唐晓姝,胡　博,陈雪梅,等. 6 种小型浆果营养成分及 DPPH 自由基清除活性比较[J]. 江苏农业科学,2021,49(20):182 - 187.
doi:10.15889/j.issn.1002 - 1302.2021.20.029

6 种小型浆果营养成分及 DPPH 自由基清除活性比较

唐晓姝[1,2], 胡　博[1,2], 陈雪梅[1,2], 张白曦[1,2]
(1. 江南大学国家功能食品工程技术研究中心,江苏无锡 214000; 2. 江南大学食品学院,江苏无锡 214000)

摘要:为探究野樱莓、蓝靛果、蓝莓、蔓越莓、黑莓和覆盆子的营养成分;对 6 种浆果矿物质元素、总酚、总黄酮和花色苷含量进行测定,并用电子自旋共振波谱仪(ESR)对 6 种浆果的 DPPH 自由基清除能力进行探究。结果显示,通过对比 6 种浆果的营养成分含量,野樱莓的镁元素、钙元素和铁元素含量,蓝靛果和覆盆子的钾元素含量,黑莓的锰元素和铁元素含量较高;野樱莓和蓝靛果的总酚含量、蔓越莓的总黄酮含量、蓝靛果与黑莓的花色苷含量在 6 种小型浆果中较为突出;DPPH 自由基清除能力结果显示,蓝靛果与野樱莓清除自由基能力最强,100 g 蓝靛果、野樱莓鲜果中约含有 2 g 维生素 C;提示 6 种浆果富含丰富的矿物质元素及生物活性物质,且具有较强的清除自由基能力。

关键词:小型浆果;营养成分;ESR;清除 DPPH
中图分类号: TS255.1　　**文献标志码**: A　　**文章编号**:1002 - 1302(2021)20 - 0182 - 06

当今许多国家的饮食指南建议增加水果和蔬菜的摄入量,其中营养成分丰富的浆果类水果可以预防各种疾病。大多数浆果均美味又具有抗氧化功能,它们富含多酚、抗氧化剂、矿物质等,也占据人们饮食中水果消费的较大比例。在色彩鲜艳的浆果中,野樱莓(黑果腺肋花楸)、蓝靛果(蓝靛果忍冬)、蓝莓(蓝浆果)、蔓越莓、黑莓(露莓)、覆盆子(树莓)等被广泛应用于新鲜或加工的食品中。此外,越来越多人将浆果提取物作为功能性食品和膳食补充剂的成分,并将其与其他色彩丰富的水果、蔬菜和草本提取物结合在一起[1]。

野樱莓(*Aronia melanocarpa*),是落叶灌木蔷薇科的小型浆果,它的果皮呈黑紫色,果肉呈暗红色;蓝靛果(*Lonicera caerulea*),是忍冬科忍冬属落叶灌木的小型浆果,它的果皮呈蓝紫色,果肉也呈暗红色;蓝莓(*Semen trigonellae*),属于杜鹃花科越桔属,皮呈蓝色,果肉白色;蔓越莓(*Vaccinium macrocarpon*),属于杜鹃花科越桔属,与蓝莓颗粒大小相似,皮与果肉呈红色;黑莓(*Graptopetalum blackberry*),属蔷薇科悬钩子属的小型浆果,呈黑色;覆盆子(*Rubus idaeus*),是蔷薇科悬钩子属的小型浆果,呈红色(表 1)。它们富含多种维生素、矿物质元素、黄酮、花青素、花色苷及多酚等功效成分[2-5],具有极强的抗氧化[6-9]、抑菌作用[10-11],还具有降血糖[12]、预防动脉粥样硬化等作用[13]。本研究对 6 种小型浆果的营养成分进行测定,结合文献比较分析,并用电子自旋共振波谱仪评价其清除自由基能力,为未来浆果类功能性食品的开发及医药领域的应用提供有效依据。

1　材料与方法

1.1　材料与处理

野樱莓购买于吉林省辽源市,冻存后冷链运输;蓝靛果购买于黑龙江省桦南县,保鲜运输;蓝莓购买于无锡超市,产地无锡;蔓越莓购于黑龙江省抚远市,保鲜运输;黑莓、覆盆子购于无锡超市,产地云南。6 种浆果抵达实验室后,一部分在 - 80 ℃冰箱冻存后冻干,磨成粉放入 - 20 ℃冰箱;一部分在 - 20 ℃冰箱冻存,取出鲜果后,充液氮分别打成泥, - 20 ℃冰箱下储存以供研究分析使用。试验地点为江苏无锡江南大学国家功能食品工程技术研究中心实验室,试验时间为 2019 年 9 月至 2020 年 11 月。

1.2　试验试剂

无水乙醇、硝酸、亚硝酸钠、氢氧化钠、三水合醋酸钠、氯化钾、芸香苷、30% H_2O_2、$FeSO_4 \cdot 7H_2O$,国药集团化学试剂有限公司;钠、钾、钙等混合标准品,安捷伦科技(中国)有限公司;DPPH(1,1 - 二苯

收稿日期:2021 - 01 - 20
基金项目:江苏省自然科学基金青年科学基金(编号:BK20190592)。
作者简介:唐晓姝(1987—),女,江苏苏州人,硕士,实验师,主要从事功能食品的研究。E - mail:txs@ jiangnan. edu. cn。
通信作者:张白曦,博士,副研究员,主要从事功能食品的研究。E - mail:zbx@ jiangnan. edu. cn。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　6 种小型浆果的外观

品种	外观
野樱莓	
蓝靛果	
蓝莓	
蔓越莓	
黑莓	
覆盆子	

基－2－三硝基苦肼),美国 Sigma 公司。

1.3　主要仪器与设备

电子自旋共振波谱仪 EMXplus,Bruker 公司;Freezone Plus 冷冻干燥机,美国 Labconco 公司;TDFI 全自动膳食纤维分析仪,美国 Ankom 公司;NexION 350D 电感耦合等离子体质谱仪,美国珀金埃尔默公司;1510 全波长酶标仪,美国赛默飞世尔科技公司;UV－2600 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;FED115 多功能热风循环烘箱,德国宾德公司。

1.4　试验方法

1.4.1　6 种浆果中水分含量的测定　按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准　食品中水分的测定》[14],对 6 种浆果鲜果和冻干粉进行测定,以下营养成分含量均折算回鲜果质量并进行比较分析。

1.4.2　6 种浆果中矿物质元素含量的测定　按照 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准　食品中多元素的测定》[15],对 6 种浆果的冻干粉进行测定。

1.4.3　6 种浆果中总酚含量的测定　按照 T/AHFIA 005—2018《植物提取物及其制品中总多酚含量的测定》[16]中分光光度法,对 6 种浆果的冻干粉进行测定。

1.4.4　6 种浆果中总黄酮含量的测定　参照 SZDB/Z 349—2019《食品中总黄酮的测定》[17]的分光光度法及吕金慧等的方法[18],并进行一定优化,对 6 种浆果的冻干粉进行总黄酮含量的测定。

1.4.4.1　标准溶液的配制　称取 10 mg 芸香苷标准品于 100 mL 容量瓶中,用 60% 乙醇定容,得到质量浓度为 0.10 g/L 的芸香苷溶液,再稀释成 0.01、0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 g/L。稀释后的溶液均按顺序加入 0.15 mL 的 5% 亚硝酸钠,放置 6 min;0.15 mL 的 10% 氯化铝,放置 6 min;2 mL 的 4% 氢氧化钠和 5 mL 蒸馏水,静置 15 min,在 510 nm 波长下测吸光度。以标准芸香苷溶液质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标绘制标准曲线,由图 1 所示。标准曲线方程:$y = 0.003\ 2x + 0.000\ 2$ ($r^2 = 0.998\ 8$),线性关系良好。

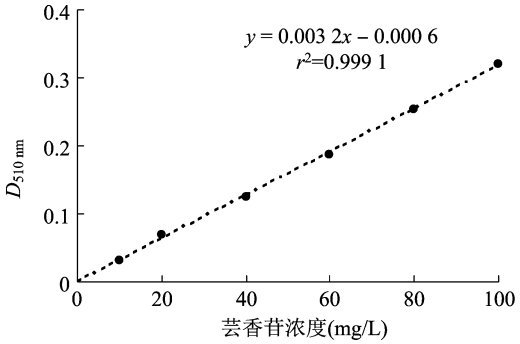

图1　芸香苷的标准曲线

1.4.4.2　样品的制备　分别称取 6 种浆果冻干粉 0.5 g 于 50 mL 离心管中,加入 60% 乙醇溶液 40 mL,40 ℃下超声提取 30 min,离心取上清液。提取 2 次,再用 10 mL 温热 60% 乙醇溶液洗涤滤渣,离心后合并 3 次上清液于 100 mL 容量瓶中,冷却至室温,采用 60% 乙醇溶液定容,摇匀后检测。

1.4.4.3　计算公式

$$X = \frac{m}{W \times d \times 100} \times 100\%;$$

式中:X 表示总黄酮的含量,mg/100 g;m 表示根据标准曲线方程计算出的芸香苷质量,mg;W 表示样品的质量,g;d 表示稀释比例。

1.4.5　6 种浆果中花色苷含量的测定　参照 AOAC 分析方法中的 pH 示差法[19]和郭浩然的方法[20],并进行一定优化,对 6 种浆果的冻干粉进行花色苷的测定。

1.4.5.1　溶液配制　pH 值 1.0 缓冲溶液:1.86 g 氯化钾,加入 980 mL 去离子水,用 HCl 调节 pH 值

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

至 1.0,定容至 1 L;pH 值 4.5 缓冲溶液:54.43 g 三水合醋酸钠,加入 960 mL 去离子水,用 HCl 调节 pH 值至 4.5(约 20 mL),定容至 1 L。

1.4.5.2　样品的制备　分别取 6 种浆果冻干粉样品于锥形瓶中,按 1∶20(g∶mL)比例加入 80% 乙醇 - 盐酸溶液(pH 值 3.0),在温度 40 ℃、功率为 100 W 条件下超声辅助提取 30 min,4 000 r/min 离心 20 min,经分离得到花色苷上清液,重复 1 次,合并上清液,于 37 ℃条件下减压浓缩去乙醇,定容至 50 mL,备用。精确取一定体积花色苷提取液于 2 个 25 mL 棕色容量瓶中,分别用 pH 值 1.0 和 pH 值 4.5 缓冲溶液定容至 25 mL,摇匀,平衡 90 min 后,分别于 540 nm 和 700 nm 测定吸光度,以矢车菊素 - 3 - 葡萄糖苷计,按照公式计算出 2 种果实中花色苷的含量。

1.4.5.3　计算公式

$$X=\frac{D\times V\times D\times M_{w}}{\varepsilon\times L\times m\times 100};$$

式中:X 表示花色苷含量,mg/100 g;D 表示根据($D_{540\ nm}\sim D_{700\ nm}$)pH 值 1.0 - ($D_{540\ nm}\sim D_{700\ nm}$)pH 值 4.5 计算得出;$V$ 表示提取液体积,mL;D 表示稀释倍数;M_w 表示重均分子质量,g/mol,M_w = 449.2 g/mol;L 表示光程,cm;m 表示样品质量,g;ε 表示摩尔消化系数,L/(mol · cm),以矢车菊素 - 3 - 葡萄糖苷计,ε = 26 900 L/(mol · cm)。

1.4.6　DPPH 自由基清除能力的测定

1.4.6.1　测试参数条件　X 波段,磁场范围,(3 507.55 ± 50) G;微波功率,0.2 mW;频率,9.85 GHz;调制幅度 100 kHz,扫描时间 40 s;温度,室温 25 ℃。

1.4.6.2　样品的测定　分别称取 6 种浆果冻干粉 3 g 于 50 mL 离心管中,加入 60% 乙醇溶液 30 mL,40 ℃下超声提取 30 min,离心取上清液。将提取液按照一定比例稀释后,吸取溶液 100 μL,分别加入 100 μL 的 1.5 mmol/L DPPH 乙醇溶液,混匀后避光反应 30 min,吸入直径为 1 mm 的毛细管,放入谐振腔,在参数条件下测定 DPPH 自由基。用相对应浓度的维生素 C 和 60% 乙醇溶液代替提取物溶液,测量结果作为标准对照和空白对照。

$$\text{DPPH 自由基清除率 } E=\frac{S_0-S_x}{S_0}\times 100\%;$$

其中 S_0 和 S_x 分别为体系中加入乙醇和提取物溶液测得的 DPPH 自由基的峰面积。

DPPH 自由基清除能力与维生素 C 质量浓度在一定范围内呈正相关性,以维生素 C 浓度为横坐标,DPPH 自由基清除率为纵坐标,绘制标准曲线,如图 2 可知,维生素 C 质量浓度在 5 ~ 18 mg/L 时,即清除率在 30% ~ 80% 时,线性关系良好。标准曲线方程:y = 0.003 89x + 0.110 1(r^2 = 0.988 6)。

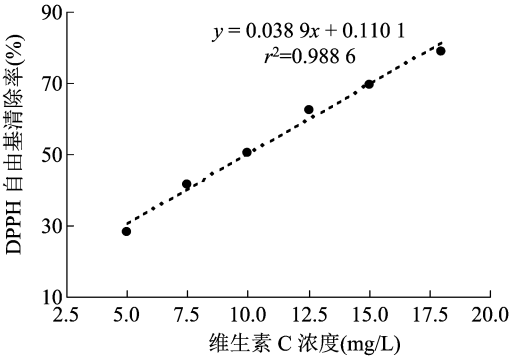

图2　维生素 C 清除 DPPH 自由基的标准曲线

2　结果与分析

2.1　矿物质元素含量分析

微量元素是人体不可缺少的重要营养素,镁元素是维持神经、肌肉和心脏应激性的重要元素之一;钾元素维持血液和体液的酸碱平衡,在摄入高钠而导致高血压时,钾具有降血压功能;人体中牙齿和骨骼是由钙元素构成,并且钙元素能维持正常的神经兴奋性,能维持肌肉收缩动作的完成;锰元素在体内主要通过参与酶的构成或激活酶来发挥生理作用;铁元素在血液中起到运输和携带营养物质的作用;铜元素对人体血液、中枢神经和免疫系统,头发、皮肤和骨骼组织以及脑、肝和心等内脏的发育和功能都有重要影响;锌在人体生长发育、免疫调节、微生物的利用等起着极其重要的作用;钠元素是人体中最基本的电解质,但过多的摄入钠会使人体心脏负荷过重,诱发或加重心力衰竭,也会使血压升高。

由表 2 可知,6 种浆果种的镁、钾、钙元素含量均较丰富,其中蔓越莓的钠元素含量较高,蓝莓和野樱莓的钠元素含量最低;镁元素含量属野樱莓最高;6 种浆果的钾元素含量都较高,其中覆盆子、蓝靛果的钾元素含量位居前列,蓝莓的钾元素含量最低;野樱莓的钙元素含量最高,覆盆子最低;黑莓的锰元素对比于其他 5 种浆果含量较高;野樱莓的铁、铜元素比其他 5 种浆果含量高;覆盆子、蓝靛果的锌元素含量较高,蔓越莓较低。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

与 Nile 等研究中的 5 种小型浆果比较，蓝莓、蔓越莓、黑莓和覆盆子的微量元素含量相近[1]。Jeszka－Skowron 等对浆果类中枸杞和葡萄干中的重金属及锰、铜微量元素进行了检测，结果枸杞的锰元素含量为 8.55 mg/kg，高于野樱莓、蓝靛果、蔓越莓，低于蓝莓、黑莓、覆盆子；枸杞的铜元素含量为 7.78 mg/kg[20]，均高于本研究中的 6 种浆果；葡萄干的锰元素含量为 3.34 mg/kg，与蔓越莓、蓝靛果的锰元素含量相似，低于其他 4 种浆果；葡萄干的铜元素含量为 7.98 mg/kg，均高于本研究 6 种浆果。

表 2　野樱莓、蓝靛果、蓝莓、蔓越莓、黑莓和覆盆子矿物质元素的含量

矿物质元素	含量(mg/kg)					
	野樱莓	蓝靛果	蓝莓	蔓越莓	黑莓	覆盆子
钠	1.6 ±0.1	10.5 ±0.8	1.3 ±0.3	39.7 ±2.2	22.9 ±3.1	13.4 ±1.8
镁	269.2 ±14.6	188.9 ±9.4	83 ±6.6	211.3 ±6.0	170.5 ±9.9	127.1 ±14.1
钾	1 505.0 ±49.8	1 730.1 ±94.1	793.9 ±2.2	1 269.4 ±53.6	1 424.9 ±28.2	1 820.3 ±32.6
钙	622.6 ±22.6	322.7 ±20.2	267.6 ±14.2	219.5 ±17.4	202.2 ±25.8	170.7 ±20
锰	6.2 ±0.2	3.4 ±0.4	16.2 ±1.8	2.4 ±0.1	19.6 ±1.3	12.8 ±1.8
铁	15.9 ±1.5	5.9 ±0.9	3.1 ±0.2	2.7 ±0.3	14.6 ±1.1	5.1 ±0.9
铜	1.4 ±0.1	1.1 ±0.1	0.4 ±0.1	1.2 ±0.3	0.2 ±0.1	0.6 ±0.2
锌	1.2 ±0.2	2.2 ±0.3	0.8 ±0.2	0.2 ±0.1	1.3 ±0.1	2.6 ±0.1

2.2　总酚、总黄酮、花色苷的含量分析

6 种浆果中富含多酚、黄酮、花色苷等生物活性物质，食用含有大量生物活性物质的浆果有益于人体健康[21－22]。多酚是含有苯环与酚羟基结构的化合物的总称，存在于植物性食物中，别称植物单宁。作为植物体内重要的次生代谢产物，植物多酚是果蔬营养品质的主要决定因素之一[23]；黄酮类化合物是植物体内重要的次级代谢产物，是植物发挥多种生物学活性的物质基础，对人体健康起到重要作用[24]；花青素属于一种广泛存在于植物中的水溶性天然色素，是由花色苷水解而得的有颜色的苷元，花青素以糖苷键结合而成的一类化合物，称为花色苷[25]。这 3 种生物活性物质均具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤活性及调节免疫等多种功效[26－27]。

由图 3 可知，野樱莓的总酚含量最高，其次是蓝靛果，最后是蓝莓。蔓越莓的总黄酮含量较高，黑莓和蓝靛果的花色苷含量都较高，覆盆子的总黄酮、花色苷含量较低。生活中常吃的蓝莓活性物质含量居于 6 种浆果之中，并没有过高的活性物质，可以对其他几种活性成分高的浆果进行开发与利用。

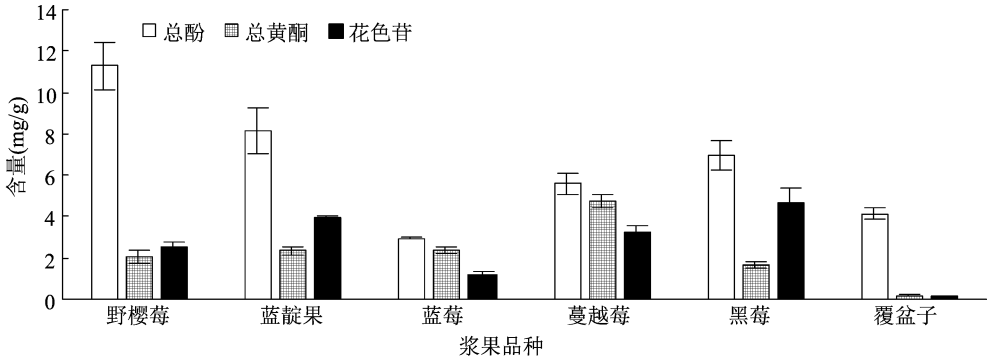

图3　6 种浆果冻干粉提取物中总酚、总黄酮和花色苷含量的比较

Zorzi 等对几种小型浆果中总黄酮、花色苷的含量进行了测定，其中，蓝莓中的总黄酮含量为 11.15 mg/g、花色苷含量为 0.55 mg/g；黑莓的总黄酮含量为 6.54 mg/g、花色苷含量为 0.57 mg/g；覆盆子的总黄酮、花色苷含量分别是 1.72、0.05 mg/g[28]，与本研究测定结果相近。Giovanelli 等对栽种蓝莓和野生蓝莓的总酚、花色苷进行测定，结果显示，栽种蓝莓的总酚含量在 2.51～3.10 mg/g、野生蓝莓的总酚含量在 5.77～6.14 mg/g；栽种蓝莓的花色苷含量为 0.92～1.29 mg/g、野生蓝莓的花色苷含量为 3.30～3.44 mg/g[29]。本研究中测定的蓝莓属本地栽种，总酚与花色苷含量与文献相

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

同,文献中也说明野生蓝莓生物活性成分略高于栽种蓝莓。

2.3　DPPH 自由基的清除能力

DPPH 自由基是一种稳定的自由基,常用于抗氧化能力的研究。该方法以稳定自由基(DPPH)的脱色为基础,其溶液与 H 原子供体混合后,形成还原态,其苦味醇肼基(紫红色)还原为苦味醇肼(淡黄色)[30]。

由表 3 可知,稀释 1 000 倍后的野樱莓、蓝靛果、黑莓冻干粉提取物清除 DPPH 能力分别为 52.10%、78.42%、43.05%,即 100 g 野樱莓中相当于含有 2.0 g 的维生素 C,100 g 蓝靛果中相当于含有 2.1 g 的维生素 C,100 g 黑莓中相当于含有 1.2 g 的维生素 C。蓝莓清除 DPPH 自由基能力最弱,可能原因是其为非野生的栽种品种,100 g 蓝莓中相当于含有 0.24 g 维生素 C。王纯等在 4 种小浆果的抗氧化活性研究中得出蓝靛果清除自由基能力略高于野樱莓,明显高于覆盆子,蓝莓清除自由基能力最弱[31],本结果与之一致。

表 3　6 种浆果清除 DPPH 自由基的能力

品种	稀释倍数	稀释后的提取物对 DPPH 的清除率(%)	100 g 鲜果含有维生素 C 当量(mg)
野樱莓	1 000	52.10 ± 3.26	1 978.7
蓝靛果	1 000	78.42 ± 5.62	2 053.6
蓝莓	100	69.39 ± 3.51	240.2
蔓越莓	500	44.97 ± 3.94	653.5
黑莓	1 000	43.05 ± 1.95	1 244.4
覆盆子	500	65.72 ± 3.58	920.4

基于各种浆果总酚、总黄酮及花色苷的含量,本研究对活性物质与清除 DPPH 自由基能力做了相关性检验,图 4 为 6 种浆果冻干粉提取物清除 DPPH 的 ESR 谱图。由图 4、表 4 可知,浆果清除自由基的能力与浆果中含有总酚含量高度相关,与花色苷含量为中度相关,与总黄酮含量的相关性最低。Zorzi 等对小型浆果中总黄酮、花色苷含量与清除 DPPH 自由基能力做了相关性检验,结果显示,总黄酮、花色苷含量均与 DPPH 自由基清除能力有较低相关性[28];康兆勇等对植物提取物中总酚含量与 DPPH 自由基清除能力进行了相关性分析,相关性系数为 0.797[32]。

3　结论

通过对野樱莓、蓝靛果、蓝莓、蔓越莓、黑莓和覆盆子营养成分的分析,得出野樱莓的镁元素、钙元素和铁元素,蓝靛果和覆盆子的钾元素,黑莓的锰元素和铁元素含量较高;野樱莓和蓝靛果的总酚含量、蔓越莓的总黄酮含量、蓝靛果与黑莓的花色苷含量在 6 种小型浆果中较为突出;在进行 DPPH 自由基清除试验中,野樱莓与蓝靛果展现了很好的清除自由基能力。

本研究对 6 种浆果营养成分的检测分析及清除自由基能力的测定,为利用浆果类营养物质、生物活性物质、开发浆果类抗氧化产品、预防和控制各种疾病等提供依据,为未来浆果类功能性食品的开发及医药领域的应用提供参考。

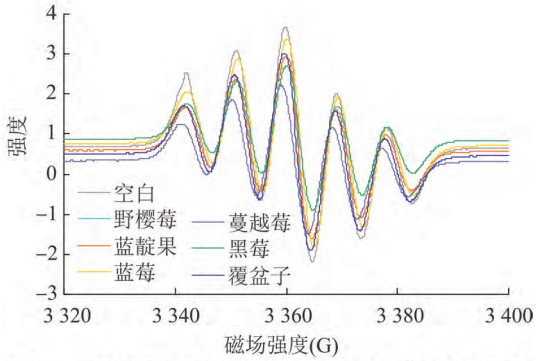

图4　6 种浆果冻干粉提取物清除 DPPH 的 ESR 谱图

表 4　总酚、总黄酮、花色苷与清除 DPPH 自由基能力的相关性

分类	清除 DPPH 自由基能力
总酚	0.873
总黄酮	−0.190
花色苷	0.461

参考文献:

[1] Nile S H, Park S W. Edible berries: bioactive components and their effect on human health[J]. Nutrition, 2014, 30(2): 134 – 144.

[2] 刘　飞, 穆晶晶, 张　博, 等. 超声波辅助提取黑果腺肋花楸花色苷工艺优化及稳定性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(3): 485 – 494.

[3] Potter D, Eriksson T, Evans R C, et al. Phylogeny and classification of Rosaceae[J]. Plant Systematics and Evolution, 2007, 266(1): 5 – 43.

[4] Nowacka M, Fijalkowska A, Dadan M, et al. Effect of ultrasound treatment during osmotic dehydration on bioactive compounds of cranberries[J]. Ultrasonics, 2018, 83: 18 – 25.

[5] Genskowsky E, Puente L, Pérez – Álvarez J A, et al. Determination of polyphenolic profile, antioxidant activity and antibacterial properties of maqui [*Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz] a Chilean blackberry [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2016, 96(12): 4235 – 4242.

[6] Tarko T, Duda C A, Sroka P, et al. Transformations of phenolic

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

compounds in an *in vitro* model simulating the human alimentary tract [J]. Food Technology and Biotechnology,2009,47(4):456 - 463.

[7] Parzonko A, Naruszewicz M. Cardioprotective effects of *Aronia melanocarpa* anthocynanins. From laboratory experiments to clinical practice[J]. Current Pharmaceutical Design,2016,22(2):174 - 179.

[8] Jiménez - Aspee F, Theoduloz C, Ávila F, et al. The Chilean wild raspberry (*Rubus geoides* Sm.) increases intracellular GSH content and protects against H_2O_2 and methylglyoxal - induced damage in AGS cells[J]. Food Chemistry,2016,194:908 - 919.

[9] 郭家刚,杨　松,伍玉菡,等. 基于主成分与聚类分析的蓝莓品质综合评价研究[J]. 食品研究与开发,2020,41(12):53 - 60.

[10] Denev P N, Kratchanov G, Ciz M, et al. Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols: *in vitro* and *in vivo* evidences and possible mechanisms of action: a review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,2012,11(5):471 - 489.

[11] Kulling S E, Rawel H M. Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)—A review on the characteristic components and potential health effects [J]. Planta Medica,2008,74(13):1625 - 1634.

[12] Badescu M, Badulescu O, Badescu L, et al. Effects of *Sambucus nigra* and *Aronia melanocarpa* extracts on immune system disorders within diabetes mellitus[J]. Pharmaceutical Biology,2015,53(4):533 - 539.

[13] 玄永浩,金英善. 黑果腺肋花楸化学成分及药理活性研究进展[J]. 现代农业科技,2009(20):101 - 102,104.

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准　食品中水分的测定:GB 5009.3—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准　食品中多元素的测定:GB 5009.268—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[16] 植物提取物及其制品中总多酚含量的测定:T/AHFIA 005—2018[S]. 安徽:安徽省食品行业协会,2018.

[17] 食品中总黄酮的测定:SZDB/Z 349—2019[S]. 深圳:深圳市市场和质量监督管理委员会,2019.

[18] 吕金慧,马　洁,王府润,等. 响应面法优化番木瓜叶总黄酮提取工艺[J]. 南方农业学报,2020,51(4):914 - 921.

[19] 郭浩然,郑心怡,张　静,等. 桑葚酒中花青素含量的测定方法优化[J]. 食品工业科技,2020,41(9):255 - 259.

[20] Jeszka - Skowron M, Zgoła - Grześkowiak A, Stanisz E, et al. Potential health benefits and quality of dried fruits: Goji fruits, cranberries and raisins[J]. Food Chemistry,2017,221:228 - 236.

[21] Skrovankova S, Sumczynski D, Mlcek J, et al. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries [J]. International Journal of Molecular Sciences,2015,16(10):24673 - 24706.

[22] Nowacka M, Fijalkowska A, Wiktor A, et al. Changes of mechanical and thermal properties of cranberries subjected to ultrasound treatment [J]. (2017 - 01 - 26)[2021 - 01 - 01]. https://doi.org/10.1515/ijfe - 2016 - 0306.

[23] Lapornik B, Prošek M, Wondra A G. Comparison of extracts prepared from plant by - products using different solvents and extraction time [J]. Journal of Food Engineering, 2005, 71(2):214 - 222.

[24] Scarano A, Chieppa M, Santino A. Looking at flavonoid biodiversity in horticultural crops: a colored mine with nutritional benefits[J]. Plants,2018,7(4):98.

[25] 夏延斌,王　燕. 食品化学[M]. 2 版. 北京:中国农业出版社,2015.

[26] Koh J, Xu Z M, Wicker L. Blueberry pectin and increased anthocyanins stability under *in vitro* digestion[J]. Food Chemistry, 2020,302(1):125343.

[27] Lang Y X, Li E H, Meng X J, et al. Protective effects of bovine serum albumin on blueberry anthocyanins under illumination conditions and their mechanism analysis [J]. Food Research International,2019,122:487 - 495.

[28] Zorzi M, Gai F, Medana C, et al. Bioactive compounds and antioxidant capacity of small berries [J]. Foods (Basel, Switzerland),2020,9(5):623.

[29] Giovanelli G, Buratti S. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties[J]. Food Chemistry,2009,112(4):903 - 908.

[30] Saravanakumar A, Periyasamy P, Jang H T. *In vitro* assessment of three different *Artemisia* species for their antioxidant and anti - fibrotic activity[J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2019,18:101040.

[31] 王　纯,甘庆萌,孟　菲,等. 四种小浆果浆汁活性成分及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技,2019,40(5):71 - 76.

[32] 康兆勇,李玉霜,吴　过,等. 厚朴叶不同极性溶剂萃取物总酚含量及体外抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发,2019,40(24):73 - 79.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net