
丁 酸	262	244	239	248
戊 酸	37	32	32	50
己 酸	524	483	428	478

上述两项测定采用PEG20M交联毛细管柱色谱分析技术,故不能得到酒醅中存在大量乳酸的实测含量。对于乳酸的蒸出率,1965年内蒙包头试点报道过比乙酸还要低得多。

至于不采用原粮配醅操作法的酱香型、清香型、米香型、鼓香型等白酒,它们同样含有多量的乳酸乙酯。如上所述,这是白酒开放式发酵的必然结果。

4.2 丁酸乙酯

主要存在于浓香型酒中,它在酱香型酒中也有少量。来源于土壤微生物丁酸菌代谢的丁酸基质或是己酸菌发酵的中间产物丁酸与乙醇经生化合成。它在浓香型酒的四大乙酯中含量是最少的。一般在新建的发酵窖泥筑窖后的前几排酒中含量多一些。1974年内蒙包头试点时由于当时尚未分离得己酸菌及气相色谱法处于初期,曾试用纯丁酸菌发酵窖泥后筑窖窖固态发酵酒醅的试验,结果成品酒具浓香型风格。既含丁酸乙酯又含有较多量的己酸乙酯。试验还显示了在没有泥的情况下不产己酸及丁酸乙酯,而向乙酸乙酯转化。丁酸菌与己酸菌似乎是一对孪生兄弟,在1936年巴克首次发现己酸菌时就将其称之为不定型的丁酸菌。

5 认识与讨论

5.1 从20世纪70年代始至90年代,由酵母菌及曲霉菌在己酸酯化的各种试验中显示了酵母菌的酯化作用主要为胞内酶。它们在进行酒精发酵的同时将己酸酯化合成己酸乙酯,而当其在静止状态时基本上不具酯化作用。说明酯的形成主要发生于酵母生长活动期。而曲霉菌主要是胞外酶,与菌的生长活动无关。目前应用于大曲酒生产中的有红曲霉及根霉菌,对提高产品的质量获得了良好的效果。

5.2 传统的大曲与小曲既有存活的微生物菌群又是个复合酶制剂,它们在酿酒发酵中不仅是糖化发酵剂,同时也是产生香气风味

表 6 香味成分蒸出率

组分	双轮浓香				试验班大糙				试验班挑子			
	蒸前	蒸后	混合酒	提香率(%)	蒸前	蒸后	混合酒	蒸出率(%)	蒸前	蒸后	酒	蒸出率(%)
乙酸乙酯	162	9	2088	>95	156	—	3177	>95	67	—	2626	>95
丁酸乙酯	19	—	361	>95	—	—	74	>95	—	—	44	>95
正丙醇	14	—	226	>95	7	—	117	>95	—	—	95	>95
异丁醇	8	—	129	>95	22	—	265	>95	7	—	196	>95
戊酸乙酯	10	—	194	>95	—	—	16	>95	—	—	14	>95
异戊醇	23	—	413	>95	73	—	364	>90	25	—	694	>95
庚酸乙酯	—	25	89	15	—	—	5.0	—	—	—	—	—
己酸乙酯	354	129	3579	64	22	14	460	71	—	14	298	40
辛酸乙酯	15	12	62	19	—	—	13	—	—	—	17	—
乳酸乙酯	1941	2134	3837	8	2792	2024	7885	23	951	1385	3814	8.6
乙 酸	2088	2033	511	1.2	2234	2478	821	3	1820	1974	596	1.0
2,3-丁二醇(左旋)	832	805	46	0.2	684	759	60	0.6	730	—	63	0.3
2,3-丁二醇(内消旋)	407	399	13	0.1	253	308	14	0.3	272	—	13	0.2
丁 酸	301	359	167	2.3	29	123	42	2.6	33	64	63	3.2
戊 酸	57	55	27	2.5	—	—	3.4	—	—	—	6	—
己 酸	534	884	419	2.3	24	45.9	7.6	3.5	—	84	114	4.3
β-苯乙醇	7	12	6	2.5	—	68	42	4.5	65	46	45	3.2
糠 醛	—	—	—	—	—	53.4	155	18	—	66	158	7.5

成分的催化剂。随着科技工作的发展与专业化生产厂的出现 ,根据
不同酿酒生产工艺的要求 ,生产出不同品种的曲子是必要的。而对
其质量鉴定的理化及微生物指标尚需完善。

5.3 各种香型的白酒由于生产工艺与设备不同 ,导致产品的主
体酯香与香气组成比不同。乙酸乙酯的形成大体上有3条途径 :一
是酵母菌在酒精发酵时的副产物 ;二是原粮配醋工艺操作法在酒
醋发酵中残存的多量乙酸经生物酯化而成 ;三是其他微生物在酿
酒发酵中的代谢物。根据目前试验结果 ,是否可以认为在酿酒发
酵期较短的清香、凤型、米香、豉香型白酒中是以第一条途径为主
较为明显 ,胞外酯化酶为辅。而当清香、凤型延长发酵期生产调
味酒时 ,大曲中的胞外酶酯化作用就更为显示出来了^[17]。

在传统固态发酵的浓香型酒中己酸乙酯与少量的丁酸乙酯必
须在发酵酒醅中生成相应的酸之后才能和乙醇起酯化反应而产
生。由于存在于窖泥中的己酸菌代谢出己酸是以乙醇为主要碳源 ,
己酸发酵又十分缓慢 ;同时也可能存在于发酵体系中副产物乙酸
经丁酸转化成己酸 ,因此它们的形成应该是在主发酵期以后以胞
外酶为主而逐步积累 ,需要一个较长的发酵期。

5.4 在威士忌、白兰地、劳姆酒及日本产的烧酒的香气成分中 ,高
级醇含量占首位。在以异戊醇、异丁醇和正丙醇为主的高级醇中 ,
曾经报道了它们之间的比例关系不同可视为区分产品的类型指
标。即通常所说的A/B、A/P、B/P比值。我国白酒是以低级脂肪酸
乙酯及乳酸乙酯在香气成分中含量最多 ,同样是上述四大乙酯的
量比关系一般可以区分出该产品所属的香型及产品的质量好坏
来 ,因此在生产工艺中掌握和调整它们间的量比关系是十分重要
的事情。虽然决定白酒风味不仅仅是四大乙酯的问题。

5.5 酯化菌不是微生物学上的名称 ,而是体现具有酸、醇进行酯
化这一特殊功能的微生物的统称。酯化酶也不是酶学上的用语 ,酶
学上应为脂肪酶和酯酶的统称即解酯酶。研究表明 ,在M-101菌株
中 ,以上两种酶都存在。它们的组成比例可能在酯化反应中对产香
有影响。不同菌株产酶特性不同 ,增香效果也会产生差异 ,对于酒
醅在发酵过程中微生物消长及主要乙酯类的形成还应作系统跟踪

测定 ,才能使酯化作用更为明了。

参考文献 :

[1] 内蒙轻工化工科学研究所.对各类型白酒分析结果的初步探讨[J]. 轻
化工科技 ,1997 , (2) :
[2] 内蒙轻工化工科学研究所.己酸菌在白酒生产中应用研究[J]. 轻工化
工科技 ,1976 , (7) :
[3] 内蒙轻工化工科学研究所.提高瓜干原料液态白酒风味质量的小型试
验和生产实验工作技术小结[J]. 轻工科技 ,1978 , (1) :
[4] 北斗科研组技术鉴定材料[R].1988.
[5] 周恒刚.漫谈己酸乙酯的酯化[J]. 酿酒科技 ,1998 , (3) :18-21.
[6] 庄名扬 ,胡森 ,等.酯化酶制剂生产及在浓香型酒的应用[J].酿酒
科技 ,1993 , (2) :22-26.
[7] 陈宗雄 ,庄名扬 ,等.浓香型曲酒微生物技术在习水系列曲酒生产中的
应用研究[J].酿酒科技 ,1995 , (3) :15-16.
[8] 任鹿海 ,等.高活性红曲酯化菌的分离及在黄浆水酯化技术中的应用
研究[J].酿酒科技 ,1995 , (4) :11-14.
[9] 费国华 ,等.多功能复合香酯酶在浓香型酒中应用的研究[J].酿酒科
技 ,1996 , (4) :31-32.
[10] 吴衍庸 ,等.浓香型酒己酸乙酯合成的生物学研究酯—101型酯化菌—
101分离特性及酯化条件的探讨[J].食品与发酵工业 ,1990 , (5) :1-3.
[11] 刘光辉 ,等.液体培养条件对根霉CS825菌株酯化活性的影响[J].酿酒
科技 ,2002 , (2) :31-32.
[12] 赖登煌 ,等.根霉酯化菌CS825己酸乙酯酯化条件的研究[J].酿酒科
技 ,2002 , (3) :36-37.
[13] 王元太.清香型白酒中温大曲生产工艺的改进[J].酿酒 ,2000 , (4) :
69-70.
[14] 赵先维 ,等.凤型酒不同发酵期的工艺探讨[J].酿酒 ,1999 , (1) :40-43.
[15] 沈尧绅 ,等.固态发酵酒醅中微量香味成分分析方法的研究[J].酿酒 ,
1995 , (1) :62-64.
[16] 沈尧绅 ,等.甌桶蒸馏时酒醅中各种微量香味组分蒸出率初步的查
定[J].酿酒 ,1995 , (2) :39-41.
[17] 王月梅 ,等.清香型白酒发酵中的酯化研究[J].酿酒科技 ,2003 , (1) :
47-49.

