枸杞酒发酵过程中的褐变

郭晓梦[1]，张一晟[2]，王 菁[2]，张惠玲[*2]

（1. 宁夏大学 农学院 宁夏 银川 750021；2. 宁夏食品微生物应用技术与安全控制重点实验室，宁夏 银川 750021）

摘要：通过测定枸杞酒发酵过程中和陈酿过程中多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性变化规律，总酚、黄酮、10种单体酚、VC和美拉德反应中间产物五羟甲基糠醛(5-HMF)的变化规律以及对应时期的褐变度变化，找到引起褐变的主要原因。结果显示，单体酚芦丁、绿原酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸和对香豆酸在发酵液中含量较多，对褐变度影响较大。同时，VC氧化降解以及糖与氨基酸的美拉德反应也参与了褐变。结论为发酵过程中酶促褐变与非酶促褐变同时存在，酚类物质同时参与酶促和非酶促褐变反应，这是引起褐变的主要原因。

关键词：枸杞酒；酶促褐变；非酶促褐变

中图分类号：Q 815　**文章编号：**1673-1689(2020)11-0041-08　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.11.006

Study on the Browning of Medlar Wine during Fermentation

GUO Xiaomeng[1]，*ZHANG Yisheng*[2]，*WANG Jing*[2]，*ZHANG Huiling*[*2]

(Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Ningxia Key Laboratory for Food Microbial-Application Technology and Safety Control, Yinchuan 750021 , China)

Abstract: The main causes of the browning changes of medlar wine during fermentation and aging were investigated by determination of changes in polyphenol oxidase (PPO) and peroxidase (POD) activities, the discussion of variation rules of the total phenol, flavonoids, 10 monomer phenols, VC and the 5-Hydroxymethyl furaldehyde (5-HMF), as well as the analysis of browning degree changes of the Maillard reaction. The results showed that a large amount of monomers phenol rutin, chlorogenic acid, ferulic acid, p-hydroxybenzoic acid and p-coumaric acid in the zymotic fluid which greatly affected the degree of browning. At meanwhile, the oxidative degradation of VC and the Maillard reaction of sugars and amino acids also participated in the browning. In conclusion, enzymatic browning as well as non-enzymatic browning co-existed in the process of fermentation. The main cause of the browning was the participation of phenolic substances in both enzymatic and non-enzymatic browning reactions.

Keywords: medlar wine, enzymatic browning, non-enzymatic browning

枸杞(*Lycium barbarum*)富含多种生物活性物质，具有较好的营养价值和药理活性，是我国传统药食两用的名贵中药材[1-2]。枸杞发酵酒是以枸杞为原料，经酵母菌发酵而成的一种保健果酒，营养丰富，深受消费者喜爱[3]。但是枸杞酒容易发生褐变，不仅对色泽和风味造成影响，同时会降低营养价

收稿日期：2019-10-12

基金项目：国家自然科学基金项目(31360402)。

* **通信作者：**张惠玲(1963—)，女，教授，硕士研究生导师，主要从事食品微生物发酵工程方面的研究。E-mail：zhl5792@163.com

值[4],制约着枸杞酒行业的发展。目前,我国对于枸杞酒的研究多集中于制作工艺及产品开发[5-7],对枸杞酒褐变的研究十分少。作者针对枸杞酒制备中发生褐变因素进行研究,为进一步控制枸杞酒的色泽变化提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

鲜枸杞:宁夏百瑞源股份有限公司;酿酒活性干酵母 Excellence XR:法国 Lamothe-Abiet 公司;五羟甲基糠醛、对羟基苯甲酸、原儿茶酸、绿原酸、咖啡酸、阿魏酸、对香豆酸、没食子酸、芦丁、槲皮素、山奈酚、冰乙酸、甲醇:均为 HPLC,纯度≥99 %,北京中科质检生物技术有限公司;福林试剂、没食子酸、愈创木酚:均为 AR,麦克林公司;邻苯二酚、2,6-二氯酚靛酚、3,5-二硝基水杨酸、乙酸乙酯、VC:均为 AR,北京奥博星生物技术有限责任公司。

仪器与设备:高效液相色谱仪 1100 Series,美国安捷伦科技有限公司;紫外可见分光光度计 V-5100,上海精科实业有限公司;旋转蒸发仪 RE-52,上海亚荣生化仪器厂;L-8900 全自动氨基酸分析仪,日本日立公司。

1.2 实验方法

1.2.1 枸杞酒的制作流程 鲜枸杞→清洗→破碎、打浆→添加亚硫酸→加入果胶酶、酶解→调节糖酸→过滤→接种酵母→发酵(18 ℃)→取上清液→陈酿→过滤→灌装→成品酒。

1.2.2 操作要点 枸杞汁预处理:将鲜枸杞清洗、沥干后,以料水质量体积比 1:3 打浆,加入亚硫酸,使 SO_2 的质量浓度达到 60 mg/L。加入 40 mg/L 果胶酶,45 ℃酶解 4 h,调节糖度至 20 °Bx,调 pH 3.3~3.5,过滤取汁发酵。

接种发酵:将活化后的酵母菌按 0.2 g/L 接入枸杞汁中,于 18 ℃恒温培养箱中发酵。每天定时取样,测定相关参数,当糖质量浓度不再下降时停止发酵,取上清液进入陈酿,测定各项指标作为陈酿初酒指标。

陈酿:枸杞酒在 16 ℃恒温条件下陈酿 90 d,每 15 天取样并测定各项指标。由于陈酿中的酶活很小,实验主要针对非酶褐变因子进行测定。

1.2.3 测定方法 pH 值:pH 计测定;酒精体积分数:密度瓶法,参照《GB/T 15308 2006 葡萄酒、果酒通用分析方法》[8]进行测定;还原糖:采用 3,5-二硝基水杨酸法[9];VC 的测定:采用 2,6-二氯酚靛酚法,参照 GB 5009.86-2016 进行测定[10]。PPO 和 POD 活性的测定:PPO 和 POD 的提取和测定参照赵凤[11]等人方法;总黄酮的测定:采用分光光度计法,参照王静[12]的方法。

褐变度的测定:采用消光值法[13]。将枸杞酒待测液在 420 nm 波长处测定吸光度值,用来表示褐变,吸光值越大,褐变越严重。重复测定 3 次。

游离氨基酸的测定:氨基酸分析仪(茚三酮柱后衍生离子交换色谱仪)测定。

总酚的测定:采用 Folin-Ciocalteu 法[14],以没食子酸计,所绘制标准曲线为:$y=10.81x+0.091\ 1$,$R^2=0.998\ 3$。样品总酚测定:将 1 mL 待测液稀释 10 倍,取 1 mL 稀释样液进行测定。

酚类物质质量浓度测定:采用高效液相色谱法。取 30 mL 枸杞酒,参照李朋亮[15]的方法对样品进行处理后上机测定。10 种酚类物质标准品色谱图见图 1,采用外标法所得 10 种酚类物质工作曲线方程见表 1。

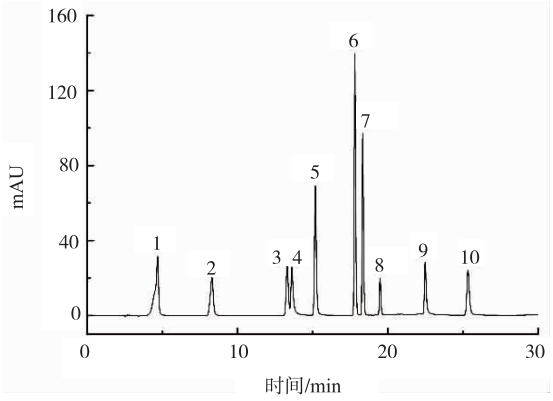


图 1 10 种单体酚类物质标准品色谱图

Fig. 1 Chromatogram of 10 phenolic compounds

5-HMF 的测定:采用 HPLC 方法,称取 5-HMF 标准品 0.010 g,$V_{甲醇}:V_{水}=1:1$,定容至 100 mL 容量瓶,作为标准品溶液。取待测液 20 mL,用 20 mL 乙酸乙酯萃取 3 次,收集有机相,35 ℃下旋转蒸干后用 2 mL 甲醇-水(体积比 1:1)溶解,0.45 μm 有机滤膜过滤后进样。

液相色谱条件为:柱温 30 ℃,检测波长 284 nm,流动相 A 为甲醇,B 为 $V_{乙酸}:V_{水}=1:99$,等梯度洗脱,流量为 1.0 mL/min。样品进样前经0.45 μm 有机滤

表 1 10 种单体酚类物质标准品工作曲线的回归方程

Table 1 Equation of liner regression of 10 phenolic compounds

组分	标准曲线	决定系数(R^2)
没食子酸	y=57 040x+25.375	R^2=0.999 9
原儿茶酸	y=30 426x+19.016	R^2=0.999 9
对羟基苯甲酸	y=29 864x+25.442	R^2=0.999 8
绿原酸	y=32 969x+31.205	R^2=0.999 3
咖啡酸	y=78 694x+3.9742	R^2=0.998 8
对香豆酸	y=95 338x+96.532	R^2=0.999 2
阿魏酸	y=66 560x+84.503	R^2=0.998 9
芦丁	y=13 604x+4.2306	R^2=0.999 9
槲皮素	y=29 799x−20.499	R^2=0.999 8
山柰酚	y=32 697x+1.6532	R^2=0.999 8

膜过滤,进样量为 20 μL,检测时间 30 min。

HMF 标准品色谱图见图 2,所得标准曲线为:y=8 055.8x+36.624,R^2=0.999 9。

统计分析方法:使用 SPSS17.0 对陈酿过程中主要非酶褐变因素与褐变度进行通径分析,分析前对数据进行标准化处理。

1.2.4 建立枸杞酒褐变模拟体系 枸杞酒是一个复杂的体系,在分析陈酿中的褐变因素时,多因素交叉,为了证明实验所得褐变因素的正确性,作者

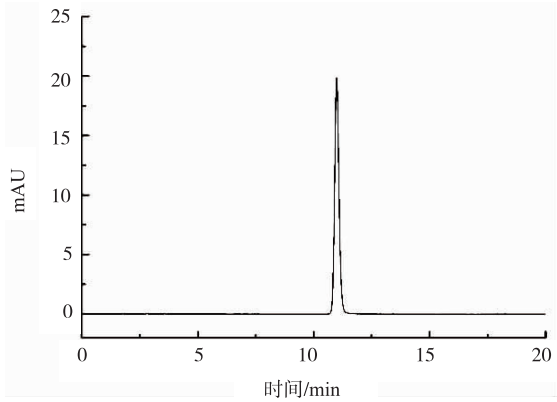


图 2 5-HMF 标准品色谱图

Fig. 2 Chromatography of 5-HMF standard

拟通过构建模拟体系进行验证。以葡萄糖作为实验中的还原糖,原始物质质量浓度以枸杞酒陈酿中第一次取样为准。以枸杞酒中各游离氨基酸、总糖、还原糖、总酚包括黄酮、10 种酚类物质、VC 和 5-HMF 为指标,与褐变度(A_{420})进行通径分析,研究其非酶褐变主要影响因素。为了便于观察,模拟参数设计是在原酒的数据上扩大了 10 倍,配制乙醇柠檬酸缓冲液(11.64%乙醇,pH 3.22),将各模拟体系于50 ℃存放 20 d,每 5 天取样,测定其褐变度的变化,见表 2。

表 2 枸杞酒模拟体系的构建

Table 2 Construction of medlar wine model system

褐变底物质量浓度/(g/L)	体系编号						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
葡萄糖	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40	15.40
VC	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
赖氨酸	0.14	0.14	0.14	0.14	0	0	0
脯氨酸	0	0	0	0	2.07	0	0
谷氨酸	0	0	0	0	0	0.12	0
绿原酸	0	0	0	0.10	0.10	0.10	0.10
芦丁	0	0	0.21	0	0	0	0
对羟基苯甲酸	0	0.08	0	0	0	0	0

注:M1:不含酚;M2:对羟基苯甲酸;M3:芦丁;M4:绿原酸、赖氨酸;M5:脯氨酸;M6:谷氨酸;M7:不含氨基酸。

2 结果与分析

2.1 发酵过程中褐变度影响

2.1.1 酶促褐变因素对褐变度的影响

1)酶与总酚的影响 从图 3 可以看出,两种酶与总酚在进入最旺盛阶段变化较大,酶促褐变与非酶褐变共同参与,使褐变度一直上升,说明发酵过程中一直伴随着褐变反应。枸杞中含有丰富的酚类物质,酚类中的一元酚邻位羟基物质容易被 PPO 催化,形成邻二酚并发生脱氢反应,生成具有高度氧化活性的邻醌,邻醌通过自身聚合或与多酚、蛋白

质、金属离子等结合发生共呈色作用,生成导致颜色越来越黄的多聚体,并最终形成不溶性的褐色多酚—黑色素,使枸杞酒的黄化发展为褐化。

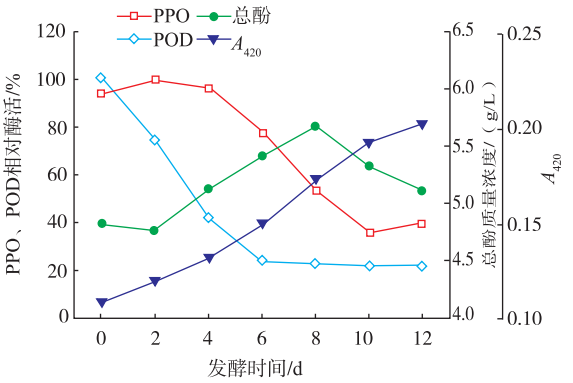


图 3 发酵过程中酶、总酚与褐变度的变化

Fig. 3 Changes of enzymes,total phenolic and browning during wine fermentation

2）主要单体酚对褐变度的影响 芦丁是枸杞中含量最高的类黄酮物质，其次是绿原酸和阿魏酸。从图 4—5 可知,这些物质下降幅度较大。因为芦丁结构苯环上含有 4 个羟基,其中包括 2 个邻羟基,容易被 PPO 催化,形成醌类物质或与醌类物质缩合引起褐变；芦丁具有较强的金属离子螯合能力,能与 Fe^{2+}等金属离子发生螯合反应,生成黄色、蓝绿色和黑色等有色螯合物[16],从而加速枸杞酒的褐变。槲皮素含有 5 个羟基包括 2 个邻位羟基,其酶促褐变反应活性与芦丁相似。山奈酚不含邻羟基,发酵过程中可能是发酵液环境变化使细胞释放。

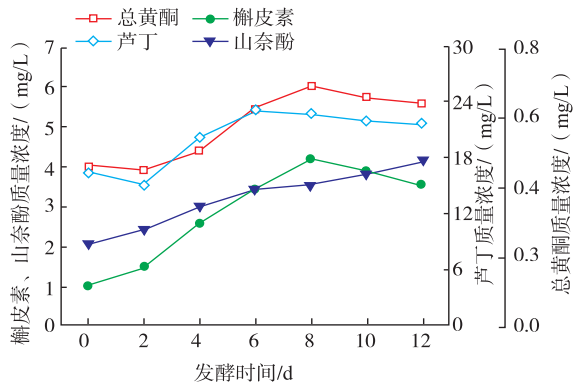


图 4 发酵过程中类黄酮主要单体酚变化

Fig. 4 Changes of major phenolic compounds in flavonoid during wine fermentation

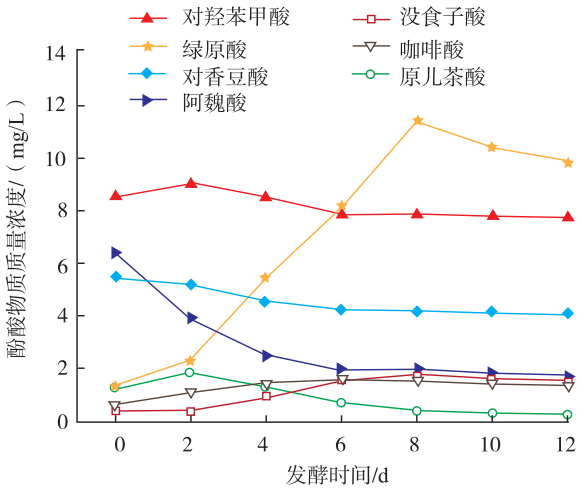


图 5 发酵过程中非类黄酮主要单体酚变化

Fig. 5 Changes of major phenolic compounds in non-flavonoid during wine fermentation

2.1.2 非酶促褐变因素对褐变度的影响 枸杞中的非酶褐变主要来自 VC 氧化、还原糖和氨基酸的美拉德反应。由图 6 可知,枸杞发酵液中 VC 从开始就迅速氧化降解,随着发酵后期溶解氧被酵母菌大量消耗，以及多酚类物质和 VC 竞争式的氧化还原平衡,能一定程度保护 VC,使 VC 下降速度变得缓慢。VC 分子中含有连烯二醇基[-C(OH)=(OH)-]和内酯环结构，极易氧化分解形成脱氢抗坏血酸,经脱水形成 DKG(2 ,3 一二酮古洛糖酸)后,脱羧产生酮木糖,最终生成还原酮,进一步脱水与氨基化合物缩合或自身裂解,最终形成类黑精[17],使枸杞酒褐变度上升。

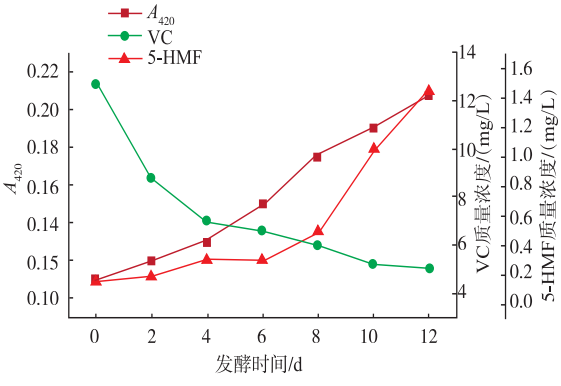


图 6 发酵过程中 VC、5-HMF 与褐变度的变化

Fig. 6 Changes of VC,5-HMF and browning degree during wine fermentation

5-HMF 是还原糖和氨基酸进行美拉德反应的中间产物,它的生成量能一定程度指示美拉德反应

的进行。还原糖和氨基酸经 1,2-烯醇化反应，脱水形成 3-脱氧奥苏糖，继续脱水生成 5-HMF，最终产物主要为类黑素[18]。从图 6 可以看出褐变曲线一直上升。

2.2 陈酿过程中褐变度的影响

2.2.1 总酚与褐变度的变化 由图 7 可知，随着陈酿时间的延长，褐变不断产生。陈酿中除了多酚氧化聚合、VC 氧化降解和美拉德反应的持续外，多酚氧化中间物质醌类还可以与酚等物质通过亲核、偶联或自由基途径发生非酶聚合，反应过程中产生的二聚体或多聚体可能发生了结构重排，产生褐色的多聚体[19]也使得总酚物质下降。

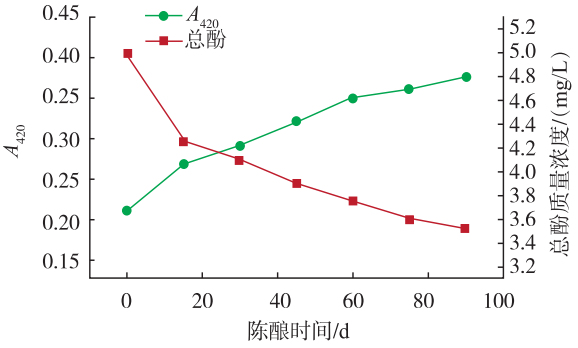


图 7 陈酿过程中褐变度和总酚的变化

Fig. 7 Changes of browning degree and total phenolic during wine aging

2.2.2 主要单体酚的变化 在陈酿中，枸杞酒中主要的单体酚芦丁、绿原酸、对羟基苯甲酸、咖啡酸和没食子酸质量浓度均有下降，其原因与发酵过程相同，见图 8—9。

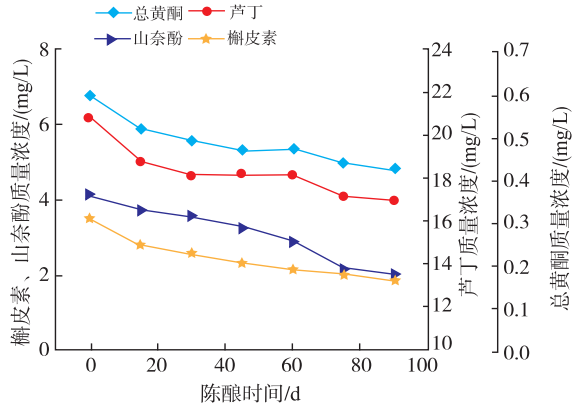


图 8 陈酿过程中类黄酮中主要单体酚变化

Fig. 8 Changes of major phenolic compounds in compounds flavonoids during wine aging

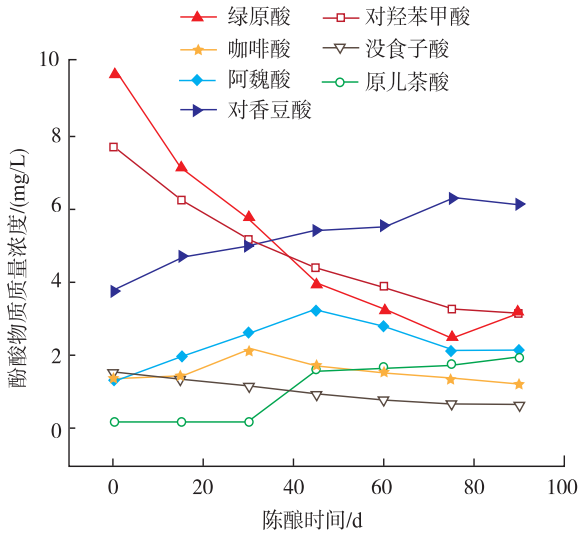


图 9 陈酿过程中非类黄酮主要单体酚变化

Fig. 9 Changes of major phenolic in non-flavonoid during wine aging

2.2.3 游离氨基酸的变化 由表 3 可知，除了 Asp 和 Gly 质量浓度增加了，其他氨基酸都有所下降，脯氨酸下降最大，有研究表明[20]，脯氨酸最具类黑精形成活性，是褐变反应活性最高的氨基酸。钱敏[23]等人发现，谷氨酸参与的美拉德反应产物中 5-HMF 质量浓度较高。

表 3 陈酿 90 d 后氨基酸的变化

Table 3 Changes in amino acids after 90 days of aging

氨基酸	陈酿前质量浓度/(mg/L)	陈酿 90 d 质量浓度/(mg/L)
Asp	0.43	4.58
Thr	2.25	1.02
Ser	1.05	0.56
Glu	11.87	8.64
Gly	2.08	4.49
Ala	3.16	2.97
Cys	5.23	2.31
Val	1.85	1.31
Met	0.90	0.81
Ile	0.17	0.47
Leu	2.49	3.80
Tyr	8.61	7.44
Phe	8.38	11.63
Lys	13.80	6.17
His	4.20	2.90
Arg	2.67	1.78
Pro	207.26	165.07
总量	276.40	225.95

2.2.4 总糖、还原糖、5-HMF 和 VC 的变化 通过 5-HMF 与 VC 的变化可知,陈酿中的美拉德反应一直在进行,VC 一直在持续,褐变一直在继续。由图 10—11 可知,枸杞酒陈酿过程中总糖呈不断下降趋势,还原糖先上升后波动下降。总糖发生酸水解使酒中多糖等非发酵性残糖转化为葡萄糖、果糖、阿拉伯糖、半乳糖等,使还原糖质量浓度有所升高,该还原糖参与美拉德反应被不断消耗,使还原糖、总糖曲线有所下降。

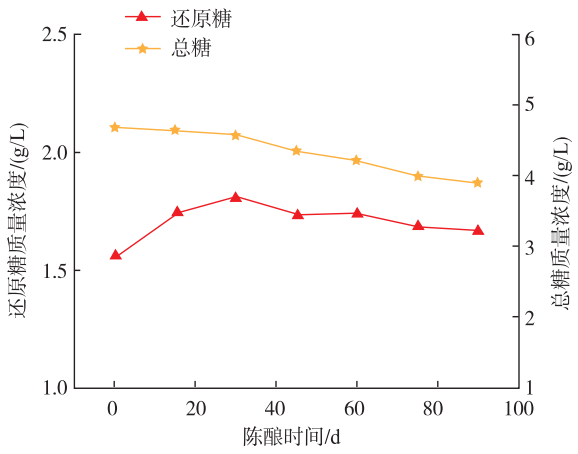


图 10 陈酿过程中总糖、还原糖的变化

Fig. 10 Changes of total sugars and reducing sugars during wine aging

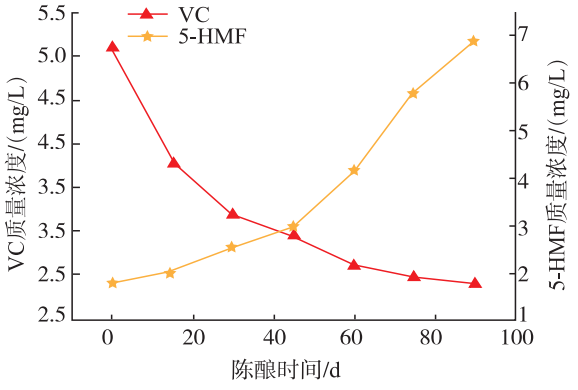


图 11 陈酿过程中 VC 和 5-HMF 的变化

Fig. 11 Changes of VC and 5-HMF during wine aging

2.3 通径分析结果

通径分析是建立在通径系数概念基础上的一种多元统计分析方法[21]。以总酚(X_1)、总糖(X_2)、5-HMF(X_3)、VC(X_4)为自变量,以褐变度 A_{420} 为 Y 值,进行通径分析。对褐变度进行 S-W 测试,统计量为 0.934,p=0.583>0.05,接近正态分布。采用逐步回归分析法,筛选出对褐变度影响显著的因素,得到最优回归方程:Y=5.809−0.853X_1−0.667X_2,由显著性检验可知:X_1、X_2 显著性均小于 0.05,且模型达极显著水平(F=266.498,p=0.000),相关系数 R=0.996,说明方程拟合度达到 99.6%,R^2=0.993,剩余因子值很小,对褐变度有影响的自变量考虑较为全面。

由表 4 可知,总酚(X_1)、总糖(X_2)和 VC(X_4)与褐变度呈显著负相关,5-HMF(X_3)与褐变度呈显著正相关。

表 4 相关及显著性检验结果

Table 4 Correlation and significance test results

因子	X_1	X_2	X_3	X_4	Y
X_1	1	0.867*	−0.861*	0.988**	−0.981**
X_2	0.867*	1	−0.981**	0.802*	−0.936**
X_3	−0.861*	−0.981**	1	−0.791*	0.913**
X_4	0.988**	0.802*	−0.791*	1	−0.955**

注:* 在 0.05 水平上显著相关,** 在 0.01 水平上显著相关。

由表 5 可知,总酚对枸杞酒褐变度的直接通径系数为 P_1=−0.682,对 R^2 的总贡献为 0.669,总糖对枸杞酒褐变度的直接通径系数 P_2=−0.345,对 R^2 的总贡献为 0.323,说明总酚、总糖对褐变度具有直接的负效应。可以看出,总酚对褐变度起直接作用,总糖对褐变度起间接作用。有研究表明,酸性环境中,糖类容易转变成羟甲基糠醛类中介物,然后与酚类物质反应生成有色物质,引起枸杞酒的褐变[22]。

表 5 各褐变因素与褐变度通径分析表

Table 5 Path analysis of browning factors and browning degree

自变量	简单相关系数	直接通径系数	间接通径系数		决定系数
			X_1	X_2	
总酚(X_1)	−0.981**	−0.682		−0.299	0.465
总糖(X_2)	−0.936**	−0.345	−0.591		0.119

注:** 在 0.01 水平上显著相关。

2.4 模拟实验结果

2.4.1 不同酚类物质对褐变度的影响 由图 12 可知,M3(芦丁)和 M4(绿原酸)的褐变度明显高于 M1(不含酚),20 d 后褐变度分别为 M1 的 1.67 和 1.28 倍,M2(对羟基苯甲酸)的褐变度较 M1 无明显变化。芦丁和绿原酸是引起陈酿中非酶促褐变的主要物质。另外,有研究表明,多酚和赖氨酸、葡萄糖的交互作用能够促进褐变[23],枸杞酒中有可能也发生

了类似的反应。对羟基苯甲酸对枸杞酒陈酿中的褐变几乎无影响，其作为羟基苯甲酸衍生物，在陈酿过程中质量浓度的降低可能是与酒精结合所致[24]。

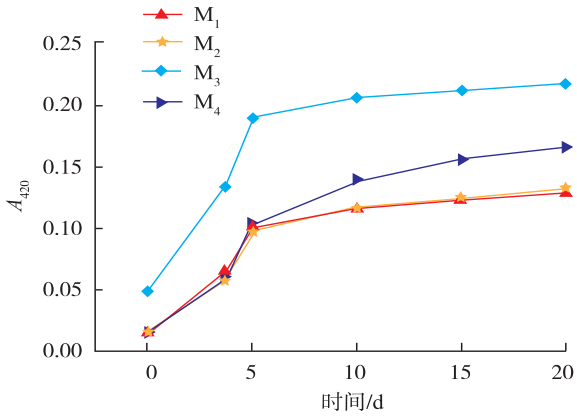


图 12　不同酚类物质模拟体系褐变度的变化

Fig. 12　Changes of browning degree of different phenolic compounds model system

2.4.2　不同氨基酸对褐变度的影响　由图 13 可知，M4（赖氨酸）和 M5（脯氨酸）的褐变度高于 M7（不含氨基酸），而 M6（谷氨酸）褐变度在前 5 天达到最高后基本不变，明显低于 M7，绿原酸、VC 和葡萄糖的综合作用能明显促进褐变。脯氨酸是枸杞酒中质量浓度最高的氨基酸，对褐变具有明显促进作用，赖氨酸对枸杞酒褐变影响次之。谷氨酸在枸杞酒模拟体系中，对褐变度具有较明显抑制作用，其抑制机理有待研究。

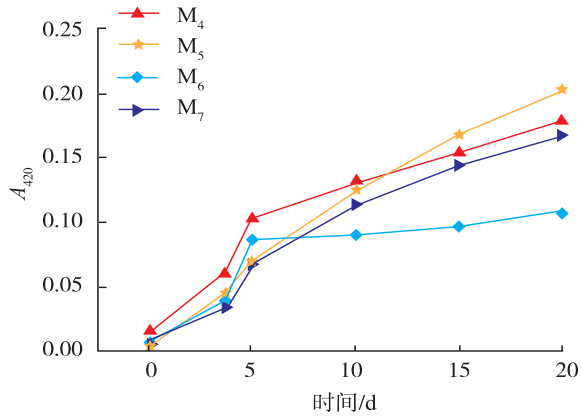


图 13　不同氨基酸模拟体系褐变度的变化

Fig. 13　Changes of browning degree of different amino acids model systems

3　结　语

在发酵过程中，酶促褐变和非酶促褐变同时存在，酶促褐变主要由 PPO 和 POD 催化枸杞发酵液中的酚类物质引起。主要酚类物质是芦丁、绿原酸、羟基苯甲酸、阿魏酸、香豆酸，这些物质在酶的催化下形成具有高度氧化活性的邻醌，并最终形成不溶性的褐色多酚–黑色素，使枸杞酒的黄化发展为褐化。陈酿过程中，以非酶褐变为主，主要来自多酚的氧化缩合和美拉德反应。总酚、总糖、脯氨酸、赖氨酸和谷氨酸是引起褐变的主要原因。

参考文献：

[1] ZHANG Q，CHEN W，ZHAO J，et al. Functional constituents and antioxidant activities of eight Chinese native Goji geno-types[J] **Food Chemistry**，2016，200：230-236.

[2] PIRES T C S P，DIAS M I，LILLIAN B，et al. Phenolic compounds profile，nutritional compounds and bioactive properties of *Lycium barbarum* L.：a comparative study with stems and fruits[J]. **Industrial Crops and Products**，2018，122：574-581.

[3] KWOK F S. Wolfberry and neuroprotection[J]. **Toxicon**，2019，158：S1-S2.

[4] REN J，WANG S Y，NING Y，et al. The impact of over-maturation on the sensory and nutritional quality of Gouqi（Chinese wolfberry）wine[J]. **Journal of the Institute of Brewing**，2018，124（1）：57-67.

[5] 刘威. 枸杞制汁过程中褐变及主要活性物质含量变化的研究[D]. 银川：宁夏大学，2014.

[6] 刘亚，张惠玲，付丽霞，等. 枸杞酒酿造预处理中不同灭菌方式对枸杞汁色泽的影响[J]. 酿酒科技，2016（2）：47-50，54.

[7] 刘亚. 枸杞酒酿造过程中颜色变化研究[D]. 银川：宁夏大学，2016.

[8] 中华人民共和国卫生部，国家质量监督检验检疫总局. GB/T 15038-2006 葡萄酒果酒通用分析方法[S]. 北京：中国标准出版社，2006.

[9] 李志霞，聂继云，闫震，等. 响应面法对 3，5- 二硝基水杨酸比色法测定水果中还原糖含量条件的优化[J]. 分析测试学报，2016，35（10）：1283-1288.

[10] 中华人民共和国卫生部，国家卫生与计划生育委员会. GB 5009.86-2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S]. 北

京:中国标准出版社,2016.
[11] 赵凤,梅潇,张焱,等. 超高压和热杀菌对枸杞汁品质的影响[J]. 中国食品学报,2018,18(3):169-178.
[12] 王静,徐俊南,常婷婷,等. 猕猴桃酒发酵过程中营养成分变化及发酵方式对成品酒品质的影响[J]. 中国酿造,2018,37(7):55-60.
[13] 冯程程,于筠,王春玲. L-半胱氨酸对鲜切紫甘薯护色保鲜作用[J]. 食品与发酵工业,2019,45(22):150-156.
[14] 范昊安,沙如意,方晟,等. 苹果梨酵素发酵过程中的褐变与抗氧化活性[J]. 食品科学,2020,41(14):116-123.
[15] 李朋亮,廖若宇,王旭,等. 枸杞晒干过程中黄酮类化合物和苯丙氨酸解氨酶活性的变化[J]. 食品科学,2014,35(23):79-83.
[16] 张振华. 绿原酸及其类似物对美拉德反应中羟甲基糠醛生成的影响[D]. 广州:暨南大学,2015.
[17] 龚霄,殷俊伟,刘洋洋,等. 红心火龙果果酒生产过程中的褐变机理探究[J]. 食品工业科技,2018,39(1):52-56.
[18] LI H,GUO A,WANG H. Mechanisms of oxidative browning of wine[J]. **Food Chemistry**,2008,108(1):1-13.
[19] 李越鲲,米佳,闫亚美,等. 不同产地宁夏枸杞主要化学成分分析[J]. 食品工业科技,2017,38(21):286-288,329.
[20] 祝清芬,魏霞,王维剑,等. 基于杂质遗传毒性谈药物中5-羟甲基糠醛的质量控制[J]. 药物分析杂志,2018,38(3):485-489.
[21] 任洪雷,李春霞,龚士琛,等. 利用SPSS实现玉米杂交种主要农艺性状与产量的相关和通径分析[J]. 作物杂志,2019,37(3):86-90.
[22] 朱丹,李世燕,任跃英,等. 毛酸浆发酵过程中的非酶褐变原因解析[J]. 食品科学,2016,37(15):204-208.
[23] 钱敏,白卫东,赵文红,等. 不同氨基酸和糖对美拉德反应产物的影响[J]. 食品科学,2016,37(13):31-35.
[24] 张鑫,郭雨婷,孙时光,等. 猕猴桃果酒发酵过程中色泽变化因素的相关性研究[J]. 食品研究与开发,2019,40(6):99-104.

科　技　信　息

欧盟批准一种L-蛋氨酸作为所有动物的饲料添加剂

据欧盟官方公报消息,2020年10月15日,欧盟委员会发布法规(EU)2020/1497号条例,根据欧洲议会和理事会法规(EC) No 1831/2003,批准一种L-蛋氨酸(L-methionine)作为所有动物的饲料添加剂。

据条例,这种L-蛋氨酸是由谷氨酸棒杆菌 (Corynebacterium glutamicum) 菌株KCCM 80 184和大肠杆菌(*Escherichia coli*)KCCM 80 096生产而来。根据附件中规定的条件,这种添加剂被授权作为动物营养添加剂所属添加剂类别为"营养添加剂",功能组别为"氨基酸、氨基酸盐及其类似物"。授权结束日期为2030年5月11日。本条例自发布之日起第二十天生效。

[信息来源]食品伙伴网.欧盟批准一种L-蛋氨酸作为所有动物的饲料添加剂[EB/OL]. (2020-10-19). http://news.foodmate.net/2020/10/574419.html