

樱桃核的主要成分及水溶性多糖的体外抗氧化测定

胡晓倩^{1*}, 吴永祥¹, 李长江², 李德宝¹, 何玲玲¹, 黄兰兰¹

¹黄山学院生命与环境科学学院; ²黄山学院化学化工学院, 黄山 245041

摘要: 樱桃加工过程产生的大量加工副产物——樱桃核会被丢弃。对樱桃核主要成分的含量进行了测定。采用水溶醇沉法从樱桃核中提取水溶性多糖, 并进行了体外抗氧化功效评价。实验测得樱桃核中主要成分含量(干重)依次为: 蛋白质含量 18.80 ± 0.30 g/100 g, 脂质含量 8.97 ± 0.58 g/100 g, 可溶性总糖含量 4.96 ± 0.14 g/100 g, 灰分含量 1.49 ± 0.08 g/100 g, 维生素 C(Vc) 含量 27.55 ± 0.99 mg/100 g。樱桃核水溶性多糖对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、2,2'-联氮-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸(ABTS)、羟基自由基的体外清除能力非常稳定, IC_{50} 分别为 0.31、0.32 和 0.34 mg/mL。樱桃核具有一定的营养价值和抗氧化功效, 为樱桃核的“变废为宝”开发利用提供理论参考。

关键词: 樱桃核; 营养成分; 水溶性多糖; 自由基; 抗氧化活性

中图分类号: O629.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2020)4-0600-07

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2020.4.008

Detection of main components and antioxidant activity of water-soluble polysaccharides in cherry nuts

HU Xiao-qian^{1*}, WU Yong-xiang¹, LI Chang-jiang², LI De-bao¹, HE Ling-ling¹, HUANG Lan-lan¹

¹ College of Life and Environment Science, Huangshan University;

² College of Chemistry and Chemical Engineering, Huangshan University, Huangshan 245041, China

Abstract: Cherry nuts, as by-products of processing cherry, were always discarded. Main components of cherry nuts were analyzed. The water-soluble polysaccharides from cherry nuts were extracted by water soluble alcohol precipitation method, and then the antioxidant activity was evaluated *in vitro*. The results showed that the dry weight contents of the protein, lipid, total soluble saccharides, ash and Vc were 18.80 ± 0.30 g/100 g, 8.97 ± 0.58 g/100 g, 4.96 ± 0.14 g/100 g, 1.49 ± 0.08 g/100 g and 27.55 ± 0.99 mg/100 g, respectively. The water-soluble polysaccharides extraction had stable scavenging ability against 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH·), 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonate) radical (ABTS·) and hydroxyl radical (·OH). When the scavenging rates against DPPH·, ABTS· and ·OH were 50%, the concentrations of water-soluble polysaccharides were 0.31, 0.32 and 0.34 mg/mL, respectively. The cherry nuts had certain nutritional value and antioxidant function. This research provided theoretical basis for the further development and utilization of cherry nuts, processing waste into useful material.

Key words: cherry nuts; main components; water-soluble polysaccharide; free radicals; antioxidant activity

樱桃属于浆果, 果实皮薄肉嫩, 柔软多汁, 加之采收季节气温较高, 耐贮性差, 所以市场供应期极短^[1]。为解决这一问题, 目前最常见最普通的就是

把樱桃加工成樱桃汁、樱桃酒、樱桃醋、樱桃果脯等深加工产品, 但是樱桃的核, 作为副产物却在加工过程中被丢弃成为废弃物^[2]。

樱桃的可食部分(果肉)具有丰富的营养价值^[3], 但樱桃核基本成分的研究鲜有报道。Guo等^[4]研究发现有些水果的非肉质部分的抗氧化活性高于肉质部分。古书记载了樱桃核的药用价值。近年来, 学者对樱桃核中类黄酮的提取及其功能研究较多^[5], 另外, Zhang等^[6]研究发现樱桃核的脂溶

收稿日期: 2019-11-13 接受日期: 2020-04-27

基金项目: 安徽省质量工程项目(2019jxtd101); 安徽省高校优秀青年骨干人才国内访问研究项目(gxgnfx2019037); 安徽省高校优秀青年人才支持计划(gxyqZD2018078); 国家级大学生创新训练项目(201710375008)

* 通信作者 Tel: 86-05592546552; E-mail: hxq@hsu.edu.cn

性成分具有较高的营养价值和较强的抗氧化功能; Guo 等^[7]研究发现樱桃核水提取物具有显著的抗疲劳、耐缺氧及镇痛作用。多糖是有机体必须的营养和功能物质,具有免疫调节、抗衰老、降血糖、抗肿瘤等生物活性^[8],但目前对樱桃核中生物活性成分多糖的提取及功能的研究报道却甚少。

本实验系统测定了樱桃核中灰分、蛋白质、总糖、脂质和 Vc 等功能成分的含量,采用水溶醇沉方法从樱桃核中提取水溶性多糖,以 Vc 作为对照,评价其体外抗氧化功效。本研究旨在阐明樱桃核的营养价值及其多糖的功效,为樱桃加工的副产物樱桃核“变废为宝”的开发利用提供理论参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与设备

1.1.1 材料

美早樱桃购于黄山市大润发超市。将樱桃果肉剥离,核洗净后粉碎过 100 目筛待用。

1.1.2 试剂

盐酸、浓硫酸、抗坏血酸、草酸、2,4-二硝基苯肼、硫脲、活性炭、氢氧化钠、葡萄糖、苯酚、浓硫酸、乙醚、丙酮、酒石酸钾钠、2,2'-联氨-双-3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸 (ABTS)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH)、水杨酸、过硫酸钾、没食子酸 (邻苯三酚)、三羟甲基氨基甲烷-盐酸 (Tris-HCl) 缓冲液、磷酸缓冲液 (0.2 M, pH 6.6)、氯化铁、三氯乙酸 (TCA)、铁氰化钾、乙醇、甲醇、维生素 C (Vc) 等,均为分析纯。

1.1.3 仪器与设备

粉碎机 (浙江省永康市金穗机械制造有限公司)、100 目筛 (永康市群鑫金属制品厂)、YP3001N 电子天平 (上海精密科学仪器有限公司)、LPCD-E3000 电热恒温鼓风干燥箱 (上海龙跃仪器设备有限公司)、FL-1 电子万用炉 (北京市永光医疗仪器有限公司)、HH-S 恒温水浴锅 (江苏省金坛市医疗仪器有限公司)、UV754 紫外可见分光光度计 (上海奥谱勒仪器有限公司)、Microfuge 20R 台式高速冷冻离心机 (贝克曼库尔特商贸中国有限公司)、索氏提取器 (上海析达仪器有限公司)、TDL-5 台式低速离心机 (上海安亭科学仪器厂)、SpectraMax-190 型全波长酶标仪 (美国 Molecular Devices 公司)、R-201 旋转蒸发器 (上海申胜生物技术有限公司)、pH 酸度计 (梅特勒-托利多仪器上海有限公司) 等。

1.2 实验方法

1.2.1 樱桃核主要成分的测定

1.2.1.1 灰分的测定

准确称取樱桃核粉末 1 g,按照食品安全国家标准食品中灰分测定的标准和方法 (GB/T 5009.4-2016) 进行测定^[9]。

1.2.1.2 蛋白质含量的测定

准确称取樱桃核粉末 20 g,采用双缩脲试剂法测定^[10]。以标准品牛血清清蛋白含量 X 为横坐标, A_{540} 为 Y 纵坐标,绘制标准曲线并得线性回归方程 $Y = 0.0484X + 0.0039$, $R^2 = 0.9985$,蛋白质标准品在 1~8 mg 时与 A_{540} 呈良好的线性关系。将待测样品溶液测得的吸光值代入蛋白质标准曲线中,计算样品溶液的蛋白质量并换算为 100 g 樱桃核样品中的蛋白质含量 g 表示 ($g/100g$)。

1.2.1.3 可溶性总糖含量的测定

准确称取樱桃核粉末 5 g,采用蒽酮比色法测定^[11]。以标准品葡萄糖含量 X 为横坐标, A_{620} 为 Y 纵坐标,绘制标准曲线并得线性回归方程 $Y = 1.503X + 0.0058$, $R^2 = 0.9929$,葡萄糖标准品在 10~80 μg 时与 A_{620} 呈良好的线性关系。将待测样品溶液测得的吸光值代入标准曲线中,计算样品溶液含糖量并换算为 100 g 樱桃核样品中总糖含量 g 表示 ($g/100g$)。

1.2.1.4 Vc 含量的测定

准确称取樱桃核粉末 2 g,采用 2,4-二硝基苯肼比色法测定^[12]。以标准品 Vc 含量 X 为横坐标, A_{500} 为 Y 纵坐标,绘制标准曲线并得线性回归方程 $Y = 0.0113X - 0.0013$, $R^2 = 0.9967$,Vc 标准品在 2~12 $\mu g/mL$ 与 A_{500} 呈良好的线性关系。将待测样品溶液测得的 A_{500} 代入 Vc 标准曲线中,计算样品溶液 Vc 含量并换算为 100 g 樱桃核样品中 Vc 含量 mg 表示 ($mg/100g$)。

1.2.1.5 脂质含量的测定

准确称取樱桃核粉末 1、3 和 5 g,采用索氏提取法提取脂质再采用烘干法测定脂质含量^[13],并换算为 100 g 樱桃核样品中的脂质含量 g 表示 ($g/100g$)。

1.2.2 樱桃核水溶性多糖的提取

准确称取樱桃核粉末 5 g,采用水溶醇沉方法从樱桃核中提取水溶性多糖,再加入 Sevage 试剂去除游离蛋白,得樱桃核水溶性多糖的提取液,置冰箱 4 $^{\circ}C$ 保存待用^[14]。

采用蒽酮比色法测定水溶性多糖的含量并计算

提取率^[14]。以标准品葡萄糖含量 X 为横坐标, A_{620} 为 Y 纵坐标, 绘制标准曲线并得线性回归方程 $Y = 5.375X + 0.0204$, $R^2 = 0.9912$, 葡萄糖标准品在 $0.02 \sim 0.14$ mg 时与 A_{620} 呈良好的线性关系。将待测样品溶液测得的吸光值(平行测定 3 次后取平均值)代入葡萄糖标准曲线中, 计算样品溶液的水溶性多糖含量, 并按照公式 1 计算提取率。

樱桃核多糖的提取率 =

$$[(X \times n \times 10^{-3}) / W] \times 100\% \quad (1)$$

式中: X 为提取水溶性多糖的含量; W 为樱桃核粉末的重量(g); n 为溶液的稀释倍数; 10^{-3} 为毫克与克的单位换算因子。

1.2.3 樱桃核水溶性多糖的体外抗氧化活性功效评价

1.2.3.1 总还原力的测定

采用普鲁士蓝法^[15], 用 $0.03 \sim 0.05$ mg/mL 的 Vc 溶液做对照。

1.2.3.2 对 DPPH 自由基清除能力的测定

采用 DPPH 法^[16,17], 用 $0.1 \sim 0.4$ mg/mL 的 Vc 溶液做对照。

1.2.3.3 对羟基自由基清除能力的测定

采用水杨酸比色法等^[18,19], 用 $0.1 \sim 0.4$ mg/mL 的 Vc 溶液做对照。

1.2.3.4 对 ABTS 自由基清除能力的测定

采用 ABTS 法等^[20], 用 $0.05 \sim 0.3$ mg/mL 的 Vc 溶液做对照。

1.3 实验数据处理

以上实验平行 3 次, 结果表示为平均值 \pm 标准差。采用 SPSS18.0 统计分析软件对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA), 利用 Duncan 多重比较法分析样本间的差异显著性($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 樱桃核主要成分的检测结果

美早樱桃核主要成分(灰分、蛋白质、可溶性多糖、Vc 和脂类物质)的含量见表 1。由表 1 可知, 蛋白质含量最高, 为 18.80 ± 0.30 g/100 g, 与大紫红樱桃核中蛋白质含量 17.62 ± 0.30 g/100 g 相当, 但略低于崂山红樱桃核的蛋白质含量 24.86 ± 0.31 g/100 g^[21]。脂质含量次之, 为 8.97 ± 0.58 g/100 g, 高于大紫红樱桃核中脂质含量 6.11 ± 0.14 g/100 g 和崂山红樱桃核中脂质含量 3.18 ± 0.35 g/100 g^[21]; 本实验测得美早樱桃核中可溶性总糖含量为 4.96 ± 0.14 g/100 g, Zeng 等^[21] 实验测得大紫红樱桃核中还原糖含量为 3.43 ± 0.18 g/100 g, 崂山红樱桃核中还原糖含量为 2.42 ± 0.078 g/100 g。美早樱桃核中灰分含量为 1.49 ± 0.08 g/100 g, 高于大紫红樱桃核中灰分含量 0.69 ± 0.01 g/100 g 和崂山红樱桃核中灰分含量 0.94 ± 0.028 g/100 g^[21]。Vc 在美早樱桃核中的含量为 27.55 ± 0.99 mg/100 g。美早樱桃、崂山红樱桃和大紫红樱桃是 3 个不同品种, 樱桃核基本成分含量的差异可为樱桃核“变废为宝”不同的开发利用方向提供理论参考。

表 1 樱桃核的主要成分检测结果

Table 1 The results of main components in cherry nuts

成分 Component	蛋白质 Protein (g/100 g)	脂质 Lipid (g/100 g)	可溶性总糖 Total soluble saccharides (g/100 g)	灰分 Ash (g/100 g)	维生素 C Vc (mg/100 g)
含量(干重) Content(dry weight)	18.80 ± 0.30	8.97 ± 0.58	4.96 ± 0.14	1.49 ± 0.08	27.55 ± 0.99

2.2 樱桃核水溶性多糖的含量和提取率

在 620 nm 测定吸光度值, 樱桃核水溶性多糖溶液的吸光度 $A = 0.582$, 代入“1.2.2”中的回归方程, 得到樱桃核多糖的含量为 0.1045 mg。按照公式 1 计算得樱桃核多糖的提取率为 2.09% 。

2.3 樱桃核水溶性多糖的总还原力

还原能力强的物质因其化学本质为还原剂, 将会是良好的电子供体, 研究发现总还原力与物质的抗氧化活性呈正相关^[22]。一般情况下具有较强还

原能力的物质能够把 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+} , 根据显色反应可以判断其还原程度, 反应后吸光度越大的物质其还原能力越强^[23]。由表 2 可知, 随樱桃核水溶性多糖浓度的增加, 总还原力也增加, 且具有统计学显著差异($P < 0.05$)。当樱桃核水溶性多糖溶液浓度为 0.40 mg/mL 时, 其总还原力(吸光值为 0.25 ± 0.02)为 37.62 ± 3.67 mg Vc/g。实验数据表明樱桃核水溶性多糖具有较好的体外抗氧化能力, 接下来进行了樱桃核水溶性多糖对 DPPH、ABTS 和羟基自

由基清除能力的测定实验。

表 2 樱桃核水溶性多糖的总还原力

Table 2 The total reducing power of water-soluble polysaccharide from cherry nuts

样品 Sample	浓度 Concentration (mg/mL)	吸光值 Absorbance value (700 nm)	总还原力 Total reducing power (mg Vc/g)
樱桃核水溶性多糖浓度 The concentration of water-soluble polysaccharide from cherry nuts	0.05	0.04 ± 0.003	5.92 ± 0.45 ^g
	0.10	0.09 ± 0.01	13.30 ± 0.75 ^f
	0.15	0.11 ± 0.002	16.57 ± 0.29 ^e
	0.20	0.13 ± 0.003	18.60 ± 0.44 ^e
	0.25	0.15 ± 0.004	21.48 ± 0.59 ^d
	0.30	0.17 ± 0.01	25.66 ± 0.78 ^c
	0.35	0.20 ± 0.01	30.09 ± 1.43 ^b
	0.40	0.25 ± 0.02	37.62 ± 3.67 ^a

注: 同列不同字母表示在统计学上具有显著差异 ($P < 0.05$), 下同。

Note: Different letters in the same column showed significant differences ($P < 0.05$), the same below.

2.4 樱桃核水溶性多糖溶液对 DPPH·清除能力

由表 3 可知, 樱桃核水溶性多糖溶液对 DPPH·的清除能力表现出明显的剂量效应, 在实验浓度范围内, 随着水溶性多糖浓度的增加, 对 DPPH·的清除能力也呈线性增加, 且具有统计学显著差异 (P

< 0.05)。樱桃核水溶性多糖溶液浓度为 0.64 mg/mL 时, 对 DPPH·清除率达 72.94%。樱桃核水溶性多糖溶液和 Vc 对 DPPH·清除作用的 IC_{50} 数值分别为 0.31 和 0.19 mg/mL, 说明樱桃核水溶性多糖具有较好的 DPPH·体外清除能力。

表 3 樱桃核多糖对 DPPH 自由基的清除率

Table 3 The scavenging activity of DPPH· of water-soluble polysaccharide from cherry nuts

样品 Sample	浓度 Concentration (mg/mL)	清除率 Scavenging ratio (%)	线性回归方程 Linear regression equation	IC_{50} (mg/mL)
樱桃核水溶性多糖浓度 The concentration of water-soluble polysaccharide from cherry nuts	0.08	37.65 ± 4.01 ^f	$Y = 56.942X + 32.405$	0.31
	0.16	44.12 ± 0.96 ^e		
	0.24	50.00 ± 2.50 ^d		
	0.32	45.88 ± 3.75 ^{de}		
	0.40	48.53 ± 0.93 ^{ce}		
	0.48	58.53 ± 1.31 ^c		
	0.56	65.59 ± 1.41 ^b		
	0.64	72.94 ± 4.68 ^a		
Vc	-	-	$Y = 147.65X + 22.5$	0.19

2.5 樱桃核水溶性多糖对 ABTS 自由基清除能力

由表 4 可知, 在实验浓度范围内, 随着水溶性多糖质量浓度的增加, 樱桃核水溶性多糖溶液对 ABTS·的清除能力也呈线性增加, 且具有统计学显著差异 ($P < 0.05$)。当樱桃核水溶性多糖溶液浓度为 0.40

mg/mL 时, 对 ABTS·清除率达 64.29%, 樱桃核水溶性多糖溶液和 Vc 对 ABTS 自由基清除作用的 IC_{50} 分别为 0.32 和 0.13 mg/mL, 说明樱桃核水溶性多糖具有一定的 ABTS 自由基体外清除能力。

表4 樱桃核多糖对 ABTS 自由基的清除率

Table 4 The scavenging activity of ABTS · of water-soluble polysaccharide from cherry nuts

样品 Sample	浓度 Concentration (mg/mL)	清除率 Scavenging ratio (%)	线性回归方程 Linear regression equation	IC ₅₀ (mg/mL)
樱桃核水溶性多糖浓度 The concentration of water-soluble polysaccharide from cherry nuts	0.05	11.73 ± 4.16 ^e	Y = 144.92X + 3.170 6	0.32
	0.10	16.16 ± 2.55 ^e		
	0.15	26.70 ± 1.67 ^d		
	0.20	30.95 ± 5.32 ^d		
	0.25	41.50 ± 0.64 ^e		
	0.30	41.67 ± 2.35 ^e		
	0.35	53.23 ± 1.62 ^b		
	0.40	64.29 ± 4.10 ^a		
Vc	-	-	Y = 219.09X + 21.357	0.13

2.6 樱桃核水溶性多糖溶液对羟基自由基的清除能力

由表5可知,在实验浓度范围内,随着水溶性多糖质量浓度的增加,樱桃核水溶性多糖溶液对羟基自由基的清除能力也呈线性增加,且具有统计学显著差异($P < 0.05$)。0.40 mg/mL 樱桃核水溶性多

糖溶液对羟基自由基清除率达 62.88%,樱桃核水溶性多糖溶液和 Vc 对羟基自由基清除作用的 IC₅₀ 分别为 0.34 和 0.28 mg/mL, IC₅₀ 数值表明樱桃核水溶性多糖对羟基自由基的清除能力与 Vc 非常接近。因此,樱桃核水溶性多糖对羟基自由基具有较好的清除效果。

表5 樱桃核多糖对羟基自由基的清除率

Table 5 The scavenging activity of ·OH of water-soluble polysaccharide from cherry nuts

样品 Sample	浓度 Concentration (mg/mL)	清除率 Scavenging ratio (%)	线性回归方程 Linear regression equation	IC ₅₀ (mg/mL)
樱桃核水溶性多糖浓度 The concentration of water-soluble polysaccharide from cherry nuts	0.10	21.17 ± 0.86 ^e	Y = 128.11X + 6.867 3	0.34
	0.15	24.40 ± 0.78 ^e		
	0.20	33.37 ± 1.24 ^d		
	0.25	40.35 ± 1.88 ^e		
	0.30	43.80 ± 2.20 ^{bc}		
	0.35	46.30 ± 0.87 ^b		
	0.40	62.88 ± 4.34 ^a		
Vc	-	-	Y = 190.72X - 4.014 6	0.28

3 结论与讨论

灰分包含着人体所需的无机盐和矿质元素;蛋白质、可溶性总糖、脂质是活性成分,促进生物体结构和功能的稳定;Vc 不仅是人体必须的水溶性维生素,而且是重要的抗氧化剂,可以预防牙龈萎缩出血,治疗口腔溃疡,还具排毒美白、增强人体免疫力的作用^[24]。本实验结果表明美早樱桃核含多种功能成分,其中蛋白质含量最高,脂质和多糖次之,再其次是灰分和 Vc,美早樱桃核具一定的营养价值。

植物多糖具有增强机体免疫力、抗氧化、抑菌性、降血糖等多种生物活性,且对人体副作用小^[25,26]。本实验采用水溶醇沉方法从樱桃核中提取水溶性多糖,研究了樱桃核水溶性多糖的总还原力及对 DPPH、ABTS、羟基自由基的清除能力。实验结果表明,樱桃核水溶性多糖具有较强的还原能力和对 DPPH、ABTS、羟基自由基的清除能力,在实验浓度范围内,抗氧化能力与水溶性多糖质量浓度呈正相关并有统计学的显著差异。樱桃核水溶性多糖

对 DPPH、ABTS、羟基自由基清除作用的 IC_{50} 值分别为 0.31、0.32 和 0.34 mg/mL, 表明樱桃核水溶性多糖的体外清除自由基功效非常稳定。

目前, 樱桃产业利润大部分来源于樱桃果实的当季销售, 但樱桃耐贮性不强, 因此有了樱桃酒、果汁、果脯、果醋等延续加工的产品, 在这些产品加工过程中, 大量樱桃核由于外壳坚韧而成为被丢弃的加工副产物, 因此, “变废为宝” 开发加工丢弃的副产物樱桃核, 成为延伸樱桃产业链提高樱桃产业利润的发展方向。Zhang 等^[27] 通过响应面优化超声波辅助酶解樱桃核, 得到了对 $\cdot OH$ 具有清除能力的抗氧化多肽。Sun^[28] 通过优化快速溶剂萃取工艺制备了类黄酮, 具有优于 Vc 的抗氧化能力。Ren^[29] 研究显示甜樱桃核及其粗提物中含有总多酚、总多糖、总黄酮、总单宁和脂肪酸等活性成分, 具有较好的抑菌和抗氧化生物活性。Zhang 等^[6] 研究发现樱桃核的脂溶性成分具有较高的营养价值和较强的抗氧化功能; Gong 等^[30] 研究发现樱桃核乙醇提取物具有体外抗氧化和降糖降脂的作用。本实验研究表明, 美早樱桃核的水溶性多糖具有较好且稳定的体外抗氧化功效。由此可见, 樱桃核具有多种生物活性成分, 且具有较好的抗氧化、抑菌、抗疲劳等生理功能。樱桃核活性成分提取物具有天然、安全、有机、绿色等特点, 作为抗氧化或抑菌的天然添加剂, 符合“纯天然、无刺激”的消费需求, 可加强在食品、饮品、化妆品等产业领域的开发利用, 从而延伸樱桃产业链和提升樱桃的利润空间。

本实验研究表明, 加工副产物樱桃核的水溶性多糖具有较好且稳定的体外抗氧化活性, 下一步将对水溶性多糖进行分离纯化和成分鉴定, 以期为樱桃核的药用保健功能及其多糖的抗氧化活性阐明机制。

参考文献

- Li FY, Li CH, Zhen LH, et al. Study on the change of breathing intensity and nutritional compositions of sweet cherry fruit [J]. J Hebei Agr Tech Coll (河北农业技术师范学院学报), 1996, 10(2): 33-36.
- Han WQ, Feng JQ. Application of cherry nucleus extract in research and development of chinese herbal medicine cosmetics [J]. Chin J Aesthetic Med (中国美容医学), 2019, 28(9): 171-173.
- Gao HS, Xiao YJ, Liu XF, et al. Study on *Prunus tomentosa* Thunb fruit nutritive compositions [J]. Food Sci (食品科

- 学), 2002, 23(6): 110-112.
- Guo CJ, Yang JJ, Li YF, et al. Antioxidant capacity of different parts of fruits determined by FRAP assay [J]. Chin J Public Health (中国公共卫生), 2003, 19(7): 85-87.
- Wang S. Analysis on nutritional components of cherry seed kernels [D]. Dalian: Dalian Polytechnic University (大连工业大学), 2015.
- Zhang JM, Lv LL, Guo L. Extraction of flavonoids from cherry seed and its antioxidant activity [J]. Chin Brewing (中国酿造), 2010, 29(6): 65-68.
- Guo YY, Liu Y, Wang SS, et al. Study on anti-fatigue, anti-anoxia and analgesic effects of cherry kernel extract [J]. J Qingdao Univ Sci Tech: Nat Sci (青岛科技大学学报: 自然科学版), 2018, 39(4): 28-32.
- Geng C, Jie X, Xia M, et al. Characterization and antitumor activities of the water-soluble polysaccharide from *Rhizoma Arisaematis* [J]. Carbohydr Polym, 2012, 90(1): 67-72.
- GB 5009.4-2016. National food safety standard determination of ash in foods (食品安全国家标准食品中灰分的测定) [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- Wu WW, Lei JB, Zhang GM, et al. Determination of protein content of milk and dairy products by biuret spectrophotometric method [J]. Chin J Health Lab Technol (中国卫生检验杂志), 2008(7): 1335-1336.
- Liang LJ, Zeng ZL, Xiong T, et al. Determination of content of polysaccharide in garlic seed by anthrone-sulfuric method [J]. Food Sci (食品科学), 2008, 29: 499-502.
- Sun YL. Determination of contents of Vc in 2 drinks by 2,4-dinitrophenylhydrazine method [J]. Beverage Ind (饮料工业), 2014, 17(4): 34-37.
- Zhou YH. The studies on extraction and nature about Gansu peach kernel oil [D]. Gansu: Gansu Agricultural University (甘肃农业大学), 2016.
- Zhao YL, Cheng X, Hu XQ, et al. Study on the extraction of polysaccharides from *Mussaenda esquirolli* Lévl. fruit [J]. J. Tianjin Agr Sci (天津农业科学), 2017, 23(8): 15-19.
- Wu YX, Wang X, Jiang HT, et al. Study on total polyphenol content and antioxidant, antimicrobial activities of different polarity fractions of *Chimonanthus salicifolius* S. Y. Hu leaves [J]. Food Mach (食品与机械), 2017, 33(8): 150-154.
- Chen XB, Jiang XR, Yang QY, et al. Optimization on extraction process of polysaccharide from *Lonicerae flos* and its antioxidant activity [J]. Chin Food Addit (中国食品添加剂), 2018, 3(11): 156-161.
- Huang SF, Lu FY, Huang YH, et al. Study on the antioxidant activity of polysaccharides of *Panax notoginseng* (Burk.) [J]. Studies Trace Elements Health (微量元素与健康研

- 究),2018,35(1):30-33.
- 18 Shen W, Ren XT, Zhang J, et al. Study on extraction and anti-oxidation of polysaccharides from reed rhizome[J]. Lishizhen Med Mater Med Res (时针国医国药), 2012, 21: 1078-1080.
 - 19 Huang JW. Extraction, separation, composition and antioxidant activity of polysaccharides from Hakka rice wine[D]. Guangzhou: Zhongkai University of Agricultural and Engineering (仲恺农业工程学院), 2017.
 - 20 Zhao ZQ, Wang M, Zhang ZQ, et al. Research progress of anti-oxidation efficacy and extraction of plant polysaccharide [J]. Sci Tech Food Ind (食品工业科技), 2018, 13: 252-254.
 - 21 Zhen TY, Xiao JX. Major components and antioxidant capability analysis of cherry stone [J]. Food Res Dev (食品研究与开发), 2014, 35(23): 112-115.
 - 22 Karolina AW, Anna O, Tomasz O, et al. The influence of common free radicals and anti-oxidants on development of Alzheimer's Disease [J]. Biomed Pharmacother, 2016, 78(1): 39-49.
 - 23 Wang FR, Wu DQ, An HG, et al. Study on the optimum extraction process for total flavonoids from *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels and its antioxidant effects *in vitro* [J]. J Tradit Chin Vet Med (中兽医医药杂志), 2010, (5): 11-15.
 - 24 Dong YC, Shi KK, Ma XL. Study on the contents of Vc, free amino acids and nitrite scavenging ability of four kinds of scented tea [J]. Anhui Agr Sci Bull (安徽农学通报), 2019, 25(Z1): 15-17.
 - 25 Ge Y, Duan YF, Fang GZ, et al. Study on biological activities of *Physalis alkekengi* var. *francheti* polysaccharide [J]. J Sci Food Agr, 2009, 89: 1593-1598.
 - 26 Li R, Chen HG, Zhou X. Immunomodulatory effects of plant polysaccharides: a review of the mechanisms [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2018, 30: 2017-2022.
 - 27 Zhang YY, Wang L, Liu JK. Optimization of ultrasonic-assisted enzymatic hydrolysis of cherry stone for preparing antioxidant peptides by response surface methodology [J]. Storage Process (保鲜与加工), 2018, 18(4): 84-90.
 - 28 Sun HY. Accelerated solvent extraction technology and antioxidant activity of total flavonoids from cherry pits [J]. Food Ind (食品工业), 2017, 38(8): 106-109.
 - 29 Ren XD. Study on the chemical constituents and biological activity of *Prunus avium* seeds [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology (天津科技大学), 2015.
 - 30 Gong YL, Guo YY, Liu Y. Study on *in vitro* antioxidant, hypoglycemic and lipid-lowering activities of cherry kernel ethanol extract [J]. J Qingdao Univ Sci Tech: Nat Sci (青岛科技大学学报: 自科版), 2017, 39(6): 14-17.
-
- (上接第 693 页)
- 5 Duan Y, Qin KM, Zou LN, et al. Sulfur-fumigation, maintenance method of Chinese herbal medicine-discard or inheritance [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2013, 38: 3395-3399.
 - 6 Ying BW, Zi XF, Lin HL. Sulphur fumigation of *Fritillaria thunbergii* [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 1992, 17: 663.
 - 7 Xi XH, Liu R, Liu X. Optimization of processing technology for sulfur smoked *Ophiopogon japonicus* based on changes in chemical composition [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2017, 48: 1327-1333.
 - 8 Yang JX, Zhang Y, Guo ZY, et al. Determination of sulfur dioxide residue of Radix Codonopsis from different areas [J]. Chin Tradit Pat Med (中成药), 2018, 40: 233-235.
 - 9 Lou YJ, Cai H, Chen YJ, et al. Analysis of heavy metals, sulfur and trace elements in sun-dried and sulfur-fumigated *angelicae sinensis* radix by microwave digestion-ICP-AES method [J]. Chin New Drug J (中国新药杂志), 2013, 22: 719-723.
 - 10 Ministry of Foreign Trade and Economic cooperation, PRC. Green Trade Standards of Importing & Exporting Medicinal plants & Preparations [S]. Beijing: Standards Press of China (中国标准出版社), 2001: 121.
 - 11 Song XH, Gao XY, Li XJ, et al. Determination of fourteen elements in *Koeleruteria paniculata* and *K. integrifoliola* by ICP-AES with microwave program digestion [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2011, 23: 1118-1121.