

果酒降酸方法的研究现状

张方艳,蒲彪,陈安均

(四川农业大学食品学院,四川雅安 625000)

摘要:酸是果酒的构架,是果酒风味物质的重要组成部分。适度的酸给人带来清新、爽口和愉快的感觉。随着果酒的开发和酿制,发现原酒的酸度非常高,因此降酸及降酸方法对果酒非常关键,既不损害果酒的品质,又要改善果酒的适口性。本文概述常用的降酸方法,比较各自的优缺点,为生产高品质的果酒提供参考。

关键词:果酒,降酸,降酸方法

The research status of deacidification methods of fruit wine

ZHANG Fang-yan, PU Biao, CHEN An-jun

(Food Science and Technology, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625000, China)

Abstract: Acid is the framework of fruit wine, and is an important part of fruit wine flavor compounds. Moderately acid can bring people fresh, refreshing and pleasant feeling. With the developing and brewing of fruit wine, the acidity of the raw wine is very high, so the deacidification and deacidification method is critical for the quality of wine, no harm to the quality of fruit wine, but also to improve the palatability of wine. This article outlined the common deacidification methods and compares their advantages and disadvantages, which could take reference for the production of high quality wine.

Key words: fruit wine; deacidification; deacidification methods

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)01-0390-05

众所周知,水果为机体提供所需的维生素、碳水化合物、氨基酸、矿物质、膳食纤维等。我国是一个农产品生产大国,因气候和地域类型多样,水果种类繁多,但我国农产品贮藏与物流和农产品的综合开发利用相对较落后,除了鲜食外,每年果品腐损近1200万t^[1]。最近几年,我国水果逐年得到了大力开发和综合利用,如加工成果脯、果汁、果醋、果酱、低度果酒等。进入21世纪后,人们的饮料酒消费观发生了改变,追求天然、低糖、低度的有益于健康的果酒,进一步促进了饮料酒品种结构的改变^[2]。大多水果肉嫩汁多,酸甜可口,属于浆果类,适合酿制低度保健饮料酒,因此果酒顺势而生。果酒是以新鲜水果或果汁或果浆,采用全部或部分发酵酿制而成的,酒度在体积分数7%~18%的各种低酒度饮料酒^[3]。虽然我国的果酒种类很多,但果酒的品质还有待提高,口感有待改善。或许是受气候、温度、地域、品种以及原料成熟度等因素的影响,酿制好的果酒的酸含量不适宜。酸是果酒的构架,是其风味物质的重要组成部分。适量的有机酸可以赋予果酒醇厚感和清爽感,但过多的有机酸果酒有酸涩感,口味粗硬,酒体不协调^[4],直接影响果酒的口感和品质,必须进行降酸处理。

1 酸对果酒的影响

收稿日期:2013-06-28

作者简介:张方艳(1987-),女,在读硕士研究生,研究方向:食品微生物与发酵工程。

果酒中酸的来源主要有两部分,一是水果本身就含有多种有机酸,如柠檬酸,酒石酸,苹果酸,还有少量的草酸,水杨酸等;二是发酵过程中产生的酸,如乳酸、乙酸、琥珀酸等^[5]。不同种类的果酒主体酸不同,各种酸所起的作用也不同,如少量的苹果酸可赋予果酒新鲜的酸味;酒石酸和琥珀酸对葡萄酒较为重要,对其他果酒并不重要;柠檬酸可以来阻止果酒铁混浊病的发生;乳酸的酸味柔和,在果酒陈酿过程十分重要等^[5]。只有适宜的酸度与合适的酒精度协调,才能形成果酒的特有的口感和风味,成就果酒的典型性^[6]。以葡萄酒为例,当含酸量太低时,则口感寡淡无味;过酸有涩味,让人感到刺口、尖锐、难受^[7]。适度的酸才能给人带来清新、爽口和愉快的感觉。在实际生产中,增酸不常见,而降酸是果酒生产的一个棘手环节,所以需要更好的降酸方法或降酸工艺来解决这一难题。

2 国内外关于果酒降酸方法的研究

目前国内外用于果酒或果汁的降酸方法主要有化学降酸法^[8],物理降酸法如低温冷冻法、离子交换树脂降酸法^[9]、电渗析降酸法^[10-12]、壳聚糖吸附降酸法^[13],微生物降酸^[14]等。

2.1 化学降酸法

化学降酸法的原理是利用偏碱性盐与酒体中的有机酸反应,达到降酸的目的。常用的降酸剂有 $K_2C_4H_4O_6$ 、 Na_2CO_3 或 K_2CO_3 、 $KHCO_3$ 等。国外早在1968年就有人采用双钙盐法处理部分葡萄酒,除去沉淀之后与含酸量高的葡萄酒混合,得到了理想酸

度的葡萄酒。陈继峰^[15]等人认为,需要大幅度降酸时,可使用 K_2CO_3 或 $KHCO_3$,二者不仅可以降低可滴定酸,对苹果酸也有一定的效果。 $KHCO_3$ 降酸反应较快,成本低,但是处理果酒时一定要注意,除去过多的酒石酸后也会影响果酒的口感。杨少海^[16]从公酿一号的降酸实验中得出:仅使用 $KHCO_3$ 会减弱葡萄酒的香气、口味,同时会改变葡萄酒的色度。尹艳^[17]等人采用 $CaCO_3$ 、 K_2CO_3 、 $KHCO_3$ 三种物质分别对降低荔枝酒的总酸、挥发酸的含量进行研究,实验表明在添加量控制在 $0.6g/200mL$ 时, $CaCO_3$ 对荔枝酒的降酸作用比 K_2CO_3 和 $KHCO_3$ 更为显著。王进^[18]等人采用了化学降酸和高分子有机材料作对比,对荔枝酒中的挥发酸进行了降酸实验的研究,表明采用高分子有机材料进行降挥发酸,可达到较好的效果。赵燕^[19]等人研究了 $CaCO_3$ 、 K_2CO_3 、 $K_2C_4H_4O_6$ 对猕猴桃果酒的单独降酸和复合降酸,结果表明 $CaCO_3$ 、 K_2CO_3 、 $K_2C_4H_4O_6$ 不适合单独降酸,前两者用量增加时对酒的口感破坏强,后者虽然降酸效果好,但单独降酸,成本高。赵磊^[20]等人对猕猴桃果酒的化学降酸和梨汁勾兑降酸技术进行了研究,实验结果表明, $CaCO_3$ 、 K_2CO_3 对于猕猴桃果酒,都不适合单独降酸,相比之下 Na_2CO_3 的整体效果较好,但混合猕猴桃汁和梨汁的勾兑法亦可达到同样的降酸效果而且天然、健康,无任何化学添加剂,不仅能改善口感,还保持果酒的稳定性,因此效果更佳。

化学降酸主要是降低酒石酸的含量,理论上降 $1g$ 酒石酸,单一降酸剂的用量为 $CaCO_3:0.67g/L$ 、 $K_2CO_3:0.62g/L$ 、 $KHCO_3:0.87g/L$ 、 $Na_2CO_3:1.0g/L$ 等。在一定范围内,随着降酸剂用量的增加,虽然降酸幅度大,但酒体苦涩感增加,酒体不稳定^[19]。使用单一降酸剂想要达到降酸的程度,可能需要的量大,可以选择几种降酸剂复合降酸,这样即减少了使用量,使得降酸过程中产生的 CO_2 及所带入的金属离子如 Ca 、 K 、 Na 等减少,进而减弱对果酒的口感和香气的破坏,使得酒体更稳定。虽然化学降酸时间短、见效快,但是无论用哪一种化学试剂,都有一定的局限性,存在安全隐患,且不符合消费者追求天然的、无添加剂的消费心理^[8]。

2.2 物理降酸法

物理降酸法中最早使用的是低温冷冻法,需趁冷过滤,随着对降酸方法的深入研究,陆续出现了离子交换树脂降酸法、电渗析降酸法、壳聚糖吸附降酸法等。

2.2.1 低温冷冻降酸 低温冷冻降酸法是在低温(一般 $0\sim 2^\circ C$)条件下,果酒中的酒石酸盐类结晶析出,然后趁冷过滤除去沉淀^[15]。为了加速酒石酸盐类的沉淀,通常是与化学降酸法联合,使用前预先加入一定量的酒石酸盐如 $K_2C_4H_4O_6$ 。此方法可在原酒贮藏阶段进行。目前此法已纳入多数企业的生产规程。利用冷冻法降低果酒的酸度主要是降低酒中的酒石酸含量,而果酒中所含的苹果酸变化不大,苹果酸给味觉带来的苦涩刺舌感,破坏口味的完整性^[21]。冷冻法可消除沉淀,保持酒的非生物稳定,但还不能

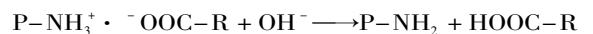
完全解决改善果酒的口味问题。陈继峰^[13]等人的实验表明,冷冻处理可使葡萄汁的可滴定酸度降低 $2.2g/L$,使苹果酸降低了 $0.89g/L$ 。由于动力消耗大,工厂生产不常用。

2.2.2 离子交换树脂降酸法 离子交换树脂降酸法是通过转型后阴离子交换树脂中的 OH^- 与有机酸反应,中和酒中的酸根,达到降酸的目的。离子交换树脂降酸法其实并不是新的降酸方法,早在 1969 年, Peterson^[22]等人就利用阳离子交换树脂,来调整葡萄酒的酸度。生物法降酸和化学法降酸对于高 pH 和高可滴定酸的果酒的降酸无效,因为它们降酸的同时升高了果酒的 pH,调整高 pH 和高可滴定酸的果酒的酸度可采用离子交换法^[23]。近几年国内一些研究人员热衷于离子交换树脂降酸法的研究。季建生^[24]利用 D-X3 对干型杨梅果酒的降酸方法进行了研究,交换量为 $1:20(v/v)$,总酸下降幅达 71% ,可以反复使用,使得干型杨梅果酒中总酸含量可达到感官要求,产品的色泽、风味良好。袁怀波^[25]等人研究了利用 D941 弱碱性阴离子交换树脂降低沙棘果汁的含酸量。王春霞^[26]等人分别在果汁发酵前和原酒后醇期进行采用 D-X 树脂降酸等。诸葛庆^[7]用了五种不同的树脂对猕猴桃果酒进行降酸研究,发现不同树脂对果酒中的有机酸吸附有选择性的吸附。选择该方法要考虑到所选树脂的价格、型号、耐用性及对所降得酸的吸附性等,对于颜色深的果酒或果汁,可能会由于壳聚糖的吸附作用而变色。

2.2.3 壳聚糖吸附降酸法 壳聚糖为天然高分子氨基多糖,是葡萄糖胺相互之间以 $\beta-1,4$ -糖苷键连接而成的线性偏碱性的多糖,它的降酸原理是^[9]:



生成的胺盐遇到 OH^- 就会游离成原来的有机酸,经过洗涤,壳聚糖还能回收再使用:



此方法的优点在于壳聚糖多孔膜制备简单,具有较大的比表面积和较强的吸附性,而且壳聚糖易于成膜,加工方便等。诸葛庆^[9]对比了离子交换树脂和壳聚糖吸附对猕猴桃果酒的降酸,结果表明两者都能降低猕猴桃酒的酸度,但苦涩感较重,总体质量没有得到改善。王励治^[27]利用壳聚糖和酒石酸钾复合降酸,实验结果表明 $11g/L$ 的壳聚糖和 $6g/L$ 的酒石酸钾联合添加,结合低温冷冻后趁冷过滤,能是降酸率达到 50% ,适合于柠檬酸含量高的果酒。

2.2.4 电渗析降酸法 电渗析降酸法是利用离子交换膜的选择透过性,在外加直流电场的作用下,酒体中的阴、阳离子分别通过阴离子和阳离子交换膜,然后分别向阳极和阴极移动,进入浓缩室,达到了降酸的目的。诸葛庆^[9]利用电渗析降酸法对猕猴桃原酒进行降酸,结果表明电渗析降酸法使得酒体中各主体酸同步降低、酒精损失少、酒的总体质量得到提高。王华^[11]等人研究了橙汁的电渗析降酸效果及最佳降酸条件,实验结果表明,温度、流速和电压是影响电渗析降酸效果的主要因素,橙汁的电渗析降酸最佳条件是电压 $60V$,流速 $550L/h$,温度 $15^\circ C$ 。周

增群^[28]等人采用一种经改进的普通膜两隔室电渗析设备,对杨梅果酒进行了降酸处理,实验结果显示电渗析处理的杨梅果酒的可滴定酸含量在短时间里,可从14~12g/L降到8~6g/L,同时pH升高,该实验结果表明电渗析降酸法也有可能用于其它高酸度果酒和果汁的降酸。此方法不需要试剂,是个连续的降酸过程,但动力消耗大,成本高。

2.3 生物降酸

通过微生物的发酵作用分解苹果酸,以达到降酸的目的。生物降酸中主要是苹果酸-乳酸菌发酵降酸和酵母菌降酸。该方法主要是针对苹果酸含量高的果酒降酸。

2.3.1 苹果酸-乳酸发酵降酸 苹果酸-乳酸发酵降酸的降酸原理是乳酸菌把酸性较强的苹果酸中的两个羧基代谢掉一个变成酸性较弱的乳酸,即达到降酸的目的^[29]。许多年以来,国外的许多酿酒师都依赖于苹果酸-乳酸发酵来降低葡萄酒的酸度,不仅能降低酸度,而且可以提高果酒的品质。许多实验表明没有经过苹果酸-乳酸发酵的果酒,可以感觉到其酸度高于经过苹果酸-乳酸发酵的果酒。其实,在陈酿阶段会有苹果酸-乳酸发酵的发酵,只是不明显而已。酒明串珠菌中的一些菌株常用于苹果酸-乳酸发酵法降酸之中,Gao^[30]等曾采用高浓度酒明串珠菌(*Leuconostoc oenos*)降酸。Laaboudi^[31]等人连续两年对法国勃艮地地区(Burgundy)的黑比诺和霞多丽葡萄酒进行了研究,对经过苹果酸-乳酸发酵和未经过苹果酸-乳酸发酵的葡萄酒进行对比,发现前者的酸度较低。郭永亮等^[32]认为,经过精选的某些乳酸菌能突出和提升葡萄酒的品种特性,增加其典型性。Katja Tiitinen^[33]等人研究了在沙棘果汁加工过程中的苹果酸-乳酸发酵,实验结果表明苹果酸-乳酸发酵能降低沙棘果汁中的苹果酸,使得50%的苹果酸转化为乳酸和CO₂。Bronwen J^[34]等人研究了pH和酒精浓度对苹果酸-乳酸的乳酸杆菌的酶表达的影响,实验表明pH3.8,酒精含量为0时,苹果酸的含量降得最快,酒精度是影响苹果酸-乳酸菌发酵过程中乳酸杆菌酶基因的表达主要因素。随着发酵过程中酒精度的增加,苹果酸-乳酸发酵降酸对葡萄酒酒质有许多正面的影响,是国外酿酒师喜欢采用此方法降酸的主要原因。陈继峰^[15]等人认为,当葡萄酒的酸度稍微偏高时,采用苹果酸-乳酸发酵法降酸即可达到降酸的目的,同时又可改进葡萄酒的风味。有人尝试着化学降酸和生物降酸结合使用,如鲁平原^[35]等人使用CaCO₃进行物理和化学对沙棘汁降酸后发酵,然后用20mg/kg的乳酸菌进行生物降酸可以有效的降低沙棘干酒的酸度,能得到风味和口感良好的沙棘干酒。

2.3.2 酵母菌降酸 酵母菌降酸的原理是把苹果酸转化为酒精和CO₂而达到降酸的目的^[32]。有人通过修饰酵母来降酸,Volschenk^[36]等人用基因工程技术得来的酵母菌株使苹果酸转化为乳酸,他们将栗酒裂殖酵母苹果酸透过酶基因(mae1)分别与栗酒裂殖酵母苹果酸酶基因(mae2)和乳酸菌属苹果酸-乳酸

酶基因(mae S)结合,并转入啤酒酵母中共表达,使降酸效率大大提高。mae1-mae2基因在7d内使苹果酸降低了8g/L,mae1-mae S基因在4d内使苹果酸降低了4.5g/L;mae1-mae2基因使白诗南葡萄醪中的苹果酸降低了5g/L。Bony^[37]等人的研究表明,mae S在啤酒酵母菌株中多拷贝表达和mae1单拷贝表达在4d内使苹果酸降低3g/L。这些研究表明基因工程酵母菌对葡萄醪降酸的效果非常明显。Dong-Hwan^[38]等人研究了利用*Saccharomyces cerevisiae* W-3和*Issatchenkia orientalis* KMBL 5774对葡萄浆联合发酵,能降低苹果酸的含量。

此外,有不少人用裂殖酵母降酸,作用机理是它把苹果酸几乎完全转化为二氧化碳和酒精^[29]。但经裂殖酵母处理的果酒中会产生不愉快的味道,影响果酒的质量。研究发现,用栗酒裂殖酵母降低部分酸后,直接加入啤酒酵母,前者对后者有抑制作用^[39]。菌株Lalvin AC1D和Lalvin EC1118也有一定的降酸作用^[40]。很多果酒厂也在使用Lalvin EC1118,如天全县欣妙果酒厂,它的出酒率比着白葡萄酒酵母和Cross酿酒酵母的出酒率高,pH比两者的高。另外,一些酵母菌在进行酒精发酵的同时也具有降酸的功能,并且对果酒的品质没有影响,这类菌株倍受酿酒师们的青睐。AVilela^[41]等人利用S26(*Saccharomyces cerevisiae*)来降低果酒中的挥发性酸-乙酸,能降低1.44g/L。而在我国,对于酵母菌降酸的研究并不多,早期张佛民^[42]等人采用了七种裂殖酵母菌种对猕猴桃半干酒新工艺降酸进行了研究,结果表明生物降酸对酒的风味有不良影响,实验结论是裂殖酵母发酵可降低猕猴桃酒酸度但不能和葡萄酒酵母同时添加,必须先加裂殖酵母,待发酵旺盛后再加葡萄酒酵母。

3 小结

上述几种降酸方法,化学降酸法常用的降酸剂有CaCO₃、K₂CO₃、Na₂CO₃、K₂C₄H₄O₆等,该方法除去的大部分是酒石酸,反应快,时间短,效果明显,但如CaCO₃降酸时会产生大量的白色沉淀,使酒体极不稳定,且果酒的香气会伴着产生的CO₂溢出而减弱。另外,随着降酸剂的量增加,果酒的苦涩感增加。此外化学降酸法所用的是化学试剂,存在着安全剂量以及残留的问题。生物降酸法中的苹果酸-乳酸发酵,主要降低的是苹果酸,但所需时间长。如果选用裂殖酵母降酸时,要注意所选用的裂殖酵母不要给果酒带来不愉快的味道,否则适得其反。物理降酸法的低温冷冻降酸虽对酒体色泽没影响,但时间长、效率低,而且动力消耗大、成本偏高。壳聚糖吸附降酸法既能降酸又能提高酒体的澄清度,但会给后续过滤带来麻烦。电渗析降酸法目前还不成熟,有待深入研究。利用生物工程技术如基因工程和原生质体融合技术选育出适合各种果酒专用的酿酒酵母,既能代谢产生酒精又能降酸是很必要和急需的。此外,从果酒原料上着手,除果酒发酵时最好采用成熟的水果外,培育和选育一些果实含糖度高、酸度低的水果品种也是解决果酒酸度高的最有

效的方法。

4 展望

由于化学降酸主要是采用的化学试剂降低果酒中的酒石酸含量,使用量超出一定范围会影响果酒的口感、色泽及香气,带入的金属离子还容易造成酒体的不稳定,对于果酒的品质负面影响很大。为了避免上述问题,可以结合其他三种降酸方法,如先化学降酸再低温冷冻,趁冷过滤,或化学降酸剂和壳聚糖联合使用降酸等。物理降酸法的低温冷冻法和电渗析降酸法动力消耗大,成本高,壳聚糖吸附降酸法不但能够降低果酒的总酸,还能提高果酒的澄清度,只是需要有更好的方法解决过滤的问题。苹果酸-乳酸发酵降酸由于乳酸菌的代谢活动能微调整果酒的成分,既降低了果酒的酸度,又能改善果酒的品质,关键是避免了化学试剂的加入,符合消费者追求天然的、无添加剂的消费心理,所以要追求高品质的果酒,应当选用苹果酸-乳酸降酸方法。不同果酒的主体酸不尽相同,因此应根据果酒的主体酸来选择合适的降酸方法,达到既改善果酒的适口性,又能提高果酒品质的目的。

参考文献

- [1] 蒲彪,秦文.农产品贮藏与物流学[M].北京:科学出版社,2012.
- [2] 周桃英.猕猴桃果酒酿造工艺研究[J].江苏食品与发酵,2008,132(1):26-30.
- [3] 曾洁,李颖畅.果酒生产技术[M].北京:中国轻工业出版社,2011.
- [4] 康孟利,凌建刚,林旭东.果酒降酸方法的应用研究进展[J].现代农业科技,2008,24:25-26.
- [5] 曾洁,李颖畅.果酒生产技术[M].北京:中国轻工业出版社,2011:37-38.
- [6] 陈继峰,杨美容,李绍华.葡萄酒酿造过程中调酸方法研究[J].酿酒,2005,32(1):35-39.
- [7] 彭忠魁.葡萄酒的酸度控制[J].中外葡萄与葡萄酒,2003(6):46-47.
- [8] Edwin V, Jenny R, Manuel D, et al. Comparison of different methods for deacidification of clarified passion fruit juice [J]. Journal of Food Engineering, 2003, 59:361-367.
- [9] 诸葛庆.猕猴桃酒降酸降涩新工艺的研究[D].无锡:江南大学,2005.
- [10] Edwin V, Jenny R, Manuel D, et al. Deacidification of clarified passion fruit juice using different configurations of electroanalysis [J]. Journal of Chemical technology, 2003, 78: 918-925.
- [11] 王华,杨维军,吴厚玖,等.橙汁电渗析降酸最适条件研究[J].食品科学,2008,29(7):175-178.
- [12] Martin Mondor, Denis Ippersiel, François Lamarche. Electrodialysis in food processing [J]. Food Engineering Series, 2012(12):295-326.
- [13] 王纪孝,李明明.多孔CS膜对醇-水体系中有机的吸附性能[J].酿酒,2002,29(4):29-31.
- [14] Sanna Katariina Viljkainen, Simo Valdemar Laakso. The use

of malolactic *Oenococcus* for Deacidification of media containing glucose, malic acid and citric acid [J]. Eur Food Res Technology, 2000, 211:438-442.

- [15] 陈继峰, Bill Kremer. 降酸方法对葡萄酒降酸效果的[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2001(3):17-20.
- [16] 杨少海. 化学降酸对葡萄酒感官质量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(4):63-64.
- [17] 尹艳, 岳强, 叶青, 等. 荔枝酒的降酸处理研究[J]. 酿酒, 2013, 40(1):55-56.
- [18] 王进, 赵德阳, 陈勇. 降低荔枝酒挥发酸的方法[J]. 酿酒科技, 2007, 157(7):34-36.
- [19] 赵燕, 任美燕, 李帅. 猕猴桃果酒降酸研究[J]. 粮食科技与经济, 2012, 37(1):55-56.
- [20] 赵磊, 陈茂彬. 猕猴桃果酒的降酸研究[J]. 中国酿造, 2008, 182(5):65-71.
- [21] 王秋芳. 关于葡萄酒的感官与降酸[J]. 酿酒科技, 1982(2):6-9.
- [22] Peterson R G, Fujii G R. Two stage sequential ion exchange treatment for wine improvement; US, 1969. No3, 437-491.
- [23] 樊奎. 葡萄酒酿造过程中酸的添加[J]. 酿酒科技, 2003(6):69-71.
- [24] 季建生. 干型杨梅果酒降酸的研究[J]. 酿酒科技, 2008, 169(7):73-75.
- [25] 袁怀波, 刘志峰, 程海东, 等. 沙棘果汁树脂降酸工艺研究[J]. 食品科技, 2011, 36(10):67.
- [26] 王春霞, 杜连祥, 王敏, 等. 山楂干酒的降酸研究[J]. 天津科技大学学报, 2004, 19(1):19-24.
- [27] 王励治, 蒋和体. 野生猕猴桃干酒酿造工艺[J]. 食品科学, 2010, 31(24):484-487.
- [28] 周增群, 钟烈洲, 黄海, 等. 电渗析法用于杨梅果酒降酸的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(13):266-268.
- [29] 刘廷琳, 张振文, 李华. 生物工程途径降解果酒中苹果酸的研究进展[J]. 农业工程学报, 2004, 20(7):1-4.
- [30] Gao C, Fleet G H. The degradation of malic by high density cell suspensions of *Leuconosto coenos* [J]. Appl Bacteriol, 1994, 76(6):632-637.
- [31] Laaboudi I, Sauvageot F, Gerbaux V. Influence de la Fermentation Malolactique Sur La Qualité Organoleptique de vins Jeun [J]. Sci Aliments, 1995, 15:251-260.
- [32] 郭永亮, Dr Gianni Trioli, Dr Christian Pemeja. 革-乳发酵管理是优质葡萄酒酿造工艺中极其重要的一环[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2002(3):49-51.
- [33] Katja Tiitinen, Marjatta Vahvaselkä, Mari Hakal, et al. Malolactic fermentation in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*L) juice processing [J]. Eur Food Res Technology, 2006, 222:686-691.
- [34] Bronwen J, Miller Charles MAP, et al. Expression of the Malolactic Enzyme Gene (mle) from *Lactobacillus plantarum* Under Winemaking Conditions [J]. Curr Microbiol, 2011, 62: 1682-1688.
- [35] 鲁平原, 曾端国, 刘洪智. 沙棘干酒降酸实验研究[J]. 沙棘, 2007, 20(1):18-19.

(下转第400页)

511-517.

[40] Re R, Pellegrini N, Proteggente A, *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay [J]. *Free radical Biology and Medicine*, 1999, 26: 1231-1237.

[41] Lemańska K, Szymusiak H, Tyrakowska B, *et al.* The influence of pH on antioxidant properties and the mechanism of antioxidant action of hydroxyflavones [J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 2001, 31: 869-881.

[42] Awika JM, Rooney LW, Wu X, *et al.* Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, 51: 6657-6662.

[43] Wright JS, Johnson ER, DiLabio GA. Predicting the activity of phenolic antioxidants: theoretical method, analysis of substituent effects, and application to major families of antioxidants [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2001, 123: 1173-1183.

[44] Larrauri JA, Sánchez-Moreno C, Saura-Calixto F. Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, 46: 2694-2697.

[45] Bondet V, Brand-Williams W, Berset C. Kinetics and Mechanisms of Antioxidant Activity using the DPPH Free Radical Method [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 1997, 30: 609-615.

[46] Duh P-D. Antioxidant activity of burdock (*Arctium lappa* Linne): its scavenging effect on free-radical and active oxygen [J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1998, 75: 455-461.

[47] Yamashoji S, Kajimoto G. Antioxidant effects of Gly-Gly-His on Cu(II)-catalyzed autoxidation and photosensitized oxidation of lipids [J]. *Agricultural and Biological Chemistry*, 1980, 44.

[48] Halliwell B, Gutteridge JM. *Free radicals in biology and medicine*: Oxford university press Oxford; 1999.

[49] Dreher D, Junod A. Role of oxygen free radicals in cancer development [J]. *European Journal of cancer*, 1996, 32: 30-38.

(上接第 393 页)

[36] Volschenk H, Viljoen M, Grobler J, *et al.* Engineering pathways for malate degradation in *Saccharomyces cerevisiae* [J]. *Nat Biotechnology*, 1997, 15(3): 253-257.

[37] Bony M, Bidart F, Camarasa C, *et al.* Metabolic analysis of *S. cerevisiae* strains engineered for malolactic fermentation [J]. *FEBS Letters*, 1997, 410(3): 452-456.

[38] Dong-Hwan Kim, Young-Ah Hong, Heui-Dong Park. Co-fermentation of grape must by *Issatchenkia orientalis* and *Saccharomyces cerevisiae* reduces the malic acid content in wine [J]. *Biotechnology Letters*, 2008, 30: 1633-1638.

[39] Taillandier P, Gilis M, Strehaiano P. Deacidification by

[50] Rajapakse N, Mendis E, Byun H-G, *et al.* Purification and in vitro antioxidative effects of giant squid muscle peptides on free radical-mediated oxidative systems [J]. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2005, 16: 562-569.

[51] Liu RH. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action [J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134: 3479S-85S.

[52] Liu RH, Finley J. Potential cell culture models for antioxidant research [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005; 53: 4311-4314.

[53] Sun T, Xie WM, Xu PX. Superoxide anion scavenging activity of graft chitosan derivatives [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2004, 58(4): 379-382.

[54] Magnani L, Gaydou EM, Hubaud JC. Spectrophotometric measurement of antioxidant properties of flavones and flavonols against superoxide anion [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2000, 411(1-2): 209-216.

[55] Takamatsu S, Galal AM, Ross SA. Antioxidant effect of flavonoids on DCF production in HL-60 cells [J]. *Phytotherapy Research*, 2003, 17: 963-966.

[56] Lu Y, Zhao W, Chang Z, *et al.* Procyanidins from grape seeds protect against phorbol ester-induced oxidative cellular and genotoxic damage [J]. *Acta Pharmacologica Sinica*, 2004, 25: 1083-1089.

[57] Eberhardt MV, Kobira K, Keck A-S, *et al.* Correlation analyses of phytochemical composition, chemical, and cellular measures of antioxidant activity of broccoli (*Brassica oleracea* L. *Var. italica*) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53: 7421-7431.

[58] Wolfe KL, Liu RH. Cellular antioxidant activity (CAA) assay for assessing antioxidants, foods, and dietary supplements [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55: 8896-8907.

[59] Buehler PW, Alayash AI. Redox biology of blood revisited: the role of red blood cells in maintaining circulatory reductive capacity [J]. *Antioxidants & Redox Signaling*, 2005, 7: 1755-1760.

Schizosaccharomyces: Interactions with *Saccharomyces* [J]. *J Biotechnology*, 1995, 40(3): 199-205.

[40] Pilone G J, Ryan F A. A New Zealand Experience in Yeast Inoculation for Acid Reduction [J]. *Australian N Z Wine Indu*, 1996, 11(4): 83-86.

[41] A Vilela, D Schuller, A Mendes-Faia, *et al.* Reduction of volatile acidity of acidic wines by immobilized *Saccharomyces cerevisiae* cells [J]. *Appl Microbiology Biotechnology*, 2013, 97: 4991-5000.

[42] 张佛民, 韩晓莉. 猕猴桃半干酒新工艺降酸的研究 [J]. *酿酒科技*, 1990(4): 25-26.