

选用自然和遗传增强型微生物降低葡萄酒的苹果酸

李 运, 李 皓

(张裕集团有限公司技术中心, 山东 烟台 264000)

摘 要: 对自然筛选酵母 ICV- GRE 和 71B、苹果乳酸菌 Lavin31、遗传增强型酵母 ML01 在 Vignoles 葡萄酒产品中苹果酸生物脱酸作用进行比较。ICV- GRE 酵母消耗 18 % 的苹果酸, 不产生乳酸。Lavin31 与 ICV- GRE 一样增进葡萄酒发酵, 转化残留的苹果酸, 同时消耗一些柠檬酸。由于 ICV- GRE 酵母有苹果酸的消耗量, ICV- GRE+ Lavin31 处理与 ML01 相比, 产生少量乳酸和较低可滴定酸度。ML01 在初发酵 60 h 期间, 有效地把 5.7 g/L (100 %) 苹果酸转换成乳酸, 71B 酵母消耗 1.9 g/L (33 %) 的苹果酸, 无乳酸生成, 用 ML01 生产的葡萄酒比其他处理产生较高的总 SO_2 。二级实验发现, ML01 酵母可产生 34.6 mg/L 的 SO_2 , 是 ICV- GRE 的 3 倍多, 是 71B 的 6 倍多。

关键词: 葡萄酒; 苹果酸; Vignoles; 遗传改良; ML01

中图分类号: TS262.6; TS261.4; TS261.1

文献标识码: B

文章编号: 1001- 9286(2008) 05- 0078- 04

Reduction of Malic Acid in Grape Wine by Using Natural and Genetically Enhanced Microorganism

LI Yun and LI Hao

(Technical Center of Changyu Co. Ltd., Yantai, Shandong 264001, China)

Abstract: Naturally selected yeast ICV-GRE and 71B, malolactic bacteria Lalvin31, and genetically enhanced yeast ML01 were compared for biodeacidification of malic acid in the production of Vignoles wine. ICV-GRE yeast consumed 18 % of malic acid with no lactic acid production. Lalvin31 promoted wine fermentation like ICV-GRE and it converted the residual malic acid to lactic acid and consumed some citric acid. ICV-GRE plus Lalvin31 treatment produced less lactic acid compared with ML01 treatment (because malic acid consumed by the ICV-GRE yeast) and had the lowest titratable acidity. ML01 could effectively convert 5.7 g/L (100 %) malic acid to lactic acid during the first 60 h of fermentation. The 71B yeast consumed 1.9 g/L (33 %) of the malic acid with no lactic acid production. Grape wine produced with ML01 had higher level of total sulfur dioxide (SO_2) than grape wine by other treatment. Secondary experiments found that ML01 yeast produced 34.6 mg/L SO_2 (three times as much as ICV-GRE and six times as much as 71B).

Key words: wine; malic acid, Vignoles, genetically modified, ML01

白葡萄 Vignoles (Seibel 6905 × Pinot Noir 中间杂合体) 含有高水平 L- 苹果酸 (4 ~ 8 g/L), 导致葡萄酒大的酸化, 细菌的生物脱酸作用是降酸最常见的途径。葡萄酒酿造者通常使用苹果酸- 乳酸发酵 (MLF) 来降低葡萄酒的酸度以及增强微生物的稳定性。Oenococcus oeni 是葡萄酒 MLF 中最常使用的乳酸菌, 这类细菌利用苹果酸乳酸转化酶 mle A 把 L- 苹果酸脱羧基转化为 L- 乳酸, 引起葡萄酒 pH 升高和滴定酸度降低^[1]。

标准的葡萄酒酵母 *Saccharomyces cerevisiae* 具有强的耐苹果酸能力, 与 *O. oeni* 相比^[2~4], 其数量可以认为忽略不计, 该酵母没有苹果酸运输系统。苹果酸只有通过简单扩散进入细胞^[4~6]并通过柠檬酸循环形成琥珀酸, 或者通过苹果酸- 乙醇途径形成更多的乙醇^[4, 6~8]。一些葡萄糖可能伴随着苹果酸的分解而消耗^[9]。在发酵接

近结束时苹果酸转化酶有所增加^[9], 消耗高浓度的苹果酸^[5~7], 而且高浓度的苹果酸也促使苹果酸转化酶有所增加^[9]。低 pH 也可以促进苹果酸的消耗, 能通过细胞膜^[7]的仅仅是未离解的部分。在 pH 为 3.2 时, 水溶液中苹果酸有 64 % 未离解, pH 为 3.6 时, 有 41 % 的苹果酸未解离。发酵期间酵母对苹果酸的消耗量很难预知, 但较低 pH 值和较高苹果酸浓度使苹果酸的消耗增加。

商业上使用的 *Scerevisiae* 酵母菌株消耗苹果酸的能力范围从 0 % ~ 40 %。在夏敦埃酒中, 与 *S. bayanus* 属 EC1118^[9] 消耗 0.7 g (10 %) 苹果酸相比, *S. cerevisiae* 属的 71B 酵母消耗了约 2 g (30 %), 其他研究显示 71B 菌株消耗的苹果酸数量范围在 18 %^[9] 或者 30 % ~ 33 %^[10]。71B 菌种制造商 (Lallemant, Montreal, 加拿大) 介绍说, 这种酵母菌大约消耗 40 % 的苹果酸。

收稿日期: 2007- 12- 03

作者简介: 李运 (1965-), 女, 山东人, 工程师。

通过遗传增强型酵母同时进行酒精发酵和苹果酸乳酸发酵是可能的。ML01 是一种遗传稳定的 *S. cerevisiae* 菌种, 来自 *Schizosaccharomyces pombe* 苹果酸通透酶因子(*mae1*)和来自 *O. oeni*^[2] 的苹果酸发酵基因(*melA*)一体化的工业产品。结果是: 酵母具有主动运输系统使苹果酸进入酵母细胞, 细胞内部的高效酶系, 把苹果酸转换成乳酸。这些酵母的使用, 减少了用乳酸菌进行苹果酸乳酸发酵的步骤, 从而加快了葡萄酒生产过程, 省去了细菌把苹果酸转换成乳酸所需的时间。ML01 不产生芳香, 而苹果乳酸菌产生一些风味化合物, ML01 的安全状况被美国 FDA 普遍接受和认可 (GRAS 公告第 000120 号), 然而, 遗传改良型酵母的使用, 在欧洲联盟、澳大利亚和南非遭到反对。BioSpringer 是 Lesaffre 酵母公司区域部门, 致力于使 ML01 在美国和摩尔多瓦共和国商业化^[2]。

本实验在 Vignoles 葡萄酒产品中, 对自然筛选酵母、苹果乳酸菌与遗传增强型酵母 ML01 苹果酸生物脱酸作用进行比较。

1 材料与方法

1.1 实验设计及分析

完全随机化设计确定使用以下 4 种酵母的发酵处理模式: 71B 酵母、ICV - GRE、ICV - GRE+Lalvin31 (ML 细菌) 和 ML01 酵母, 并进行 3 次重复实验。利用 JMP 统计分析软件对实验结果进行数据分析, 使用最小二乘法符合模型确定平均值分离法, 用 Tukey's HSD 检验显著性水平 $P \leq 0.05$ 。

1.2 榨汁过程

在阿肯色州农业大学研究中心, 人工收获 Vignoles 葡萄, 用传统方法进行压榨, 用添加偏重亚硫酸钾的方式向果汁中加入 30 mg/L SO_2 , 并加入 33 mL/1000 kg 的 Scottzyme Cinn- Free 果胶酶。压榨前, 置于 2 密闭容器保持 48 h。果汁在 2 低温澄清过夜以减少悬浮固体。果汁压榨后升温 18 混合, 然后把 18.2 L 的果汁泵入 18.9 L 的玻璃瓶中, 往各个瓶里添加酵母后, 把瓶子放在充满水隔绝空气的地方。

1.3 微生物的复水过程

1.3.1 酵母菌种

71B 酵母、ICV - GRE、Lalvin31 (*O. oen* 直接接种的 MBR 菌种)、自然酵母 Go- Ferm 和 Fermaid K, 由 Lallemant 供应 (加拿大蒙特利尔), 遗传改良型酵母 ML01 由 Springer Oenologie 生产 (BioSpringer, Maisons- Alfort 法国)。

1.3.2 复水过程

酵母接种按制造商的建议, 71B 和 ICV - GRE 各

0.26 g/L、ML01 为 0.075 g/L, 所有酵母用含有 6 g Go- Ferm、40 、50 mL 的水进行活化, 发酵温度为 18 , 酵母接种 36 h 后, 以 0.26 g/L 的比例将自然酵母 Fermaid K 加入到所有葡萄汁中。酵母增加率达到 0.01 g/L 后, Lalvin31 被加到 ICV - GRE+Lalvin31 中处理 14 d。

1.4 设备与分析

1.4.1 设备

超声波清洁器: Branson 2510 Ultrasonic Cleaner, Danbury, CT。

离心分离机: 型号为 A - 4 - 44 Brinkmann instruments, Westbury, NY。

Beckman pH 计、HPLC、微量加样器。

1.4.2 分析

发酵必须每 12 h 进行一次充分的混合, 直到发酵结束为止。这样做的显著作用是可以将沉淀物从瓶子底部带起。混合均匀后, 用 1 只一次性的吸液管吸取 16 mL 样品, 把样品放置在离心分离机的管子里, 并用超声波振动 10 min 脱气。使用 EPPEND5804 带有旋转吊桶转子的离心分离机, 在 4192 g 对样品离心 10 min。样品用 0.45 μm 的酰胺纤维微量加样器过滤, 然后注入 HPLC, 运行 HPLC 程序对葡萄糖、果糖、柠檬酸、酒石酸、苹果酸、琥珀酸、乳酸、丙三醇、乙醇等进行分析^[14]。

每隔 24 h 测量可滴定酸和 pH, 用 Beckman pH 计测量 pH 值, 使用探针进行 3 点校准 (1.68, 4.0, 7.0)。取 5 mL 果汁或脱气的葡萄酒, 加入 125 mL 脱气去离子水, 用 0.1 mol/L 的 NaOH 滴定至 pH 8.2 为终点, 测量可滴定酸度 (以酒石酸计 g/L)。在控制质量和稳定性的发酵阶段, 保持 pH 在 3.7 以下。在 71B 和 ML01 处理形式下, 在第 3 天调整 pH 值到 3.5; 其他所有葡萄酒在第 7 天进行调整, ICV - GRE+Lalvin31 处理在苹果酸乳酸发酵完全结束后进一步调整 pH 到 3.5。调整 pH 到 3.5 是依据先前的 Vignoles 葡萄在葡萄园的生长情况, 并且有助于限制细菌性腐败。

葡萄酒发酵结束后, 压榨并添加 75 mg/L SO_2 , 然后在 2 进行 3 个月的冷冻稳定。通过 1.0 μm 的过滤器过滤, 装瓶前调整游离 SO_2 到 60 mg/L。测量果汁中的 SO_2 用 “亚硫酸盐沉淀法” (CHEMetrics, Calverton, VA), 成品葡萄酒中的总 SO_2 的测定采用通气氧化法^[12]。

1.5 酵母 SO_2 产物的确定

在第一次实验结束时, 产生不同的总 SO_2 。即使是全部的 Vignoles 葡萄酒也有相似数量的 SO_2 增加量。ICV - GRE、71B、ML01 酵母之间 SO_2 量的变化可以通过附加实验测量。不再使用 Vignoles 果汁, 而使用 Thompson 无核葡萄生产的果汁。果汁在 2 低温澄清

过夜以减少悬浮固体, 用 KOH 调整果汁 pH 到 3.5, 与 Vignoles 果汁的 pH 相似。发酵以前果汁的化学性质为: 可溶性固形物 20.9 %、pH3.5、滴定酸 7.3 g/L (以酒石酸计)、苹果酸 3.8 g/L、总 SO₂ 在检测限以下。加 Fermaid K (0.26 g/L) 到果汁中。此果汁升温到 82 ℃, 进行巴氏灭菌, 放在 3.8 L 的玻璃容器中, 密封放冷过夜。果汁灌入 500 mL 经过消毒的长颈锥形瓶中, 隔绝空气发酵。根据前面所描述的酵母复水和接种, 每个酵母进行 3 次重复实验, 并进行 SO₂ 分析。

由于苹果酸乳酸菌在 Vignoles 中不增加 SO₂, 因此, 不包括在本实验中, 其他发酵条件与 Vignoles 实验相同。

2 结果与讨论

2.1 不同菌种发酵时间和残糖的差异

在接种前, Vignoles 果汁含有可溶性固形物 21.2 %、pH3.53、滴定酸 7.8 g/L (以酒石酸计)、L- 苹果酸 5.7 g/L、游离 SO₂ 为 11 mg/L。ML01 酵母完成发酵晚于其他酵母 12 h(见图 1), 这可能是由于制造商推荐的接种率小于其他酵母接种率的缘故。制造商的标签中指出, 初始生物量积累期间发生的酸化以及低比率的接种量(5 ~ 10 g/100 L) 才能完成有机酸的转化。在所有酵母中, 葡萄糖和果糖都以较快的比率消耗, 所有酵母发酵 108 h 后, 可发酵的葡萄糖和果糖降低到 2 g/L 或更少。尽管所有葡萄酒被看作是干酒(残糖 < 2 g/L), 但用 ML01 生产的葡萄酒比其他处理有更多的残糖(见表 1)。

表 1 酵母对 Vignoles 葡萄酒的影响

指标	酵母类型			
	71B	ICV-GRE	ICV-GRE+ Lalvin31	ML01
葡萄糖+果糖(g/L)	0.88	0.65	0.57	1.48
可滴定酸(以酒石酸计, g/L)	8.1	8.6	6.7	7.1
酒石酸(g/L)	1.53	1.56	1.74	1.81
柠檬酸(g/L)	0.38	0.41	0.18	0.44
L-苹果酸(g/L)	3.81	4.67	0.06	0.05
L-乳酸(g/L)	0.03	0.03	3.11	3.64
琥珀酸(g/L)	0.50	0.43	0.44	0.35
甘油(g/L)	6.06	5.37	5.44	5.95
乙醇(%vol)	12.3	12.2	12.3	12.0
总 SO ₂ (mg/L)	82	92	73	121

2.2 各菌株对葡萄酒中有机酸和 pH 的影响

ML01 在 60 h 内把苹果酸完全转化为乳酸, 当葡萄酒中的苹果酸残余量少于 0.1 g/L 时, 可以视为苹果酸乳酸发酵已经完全结束。使用 Lalvin31 的苹果酸乳酸发酵发酵, 在接种 21 d 内完成。

发酵期间 71B 酵母、ICV- GRE、Lalvin31 的 pH 值分别在 72 h 后上升到 3.57、3.64 和 3.72。由于在苹果酸- 乙醇途径中也有苹果酸的损失, 或者苹果酸去碳酸根形成酸性较弱的乳酸, 酵母发酵出现 pH 值上升。pH 值的变化与酒石酸和酒石酸氢钾的沉淀作用有关。当 pH 值各自为 3.73、3.78 和 3.80 时, 在第 3 天加入酒石酸降低 pH 到 3.5, 第 7 天再次调整。根据需要, 在冷冻稳定之前, 所处理的葡萄酒将 pH 值调整到 3.5。调整 pH 值可提高葡萄酒微生物的稳定性, 而且冷冻稳定以后, 可以生产出低 pH 值的葡萄酒。冷冻稳定后进行灌装。所有处理形式 pH 平均值为 3.38 ±0.02。每种处理的成品酒, 滴定酸度存在差别。在可滴定酸的减少量中, ICV- GRE+Lalvin31 有最大的脱酸作用效果。尽管不同量酒石酸的添加, 可以使每种处理达到相似的 pH, 在这些处理方式的最终成品葡萄酒中, 酒石酸含量的变化只有 0.28 g/L。发酵期间, 71B 和 ICV- GRE 酵母消耗 1.8 g/L (33 %) 和 1.03 g/L (18 %) 的苹果酸, 而 ML01 则把全部的苹果酸转变为乳酸。ICV- GRE 消耗苹果酸的数量多于期望值, 以前制造商并没把它作为苹果酸消耗菌。Coopratif du vin 协会实验酿酒厂检测, ICV- GRE 在少数几个葡萄品种中苹果酸消耗为 0.8 g/L (25 %), ICV- GRE+Lalvin31 处理中 Lalvin31 把剩余苹果酸转变为乳酸, ICV- GRE+Lalvin31 处理也消耗柠檬酸, 与大多数的 O. oeni 菌一样, Lalvin31 也是为人们所熟悉的柠檬酸分解菌。ICV- GRE 酵母消耗苹果酸可能经过了苹果酸- 乙醇途径^[4], 因为在酒精发酵的最终产物中没有 L- 乳酸产生。ICV- GRE+Lalvin31 与 ML01 相比产生少量的乳酸。Husnic et al.(2007)报告说, 在葡萄酒中使用 ML01 的非遗传增强型亲本酵母菌种 S92+O. oeni 比用 ML01 产生较少的乳酸, 因为 S92 有 10 %的苹果酸消耗量。发酵期间或结束以后接种乳酸菌, 苹果酸乳酸发酵的成功依赖于包括特殊的酵母菌种 / 细菌菌种等许多因素的相互影响^[13]。由于酵母菌有苹果酸消耗量, 发酵结束时添加菌种与发酵开始时接种相比, 能够提高乳酸的产量, 结果见图 1、图 2 和图 3。

2.3 不同菌株对葡萄酒中 SO₂ 含量的影响

发酵期间, 酵母细胞的生理状态适合于果汁或葡萄酒介质的变化。酵母产生琥珀酸和甘油, 产生的数量取决于酵母类型、种类、发酵温度、营养以及其他因素, 影响酸度和口感。71B 酵母产生大量的琥珀酸, ML01 产生的较少, 数量范围在 0.35 ~ 0.50 g/L。酵母产生不同数量的甘油, 71B 产生的最多, ICV- GRE 产生的最少, 变化范围在 5.37 ~ 6.06 g/L 之间。由酵母产生的琥珀酸和甘油的狭小范围可以解释不同葡萄酒之间的质量差异。发酵参数的变化说明酵母可以引起琥珀酸和甘油产量的

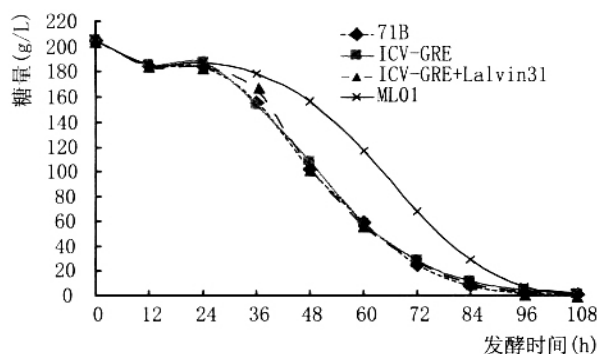


图1 各种酵母发酵时糖量变化

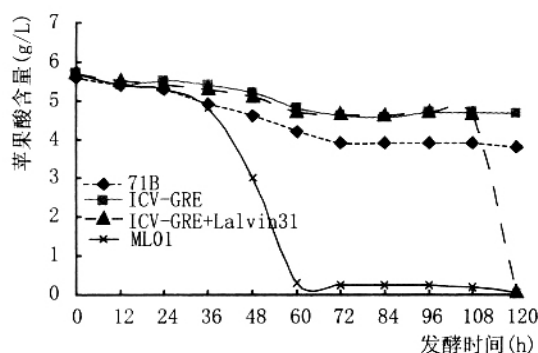


图2 各种酵母发酵时苹果酸的变化

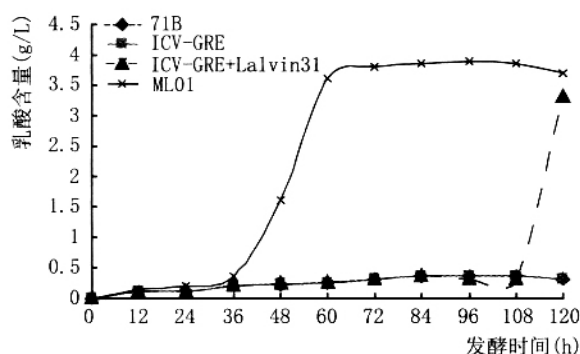


图3 各种酵母发酵时乳酸含量的变化

变化。ML01 生成的乙醇比其他处理略低,但所有处理样品范围为 12 %vol ~ 12.3 %vol。从破碎到灌装,添加的总 SO_2 随着处理过程变化,由于葡萄酒在灌装时要调整游离 SO_2 水平,在 3 种酵母重复发酵中增加 SO_2 的平均数为 $131 \text{ g/L} \pm 4$ (71B)、 $132 \text{ g/L} \pm 7$ (ICV-GRE) 和 $125 \text{ g/L} \pm 7$ (ICV-GRE+Lalvin31)、 $137 \text{ g/L} \pm 7$ (ML01)。这些值并不与成品葡萄酒中的总 SO_2 一致,由于 SO_2 在葡萄汁压榨和过滤中,可以使固体凝结核除去,所有发酵过程进行同样的处理,在这些处理中, SO_2 的损失也是相似的。然而 ML01 与其他处理相比多出 30 ~ 50 g/L 的 SO_2 ,除非是酵母可以产生不同数量的 SO_2 ,否则无法解释这种差别。

葡萄酒总 SO_2 变化量的计算。另一个用 Thompson seedless 葡萄汁确定 SO_2 是否是由酵母产生的实验,能

够解释检测到的不同的 SO_2 。酵母所产生的 SO_2 分别为 $4.6 \text{ g/L} \pm 0.75$ (71B)、 $10.1 \text{ g/L} \pm 0.55$ (ICV-GRE) 和 $34.6 \text{ g/L} \pm 0.03$ (ML01)。由 ML01 酵母产生的 SO_2 是 ICV-GRE 菌株的 3 倍,是 71B 菌株的 6 倍。如前所述,71B 菌株在发酵期间产生很少量的 SO_2 [10], Prise de Mousse Lalvin EC1118 与 ML01 是同一类别的酵母 [14]。Lalvin EC1118 的制造商推荐说:这个酵母是一个高产 SO_2 的酵母,在 Thompson seedless 果汁中和在 Vignoles 果汁中很相似。假如在两种果汁中酵母间产生 SO_2 的量相似,由 ML01 产生的 SO_2 增加量就可以解释总 SO_2 的差别。

3 结论

自然酵母和遗传增强型酵母都可以达到减少或消除葡萄酒苹果酸的目的。在葡萄酒中利用自然筛选酵母 ICV-GRE 和 71B,可分别减少苹果酸量 18 %和 33 %。而 ML01 菌株可以把全部的苹果酸转变为乳酸。使用 ICV-GRE+Lalvin31 酵母,由于在苹果酸乳酸发酵前有苹果酸的消耗量,因此产生较低的乳酸和可滴定酸,ML01 酵母也比其他酵母产生更多的 SO_2 。

参考文献:

- [1] Bartowsky, E.J. *Oenococcus oeni* and malolactic fermentation-Moving into the molecular arena. *Aust J. Grape Wine Res.* 2005, (11): 174-187.
- [2] Husnik, J., H. Volschenk, J. Bauer, D. Colavizza, Z. Luo, and H. J.J. van Vuuren. Metabolic engineering of malolactic wine yeast. *J. Metabolic Eng.* 2006, (8): 315-323.
- [3] Redzepovic, S., S. Orlic, A. Majdak, B. Kozina, H. Volschenk, and M. Viljoen-Bloom. Differential malic acid degradation by selected strains of *Saccharomyces* during alcoholic fermentation. *Int J. Food Microbiol.* 2003, 83: 49-61.
- [4] Volschenk, H., H. J.J. van Vuuren, and M. Viljoen-Bloom. Malo-ethanolic fermentation in *Saccharomyces* and *Schizosaccharomyces*. *Curr Genet.* 2003, 43: 379-391.
- [5] Delcourt, F., P. Taillandier, F. Vidal, and P. Strehiano. Influence of pH, malic acid and glucose concentrations on malic acid consumption by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1995, 43: 321-324.
- [6] Pretorius, I.S. Tailoring wine yeast for the new millennium: Novel approaches to the ancient art of winemaking (review). *J. Yeast*, 2000, 16: 675-729.
- [7] Ramon-Portugal, F., I. Seiller, P. Taillandier, J. L. Favarel, F. Nepveu, and P. Strehiano. Kinetics of production and consumption of organic acids during alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Food Technol. Biotechnol.* 1999, 37(4): 235-240.

(下转第 84 页)

除上述讨论的钙、镁碳酸盐和硫酸盐外, 醪液中的其他有机或无机盐类也将因浓缩倍数的增加而呈过饱和析出。值得注意的是, 酒精生产设备的受热面的积垢, 特别是粗馏塔中下段积垢的硬度特大, 与设备表面的附着力特强, 晶格间的内聚力也特强。这是什么原因呢? 从表 2 的数据显示, Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 SiO_2 等在积垢中的比例也是随物料流动方向上增多的, 其原因之一是蒸发浓缩导致的结果。而更主要的一个可能原因是微生物泥的作用和氢氧化镁吸附二氧化硅的作用。据有关文献记载: 微生物泥具有特殊的粘结作用, 它可起到过滤器的作用, 将本来悬浮的杂质吸附下来形成积垢^[1]。氢氧化镁是在蒸馏过程中碳酸镁的水解产物, 目前认为, 在氢氧化镁沉淀的同时, 特别容易吸附二氧化硅共同沉淀, 形成粘结性大、颗粒较细的硅酸镁粘泥($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 俗称蛇纹石)^[1]。因此, 微生物泥和氢氧化镁对粗馏塔积垢的物理特性可能有着特殊的贡献作用, 而且这种作用在醪液中杂质高度浓缩的条件下更为突出。

3 结论

3.1 通过对酒精蒸馏设备积垢的化学成分分析, 确认不同厂积垢的化学成分基本相同, 其中, 钙、镁的碳酸盐

和硫酸盐是积垢的主要成分物质。

3.2 糖蜜酒精蒸馏设备积垢物质的化学成分在物料流动方向上呈现规律性变化, 这种规律性变化为分析积垢物质在生产系统中的运行机制提供了理论分析依据。

3.3 积垢物质在生产系统中运行分原料处理阶段、发酵阶段和蒸馏阶段。其中蒸馏阶段的设备受热面的积垢主要成分碳酸盐是由于酸性盐受热分解形成并附着于设备受热面, 而硫酸盐是由于蒸馏过程中醪液浓缩倍数提高, 成垢离子过饱和析出, 并附着于受热面形成结晶中心, 直接与醪液中成垢离子建立平衡而使结晶迅速生长。

3.4 发酵过程中的微生物及其代谢产物形成的微生物泥和蒸馏过程中碳酸镁的水解产物氢氧化镁的粘结和吸附作用, 可能是导致积垢具有特殊物理性质的原因。

参考文献:

- [1] 徐寿昌. 工业冷却水处理技术[M]. 北京: 化工工业出版社, 1984.
- [2] 李祺德, 康云川, 张岱芬. 甘蔗糖蜜酒精工艺学[M]. 昆明: 云南教育出版社, 1993.
- [3] 许开天. 酒精蒸馏技术[M]. 北京: 轻工业出版社, 1993.
- [4] 李德光. 化工设备积垢[M]. 昆明: 云南大学出版社, 2007.

(上接第 81 页)

- [8] Redzepovic, S., S.Orlic, A.Majdak, B. Kozina, H.Volschenk, and M.Viljoen-Bloom. Differential malic acid degradation by selected strains of *Saccharomyces* during alcoholic fermentation. *Intl[J]. J.Food Microbio* 2003, 1.83: 49- 61.
- [9] Pilone, G.J., and F.A.Ryan. A New Zealand experience in yeast inoculation for acid reduction[J]. *Wine Indust.J.* 1996, 11(4): 83- 86.
- [10] (Henick-Kling, T., and Y.H.Park. Considerations for the use of yeast and bacterial starter cultures: SO_2 and timing of inoculation[J]. *Am.J.Enol.Vitic.* 1994, 45: 464- 469.
- [11] Walker, T., J.Morris, R.Threlfall, and G.Main. Analysis of wine composition in Cynthiana and Syrah wine[J]. *J.Agric.Food Chem.* 2003, 51: 1543- 1547.
- [12] Zoecklein, B.W., K.C.Fugelsang, B.H.Gump, and F.S.Nury. *Wine Analysis and Production*[M]. New York: Chapman & Hall, 1995.
- [13] Alexandre, H., P.J.Costello, F.Remize, J.Guzzo, and M.Guilloux-Benatier. *Saccharomyces cerevisiae-Oenococcus oeni* interactions in wine: Current knowledge and perspectives[J]. *Int.J. Food Microbiol.* 2004, 93: 141- 154.
- [14] Husnik, J.I., P.J.Delaquis, M.A.Cliff, and H.J.J.van Vuuren. Functional analyses of the malolactic wine yeast ML01[J]. *Am.J.Enol.Vitic.* 2007, 58: 42- 52.

2007 年我国葡萄酒实现利润 16 亿元

本刊讯: 2007 年, 我国葡萄酒产量为 66.5 万吨, 同比增长 37%; 实现工业总产值 150 亿元, 同比增长 22.8%; 实现利润 16 亿元, 同比上升 23.6%, 增速较为稳定。

我国于 2005 年跻身全球十大低度无泡葡萄酒的消费国, 据 IWSC(世界葡萄酒与烈酒大赛)研究人员估计, 2006~2011 年间, 我国葡萄酒消费量将有 70% 的增幅, 比全球葡萄酒消费平均增幅快 6.5 倍。2012 年, 我国有望成为全球第八大葡萄酒消费国。(小小)