

葡萄枝条中多酚类物质的超声波辅助提取

高 园¹, 房玉林^{1,2}, 张 昂¹, 刘兆强³, 王 华^{1,2}

(1 西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100;

3 陕西省果业协会, 陕西 西安 710001)

【摘要】【目的】探讨利用超声辅助技术从葡萄枝条中提取多酚类物质的最佳工艺条件, 并比较 8 个酿酒葡萄品种枝条中多酚类物质含量的差异。【方法】对影响葡萄枝条中多酚类物质提取率的乙醇溶液体积分数、浸提温度、料液比(质量(g)与体积(mL)比)、提取时间和提取次数进行单因素试验, 并在此基础上设计 4 因素 3 水平的正交试验, 以确定超声波提取的最佳工艺条件; 利用最佳工艺条件提取 8 个葡萄品种枝条中的多酚类物质, 并对其含量进行测定。【结果】超声波辅助提取葡萄枝条中多酚类物质的最佳条件为: 以体积分数 60% 乙醇溶液为提取液, 料液比为 1:12, 超声提取时间为 30 min, 于 20 ℃ 下浸提 2 次。在最佳工艺条件下, 多酚类物质的提取率为 97.38%。8 个酿酒葡萄品种枝条中的多酚类物质含量均大于 20 mg/g, 其中品丽珠含量最高(32.855 4 mg/g), 其次为梅尔诺(31.967 7 mg/g), 以 8804 最低(20.815 6 mg/g)。【结论】确定了超声波辅助提取葡萄枝条中多酚类物质的最佳工艺条件, 在此工艺条件下提取率最高可达 97.38%。

【关键词】 超声波辅助提取; 葡萄枝条; 多酚类物质

【中图分类号】 S663.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)09-0077-06

Study on the extraction of polyphenol from grapevine branch by ultrasonic adjunct extraction method

GAO Yuan¹, FANG Yu-lin^{1,2}, ZHANG Ang¹, LIU Zhao-qiang³, WANG Hua^{1,2}

(1 College of Enology Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3 Shaanxi Provincial Fruit Industry Association, Xi'an, Shaanxi 710001, China)

Abstract: 【Objective】The aim of the study was to investigate the best extracting condition of polyphenol from grapevine branch by ultrasonic adjunct extraction method. And the different contents of polyphenol from eight grapevine cultivars' branches were compared via this method. 【Method】Influences of extracting power of polyphenol were investigated by single factor test. The infected factors were ethyl alcohol density, extracting temperature, ratio of solid to liquid, ultrasonic time and extracting times. While the orthogonal test was devised to determine the best extracting condition based on the single factor experiment, the polyphenol content of annual grapevine branches that belonged to eight different varieties was reviewed by the extracting conditions. 【Result】The best extracting condition of polyphenol from grapevine branch by ultrasonic adjunct extraction method was as follows: 60% ethanol as solvent, ratio of solid to liquid 1:12, ultrasonic time 30 min, extracting temperature 20 ℃ and extracting times 2. And the yield of total polyphenol was 97.38%. The polyphenol content of one-year-old grapevine branches that belonged to eight different varieties exceeded 20 mg/g. The content of polyphenol of the Cabernet Franc (32.855 4 mg/g)

* [收稿日期] 2008-12-29

[基金项目] 西北农林科技大学青年学术骨干支持计划(01140302); 陕西省“13115”重大科技创新专项(2007ZDKG-09); 现代农业产业技术体系建设专项资金

[作者简介] 高 园(1982-), 女, 甘肃兰州人, 在读硕士, 主要从事葡萄与葡萄酒研究。E-mail: gaoyuan-ok@163.com

[通信作者] 房玉林(1973-), 男, 河南兰考人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事葡萄生理、葡萄根际微域环境研究。E-mail: fangyulin1973@yahoo.com.cn

was the highest in the eight different varieties, the Merlot (31.967 7 mg/g) lower, the 8804 the lowest (20.815 6 mg/g).【Conclusion】The suitable conditions of polyphenol from one-year-old grapevine branches by ultrasonic adjunct extraction method were determined. And the yield of total polyphenol was 97.38%.

Key words: ultrasonic extraction; grapevine branch; polyphenol

多酚类物质是植物生长代谢中的次生产物,广泛存在于植物的根、茎、皮内,是一类具有生物活性的天然化合物^[1]。从化学结构上来说,多酚类物质囊括了低分子质量的简单酚类到具有高聚合结构的大分子聚合物。在多数情况下,多酚类物质以与单糖或多糖相结合的方式存在,有的还以酯或甲酯等衍生物的形式存在^[2]。从生理学角度来讲,多酚类物质对植物的生长发育和调节、基因的诱导表达、信号转导、紫外辐射的吸收、果蔬产品的褐变、生物固氮等有一定影响^[3],多酚类物质还具有清除机体内自由基、抗脂质氧化、延缓机体衰老、预防心血管疾病、防癌、抗辐射等生物活性功能^[4-6]。近年来,该类物质的生物活性及对人体的保健作用受到广泛关注。

葡萄是世界上分布最广、栽培面积最大的果树之一。截止 2006 年底,我国葡萄栽培总面积达 41.87 万 hm^2 ,总产量达 627.1 万 t,经加工后所产生的废弃物高达几十万吨,其中枝条约占 30%^[7-8]。在我国,修剪后的枝条除少部分用于扦插繁殖外,大多被废弃或焚烧,不仅未充分发挥其利用价值,反而对环境造成了不利影响。葡萄富含多酚类物质,如果能从这些废弃的材料中提取具有生物活性的高附加值产品,如多酚类物质等,对我国葡萄与葡萄酒产业的可持续发展将产生积极的推动作用。目前,关于葡萄废弃物中多酚类物质的研究,主要集中在皮渣和葡萄籽方面^[9-11],尚未见关于废弃枝条中多酚类物质的研究报道。

超声波技术具有高加速度效应、强烈的空化效应及机械破碎效应等,可以瞬时破坏细胞膜,使细胞内容物释出,并在很短时间内扩散到溶剂中,从而大大提高提取效率^[12-14]。本试验以乙醇为提取剂,辅以超声波技术,对 1 年生葡萄枝条中多酚类物质的提取工艺进行了研究,通过单因素试验和正交试验对多酚类物质的提取工艺条件进行了优化,并分析了几种常见酿酒葡萄品种枝条中的多酚类物质含量,以为废弃葡萄枝条的深加工利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 植物材料 酿酒葡萄:梅尔诺(Merlot)、霞多丽(Chardonnay)、瑞引(Granoir)、黑比诺(Pinot

Noir)、品丽珠(Cabernet Franc)、赤霞珠(Cabernet Sauvignon)、玫瑰香(Muscat Hamburg)和 8804 的 1 年生枝条,均采自西北农林科技大学葡萄酒学院张家岗葡萄园。

1.1.2 试剂 无水乙醇、没食子酸、无水碳酸钠均等,为分析纯。

福林-肖卡试剂:在 1 000 mL 磨口回流蒸馏器中加入 100 g 钨酸钠、25 g 钼酸钠,700 mL 蒸馏水,50 mL 体积分数 85% 磷酸,100 mL 体积分数 37% 盐酸后,冷凝回流 10 h,然后添加 150 g 硫酸锂和数滴溴液,取下冷凝管,重新加热至沸,维持 15 min,驱去多余溴,冷却后补足蒸馏水至 1 000 mL。

200 g/L 的 Na_2CO_3 溶液:称取 200 g 无水 Na_2CO_3 ,用沸水定容至 1 L,冷却至室温后,加数块 Na_2CO_3 晶体,24 h 后过滤。

5 g/L 酚母液:准确称取 0.500 g 没食子酸,用蒸馏水定容至 100 mL。

1.1.3 仪器 KQ-300DE 型数控超声波机,昆山仪器有限公司生产;UV-1700 型紫外分光光度计,日本岛津公司生产;MILIPORE ZMQS 5001 型超纯水制备仪,法国 MILIPORE 公司生产;SORVAIL RC-5C-PLUS 型高速冷冻台式离心机,美国 Kendro 公司生产。

1.2 方法

1.2.1 没食子酸标准曲线的绘制 按照文献^[1]和^[9]的方法配制 0~1 000 mg/L 的没食子酸标准溶液。分别吸取不同质量浓度的没食子酸标准溶液 0.2 mL 于 25 mL 容量瓶中,加蒸馏水 10 mL,再加入福林-肖卡试剂 1 mL,充分混匀,在 30 s 至 8 min 内各加入 200 g/L Na_2CO_3 溶液 3 mL,混匀后用蒸馏水定容,室温下放置 2 h,于 765 nm 下测定吸光度,并绘制标准曲线。

1.2.2 葡萄枝条中多酚类物质的提取 将采集的葡萄枝条加入液氮后研磨成粉末备用。精确称取 1 g 粉末,添加提取溶剂乙醇水溶液,在 100 Hz 超声波条件下进行浸提,提取液经离心、过滤,最后采用福林-肖卡法^[15]测定多酚类物质含量。

1.2.3 葡萄枝条中多酚类物质最佳提取工艺条件的确定 (1)乙醇溶液体积分数的确定。以磨碎的

赤霞珠葡萄枝条为原料,在超声波频率为 100 Hz、料液比(质量(g)与体积(mL)比,下同)为 1:10、浸提温度为 30 ℃条件下浸提 20 min,分别考察乙醇溶液体积分数为 30%、50%、70%和 90%时,其对提取液中多酚类物质含量的影响。

(2)浸提温度的确定。以磨碎的赤霞珠葡萄枝条为原料,在超声波频率为 100 Hz、乙醇溶液体积分数为 50%、料液比为 1:10 的条件下浸提 20 min,分别考察浸提温度为 0,10,20,30,40,50 和 60 ℃时,其对提取液中多酚类物质含量的影响。

(3)料液比的确定。以磨碎的赤霞珠葡萄枝条为原料,在超声波频率为 100 Hz、乙醇溶液体积分数为 50%、浸提温度为 30 ℃的条件下浸提 20 min,分别考察料液比为 1:5,1:10,1:15,1:20 时,其对提取液中多酚类物质含量的影响。

(4)超声提取时间的确定。以磨碎的赤霞珠葡萄枝条为原料,在超声波频率为 100 Hz、乙醇溶液

体积分数为 50%、浸提温度为 30 ℃、料液比为 1:10 的条件下,分别考察浸提时间为 20,30,40 和 50 min 时,其对提取液中多酚类物质含量的影响。

(5)提取次数的确定。以磨碎的赤霞珠葡萄枝条为原料,在超声波频率为 100 Hz、乙醇溶液体积分数为 50%、浸提温度为 30 ℃、料液比为 1:10 的条件下浸提 20 min,分别考察提取次数为 1,2,3 次时,其对提取液中多酚类物质含量及累计提取率的影响。

(6)正交试验。以磨碎的赤霞珠葡萄枝条为原料,在超声波功率为 100 Hz、浸提次数为 2 次的条件下,选取乙醇溶液体积分数、浸提温度、料液比和超声提取时间 4 个影响因素,设计 4 因素 3 水平的正交试验(表 2),以提取液中的多酚含量为考察指标,进一步优化葡萄枝条中多酚类物质提取的最优工艺参数。

表 2 葡萄枝条中多酚类物质提取的正交试验因素与水平

Table 2 Experiment assignment of the level and factor of polyphenol in grapevine branch

水平 Level	乙醇体积分数/% Ethyl alcohol density	提取温度/℃ Extracting temperature	料液比 Ratio of solid to liquid	超声提取时间/min Extracting time
	A	B	C	D
1	40	20	1:12	25
2	50	30	1:15	30
3	60	40	1:18	35

1.2.4 不同酿酒葡萄品种枝条中多酚类物质含量的测定 按照上述正交试验所得最佳提取工艺条件,对供试葡萄品种枝条中的多酚类化合物进行提取,并对其含量进行测定。

1.3 数据处理

多酚提取率按下式进行计算:

多酚提取率 = (提取所得多酚含量/总多酚含量) × 100%。

采用 DPS 数据处理系统对正交试验结果进行分析。

2 结果与分析

2.1 标准曲线的绘制

没食子酸标准曲线见图 1。以没食子酸标准溶液中的没食子酸含量 y 与吸光度 x 作图,采用二元线性回归方法求取回归方程,有:

$$y = 1155.9x - 9.63, R^2 = 0.9986。$$

2.2 葡萄枝条中多酚类物质单因素提取工艺条件的确定

2.2.1 乙醇溶液体积分数 在植物体内,多酚类物质通常与蛋白质、多糖等以氢键和疏水键的形式形

成稳定的化合物,而醇羟基具有氢键断裂能力,可以使以结合态存在的多酚类物质游离出来,因此复合体系更有利于原料中多酚类物质的提取^[9,14]。

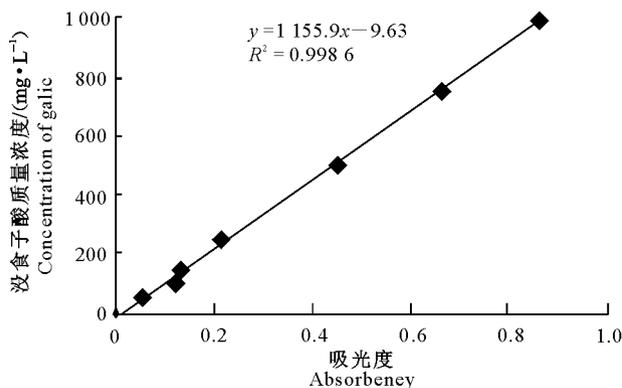


图 1 没食子酸标准曲线

Fig. 1 Standard curve of gallic acid

图 2 表明,多酚类物质含量随乙醇溶液体积分数的升高呈先上升后下降的趋势,当乙醇溶液体积分数为 50%时,多酚含量达到最高,提取效果最好。这可能是因为随着乙醇溶液体积分数的增加,多酚类物质在乙醇溶液中的溶解度增加;但当乙醇溶液

体积分数达到 50% 以上时,溶液极性增强,从而导致多酚类物质的溶解度下降。因此,浸提液乙醇溶液的体积分数以 50% 为宜。

2.2.2 浸提温度 图 3 表明,在 0~30 ℃ 时,随浸提温度的升高,提取液中多酚类物质含量快速上升;30 ℃ 后,随着浸提温度的继续升高,提取液中多酚

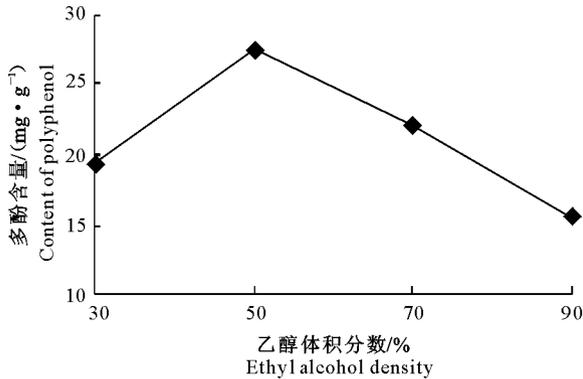


图 2 乙醇体积分数对葡萄枝条中多酚类物质提取效果的影响

Fig. 2 Effect of ethyl alcohol density on polyphenol in grapevine branch

2.2.3 料液比 由图 4 可知,随着料液比的上升,提取液中的多酚类物质含量上升;但料液比超过 1:15 以后,提取液中的多酚类物质含量下降。因此,选择 1:15 为最佳料液比。

2.2.4 超声提取时间 由图 5 可以看出,随着超声提取时间的延长,溶液中的多酚类物质含量先快速提高,超声时间达到 30 min 后,多酚类物质含量增加缓慢,基本处于平衡状态。这是由于超声波会导

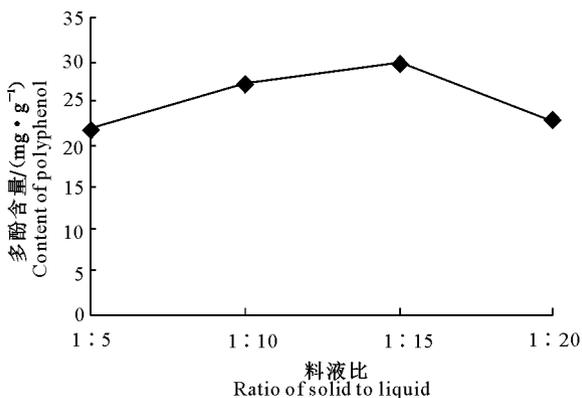


图 4 料液比对葡萄枝条中多酚类物质提取效果的影响

Fig. 4 Effect of ratio of solid to liquid on polyphenol in grapevine branch

2.2.5 提取次数 由表 3 可以看出,提取次数越多,多酚类物质的累计提取率越高,但随着提取次数的增加,累计提取率提高幅度降低。连续提取 2 次,多酚类物质提取率可达 96.68%。考虑到经济效

类物质含量上升趋势减弱,这是因为温度升高有助于溶质溶出和过氧化物酶(PPO)钝化,但温度过高可促进多酚类物质发生非酶促氧化聚合^[16]。因此,考虑多酚易氧化、聚合、热不稳定等特性,选择 30 ℃ 为最佳浸提温度。

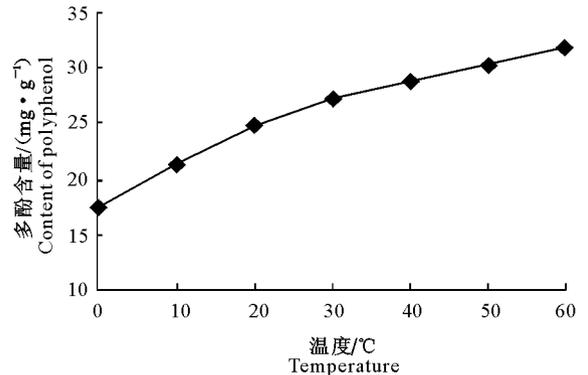


图 3 浸提温度对葡萄枝条中多酚类物质提取效果的影响

Fig. 3 Effect of extracting temperature on polyphenol in grapevine branch

致细胞内产生剧烈的涡流扩散,增大细胞内外有效成分的浓度差,从而加快溶质的传质速率。但经过一段时间(保压时间达到 30 min)的浸提处理后,枝条粉末内部的多酚类物质含量与细胞外的多酚含量基本达到平衡,此时再延长超声时间,提取液中多酚类物质的增加趋于平缓^[12]。因此,超声提取时间以 30 min 为宜。

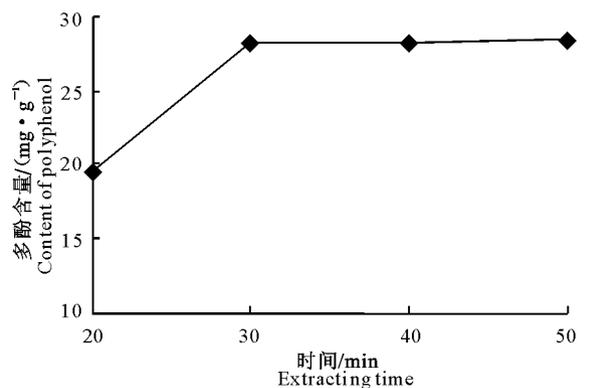


图 5 超声提取时间对葡萄枝条中多酚类物质提取效果的影响

Fig. 5 Effect of extracting time on polyphenol in grapevine branch

益,提取次数以 2 次为宜。

2.3 葡萄枝条中多酚类物质提取工艺条件的优化

由表 4 可以看出,A 因素对多酚类物质提取率的影响最大,说明多酚类物质提取率主要受浸提溶

剂浓度的影响,其次为C因素,再次为D因素,B因素的影响最小。由此可知,多酚类物质超声提取的最佳工艺组合为 $A_3B_1C_1D_2$,即乙醇溶液体积分数为

60%,浸提温度为20℃,料液比为1:12,超声提取30 min。在最佳工艺条件下,多酚类物质的提取率为97.38%。

表3 提取次数对葡萄枝条中多酚类物质提取率的影响

Table 3 Effects of extracting times on polyphenol in grapevine branch

提取次数 Times of extraction	多酚含量/(mg·g ⁻¹) Content of polyphenol	多酚提取率/% Yield of polyphenol	多酚累计提取率/% Cumulative yield of polyphenol
1	22.996 7	85.96	85.96
2	2.866 7	10.72	96.68
3	0.890 1	3.33	100.00

表4 葡萄枝条中多酚类物质提取工艺条件的正交试验结果

Table 4 Results of orthogonal test of polyphenol in grapevine branch

试验号 No.	乙醇体积分数/% Ethyl alcohol density	提取温度/℃ Extracting temperature	料液比 Ratio of solid to liquid	超声提取时间/min Extracting Time	多酚含量/(mg·g ⁻¹) Polyphenol content
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	17.708 5
2	1	2	2	2	14.125 2
3	1	3	3	3	16.201 3
4	2	1	2	3	23.141 3
5	2	2	3	1	17.227 7
6	2	3	1	2	27.085 2
7	3	1	3	2	26.313 1
8	3	2	1	3	27.223 9
9	3	3	2	1	21.823 5
K_1	48.035 0	67.162 9	72.017 6	56.759 7	
K_2	67.454 2	58.576 8	59.090 0	67.523 5	
K_3	75.360 5	65.110 0	59.742 1	66.566 5	
k_1	16.011 7	22.387 6	24.005 9	18.919 9	
k_2	22.484 7	19.525 6	19.696 7	22.507 8	
k_3	25.120 2	21.703 3	19.914 0	22.188 8	
R	9.108 5	2.862 0	4.3092	3.5879	

2.4 8个酿酒葡萄品种枝条中多酚类物质含量的比较

由表5可以看出,8个葡萄品种枝条中的多酚类物质含量均大于20 mg/g,其中品丽珠的多酚类物质含量最高,其次为梅尔诺,8804最低。差异显

著性分析结果表明,瑞引与赤霞珠及黑比诺与8804品种枝条中多酚类物质含量的差异不显著($P > 0.05$),其余各品种之间均存在显著差异($P < 0.05$)。

表5 供试葡萄品种枝条中多酚类物质含量的比较

Table 5 Comparison of polyphenol contents in one-year-old canes of different grape varieties

品种 Grapevine	多酚含量/(mg·g ⁻¹) Content of polyphenol	品种 Grapevine	多酚含量/(mg·g ⁻¹) Content of polyphenol	品种 Grapevine	多酚含量/(mg·g ⁻¹) Content of polyphenol
梅尔 Merlot	31.967 7 ab	黑比 Pinot Noir	22.674 3 e	玫瑰香 MuscatHamburg	29.887 1 bc
霞多丽 Chardonnay	25.920 0 d	品丽珠 CabernetFranc	32.855 4 a	8804	20.815 6 e
瑞引 Granoir	27.334 8 cd	赤霞珠 CabernetSauvignon	27.861 9 cd		

注:不同小写字母表示品种间差异显著。

Note: The different letters express is significant difference($P < 0.05$).

3 结论

本试验结果表明,乙醇溶液体积分数、浸提温度、料液比、浸提时间和提取次数对葡萄枝条中多酚

类物质的提取均有影响,其中以乙醇溶液体积分数的影响最大。通过正交试验优化出的最佳提取工艺参数为:乙醇溶液体积分数60%,浸提温度20℃,料液比1:12,提取时间30 min,于100Hz超声功率

下提取 2 次。在此最佳工艺条件下,葡萄枝条中多酚类物质的提取率为 97.38%。

根据正交试验所得最佳提取条件,对供试的 8 个不同酿酒葡萄品种枝条中的多酚类物质进行提取测定。结果发现,品丽珠葡萄枝条中的多酚类物质含量最高,其次为梅尔诺;除瑞引与赤霞珠及黑比诺与 8804 枝条中多酚类物质含量的差异不显著外,其余各品种之间均存在显著性差异。

[参考文献]

- [1] 张 昂,房玉林,王 华,等. 高效液相色谱切换波长法同时测定葡萄组织中单体酚 [J]. 分析化学,2007,35(11):1614-1618. Zhang A, Fang Y L, Wang H, et al. Simultaneous determination of individual phenolics in grape tissues by switching detection wavelength in high performance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2007, 35(11): 1614-1618. (in Chinese)
- [2] Balasundram N, Sundram K, Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses [J]. Food Chemistry, 2006(99): 191-203.
- [3] 吴燕华,刘文力,阎 红,等. 高效液相色谱法测定苹果中的酚类物质 [J]. 分析化学,2002,30(7):826-828. Wu Y H, Liu W L, Yan H, et al. Determination of the phenolic compounds in apple juice by high performance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2002, 30(7):826-828. (in Chinese)
- [4] 张 峻,吉伟之,齐 欣. 葡萄籽中多酚类物质的提取及其对油脂的抗氧化作用 [J]. 食品科学,2001,22(10):43-45. Zhang J, Ji W Z, Qi X. Study on extraction of polyphenols from grape seeds and the effect of antioxidant activity towards edible oils [J]. Food Science, 2001, 22(10):43-45. (in Chinese)
- [5] Chamkha M, Cathala B, Cheyner V. Phenolic composition of champagnes from Chardonnay and Pinot Noir vintages [J]. J Agric Food Chemistry, 2003, 51(10):3179-3184.
- [6] Chen J Y, Wen P F, Kong W F. Effect of salicylic acid on phenylpropanoids and phenylalanine ammonialyase in harvested grape berries [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 40(1):64-72.
- [7] 李春阳,许时婴,王 璋. 从葡萄废弃物中提取分离多酚类生物活性物质 [J]. 食品科技,2004(6):88-93. Li C Y, Xu S Y, Wang Z. Extracting the bioactive-products from the wastes of vint grape [J]. Food Science and Technology, 2004(6):88-93. (in Chinese)
- [8] 翟 衡,宋来庆. 我国葡萄产业取得的成就回顾 [J]. 烟台果树,2008(4):7-10. Zhai H, Song L Q. The achievement of Chinese grape industry [J]. Yantai Fruit Trees, 2008(4):7-10. (in Chinese)
- [9] 汪成东,张振文,宋士任. 葡萄多酚物质提取方法的研究 [J]. 西北植物学报,2004,24(11):2131-2135. Wang C D, Zhang Z W, Song S R. Study on the methods of polyphenol extraction and separation in grape tissue [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2004, 24(11):2131-2135. (in Chinese)
- [10] 李杨听,张元湖,田淑芬,等. 玫瑰香葡萄生长期酚类物质含量及抗氧化活性的变化 [J]. 园艺学报,2007,34(5):1093-1097. Li Y T, Zhang Y H, Tian S F, et al. Dynamic changes of polyphenols and their relationship with antioxidant capacity in the museat hamburg grapevine [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34(5):1093-1097. (in Chinese)
- [11] 魏福祥,韩 菊,张 兰. 葡萄籽中多酚类物质的提取及其对清除自由基的保健作用 [J]. 化学世界,2001(11):576-578. Wei F X, Han J, Zhang L. The extraction of polyphenols from grape seeds and its health protection by scavenging free radical [J]. Chemical World, 2001(11):576-578. (in Chinese)
- [12] 于亚莉,高峰,刘静波,等. 超声波法提取花生壳中多酚类物质的研究 [J]. 食品科学,2007,28(11):256-271. Yu Y L, Gao F, Liu J B, et al. Extraction of polyphenol from husk of earthnut by ultrasound [J]. Food Science, 2007, 28(11):256-271. (in Chinese)
- [13] 宋曙辉,何洪巨,唐晓伟. 运用超声波技术提取朝鲜蓟中多酚类化合物的研究 [J]. 安徽农业科学,2007,35(30):9694-9695. Song S H, He H J, Tang X W. Study on extracting polyphenol compounds from Cynara scolymus L. by ultrasonic wave extraction technique [J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2007, 35(30):9694-9695. (in Chinese)
- [14] 王徐卿,沈建福,王 敏,等. 超声波辅助提取油茶籽饼多酚类物质工艺的研究 [J]. 食品科技,2007(9):238-241. Wang X Q, Shen J F, Wang M, et al. Research on the extraction of polyphenol in oil-tea seed residue with ultrasonic wave cooperated method [J]. Food Science and Technology, 2007(9):238-241. (in Chinese)
- [15] 李 华,袁春龙,沈 洁. 超微粉碎技术在葡萄籽加工中的应用 [J]. 华南理工大学学报,2007,35(4):123-126. Li H, Yuan C L, Shen J. Application of superfine grinding technology in process of grape seeds [J]. Journal of South China University of Technology, 2007, 35(4):123-126. (in Chinese)
- [16] 赵光远,张培旗,白艳红,等. 高压对从梨渣中提取酚类物质影响的研究 [J]. 食品科学,2007,28(7):208-211. Zhang G Y, Zhang P Q, Bai Y H, et al. Study on effects of high pressure on extraction of polyphenols from apple residue [J]. Food Science, 2007, 28(7):208-211. (in Chinese)