

巨峰葡萄叶主要成分分析及干燥方式对主要活性成分和色泽的影响

贾洪锋,陈 杨,亢小勤,任 清,邓 红*,朱 莉

(四川旅游学院,四川成都 610100)

摘 要:以巨峰葡萄(*Vitis vinifera* L. × *V. labrusca*, 'Kyoho')叶为原料,分析葡萄叶中主要成分,并研究 40 ℃ 热风干燥、60 ℃ 热风干燥、80 ℃ 热风干燥和-48 ℃ 真空冷冻干燥对其白藜芦醇、总黄酮含量和色泽的影响。结果表明:葡萄成熟期的巨峰葡萄叶水分含量 76.67%,蛋白质含量 5.78%,膳食纤维含量 12.80 g/100 g,钾、钠、钙、镁、锌、铁、锰和铜含量分别为 350、1、15、37、2.2、4.8、23 mg/100 g 和 79 μg/100 g。葡萄成熟期,葡萄叶中白藜芦醇和总黄酮含量达到最高,分别为 424.34 μg/g 和 95.27 mg/g。四种干燥方式中,真空冷冻干燥能够更好保持葡萄叶中的白藜芦醇和黄酮类物质,对葡萄叶粉的色泽影响最小,颜色更绿。真空冷冻干燥是制备葡萄叶粉的最好方式,其次是 40 ℃ 热风干燥,最差的是 80 ℃ 热风干燥。

关键词:葡萄叶,总黄酮,白藜芦醇,色泽,干燥方式

Analysis of Main Nutritional Components and Effects of Drying Methods on Main Functional Components Content and Color of Kyoho Grape Leaves

JIA Hong-feng, CHEN Yang, KANG Xiao-qin, REN Qing, DENG Hong*, ZHU Li

(College of Food Science and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China)

Abstract: The main nutritional components were analyzed in leaves of Kyoho grape. The total flavonoids contents, resveratrol contents and color of the leaves by different drying methods (40 ℃ hot air, 60 ℃ hot air, 80 ℃ hot air and -48 ℃ vacuum freeze drying) were investigated. The results showed that the water content was 76.67%, the content of protein was 5.78%, dietary fiber 12.80 g/100 g, K 350 mg/100 g, Na 1 mg/100 g, Ca 15 mg/100 g, Mg 37 mg/100 g, Zn 2.2 mg/100 g, Fe 4.8 mg/100 g, Mn 23 mg/100 g and Cu 79 μg/100 g. The content of resveratrol and total flavonoids in Kyoho grape leaves reached the highest in the grape berry mature period, were respectively 424.34 μg/g and 95.27 mg/g. On the whole, treatments such as vacuum freeze drying was the best choice for drying of Kyoho grape leaves because it had good performance in maintaining color and active components (resveratrol and total flavonoids) in leaves. The second was 40 ℃ hot air drying, and the last was 80 ℃ hot air drying.

Key words: grape leaves; total flavonoids; resveratrol; color; drying

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2018)21-0010-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.21.003

引文格式: 贾洪锋, 陈杨, 亢小勤, 等. 巨峰葡萄叶主要成分分析及干燥方式对主要活性成分和色泽的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(21): 10-14.

葡萄(*Vitis vinifera* L.)是葡萄科(*Vitaceae*)葡萄属(*Vitis* L.)落叶藤本植物,是世界最古老的植物之一。葡萄叶在土耳其、希腊及中东一带大都作为烹饪材料,其中最著名的菜是多马西(Dolmasi)—以葡萄叶包米和绞肉的菜肴^[1]。巴勒斯坦西岸当地居民同时食用葡萄浆果和葡萄叶^[2]。在美国和阿拉伯一些国家的饮食中,葡萄叶是一种不可或缺的辅料,与

中国的粽子叶作用相似。酸葡萄叶裹肉、酸葡萄叶裹大米、葡萄叶馅饼是美国等国民喜爱的食品之一^[3]。早在 2006 年,新疆生产建设兵团第十三师生产加工的无核白葡萄叶片已投入美国市场^[3]。这些均显示出葡萄叶具有可食用的潜力。

葡萄叶中含有多酚、蛋白质、有机酸、皂苷、黄酮、白藜芦醇等化合物。黄酮类化合物具有较强的

收稿日期: 2018-01-24

作者简介: 贾洪锋(1981-),男,硕士,副教授,研究方向:食品加工与检测, E-mail: jiahongfeng_cq@163.com。

* 通讯作者: 邓红(1968-),女,本科,教授,研究方向:食品加工与营养, E-mail: 775124312@qq.com。

基金项目: 四川省教育厅自然科学重点项目(17ZA0287)。

抗氧化性、抗肿瘤、抗辐射、抑菌、免疫调节、保护心血管等作用^[4]。白藜芦醇是一种自由基清除剂和强效抗氧化剂^[5],具有抗癌、心脏保护、神经保护和抗氧化等功能^[6]。正是由于葡萄叶中含有黄酮和白藜芦醇等生理活性物质,所以葡萄叶具有一定的抗氧化^[7-9]、抑菌^[10]、保护心脑血管^[11]、抗癌^[12]等作用。在葡萄收获期,每公顷可采收约 900 kg 叶片^[3]。随着我国葡萄种植和加工产业的发展,葡萄产量巨增,被摘掉的葡萄嫩芽和葡萄叶通常被直接丢弃,其中的营养物质没有得到充分利用造成了巨大的浪费。

目前对于葡萄叶的研究主要集中在其中活性成分的提取及生理活性研究^[4,7],在食品中的应用仅有少量研究,如葡萄叶开发成葡萄叶茶^[1],葡萄叶乙醇提取物作为饼干烘焙的天然抗氧化剂^[8]。总体来讲,葡萄叶资源尚未进行充分利用。本研究测定葡萄叶中的主要营养成分,同时测定其中主要生理活性物质—黄酮和白藜芦醇在葡萄叶生长期的变化,并制备葡萄叶粉,以期对葡萄叶的应用和产品开发提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

巨峰葡萄叶片 在葡萄成熟前(5月10日,A)、成熟时(7月10日,B)和成熟后(9月10日,C)分别采摘新鲜葡萄叶,采自成都市龙泉驿区葡萄园;芦丁标准品、白藜芦醇对照品 纯度≥98%,合肥博美生物科技有限公司;无水乙醇、硝酸铝、氢氧化钠、甲醇、亚硝酸钠 分析纯,成都市科龙化工试剂厂;其他试剂 均为国产分析纯。

FA1104 型电子天平(0.1 mg) 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;Scientz-IIIF 超声波提取仪 宁波新芝生物科技股份有限公司;Blue StartA 紫外可见分光光度计 北京莱伯泰科仪器股份有限公司;SC-80C 型全自动色差仪 北京康光光学仪器有限公司;FD-1A-50 型冷冻干燥机 北京博医康实验仪器有限公司;DFY-1000 型高速万能粉碎机 温岭市林大机械有限公司;WP-UP-UV-20 型超纯水机 四川沃特尔水处理设备有限公司;101-3A 型电热鼓风干燥箱 北京中兴伟业仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 葡萄叶主要成分含量的测定 取用葡萄成熟时(7月10日)的葡萄叶,去除叶柄,水分含量按照 GB 5009.3 直接干燥法进行测定;钾和钠含量按照 GB 5009.91,钙含量按照 GB 5009.92,镁含量按照 GB 5009.241,锌含量按照 GB 5009.14,铁含量按照 GB 5009.90,锰含量按照 GB 5009.242,铜含量按照 GB 5009.13 进行测定;蛋白质含量按照 GB 5009.5 进行测定;膳食纤维含量按照 GB 5009.88 进行测定。

1.2.2 不同生长期对葡萄叶白藜芦醇和总黄酮含量的影响 对三个不同生长时期的葡萄叶(A、B、C)分别测定白藜芦醇和总黄酮含量,以研究不同生长期对葡萄叶白藜芦醇和总黄酮含量的影响。

1.2.3 不同干燥方式对葡萄叶白藜芦醇和总黄酮含量的影响 将葡萄成熟时(7月10日)的葡萄叶去除

叶柄,清洗叶片表面杂质后,沥干表面水分,平铺于干燥箱中,分别采用 40、60、80 ℃热风干燥及-48 ℃真空冷冻干燥烘干至含水量 9%,粉碎,过 100 目筛。真空冷冻干燥法按照文献[13]进行。样品信息如表 1 所示。分别测定 D、E、F、G 中白藜芦醇和总黄酮的含量,以研究不同干燥方式对葡萄叶白藜芦醇和总黄酮含量的影响。

表 1 不同干燥处理方式
Table 1 Different drying methods

样品编号	处理方式
D	40 ℃热风干燥,风速:2 m/s
E	60 ℃热风干燥,风速:2 m/s
F	80 ℃热风干燥,风速:2 m/s
G	-48 ℃真空冷冻干燥

1.2.4 白藜芦醇和总黄酮含量的测定 葡萄叶中白藜芦醇的提取、白藜芦醇标准曲线的制作以及葡萄叶中白藜芦醇含量的测定均参照文献[14]进行,其中葡萄叶粉碎后过 100 目筛。白藜芦醇标准曲线回归方程为 $y = 0.1167x + 0.0049$ ($R^2 = 0.9999$, y 为吸光度, x 为白藜芦醇浓度, $\mu\text{g/mL}$),白藜芦醇浓度在 0~14.16 $\mu\text{g/mL}$ 范围内与吸光度线性关系良好。芦丁标准曲线的制作和总黄酮含量的测定参照文献[15],芦丁标准曲线回归方程为 $y = 0.0071x + 0.0017$ ($R^2 = 0.9992$, y 为吸光度, x 为芦丁浓度,单位为 $\mu\text{g/mL}$)。芦丁浓度在 0~24 $\mu\text{g/mL}$ 范围内与吸光度线性关系良好。葡萄叶中总黄酮的提取参照文献[16],其中葡萄叶粉碎后过 100 目筛。

1.2.5 葡萄叶色泽的测定 采用全自动色差仪在 10°视场、D65 光源(D65 光源是标准光源中最常用的人工日光,其色温为 6500 K,是该色差仪的观察条件)条件下,测定样品(D、E、F、G)的 a^* 、 b^* 、 L^* 值。

1.3 数据处理

所有实验重复 3 次,采用 Excel 对实验数据进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 葡萄叶主要成分分析

经测定,成熟期(7月10日采摘)巨峰葡萄叶水分含量为 76.67%,蛋白质含量为 5.78%,膳食纤维含量为 12.80 g/100 g,钾、钠、钙、镁、锌、铁、锰和铜含量分别为 350、1、15、37、2.2、4.8、23 mg/100 g 和 79 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 。

在葡萄收获期、收获后 15 和 30 d 采摘的赤霞珠、梅尔诺、长相思和赛美蓉叶片及夏季侧枝的平均蛋白质含量为 4.54%~4.63%,膳食纤维 37.12~37.50 g/100 g、钾 211~214 mg/100 g,钙 385~395 mg/100 g,铁 3.7~3.8 mg/100 g^[17]。与之相比,巨峰葡萄叶中蛋白质含量略高,膳食纤维含量略低,钾和铁的含量较高,钙的含量较低。与 98-2 葡萄葡萄叶^[18]相比,巨峰葡萄叶中锌、铁和铜的含量较低,而锰的含量较高。与美国黑提葡萄叶^[19]相比,巨峰葡萄叶中镁、锌、铁、锰和铜的含量较低。

巨峰葡萄叶中的营养成分与其他品种葡萄叶相比存在差异,这可能与葡萄的品种、生长条件、栽培

和管理有一定的关系。

2.2 不同生长期葡萄叶中白藜芦醇和总黄酮含量分析

每年进入春季以后,葡萄逐渐发芽,葡萄叶逐渐生长;而在葡萄生长至成熟并采摘以后,葡萄叶逐渐枯萎。所以本实验选择5月至9月左右生长的葡萄叶作为研究对象,进行白藜芦醇和总黄酮含量分析。

从图1可以看出,5月采摘的葡萄叶中白藜芦醇含量为412.05 $\mu\text{g/g}$,7月采摘的葡萄叶中白藜芦醇含量为424.34 $\mu\text{g/g}$,9月采摘的葡萄叶中白藜芦醇含量为395.65 $\mu\text{g/g}$ 。葡萄叶中白藜芦醇含量随着生长期的延长而逐渐增加,在7月葡萄成熟期间达到最高,随后在葡萄采摘后又逐渐降低,不同生长期葡萄叶中白藜芦醇含量具有显著性差异($p < 0.05$)。

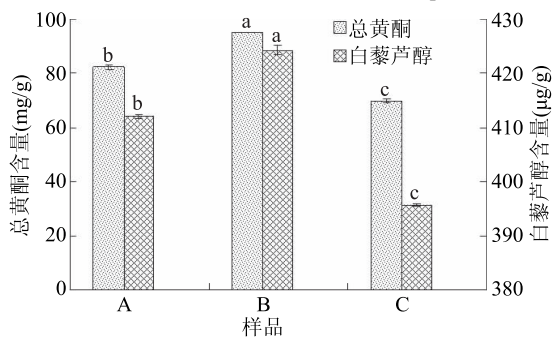


图1 不同生长期葡萄叶中白藜芦醇和总黄酮含量

Fig.1 The content of resveratrol and total flavonoids of grape leaves in different growth periods

葡萄叶中总黄酮含量的变化与白藜芦醇含量的变化比较相似。5月采摘的葡萄叶中总黄酮含量为82.40 mg/g ,7月采摘的葡萄叶中总黄酮含量为95.27 mg/g ,9月采摘的葡萄叶中总黄酮含量为69.80 mg/g 。葡萄叶中总黄酮含量在7月葡萄成熟期间达到最高,不同生长期葡萄叶中总黄酮含量具有显著性差异($p < 0.05$)。

研究表明,不同产地和不同品种的葡萄叶中白藜芦醇含量差异较大。博乐产红提葡萄叶中未检出白藜芦醇,鄯善产马奶子葡萄叶中白藜芦醇含量可达592.83 $\mu\text{g/g}$ ^[20],西安长安区产户太八号葡萄叶中白藜芦醇含量为47.96 $\mu\text{g/g}$ ^[21],西安户县产户太八号葡萄叶中白藜芦醇含量为152.2 $\mu\text{g/g}$ ^[22],新疆南部巴州地区产赤霞珠葡萄叶中白藜芦醇含量可达16.5233 mg/g ^[23]。由此可以看出,本研究所采摘的葡萄叶中白藜芦醇含量处于相对中间的位置。

程玉^[16]采集了13种野生葡萄及11个栽培品种葡萄叶片,比较其黄酮含量。结果表明,检测的24个样品总黄酮平均含量为35.53 mg/g ,总黄酮含量最高的是夏黑,含量为63.28 mg/g 。杨勇^[24]检测了12种葡萄叶片中的总黄酮含量,结果表明,叶片中总黄酮含量为16.307~63.229 mg/g 。本研究所采摘的葡萄叶中总黄酮含量远远高于其他葡萄品种的葡萄叶。

黄酮类物质是葡萄叶中重要的生理活性物质,

从以上研究可以看出,葡萄叶中黄酮含量较高,可以作为黄酮类物质的重要来源。

2.3 不同干燥方式对葡萄叶粉中白藜芦醇和总黄酮含量的影响

由2.2可以看出,本研究所采摘的葡萄叶中含有很高的黄酮类物质和较高的白藜芦醇这两种生理活性物质。由于新鲜叶片难以保存,为了充分利用通常作为废弃物丢弃的葡萄叶中的生理活性物质,本研究采用不同干燥方式制备了葡萄叶粉,并研究了不同干燥方式对其中白藜芦醇和总黄酮含量的影响。

从图2可以看出,采用真空冷冻干燥制备的葡萄叶粉具有最高的白藜芦醇和总黄酮含量;采用热风干燥方式制备的葡萄叶粉,随着加热温度的升高,葡萄叶粉中白藜芦醇和总黄酮含量依次减少,温度为80 $^{\circ}\text{C}$ 时,白藜芦醇和总黄酮的含量最低;不同干燥方式制备的葡萄叶粉中白藜芦醇和总黄酮含量均具有显著性差异($p < 0.05$)。这说明干燥温度对葡萄叶粉中白藜芦醇和总黄酮的含量有一定影响,采用较低温度制备葡萄叶粉有利于保护其中的白藜芦醇和黄酮类物质。这可能是由于白藜芦醇的稳定性受到温度、可见光等因素的影响^[25-26],具体原因有待进一步研究。

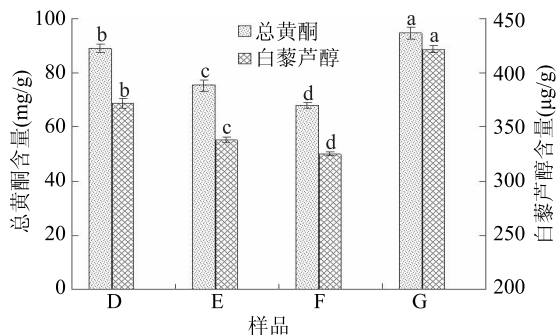


图2 不同干燥方式葡萄叶粉中白藜芦醇和总黄酮含量

Fig.2 The content of resveratrol and total flavonoids in grape leaf powder processed by different drying methods

研究表明,黄酮类物质具有多种生物活性,但其稳定性差,在加工过程中容易受pH、温度、光照等因素的影响,其保留率与其本身的降解转化和多酚氧化酶、过氧化物酶等的氧化水解有关^[27-28]。与新鲜水果(猕猴桃、柿子、梨和苹果)相比,冷冻、真空冷冻干燥和热风对流干燥均会导致总黄酮含量减少,影响程度依次为热风对流干燥 > 真空冷冻干燥 > 冷冻^[29]。冷冻干燥冬瓜皮中总黄酮含量明显高于热风干燥(55~105 $^{\circ}\text{C}$)^[30]。真空冷冻干燥鲜枣的黄酮含量远高于热风干燥,黄酮类物质在受热时易发生酚类氧化反应,热风干燥过程中黄酮的损失最为严重^[31]。从图2中也可以看出相似的影响,即真空冷冻干燥样品中黄酮含量明显高于热风干燥样品。

从以上的研究可以看出,真空冷冻干燥有利于保护葡萄叶中的白藜芦醇和黄酮类物质,其次是40 $^{\circ}\text{C}$ 热风干燥,最差的是80 $^{\circ}\text{C}$ 热风干燥。

2.4 不同干燥方式对葡萄叶粉色泽的影响

L^* 值代表亮度, a^* 值代表红绿色度,在正值时表

示红色程度,在负值时表示绿色程度; b^* 值代表黄蓝色度,在正值时表示黄色程度,在负值时表示蓝色程度^[32]。数据分析结果表明不同干燥方式制备的葡萄叶粉的 L^* 值具有显著性差异($p < 0.05$)。从图3可以看出,真空冷冻干燥样品的 L^* 值为44.67,高于热风干燥的样品;对于热风干燥而言,随着热风干燥温度的增加, L^* 值从41.23逐渐降低到38.80,说明真空冷冻干燥样品亮度最大,80℃热风干燥样品的亮度最小。对于 a^* 值而言,真空冷冻干燥样品为-2.71,40℃热风干燥样品为-2.58,60℃热风干燥样品为-2.54,80℃热风干燥样品为-1.84;说明真空冷冻干燥样品比热风干燥样品更绿,并且随着热风干燥温度的升高,样品的绿色逐渐变浅,这可能与叶绿素的分解有关。数据分析表明,真空冷冻干燥样品与40℃热风干燥和60℃热风干燥样品的 a^* 值不存在显著性差异($p < 0.05$),说明40℃热风干燥和60℃热风干燥能够保持与真空冷冻干燥相似的绿色。对于 b^* 值而言,真空冷冻干燥样品为18.48,40℃热风干燥样品为17.90,60℃热风干燥样品为16.43,80℃热风干燥样品为18.08,且所有样品的 b^* 值均具有显著性差异($p < 0.05$);所有干燥方式制备的葡萄叶粉样品的色泽均会略为偏黄,但是从感官上来讲,黄色不明显,主要表现为绿色。因此可以看出,总体上真空冷冻干燥对葡萄叶粉的色泽影响最小,其亮度最大,绿色也更深。对苦荞麦芽^[33]、辣木叶^[34]、桑叶^[35]和猕猴桃片^[36]的研究也表明,真空冷冻干燥能够更好的保护色泽。因此,制备葡萄叶粉时,色泽保护最好的干燥方式是真空冷冻干燥,其次是40℃热风干燥。

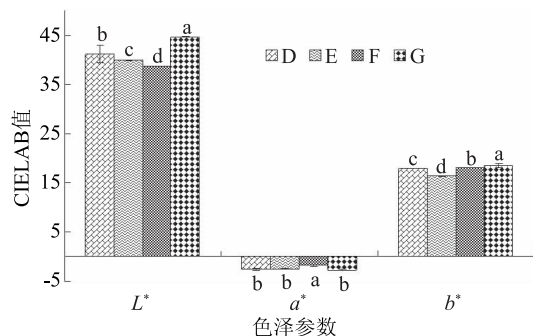


图3 不同干燥方式对葡萄叶粉色泽的影响

Fig.3 Effects of different drying methods on color parameters of grape leaf powder

3 结论

本研究的结果表明,葡萄成熟期的巨峰葡萄叶水分含量为76.67%,蛋白质含量为5.78%,膳食纤维含量为12.80 g/100 g,钾、钠、钙、镁、锌、铁、锰和铜含量分别为350、1、15、37、2.2、4.8、23 mg/100 g和79 μg/100 g。葡萄成熟期,葡萄叶中白藜芦醇和总黄酮含量达到最高,分别为424.34 μg/g和95.27 mg/g。黄酮类物质是葡萄叶中重要的生理活性物质,远高于市售荞麦茶产品^[37]中总黄酮的含量,可以作为黄酮类物质的来源。

葡萄叶中含量较高的膳食纤维、蛋白质和黄酮类物质水溶性均较差,同时葡萄叶含有较为丰富的

其他营养成分,在进行利用时最好是直接加入食品中作为原料或辅料,以便充分利用其中的营养成分和生理活性物质,因此本研究将葡萄叶制备成葡萄叶粉。结果表明,真空冷冻干燥能够更好保持葡萄叶中的生理活性物质(白藜芦醇和黄酮),对葡萄叶粉的色泽影响最小,颜色更绿。真空冷冻干燥是制备葡萄叶粉的最好方式,其次是40℃热风干燥,最差的是80℃热风干燥。

参考文献

- [1] 孙磊磊,康健,邹积赞,等.葡萄叶复合茶的研制[J].食品科技,2014,39(11):59-62.
- [2] Harb J, Alseekh S, Tohge T, et al. Profiling of primary metabolites and flavonols in leaves of two table grape varieties collected from semiarid and temperate regions [J]. Phytochemistry, 2015, 117(9):444-455.
- [3] 李瑞,李刚.农十三师无核白葡萄叶摆上美国餐桌[N].兵团日报(汉),2006-10-20(2).
- [4] 王彦平,汤高奇,孙瑞琳,等.微波辅助提取葡萄皮渣总黄酮及其抗氧化性研究[J].食品研究与开发,2017,38(2):51-55.
- [5] Perrone D, Fuggetta M P, Ardito F, et al. Resveratrol(3,5,4'-trihydroxystilbene) and its properties in oral diseases [J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2017, 14(1):3-9.
- [6] Nawaz W, Zhou Z Q, Deng S, et al. Therapeutic versatility of resveratrol derivatives [J]. Nutrients, 2017, 9(11):1188.
- [7] Farhadi K, Esmaeilzadeh F, Hatami M, et al. Determination of phenolic compounds content and antioxidant activity in skin, pulp, seed, cane and leaf of five native grapecultivars in West Azerbaijan province, Iran [J]. Food Chemistry, 2016, 199(5):847-855.
- [8] Hefnawy H T, El-shourbagy G A, Ramadan M F. Phenolic extracts of carrot, grape leaf and turmeric powder: antioxidant potential and application in biscuits [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2016, 10(3):576-583.
- [9] Aguilar T, Loyola C, Bruijn J D, et al. Effect of thermomaceration and enzymatic maceration on phenolic compounds of grape must enriched by grape pomace, vine leaves and canes [J]. European Food Research and Technology, 2016, 242(7):1149-1158.
- [10] 库尔班江·巴拉提葡萄叶乙醇提取物的提取工艺及体外抑菌活性研究[J].西部林业科学,2016,45(6):37-42.
- [11] 任丽洁,杨飞,张灿灿,等.毛葡萄叶水提物抑制血小板聚集的初步研究[J].苏州大学学报:医学版,2011,31(5):743-746.
- [12] 黄静,桂春,答国政,等.大叶蛇葡萄提取物对SMMC-7721细胞增殖抑制作用的研究[J].中国现代中药,2017,19(4):525-528.
- [13] 张颖,郭盛,朱邵晴,等.不同干燥方法对酸枣叶中核苷类、氨基酸类及黄酮类成分的影响[J].食品工业科技,2016,37(9):296-303.
- [14] 孙磊磊,康健.响应面试验优化超声波法提取葡萄叶白藜芦醇工艺[J].食品工业,2015,36(5):16-20.

- [15] 古丽巴哈尔·阿巴拜克力.新疆琐琐葡萄叶总黄酮提取工艺及抗氧化活性[J].食品科学,2013,34(12):104-108.
- [16] 程玉.葡萄叶总黄酮的萃取及其在葡萄酒酿造中应用的初步研究[D].昆明:云南大学,2015.
- [17] Kok D, Ates E, Korkutal I, et al. Forage and nutritive value of the pruning residues (leaves plus summer lateral shoots) of four grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars at grape harvest and two post-harvest dates [J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2007, 5(4): 517-521.
- [18] 韩建国, 吴峰敏, 董铁有. 葡萄叶和果实中矿质元素含量的测定[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(20): 9453-9454, 9458.
- [19] 董国瑞. ICP 原子发射光谱法测定葡萄叶中的 8 种元素含量[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2001, 29(2): 123-124.
- [20] 侯斌峰, 马龙, 张焯, 等. 新疆葡萄叶中白藜芦醇的含量分析[J]. 新疆医科大学学报, 2006, 29(5): 418-420.
- [21] 毛俊霞, 张文君, 李曦默, 等. 响应面法优化葡萄叶中白藜芦醇的提取条件[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(12): 2027-2032.
- [22] 王周利, 袁亚宏, 刘宇璇, 等. 响应面法优化 β -环糊精提取葡萄叶白藜芦醇工艺[J]. 食品科学, 2016, 37(22): 13-19.
- [23] 孙磊磊, 康健, 邹积赞. 响应面优化酶法辅助提取葡萄叶白藜芦醇工艺[J]. 食品科技, 2015, 40(2): 276-281.
- [24] 杨勇. 云南野生毛葡萄微繁殖体系及一种新的酿酒葡萄品质评价体系的建立[D]. 昆明: 云南大学, 2013.
- [25] 缪文玉, 秦楠. 超声波辅助提取葡萄皮渣中白藜芦醇的工艺优化及稳定性研究[J]. 山西农业科学, 2017, 45(6): 1006-1010.
- [26] 朱屹东, 周景文, 堵国成. 水溶液中白藜芦醇稳定性及降解产物分析[J]. 工业微生物, 2016, 46(5): 17-22.
- [27] Zhang Q F, Fu Y J, Huang Z W, et al. Aqueous stability of astilbin: Effects of pH, temperature, and solvent [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(49): 12085-12091.
- [28] Nayak B, Liu R H, Tang J. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains—a review [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2015, 55(7): 887-919.
- [29] Semenov G V, Krasnova I S, Suvorov O A, et al. Influence of freezing and drying on phytochemical properties of various fruit [J]. Biosciences Biotechnology Research Asia, 2015, 12(2): 1311-1320.
- [30] 陈月华, 李嘉, 符锋, 等. 不同干燥方法对冬瓜皮活性成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(2): 129-133.
- [31] 毕金峰, 周禹含, 陈芹芹, 等. 干燥方法对超微枣粉品质的影响[J]. 中国食品学报, 2015, 15(2): 150-156.
- [32] 贾洪锋, 钟志惠, 孙俊秀, 等. 不同加工方式对绿壳鸡蛋和普通鸡蛋海绵蛋糕品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(13): 172-177.
- [33] 吴昆明, 凌阿静, 胡新中, 等. 干燥方式对苦荞麦芽色泽、多酚及抗氧化活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(11): 115-120.
- [34] 马李一, 余建兴, 张重权, 等. 不同干燥方法对辣木叶营养价值的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(9): 331-333.
- [35] 孙小静, 刘军, 邹宇晓, 等. 干燥方式对脱水桑叶品质的影响[J]. 中国食品学报, 2016, 16(10): 139-146.
- [36] Izli N, Izli G, Taskin O. Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2017, 11(1): 64-74.
- [37] 清源. 苦荞茶中黄酮提取工艺优化及不同品牌苦荞茶黄酮含量比较[J]. 南方农业, 2016, 10(3): 1-5.

application in the food industry[J].Journal of food science and technology-mysore,2003,40(6):563-570.

- [14] Jackson D S, Choto-owen C, et al. Characterization of starch cooked in alkali by aqueous high-performance size-exclusion chromatography[J]. Cereal Chemistry, 1988, 65: 493-496.
- [15] Georges N, Bertrand N, Yolande N. Study by ultrasound of the impact of technological parameters changes in the milk gelation process[J]. Food Engineering, 2004, 63(2): 229-236.
- [16] 梁梅. 超声作用对尼龙6熔体的降解行为以及尼龙6以及高密度聚乙烯共混体系结构与性能的影响[D]. 成都: 四川大学, 2004.
- [17] 宁永成. 有机化合物结构鉴定与有机波谱学(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [18] Morales F A, Estrada M J, Escobedo R M. Determination of the structural changes by FT-IR, Raman, and ^{13}C CP/MAS NMR spectroscopy on retrograded starch of maize tortillas [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 87(1): 61-68.
- [19] Van S J, Wit D D, Tournois H, et al. Retrogradation of potato

- starch as studied by Fourier transform infrared spectroscopy [J].
Starch-Stärke,1994,46(12):453-457.
- [20] 马文睿.微波加热对马铃薯淀粉糊化过程中晶体及分子结构的影响[D].无锡:江南大学.2013.
- [21] 张友松.变性淀粉生产与应用手册[M].北京:中国轻工出版社,1999.
- [22] 陈玲,黄嫣然,李晓奎,等.红外光谱在研究改性淀粉结晶结构中的应用[J].中国农业科学,2007,40(12):2821-2826.
- [23] Ulanski P, Rosiak J. Preliminary studies on radiation-induced change in chitosan[J].Radiation physics and chemistry, 1992,39:53-57.
- [24] Ulanski P, von Sonntag. OH-radical-induced chain scission of chitosan in the absence and presence of dioxygen[J].Journal of chemical society, Pertin Transactions 2, 2000:2022-2028.
- [25] Ulanski P, Zainuddin, Rosiak J M. Pulse radiolysis of poly(ethylene oxide) in aqueous solution [J]. Formation of macroradicals. Radiation physics and chemistry, 1995, 46: 913-916.