

肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 在苹果酒中发酵特性的研究

张佳涛 漆叶琼 潘向辉 张柏林*
(河北农业大学食品科技学院 河北保定 071000)

摘要:从发酵温度、接种量、酒精度、起始苹果酸浓度等方面研究了肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 的苹果酸乳酸发酵 (MLF) 能力, 确定了肠膜明串珠菌 MLF 适宜条件为温度 20℃、接种量 6%、酒精度 10% (v/v) 以及起始苹果酸浓度 4.0g/L。按此工艺酿制, 发酵时间 12d 后苹果酒中的乳酸含量由 0.99g/L 提高到了 3.5g/L, 苹果酸含量从 4g/L 下降到 0.25g/L, 且苹果酸降解发生在菌株 Z_{25} 的对数生长阶段。显然, 辅助肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 到苹果酸乳酸发酵中, 可以改善苹果酒的品质。

关键词: 苹果酒 苹果酸乳酸发酵 (MLF) 肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25}

Utilization of *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* Z_{25} to start malolactic fermentation in cider-making

ZHANG Jia-tao, QI Ye-qiong, PAN Xiang-hui, ZHANG Bo-lin*

(College of Food Science & Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract: Using *L. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* Z_{25} as an adjunct culture to start malolactic fermentation (MLF) of cider. Fermentation temperature, inoculum concentration, ethanol concentration, and initial level of malic acid in cider were main factors affecting the apple MLF of strain Z_{25} . The optimum parameters for MLF started by strain Z_{25} were fermentation temperature at 20℃, 6% of inoculum, 10% of ethanol concentration (v/v), and malic acid of 4g/L in cider. All ciders made with this technology showed better aromatic and taste properties than the cider samples that no malolactic fermentation existed due to no addition of strain Z_{25} . The content of malic acid decreased from 4g/L to 0.25g/L, whereas that of lactic acid grew from 0.99g/L to 3.50g/L during a 12-day MLF in the presence of strain Z_{25} . The degradation of malic acid depended mainly upon the growth phase of strain Z_{25} . Obviously, use of strain Z_{25} as an adjunct culture would be promising in improving the final flavor and quality of cider products due to the starting of malolactic fermentation.

Key words: cider; malolactic fermentation; *L. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* Z_{25}

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)11-0201-05

苹果酸-乳酸发酵 (Malolactic fermentation, 简称 MLF) 是葡萄酒、苹果酒等果酒酿造中非常重要的二次发酵过程。苹果酒酿造过程中, 苹果酸度较高, 酿造的苹果酒口感较酸涩, 需要进行苹果酸-乳酸发酵来改善其风味。苹果酸-乳酸发酵是乳酸菌以 L-苹果酸为底物, 在苹果酸-乳酸酶催化下转变成 L-乳酸和 CO₂ 的过程。二元酸向一元酸的转化可以使果酒总酸下降, 酸涩感降低, 同时因乳酸在感官上比较

柔和圆润, 所以苹果酒的口感会明显得到改善^[1]。另外, 乳酸菌自身还能够产生芳香活性化合物, 改善果酒的最终香气和风味, 因此苹果酸乳酸发酵是苹果酒生产中不可忽视的一个工艺环节。在 MLF 中, 优良的乳酸菌可以启动 MLF, 为苹果酒带来良好风味。然而, 若乳酸菌种选择不当, 如片球菌的出现则会影响 MLF 发酵过程, 败坏最终苹果酒的质量^[2]。显然, 发酵菌种的选择是影响苹果酒质量的重要因素之一。目前, 能启动 MLF 过程的乳酸菌包括酒球菌 (*Oenococcus*)、明串珠菌 (*Leuconostoc*)、乳杆菌 (*Lactobacillus*)、片球菌 (*Pediococcus*) 和链球菌 (*Streptococcus*) 等^[3]。国内外关于采用酒球菌来启动

收稿日期: 2010-11-30 * 通讯联系人

作者简介: 张佳涛 (1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 食品微生物。

基金项目: 国家林业局 948 项目 (2008-4-79)。

[9] 钟振声, 王伊沂. 酶解法改善不溶性大豆膳食纤维维持水力的研究[J]. 中国油脂, 2008, 33(6): 57-60.

[10] 徐广超, 姚惠源. 豆渣水溶性膳食纤维制备工艺的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2005, 26(1): 54-57.

MLF 的研究很多,但采用明串珠菌来启动果酒 MLF 过程,特别是苹果酒酿制中 MLF 的研究报道尚不多见。在以往的实验中,我们从果酒中筛选到几株明串珠菌,其中肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} (*L. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* Z_{25}) 具有耐受低 pH 和高乙醇浓度的特性,因而本文从温度、接种量、酒精度、初始苹果酸含量等主要影响因子出发,初步探索了该菌株在苹果酒 MLF 中的发酵特性和工艺参数,以期为苹果酒的工业化酿制贮备一支新菌株。

1 材料与方法

1.1 实验材料

肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} (菌株资源平台编号: 1511C001600000146)、酿酒酵母 Y13 (菌株资源平台编号: 1511C001600000088) 均由中国工业微生物菌种保藏中心提供;浓缩苹果汁 糖度 72Brix, 总酸(以苹果酸计)为 18.09g/L, pH4.10, 由河北喜奥保健食品有限公司提供;菌种扩培培养基 将浓缩苹果汁调整到糖度为 20°Bx, 自然 pH 2.9, 并用 SO_2 (30mg/L) 过夜杀菌后备用;酵母采用 YPD 培养基培养,肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 采用改良 MRS 培养基培养。

1.2 实验方法

1.2.1 菌种培养 酿酒酵母种子培养:一级种子为试管培养(装液量 5mL, 25℃ 培养 1d);二级种子为 100mL 三角瓶培养(装液量 50mL, 25℃ 培养 1d);三级种子为 1000mL 三角瓶培养(装液量 500mL, 25℃ 培养 1d)。肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 斜面培养条件:培养温度 28℃, 厌氧培养 2~3d。肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 扩培培养条件:培养温度 28℃, 培养 1d 达到稳定期。

1.2.2 苹果酒前酵酒的制备 将浓缩苹果汁稀释至 1000mL, 使固形物浓度在 13~14°Bx (WYA 阿贝折射仪测定)。总酸为果汁调整后的自然酸度(以苹果酸计), 并添加 30mg/L SO_2 (亚硫酸实际加入量为 30 μL /L) 过夜杀菌 1d。苹果酒前酵采用的发酵菌种为酿酒酵母 Y13, 15℃ 发酵 15d。前酵结束后, 将与下层酵母泥分离后的上清酒液通过 0.2 μm 的微孔滤膜, 以去除苹果酒中可能存在的残余酵母。经测定, 前酵苹果酒的乙醇体积分数为 7%, 总 SO_2 浓度为 30mg/L^[4]。

1.2.3 苹果酸乳酸发酵 前酵结束后获得苹果基酒的 pH 为 3.8, 酒精度为 7% (v/v), 总酸 3.8g/L, SO_2 含量为 30mg/L。以不接种肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 的苹果基酒作为对照, 在 20℃ 下发酵 12d^[4]。检测苹果酒 MLF 发酵进程、柔和指数、挥发酸含量、苹果酸及乳酸含量、肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 的活菌数等指标。

1.2.3.1 发酵温度的影响 将扩培好的肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} (细胞浓度 10⁹ cfu/mL) 按体积比 6% 的接种量加入苹果基酒中, 分别在 15、20、25℃ 下发酵 12d。

1.2.3.2 接种量的影响 将扩培好的肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} (细胞浓度 10⁹ cfu/mL), 分别按 4%、6%、8% 和 10% 的接种量加入苹果基酒中, 20℃ 下发酵 12d。

1.2.3.3 酒精度的影响 分别将苹果酒基酒的酒精

度调整为 6%、8%、10% 和 12% (v/v), 然后按体积比 6% 接种量将扩培好的肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} (细胞浓度 10⁹ cfu/mL) 加入苹果酒中, 20℃ 发酵 12d。

1.2.3.4 起始苹果酸浓度的影响 分别将苹果酒基酒的起始苹果酸浓度调整为 3.5、4.5、5.5g/L, 然后按体积比 6% 接种量将扩培好的肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} (细胞浓度 10⁹ cfu/mL) 加入苹果酒中, 20℃ 发酵 12d。

在以上四组因素的影响实验中分别检测苹果酒 MLF 发酵进程、柔和指数、挥发酸含量、苹果酸及乳酸含量、肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 的活菌数、酒精度和总酸等指标。

1.2.4 感官评定 参照《中华人民共和国葡萄酒、果酒通用实验方法》(GB/T15038-2005)^[3,5]。

1.2.5 柔和指数测定 柔和指数(柔和度) = 酒精度 - (总酸 + 单宁)。单宁采用比色法测定^[8], 单位 g/L。酒精度、总酸的测定参见酿酒工业分析手册^[6-7], 总酸以每升苹果酒中相当于苹果酸或乳酸的克数来表示(按苹果酸乳酸发酵过程中不同时期苹果酸、乳酸中的优势酸来表示)。

1.2.6 挥发酸含量测定 水蒸气蒸馏法^[9]。

1.2.7 MLF 的监测 纸层析法^[10]。以层析纸上乳酸斑点的扩大和苹果酸斑点的消失所持续的时间来判断 MLF 进程。

1.2.8 苹果酸、乳酸含量测定 采用 HPLC 测定。色谱条件: 高效液相色谱仪 (Agilent1200), 色谱柱为 phenomenex luna C₁₈ (2) (5 μm , 4.6mm × 250mm); 流动相: 甲醇和缓冲溶液 (0.01mol/L, pH = 2.80 的 KH_2PO_4 缓冲液) 的体积比为 3:97, 流速 0.6mL/min, 紫外检测波长 215nm, 进样量 10 μL , 柱温 30℃^[11-13]。

1.2.9 肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 活菌数测定 采用改良 MRS 固体培养基, 28℃ 培养 48h 后平板菌落计数, 活菌数表达为 cfu/mL^[12]。

1.2.10 实验中数据处理 实验中所有酒样柔和指数、苹果酸、乳酸、乙酸含量均重复三次取其平均值。实验数据采用 SPSS10.0 统计分析软件进行差异显著性分析, 显著性水平均取 5% (P < 0.05)。

2 结果与讨论

2.1 发酵温度对苹果酸乳酸发酵的影响

通常, 苹果酒酿制中 MLF 采用的温度大都在 15~20℃ 之间, 但肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z_{25} 的适宜生长温度在 20~28℃ 之间, 因而添加肠膜明串珠菌后控制发酵温度对于 MLF 的顺利进行非常重要^[2]。本文以酒样柔和指数作为指标, 考察了 15~25℃ 发酵温度对 MLF 进程的影响。从图 1 中可以看出, 接入该菌株后, 苹果酒经 MLF 发酵后酒样的柔和指数均比对照(未经过苹果酸乳酸发酵)有了很大提高, 其中 20℃ 下酒样柔和指数最高。

从图 1 中还可以看出, 随着发酵温度升高, 乙酸产量也逐渐升高, 但乙酸产量在 20℃ 下与在 15℃ 下并没有显著差异。感官评定表明, 15℃ 和 20℃ 下发酵的苹果酒风味比较纯正, 而 25℃ 发酵的苹果酒略显辛辣, 说明低温发酵较高温发酵口感更柔和饱满。由表 1 中可以看出, 与 20℃ 的发酵温度相比, 在 15℃

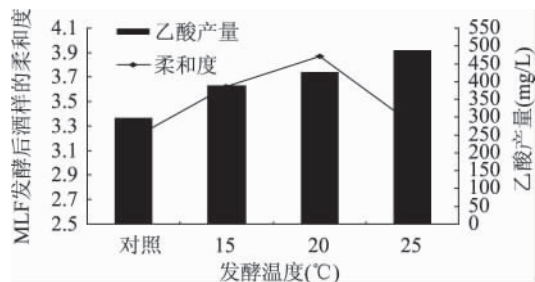


图1 不同发酵温度对 MLF 及乙酸产量的影响

下,苹果酸乳酸发酵启动慢且整个过程需要 16d 完成,发酵温度高则完成苹果酸乳酸发酵时间明显缩短,说明温度高低明显影响苹果酸乳酸发酵的进行。综合柔和指数、乙酸产量以及完成 MLF 进程的时间和口感,确定 20℃ 为适宜发酵温度。这一结论与 Lafon-fourade 的观点一致,他认为 MLF 最适温度 20~25℃,低于 15℃ 时,乳酸菌生长微弱,影响 MLF 发酵进程^[1]。

表 1 不同温度下苹果酸乳酸发酵时间比较

发酵温度 (°C)	发酵时间 (d)	MLF 发酵后苹果酸浓度 (g/L)
15	16	0.335
20	11	0.320
25	9	0.368

2.2 接种量对苹果酸乳酸发酵的影响

实际生产中,苹果酸乳酸发酵很难触发,通常通过提高乳酸菌接种量来减少 MLF 发酵的启动时间^[2],但是接种量过高可能会使苹果酒在 MLF 后因乙酸含量过高而产生不好的口感。本文以酒样柔和指数变化为指标,研究了不同接种量下菌株 Z₂₅ 对 MLF 的影响。从图 2 可以看出,随着接种量的增加,产品的柔和指数先升高而后下降,接种量 6% 时柔和指数达到最高。从图 2 还可以看出,乙酸产量随着接种量的增加而升高,由于挥发酸是苹果酒质量缺陷指标,过量乙酸会引起苹果酒后苦和口硬感觉,鉴于乙酸是挥发酸的主要成分,是判断苹果酒质量优劣的一个重要指标,所以其产量越低越好^[12]。接种量 4% 时虽然乙酸产量最低,但是发酵后柔和指数也最低;接种量 6% 时不仅柔和指数最高,而且乙酸产量也比较低,因此,本项研究选择 6% 作为最适接种量。

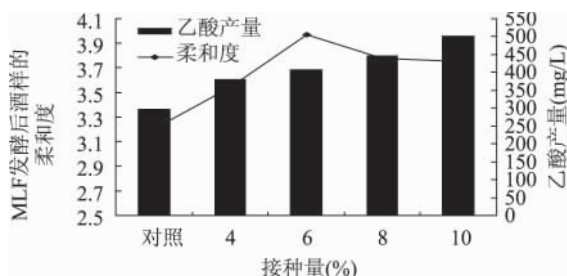


图2 不同接种量对 MLF 及乙酸产量的影响

2.3 初始酒精度对苹果酸乳酸发酵的影响

由图 3 可以看出,酒精浓度不同,苹果酸乳酸发酵后的乙酸产量不同,即随着酒精浓度的增加,乙酸产量逐渐减少,当酒精浓度在 6%~12% (v/v) 的范围变化时,随着酒精浓度增加,该菌株生长受到抑制,进而导致该菌异型发酵还原糖,生成乙酸量减少。

当酒精浓度处于较高水平(超过酒精度 10%) 时,因该菌对乙醇耐受能力下降,菌株降酸能力也在下降。图 3 还可以看到,在酒精浓度为 8%~10% 时,乙酸产量和柔和指数并没有显著差异,因此,初始酒精度选择 8% 或者 10% 均可。

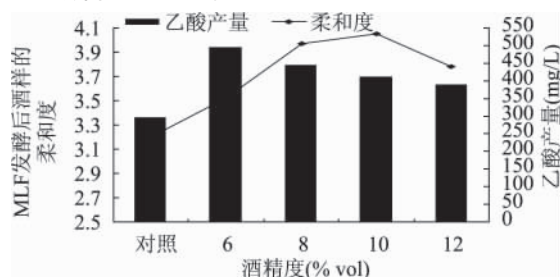


图3 不同酒精浓度对 MLF 及乙酸产量的影响

2.4 初始苹果酸浓度对苹果酸乳酸发酵的影响

实际生产中,苹果品种及果实成熟期不同,果汁中的苹果酸浓度有可能不一致。以柔和指数为指标,对不同苹果酸浓度影响 MLF 进程的研究表明(图 4),在苹果酸起始浓度为 4.5g/L 的条件下,苹果酒的柔和指数最高。当苹果酸起始浓度在 3.5~5.5g/L 范围内,乙酸产量随着起始苹果酸浓度的增加而减少(图 4),说明苹果酸浓度越高,则苹果酒酸度水平越高,体系酸度越高,越不利于乙酸的生成。与 4.5g/L 苹果酸初始浓度下发酵的苹果酒相比,尽管苹果酸初始浓度 5.5g/L 时发酵苹果酒的乙酸含量低,但酒体口感过酸,风味不佳。以柔和指数指标为主,以乙酸产量为辅,最终选择苹果酸起始浓度 4.5g/L 为适宜浓度。

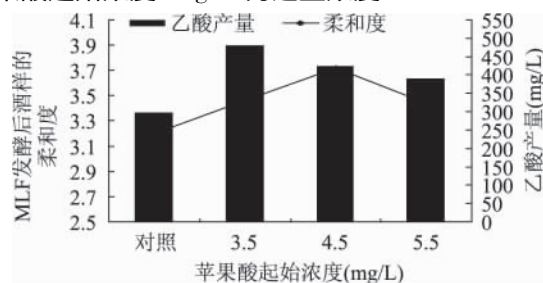


图4 不同苹果酸起始浓度对 MLF 及乙酸产量的影响

2.5 优化发酵工艺参数

上述 4 个单因素分析表明,影响到苹果酒苹果酸乳酸发酵的因素往往是相互关联的。因此,我们选取了发酵温度(A)、接种量(B)、酒精度(C)、起始苹果酸浓度(D)四个因素,接种肠膜明串珠菌肠膜亚种 Z₂₅ 进行苹果酒的二次发酵,每个因素设计三个处理水平,进行了 L₉ (3⁴) 正交实验(见表 2),发酵结束后以柔和指数作为评分指标,确定苹果酒二次发酵的适宜工艺参数(见图 5)。

表 2 苹果酒苹果酸乳酸发酵工艺条件的正交实验因素与水平

水平	因素			
	A 发酵温度 (°C)	B 接种量 (%)	C 酒精度 (% v/v)	D 初始苹果酸含量 (g/L)
1	15	4	6	4.0
2	20	6	8	4.5
3	25	8	10	5.0

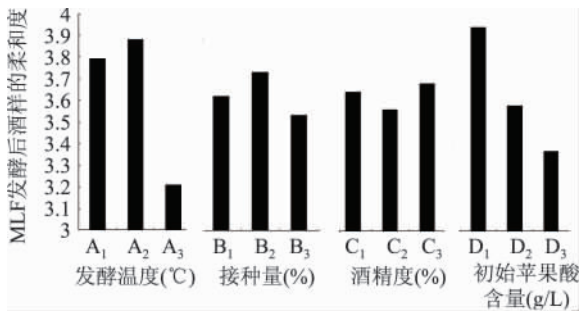
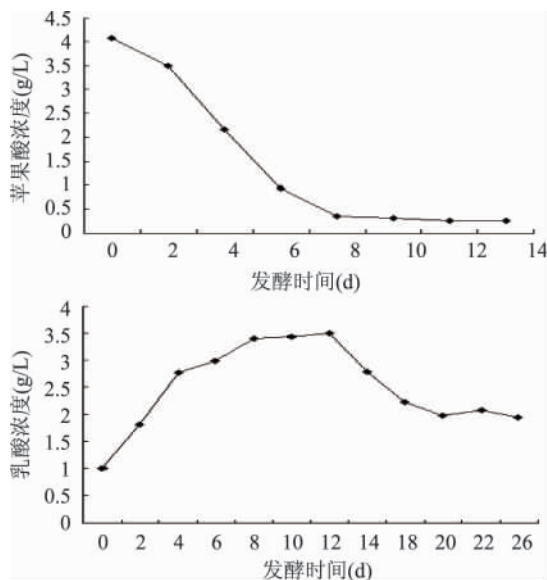


图5 正交实验分析结果

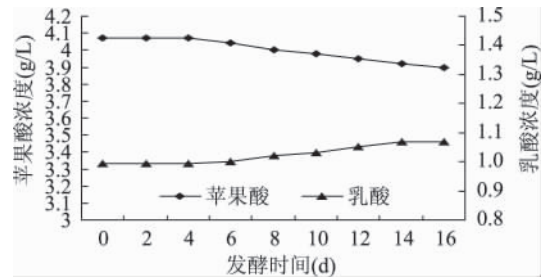
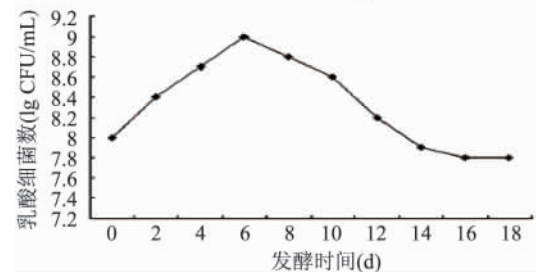
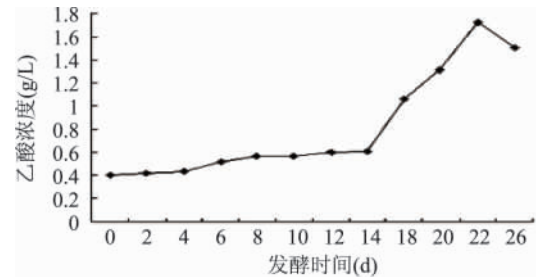
通过比较极差(R)大小表明,菌株 Z_{25} 影响苹果酒苹果酸乳酸发酵的因素排序是 $A > D > B > C$,即温度是影响菌株 Z_{25} 苹果酸乳酸发酵的主要因子,其次是初始苹果酸浓度和接种量,酒精度对该菌株发酵苹果酒的质量影响最小。方差分析结果表明,发酵温度、苹果酸初始含量对苹果酒的品质具有显著影响。由MLF发酵后柔和指数来看,苹果酸乳酸发酵的适宜工艺组合为 $A_2B_2C_3D_1$,即发酵温度 20°C ,接种量6%,酒精度10%,初始苹果酸浓度为 4g/L 。

2.6 苹果酒发酵过程中苹果酸与乳酸含量的变化

在完成酒精发酵的酒液中,按6%接种量接入菌株 Z_{25} ,采用正交实验后的最优组合参数进行苹果酸乳酸发酵。当苹果酸含量不再明显减少时,苹果酸乳酸发酵结束,并检测苹果酒发酵过程中的苹果酸、乳酸浓度随时间的变化,同时与未接种菌株 Z_{25} 但在相同条件下放置相同时间的苹果酒样作对比,结果见图6和图7。发酵期间,通过平板菌落计数测定苹果酒发酵过程中菌株 Z_{25} 随时间生长变化情况,结果见图8。

图6 接种菌株 Z_{25} 后苹果酸及乳酸含量随时间变化

从图6可以看出,苹果酸含量从第1d到第12d一直减少,以后基本稳定不变;乳酸含量则一直呈上升趋势,第12d时乳酸含量达到最大,在将近两周的时间里乳酸含量由 0.99g/L 提高到了 3.5g/L 。乳酸含量随苹果酸的降解而升高,证明了乳酸的生成是苹果酸经苹果酸乳酸发酵形成的。Monica H.等人研究表明,尽管少量生成的乳酸是由于酵母代谢产生,

图7 未接种乳酸菌 Z_{25} 的苹果酒中苹果酸及乳酸含量随时间变化图8 添加菌株 Z_{25} 后 MLF 中的乙酸及活菌数变化

但大部分乳酸是苹果酸经苹果酸乳酸发酵形成^[14]。在苹果酒中,苹果酸是有机酸中对风味影响最大的物质,经MLF后苹果酸被转化为乳酸,可以使苹果酒的尖酸感被乳酸表现出来的柔和感所代替。

图8表明,发酵12d后乳酸含量开始迅速下降,而乙酸含量急剧上升。据报道,MLF后乳酸浓度的减少以及乙酸浓度的增加是由于乳酸代谢的结果,这是因为部分的乳酸会被氧化为乙酸和 CO_2 ^[15];或者由于乳酸菌产生的厌氧乳酸氧化机制而产生,而不是通过乳酸菌对糖的代谢产生^[16]。显然,为了避免乙酸过多产生造成对苹果酒产品的损坏,控制MLF持续发酵过程是非常必要的。

图8还表明,在第1d到第6d,菌株 Z_{25} 的活菌数量呈增长趋势,第6d时活菌数达到 10^9cfu/mL ,以后有所下降,但基本维持在 10^8cfu/mL 。苹果酸的降解主要发生在MLF开始后的前6d,与菌株 Z_{25} 的生长表现非常一致,这也说明目前苹果酒的苹果酸降解代谢是由菌株 Z_{25} 来完成的,且与菌株的生长增殖阶段密切相关。

3 结论

3.1 添加菌株 Z_{25} 能够启动苹果酒中的苹果酸乳酸发酵,影响菌株MLF发酵的各因素是发酵温度、苹果酸初始浓度、接种量和酒精度。菌株 Z_{25} 苹果酒苹果酸乳酸发酵的适宜工艺条件为温度 20°C ,接种量6%,酒精度10%(v/v),初始苹果酸浓度为 4.0g/L ,发酵时间12d,苹果酒中的乳酸含量由 0.99g/L 提高到了 3.5g/L ,苹果酸含量从 4g/L 下降到 0.25g/L ,酒

(下转第440页)

准的规定(600 $\mu\text{g}/\text{kg}$) ,是一种较为理想的筛选方法 ,能满足世博会等重大场合对食品安全保障的需求。值得指出的是 ,有研究表明 ,有些种类的贝类中可能含有某种成分能降低 DSP 的水解效率 ,使得本检验方法未必适合所有的贝类样品^[14]。此外 ,由于天然含腹泻性贝类毒素 DSP 样品不易获得 ,缺乏由天然阳性样品中得出的检测数据 ,还需要在后期检测过程中对本检测方法进行完善与补充。

参考文献

- [1]杨维东 彭喜春 刘洁生 等.腹泻性贝毒研究现状[J].海洋科学 2005 29(5):66-72.
- [2]Yasumoto T ,Oshima Y ,Yamaguchi M.Occurrence of a new shellfish poisoning in the Tohoku District [J].Bull Jpn Soc Sci Fish ,1978 44:1249-1255.
- [3]李伟才 栾刚 李立 等.我国沿海部分海区贝毒毒素的调查[J].海洋科学 2000 24(9):19-22.
- [4]刘宁 潘国伟 李春盛 等.辽东湾赤潮污染海区贝类软海绵酸的染毒情况调查分析[J].中国公共卫生 ,1999 ,15(3):209-210.
- [5]周名江 朱明远 张经.中国赤潮的发生趋势和研究进展[J].生命科学 2001 ,13(2):54-59.
- [6]曹际娟 卫锋 马惠蕊 等.贝类毒素检测技术及研究进展[J].检验检疫科学 2004 ,14(1):53-56.
- [7]陈则玲 付云娜 巩宁.腹泻性贝毒及其高效液相色谱检

测方法[J].海洋通报 2000 ,19(1):73-78.

- [8]丁君.赤潮毒素中腹泻性贝毒和麻痹性贝毒的研究及进展[J].大连水产学院学报 2001 25(3):212-218.
- [9]Burgess V ,Shaw G.Pectenotoxins - an issue for public health (A review of their comparative toxicology and metabolism) [J].Environment International 2001 27:275-283.
- [10]Moroño A ,Arévalo F ,Femández M L ,et al. Accumulation and transformation of DSP toxins in mussels *Mytilus galloprovincialis* during a toxic episode caused by *Dinophysis acuminata* [J].Aquatic Toxicology 2003 62:269-280.
- [11]Zhou J ,Fritz L.Okadaic acid antibody localizes to chloroplasts in the DSP - toxin - producing dinoflagellates *Prorocentrum lima* Dodge and *Prorocentrum maculoaum* [J].Phycologia ,1994 ,33(6):455-461.
- [12]Barbier M ,Amzil Z ,Mondegue F ,et al.Okadaic acid and PP2A cellular immunolocalization in *Prorocentrum lima* (Dinophyceae) [J].Phycologia ,1999 38(1):41-46.
- [13]赵晓芳 计融.国内外腹泻性贝类毒素管理控制措施的比对分析[J].中国热带医学 2006 6(2):350-354.
- [14]Villar-González M L ,Rodríguez-Velasco B ,Ben-Gigirey , et al.Assessment of the hydrolysis process for the determination of okadaic acid-group toxin ester: Presence of okadaic acid 7-0-acetyl- ester derivatives in Spanish shellfish [J].Toxicon ,2008 ,51(5):765-773.

(上接第204页)

体色泽金黄 ,果味突出饱满。

3.2 评价苹果酸乳酸发酵对风味的贡献时 ,我们尝试将柔和指数运用到苹果酒的风味评价中。鉴于较高挥发酸含量是苹果酒不健康的表现 ,作为苹果酒中挥发酸的主要成分之一 ,乙酸含量的高低也可以作为苹果酒感官评定的一个重要指标。

3.3 MLF 过程中的乳酸主要是由苹果酸经苹果酸乳酸代谢产生 ,但乳酸浓度随着 MLF 发酵时间延长而减少 ,而乙酸浓度则呈升高趋势 ,显然是与肠膜明串珠菌肠膜亚种 *Z₂₃* 的生长密切关联的 ,因此生产中应注意控制 MLF 发酵时间 ,以维持苹果酒良好的风味。

参考文献

- [1]张春晖.中国优良酒类酒球菌 (*oenococcus oeni*) 的分离筛选及苹果酸-乳酸发酵研究[D].西北农林科技大学博士学位论文 2001.
- [2]潘海燕.苹果酒苹果酸乳酸发酵的研究[D].江南大学硕士学位论文 2004.
- [3]李琼.木瓜干酒降酸技术的研究[D].西北农林科技大学硕士学位论文 2008.
- [4]王贵双 张柏林.嗜杀酵母发酵苹果酒的研究[J].酿酒科技 2007(9):79-81.
- [5]郭其昌 郭松泉 张春娅 等.葡萄酒品尝法[M].北京:中国轻工业出版社 2002:16-36.
- [6]蔡定域.酿酒工业分析手册[M].北京:轻工出版社 ,1988:341-342.
- [7]王福荣.酿酒分析与检测[M].北京:化学工业出版社 ,2005:118-119.

[8]齐凤兰 庞玉珍.比色法测定葡萄酒中单宁的条件实验[J].天津微生物 ,1991(4):36-40.

- [9]许荣华.醇香苹果汁生产技术研究[D].中国农业大学硕士学位论文 2001.
- [10]常伟 刘廷琳.葡萄酒的有机酸层析方法研究[J].中外葡萄与葡萄酒 ,1999(9):9-12.
- [11]Hong Zhang ,Feng Zhou ,Baoping Ji ,et al.Determination of organic acids evolution during apple cider fermentation using an improved HPLC analysis method [J].European Food Research and Technology 2008 227:1183-1190.
- [12]Monica Herrero ,Estefania Noriega ,Luis A Garcia ,et al. Influence of a malolactic starter on the quality of the cider produced on an industrial scale [J].European Food Research and Technology 2005 221:168-174.
- [13]陈永福 王记成 云振宇 等.高效液相色谱法测定传统发酵乳中的有机酸组成[J].中国乳品工业 ,2007 ,35(1):54-58.
- [14]A Versari ,GP Parpinello ,M Cattaneo.Leuconostoc oenos and malolactic fermentation in wine: a Review [J].Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology ,1999 23:447-455.
- [15]Sergi Maicas ,Angels Natividad ,et al.Malolactic fermentation in wine with high densities of non-proliferating *Oenococcus oeni* [J].World Journal of Microbiology & Biotechnology ,2000 ,16:805-810.
- [16]Monica Herrero ,Luis A Garcia ,Mario Diaz.Organic acids in cider with simultaneous inoculation of yeast and malolactic bacteria: effect of fermentation temperature [J].Journal of the Institute of Brewing ,1999 ,105(4):229-232.