

菏泽不同产地牡丹叶营养成分分析与评价

董立媛^{1,2}, 王瑶², 宁杰², 张宪党^{2,*}, 丁文宇²

(1. 济南大学、山东省医学科学院 医学与生命科学学院, 山东济南 250200;

2. 山东省内分泌与代谢病研究所, 山东第一医科大学(山东省医学科学院), 山东济南 250062)

摘要:采用凯氏定氮法、索氏抽提法、原子吸收光谱法等对菏泽三个不同产地牡丹叶基本营养及活性成分、氨基酸、矿物质的种类和含量进行测定及营养评价, 为其进一步研究及开发利用奠定基础。结果表明: 郓城牡丹叶的蛋白质、必需氨基酸、药用氨基酸含量最高, 分别为 21.9%、8.01 g/100 g、12.61 g/100 g, 其必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)为 0.79, 为可用蛋白源; 成武牡丹叶总脂肪酸含量最高为 0.4400%; 曹县牡丹叶维生素 C 和钙含量最高, 分别为 54.8 mg/100 g 和 1.51 g/100 g。牡丹叶中人体必需的营养成分含量丰富、构成合理, 不同产地牡丹叶营养及活性成分呈现出一定差异性, 可根据开发产品的需求选择原料产地。

关键词:牡丹叶, 营养成分, 脂肪酸, 氨基酸, 矿物质

Analysis and Evaluation of Nutritional Components of *Paeonia suffruticosa* Andr. Leaves from Different Regions in Heze

DONG Li-yuan^{1,2}, WANG Yao², NING Jie², ZHANG Xian-dang^{2,*}, DING Wen-yu²

(1. School of Medicine and Life Sciences, University of Jinan-Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250200, China;

2. Shandong Institute of Endocrine & Metabolic Diseases, Shandong First

Medical University & Shandong Academy of Medical Sciences, Jinan 250062, China)

Abstract: Kjeldahl method, Soxhlet extraction method and atomic absorption spectrometry were used to determine essential nutrients and active ingredients, amino acids and minerals in the leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. from three different regions in Heze. The results showed that the protein, essential amino acid and medicinal amino acid contents of leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. from Yuncheng were the highest, which were 21.9%, 8.01 g/100 g and 12.61 g/100 g, respectively. The essential amino acid index(EAAI) of leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. from Yuncheng was 0.79, which was the available protein source. Leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. from Chengwu contained the highest contents of total fatty acid, which was 0.4400%. Leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. from Caoxian had the highest vitamin C and calcium contents, which were 54.8 mg/100 g and 1.51 g/100 g, respectively. As a consequence, leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. were rich in essential nutrients and reasonable in composition. The nutritional and active components of leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. from three different regions were distinct, thus the region of materials should be selected according to the demand of development products.

Key words: *Paeonia suffruticosa* Andr. leaves; nutritional components; fatty acid; amino acid; mineral elements

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2020)07-0226-07

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2020.07.037

引文格式: 董立媛, 王瑶, 宁杰, 等. 菏泽不同产地牡丹叶营养成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 226-232.

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)为毛茛科芍药属植物,是我国的十大传统名花之一。它不仅是我国特有的原生资源植物,还是中华民族传统文化的重要组成部分,享有“国花”盛誉。我国是牡丹栽培品种的起源中心,也是世界上牡丹资源最丰富的国家^[1]。牡丹除具有重要的观赏、文化价值外,还具有重要的药用和经济价值^[2]。牡丹含有多酚、黄酮^[3]、萜类^[4]、芳香烃类^[5]等多种生物活性成分,具有抗氧

化^[6]、抗菌消炎^[7]、抗肿瘤^[8-9]、治疗糖尿病肾病^[10]、动脉粥样硬化^[11]等作用。

牡丹上下都是宝,其根部作为中药材“丹皮”入药,古有记载,《神农本草经》列其为中品,具有清热凉血、活血化瘀的功效;牡丹花可以观赏,牡丹籽油2011年被我国政府批准作为新资源食品。目前,对于牡丹叶却开发甚少,一般作为垃圾处理,造成环境污染及资源浪费,如何将牡丹叶这一丰富资源变废

收稿日期:2019-06-27

作者简介:董立媛(1996-),女,硕士研究生,研究方向:药物化学,E-mail:17862924684@163.com。

*通讯作者:张宪党(1965-),男,硕士,研究员,研究方向:食品、药品研究及资源开发,E-mail:xiandangzh@163.com。

基金项目:山东省医学科学院医药卫生科技创新工程项目(2019-11);山东省医学科学院院级科技计划青年基金项目(2018-46)。

为宝成为亟需解决的问题。目前,对于牡丹叶营养成分测定研究较少,不同产地间成分的比较也鲜有报道。因此,本研究参照食品安全国家标准分析方法,对菏泽地区三个不同产地牡丹叶的脂肪、蛋白质、氨基酸、脂肪酸等多种营养成分进行分析及评价,以期对牡丹叶资源的开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

牡丹叶 分别采于山东省菏泽市曹县(编号CX)、成武(编号CW)、郓城(编号YC),经鉴定为毛茛科植物牡丹 *Paeonia suffruticosa* Andr. 的干燥叶,鲜叶首先用自来水、蒸馏水洗净,后晾干、粉碎、过40目筛备用;18种氨基酸标准品(纯度>98%) 北京索莱宝科技有限公司;铜、铁、锌、锰、镁、钾、硒元素标准品(纯度>99%) 国家有色金属及电子材料分析测试中心;钙元素标准品(纯度>99%) 国家钢铁材料测试中心钢铁研究总院;18种脂肪酸甲酯标准品(纯度>97%) 上海安谱实验科技有限公司;没食子酸(纯度>90.8%)、芦丁(纯度>92.6%) 中国食品药品检定研究院;维生素C(纯度>99.5%) Dr. Ehrenstorfer;葡萄糖(纯度>99.0%) 天津市科密欧化学试剂有限公司;其它试剂 均为国产分析纯。

DHG-9140A 鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;K1100F 凯氏自动定氮分析仪 济南海能仪器股份有限公司;Quintix-224 分析天平 德国赛多利斯;5975c 气相色谱仪 美国安捷伦公司;L-8900 全自动氨基酸分析仪 日本日立公司;PinAAcle 900T 原子吸收分光光度计 珀金埃尔默企业管理(上海)有限公司;PF52 + SA520 原子荧光光谱仪 北京普析通用仪器有限公司;TOPEX 微波消解仪 上海屹尧仪器科技发展有限公司;TNX1100-30 马弗炉 上海向北实业有限公司;UV2550 紫外分光光度计 日本岛津制作所;1100 高效液相色谱仪 美国安捷伦公司。

1.2 实验方法

1.2.1 基本营养及活性成分含量的测定 水分含量:采用直接干燥法^[12]测定;灰分含量:参照 GB 5009.4-2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》测定^[13];蛋白质含量:采用凯氏定氮法^[14]测定;脂肪含量:采用索氏抽提法^[15]测定;粗纤维含量:参照 GB/T 5009.10-2003《植物类食品中粗纤维的测定》^[16]测定;总黄酮含量:参照文献^[17]方法,稍加改动,以芦丁为标准品采用三氯化铝比色法在510 nm处测定;总酚含量:参照文献^[18],改动后以没食子酸为标准品采用福林-酚比色法测定;可溶性糖含量:采用蒽酮-硫酸法^[19]测定;维生素C含量:采用高效液相色谱法测定^[20]。

1.2.2 脂肪酸及氨基酸含量的测定 脂肪酸:参照 GB 5009.168-2016《食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定》中的外标法测定^[21];氨基酸:参照 GB 5009.124-2016《食品安全国家标准食品中氨基酸的测定》测定^[22],脂肪酸、氨基酸含量以干基计。

1.2.3 牡丹叶氨基酸营养价值评价 按照氨基酸平衡理论,根据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)和联合国粮食与农业组织(United Nations Food Agriculture Organization, FAO)2007年推荐的成人、11~14岁儿童的必需氨基酸评分标准模式^[23],中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白质模式为基准对牡丹叶氨基酸进行营养评价。并计算出氨基酸评分(Amino acid score, AAS)、化学评分(Chemical score, CS)和必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)^[24]。

AAS = 牡丹叶中氨基酸含量(mg/g 蛋白质)/FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量(mg/g 蛋白质) 式(1)

CS = 牡丹中叶氨基酸含量(mg/g 蛋白质)/鸡蛋白模式中同种氨基酸含量(mg/g 蛋白质) 式(2)

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{\text{苏氨酸}^I}{\text{苏氨酸}^*} \times \frac{\text{亮氨酸}^I}{\text{亮氨酸}^*} \dots \times \frac{\text{缬氨酸}^I}{\text{缬氨酸}^*}} \quad \text{式(3)}$$

1.2.4 矿物质元素含量的测定 矿物质元素中铜、锌、铁、锰、镁、钙的含量:采用火焰原子吸收光谱法测定^[25-30];硒元素含量:采用氢化物原子荧光光谱法测定^[31];钾元素含量:采用火焰发射光谱法测定^[32],各元素含量以干基计。

1.3 数据处理

试验检测至少3个平行样,结果以平均值±标准差的形式表示,使用Microsoft Excel 2007进行数据处理及图表制作,采用SPSS 19.0统计软件,计算出各营养成分含量的平均值以及标准差,并对试验数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 基本营养及活性成分分析

由表1可知,菏泽牡丹叶含有丰富的蛋白质、糖、总酚及维生素类物质,而脂肪、粗纤维、黄酮含量相对较低。牡丹叶基本营养成分中,蛋白质含量较高,平均含量为15.7%;其次为水分,平均含量为8.5%;而脂肪平均含量为4.6%,相对较少。牡丹叶活性成分中,可溶性糖的含量最高,平均含量为12.0 g/100 g;其次为总酚,平均含量为8.5%。与常用食品菠菜相比,牡丹叶脂肪及蛋白质含量较高而粗纤维、总黄酮、总酚以及维生素C含量较低;与新资源食品侧柏叶相比,牡丹叶蛋白质、总黄酮、总酚以及可溶性糖含量较高而脂肪及粗纤维含量相对较低。

不同产地牡丹叶样品中蛋白质含量差异显著($P < 0.05$),YC样品蛋白质含量最高,达到21.9%,CW最低为7.9%。牡丹叶活性成分中,不同产地总酚、可溶性糖以及维生素C含量差异显著($P < 0.05$),其中CW样品可溶性糖含量最高为12.7 g/100 g, CX样品总酚、维生素C含量最高,分别为9.8%与54.8 mg/100 g。总黄酮含量在1.2%~1.6%之间,差异相对较小。不同地区大部分营养成分含量差异明显,这可能与种植环境及种植技术有关,根据需要选择种植地区及规范化种植技术,有利于促进菏泽牡丹产业发展。

表1 菏泽不同产地牡丹叶与其它叶类食物营养成分含量

Table 1 Nutritional components in leaves of *Paeonia suffruticosa* from different regions in Heze and other leaves

种类	CX	CW	YC	牡丹叶 (均值)	菠菜 (脱水) ^[33]	侧柏叶 ^[34]
水分(%)	4.8±0.1 ^A	12.1±0.2 ^B	8.5±0.2 ^C	8.5	9.2	6.8
灰分(%)	9.0±0.1 ^A	5.7±0.1 ^B	6.3±0.1 ^C	7.0	8.1	9.6
脂肪(%)	4.6±0.1 ^A	4.4±0.0 ^A	4.9±0.0 ^B	4.6	0.6	6.9
蛋白质(%)	7.9±0.2 ^A	17.2±0.1 ^B	21.9±0.2 ^C	15.7	6.4	6.5
粗纤维(%)	6.6±0.1 ^A	7.7±0.2 ^B	7.6±0.2 ^B	7.3	12.7	46.9
总黄酮(%)	1.2±0.1 ^A	1.6±0.0 ^B	1.5±0.1 ^B	1.4	10.2	1.04
总酚(%)	9.8±0.1 ^A	8.1±0.1 ^B	7.5±0.2 ^C	8.5	13.3	2.1
可溶性糖(g/100 g)	12.0±0.2 ^A	12.7±0.2 ^B	11.4±0.1 ^C	12.0	—	6.9
维生素C(mg/100 g)	54.8±0.0 ^A	15.9±0.0 ^B	10.9±0.5 ^C	27.2	82.0	—

注:同行中具有相同字母的数值差异不显著($P>0.05$),具有不同字母的数值之间差异显著($P<0.05$);“—”表示未测定。

表2 菏泽不同产地牡丹叶脂肪酸组成及含量(%)

Table 2 Fatty acid composition and contents in leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr.from different regions in Heze(%)

脂肪酸	含量		
	CX	CW	YC
肉豆蔻酸	0.0075±0.0019 ^A	0.1440±0.0016 ^B	0.0043±0.0013 ^C
十六烷酸	0.0842±0.0012 ^A	0.1170±0.0023 ^B	0.1240±0.0025 ^C
硬脂酸	0.0131±0.0010 ^A	0.0113±0.0018 ^{AB}	0.0108±0.0015 ^B
油酸 [*]	0.0727±0.0013 ^A	0.0209±0.0021 ^B	0.0115±0.0014 ^C
亚油酸 [#]	0.0364±0.0044 ^A	0.1430±0.0052 ^B	0.2060±0.0023 ^C
α-亚麻酸 [#]	<0.0035±0.0023 ^A	<0.0038±0.0022 ^A	<0.0036±0.0043 ^A
UFA	0.1126	0.1677	0.2211
MUFA	0.0727	0.0209	0.0115
PUFA	0.0399	0.1468	0.2096
TFA	0.2106	0.4400	0.3602
UFA/TFA	53.4663	38.1136	61.3826
MUFA/TFA	34.5204	4.7500	3.1927
PUFA/TFA	18.9459	33.3636	58.1899

注:“*”为单不饱和脂肪酸;“#”为多不饱和脂肪酸;脂肪酸总量(total fatty acid,TFA);不饱和脂肪酸总量(total unsaturated fatty acid,UFA);单不饱和脂肪酸总量(total monounsaturated fatty acids,MUFA);多不饱和脂肪酸总量(total polyunsaturated fatty acids,PUFA);同行中具有相同字母的数值差异不显著($P>0.05$),具有不同字母的数值之间差异显著($P<0.05$),表3同。

2.2 脂肪酸、氨基酸组成及评价

2.2.1 脂肪酸成分分析 由表2可知,牡丹叶中脂肪酸总含量较低,不足1%,其中,3种不饱和脂肪酸(油酸、亚油酸和亚麻酸)的含量占总脂肪酸的50.98%(均值),单不饱和脂肪酸约占14.15%(均值),多不饱和脂肪酸约占36.83%(均值)。三个产地的牡丹叶脂肪酸的含量差异明显,CW牡丹叶的脂肪酸含量最高(0.4400%);YC牡丹叶不饱和脂肪酸含量最高(0.2211%)。单不饱和脂肪酸含量最高的来自CX(0.0727%),多不饱和脂肪酸最高的来自YC(0.2096%)。CX牡丹叶的MUFA/TFA值最高,为34.5204%,YC牡丹叶的UFA/TFA值、PUFA/TFA值最高,为61.3826%、58.1899%。

单不饱和脂肪酸具有预防代谢综合征及心脑血管疾病的作用^[35],多不饱和脂肪酸具有调节机体的脂代谢、改善机体免疫功能、抵抗癌症等作用^[36]。此外,牡丹叶中含有的亚油酸和α-亚麻酸两种人体必需脂肪酸用来合成其它脂肪酸,是人体不可缺少的

营养成分。因此,YC产牡丹叶脂肪酸中不饱和脂肪酸含量最高,质量最好。

2.2.2 氨基酸成分分析 氨基酸分析结果见表3,牡丹叶中18种氨基酸平均含量为14.14 g/100 g,其中必需氨基酸平均含量为5.5 g/100 g,占氨基酸总量的38.9%。其EAA/TAA分别为38.2%、38.5%、39.5%,EAA/NEAA分别为61.9%、62.6%、65.3%。与FAO/WHO推荐质量较高的蛋白质其理想模式(EAA/TAA比值为40%左右、EAA/NEAA的比值大于60%)相符^[37]。因此,牡丹叶氨基酸构成比例合理,其蛋白质质量较好。牡丹叶中谷氨酸、赖氨酸含量较高,其中赖氨酸属于日常主食缺乏的氨基酸之一,尤其在婴幼儿及孕妇营养食品中应用广泛^[38]。经过对比分析发现,三个产地牡丹叶氨基酸总量和组成存在较大差异,其中YC的氨基酸总量(20.28 g/100 g)、必需氨基酸(8.01 g/100 g)、谷氨酸(2.77 g/100 g)、赖氨酸(1.69 g/100 g)含量均为最高,且其药用氨基酸含量均高于其他两个产地,为12.61 g/100 g,蛋白质质

表3 菏泽不同产地牡丹叶氨基酸组成及含量

Table 3 Amino acids composition and contents in leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr.from different regions in Heze

氨基酸	含量(g/100 g)		
	CX	CW	YC
天门冬氨酸(Asp) [#]	0.53 ± 0.06 ^A	1.44 ± 0.12 ^B	1.89 ± 0.08 ^C
谷氨酸(Glu) [#]	0.83 ± 0.04 ^A	2.12 ± 0.03 ^B	2.77 ± 0.02 ^C
丝氨酸(Ser)	0.45 ± 0.03 ^A	0.68 ± 0.04 ^B	1.02 ± 0.03 ^C
甘氨酸(Gly) [#]	0.55 ± 0.09 ^A	0.82 ± 0.07 ^B	1.26 ± 0.11 ^C
组氨酸(His)	0.11 ± 0.01 ^A	0.38 ± 0.05 ^B	0.48 ± 0.04 ^B
精氨酸(Arg) [#]	0.35 ± 0.05 ^A	0.84 ± 0.03 ^B	1.26 ± 0.03 ^C
苏氨酸(Thr) [*]	0.40 ± 0.14 ^A	0.90 ± 0.12 ^B	1.10 ± 0.13 ^B
丙氨酸(Ala)	0.50 ± 0.06 ^A	0.92 ± 0.05 ^B	1.36 ± 0.07 ^C
脯氨酸(Pro)	0.53 ± 0.14 ^A	1.60 ± 0.15 ^B	1.42 ± 0.13 ^B
酪氨酸(Tyr) [#]	0.34 ± 0.03 ^A	0.57 ± 0.01 ^B	0.77 ± 0.03 ^B
缬氨酸(Val) [*]	0.39 ± 0.06 ^A	0.80 ± 0.05 ^B	1.09 ± 0.13 ^C
蛋氨酸(Met) ^{*#}	0.09 ± 0.03 ^{AB}	0.07 ± 0.04 ^A	0.10 ± 0.02 ^B
胱氨酸(Cys)	0.06 ± 0.04 ^A	0.02 ± 0.01 ^B	0.04 ± 0.05 ^{AB}
异亮氨酸(Ile) [*]	0.29 ± 0.14 ^A	0.57 ± 0.12 ^B	0.81 ± 0.16 ^C
亮氨酸(Leu) ^{*#}	0.62 ± 0.13 ^A	1.25 ± 0.22 ^B	1.75 ± 0.14 ^C
苯丙氨酸(Phe) ^{*#}	0.36 ± 0.05 ^A	0.81 ± 0.02 ^B	1.12 ± 0.03 ^C
赖氨酸(Lys) ^{*#}	0.39 ± 0.02 ^A	1.17 ± 0.06 ^B	1.69 ± 0.04 ^C
色氨酸(Trp) [*]	0.09 ± 0.01 ^A	0.31 ± 0.04 ^B	0.35 ± 0.02 ^C
EAA	2.63	5.88	8.01
NEAA	4.25	9.39	12.27
TAA	6.88	15.27	20.28
药用氨基酸	4.06	9.09	12.61

注：“*”为人体必需氨基酸，“#”为药效氨基酸；氨基酸总量(total amino acids,TAA)；非必需氨基酸总量(total non-essential amino acid,NEAA)；必需氨基酸总量(total essential amino acid,EAA)。

表4 菏泽不同产地牡丹叶必需氨基酸评价

Table 4 Evaluation of essential amino acids in leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr.from different regions in Heze

必需氨基酸	氨基酸/蛋白质(mg/g)			CS(全鸡蛋白模式)		
	CX	CW	YC	CX	CW	YC
苏氨酸(Thr)	48.10	45.93	46.12	1.02	0.98	0.98
缬氨酸(Val)	46.83	40.70	45.66	0.71	0.62	0.69
异亮氨酸(Ile)	35.44	29.07	33.79	0.66	0.54	0.63
亮氨酸(Leu)	74.68	63.95	73.06	0.87	0.74	0.85
赖氨酸(Lys)	46.83	59.88	70.78	0.67	0.86	1.01
色氨酸(Trp)	11.39	15.70	14.61	0.67	0.92	0.86
蛋氨酸+半胱氨酸(Met+Cys)	18.98	4.65	5.94	0.33	0.08	0.10
苯丙氨酸+酪氨酸(Phe+Tyr)	83.55	70.35	78.54	0.90	0.76	0.84
EAAI	0.69	0.72	0.79			

注:EAAI为必需氨基酸指数。

量最好,较适合应用到婴幼儿及孕妇营养食品中。
药用氨基酸是指一般植物中含量少,有些人体中不能合成且又是维持机体氮平衡所必需的氨基酸,包括天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、精氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸9种(见表3)^[39]。三个产地牡丹叶样品中药用氨基酸的平均含量为8.59 g/100 g,占氨基酸总量的60.7%,不同产地含量差异明显,其中YC药用氨基酸含量最高,其药用价值最好。在这些氨基酸中,谷氨酸含量最高,其次为亮氨酸。谷氨酸及其衍生物在神经发育、嗅觉

记忆、控制肿瘤细胞转移等方面发挥了广泛的生理作用^[40]。牡丹叶中药用氨基酸占总氨基酸含量较高,因此,它可以作为药用氨基酸的食物来源之一。
2.2.3 氨基酸评价 食品中必需氨基酸的种类、含量及组成决定了蛋白质营养价值的高低,当必需氨基酸组成与人体所需要的模式相符即氨基酸评分越接近100%时,食物中蛋白质能够完全吸收,其营养价值最高。按全鸡蛋标准计算氨基酸评分结果见表4。由必需氨基酸的化学评分可知,三个产地牡丹叶样品中,在全鸡蛋白模式下第一限制氨基酸均为含

硫氨基酸(蛋氨酸+半胱氨酸)。除赖氨酸与含硫氨基酸外,不同产地之间其余氨基酸评分差别较小,YC样品赖氨酸评分最高达到1.01,CX样品则为0.67。三个产地牡丹叶样品除第一限制氨基酸外,其余必需氨基酸化学评分在0.63~1.02之间,表明牡丹叶氨基酸具有一定的营养价值。

必需氨基酸指数是蛋白质中各种必需氨基酸含量与标准蛋白质中相应的氨基酸含量之比的加权平均值,因此常用EAAI来评价蛋白源的营养价值。具体评价标准为:当评价氨基酸个数在6~12时,优质蛋白源EAAI>0.9,良好蛋白源0.85<EAAI≤0.95为,可用蛋白源0.75≤EAAI≤0.86,不适蛋白源EAAI<0.75^[41]。三个不同产地的菏泽牡丹叶氨基酸EAAI分别为0.69、0.72、0.79,除了YC的EAAI大于0.75为可用蛋白源以外,其他两个产地的牡丹叶的EAAI均小于0.75为不适蛋白源。

根据WHO成人模式计算其氨基酸评分,结果如图1A所示,在成人模式下,三个产地牡丹叶样品的第一限制氨基酸均为含硫氨基酸(蛋氨酸+半胱氨酸)。除CX牡丹叶蛋氨酸+半胱氨酸的氨基酸评分为95%,接近人体需求(100%)外,其余必需氨基酸的氨基酸评分均在190%~437%。因此,三个产地中CX牡丹叶更符合成人需要,但是综合来看相对于成人营养价值不高。

据2007年世界卫生组织推荐的氨基酸模式(11~14岁需要量)对氨基酸进行评价,结果如图1B所示。三个产地牡丹叶的第一限制氨基酸与成人模式相同,为蛋氨酸+半胱氨酸。所有必需氨基酸中,CX牡丹叶的赖氨酸,CW牡丹叶的异亮氨酸、缬氨酸、亮氨酸的氨基酸评分接近11~14岁儿童需要,分别为98%、97%、102%、107%,营养价值高。相比之下,CW、CX牡丹叶比YC牡丹叶更符合儿童蛋白质需要,在将其开发利用为儿童食品时,可搭配富含蛋氨酸与半胱氨酸食物如豆制品、瘦肉、核桃等,以提高其营养价值。

综合三种模式的氨基酸评价结果发现,三个产地的牡丹叶的第一制氨基酸均为蛋氨酸+半胱氨酸。鸡蛋蛋白模式下,除了YC牡丹叶氨基酸为可用蛋

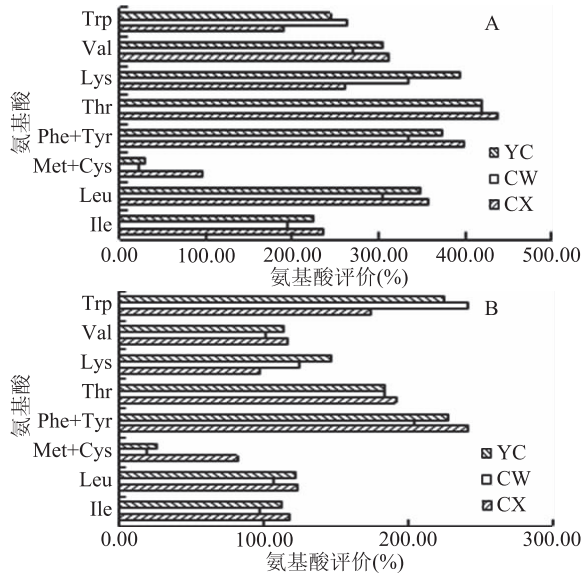


图1 菏泽不同产地牡丹叶的成人需要量(A)和11~14岁需要量(B)的氨基酸评价

Fig.1 Amino acid evaluation of leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr.from different regions in Heze for the requirements of adult (A) and 11~14 year-old (B) population
白源以外,其他两个产地的牡丹叶均为不适蛋白源。成人模式中,CX牡丹叶氨基酸更符合成人需要,但是相对于成人营养价值不高。11~14岁儿童模式中,CW、CX牡丹叶更符合儿童需要。综合三个产地结果分析,与成人相比,牡丹叶氨基酸更适合11~14岁儿童蛋白质需要。

2.3 矿物质元素组成及含量分析

由表5可知,牡丹叶中常量矿物质元素钙的含量最高,达到13933.33 mg/kg(均值),其次是钾,为10366.67 mg/kg(均值)。这说明牡丹叶含有丰富的钙元素,钙是人体中最重要的矿物元素,它不仅是人体骨骼和牙齿的重要成分,并且参与人体多项生命活动,维持新陈代谢^[41]。钾在机体内不仅能维持机体生理功能,还能调节机体免疫作用。牡丹叶中还含有较多的镁元素,为5570.00 mg/kg(均值),镁与钙一样,是构成人体骨骼和牙齿的成分之一,它在人体中还参与能量和大分子物质的代谢、遗传信息的

表5 菏泽不同产地牡丹叶矿物元素组成及含量(mg/kg)

Table 5 Composition and content of mineral elements in leaves of *Paeonia suffruticosa* Andr. from different regions in Heze(mg/kg)

矿物质元素		含量			牡丹叶(均值)
		CX	CW	YC	
常量元素	镁	4770.00 ± 45.64	5150.00 ± 50.35	6790.00 ± 57.24	5570.00
	钙	15100.00 ± 368.48	12400.00 ± 284.53	14300.00 ± 328.46	13933.33
	钾	6700.00 ± 63.78	12700.00 ± 58.46	11700.00 ± 47.35	10366.67
	钠	57.10 ± 2.16	58.20 ± 4.68	53.90 ± 2.94	56.40
	铜	1.97 ± 0.05	6.72 ± 0.14	8.76 ± 0.15	5.82
微量元素	锌	7.92 ± 0.24	26.40 ± 0.18	35.70 ± 0.23	23.34
	铁	172.00 ± 7.33	312.00 ± 10.12	226.00 ± 9.24	236.67
	锰	8.58 ± 0.17	27.30 ± 0.23	28.80 ± 0.26	21.56
	硒	0.11 ± 0.02	0.03 ± 0.01 ^A	0.03 ± 0.02 ^A	0.06

注:数值后标^A 差异不显著($P>0.05$),其它均差异显著($P<0.05$)。

传递和表达以及抗衰老、抗癌防癌的作用^[42]。相比之下,牡丹叶中的钠元素含量较低,为 56.40 mg/kg (均值),钠在机体内参与腺苷三磷酸的产生和利用、肌肉运动、能量代谢以及糖代谢等。不同产地之间各矿物质含量差异较大,与其他两个产地相比,CX 的钙含量(15.10 g/kg)最高;CW 的钾(12.70 g/kg)、钠(58.20 mg/kg)含量最高;YC 的镁含量(6.79 g/kg)最高。

牡丹叶中含有铁、铜、锰、锌、硒等微量元素。其中含量最高的为铁,在 172.00~312.00 mg/kg,铁作为人体必需的微量元素之一,是血红蛋白、肌红蛋白以及多种氧化代谢酶的重要组成成分,参与体内氧气的运输^[43]。牡丹叶中含有微量元素硒,虽然其含量较低,为 0.06 mg/kg (均值),但是硒在人体生命活动中不可或缺。现代研究表明,硒元素具有抗氧化、免疫调节、心血管疾病的预防、抗病毒、抗衰老等诸多功能^[44]。铁、铜、锰、锌作为第四周期微量元素,由于其理化性质相似,当锌/铜大于 10 及锌/铁大于 1 时,其生物学功能通常发生拮抗现象^[45]。三个产地的牡丹叶锌/铜比值分别为 4.02、3.93、4.08;其锌/铁比值分别为 0.046、0.085、0.158。由此可知,牡丹叶的锌铜比、锌铁比均合理,说明牡丹叶中的微量元素易于被人体吸收。牡丹叶不同产地之间微量元素含量同样差异较大,与其他两个产地相比,CW 的铁含量(312.00 mg/kg)最高;YC 的锌(35.70 mg/kg)、锰(28.80 mg/kg)以及铜(8.76 mg/kg)含量最高;CX 的硒(0.11 mg/kg)含量最高。

3 结论

通过对牡丹叶的营养及活性成分的分析发现,牡丹叶中营养元素种类齐全、含量丰富,在符合现代人们高蛋白、低脂肪、减少摄入能量的同时能够增加宏量元素的需求。菏泽不同产地牡丹叶中的营养及活性成分含量呈现明显的差异性,其中 YC 牡丹叶中蛋白质(21.9%)、氨基酸(20.28 g/100 g)、镁(6.79 g/kg)含量均高于其他两个产地;CW 牡丹叶中可溶性糖(12.7 g/100 g)、总黄酮(1.6%)、脂肪酸(0.4400%)、钾(12.70 g/kg)及铁(312.00 mg/kg)含量均高于其他两个产地;CX 牡丹叶的总酚(9.8%)、维生素 C(54.8 mg/100 g)、钙(15.10 g/kg)含量均高于其他两个产地,这可能与当地的种植环境及种植技术有关。三个产地的牡丹叶氨基酸构成均与 FAO/WHO 推荐模式相符,比例合理,具有较高的营养价值,适合 11~14 岁儿童需要,可开发为儿童食品的重要原料。牡丹叶有较高的营养价值和食用价值,但是不同产地牡丹叶营养及活性成分呈现出一定差异性,因此可根据开发产品的需求选择原料产地,从而开发得到高品质的功能性新资源食品。

参考文献

[1] 陈平平. 中国牡丹的科学价值和经济、文化意义[J]. 南京师范专科学校学报, 1998, 14(4): 27-34.
[2] 常雪, 盛寅生, 张俊杰, 等. 油料牡丹栽培和籽油加工研究进展[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(1): 13-16.

[3] Jinhua L, Gang K, Xiaohu C, et al. Identification of chemical composition of leaves and flowers from *Paeonia rockii* by UHPLC-Q-Exactive Orbitrap HRMS[J]. *Molecules*, 2016, 21(7): 947-954.
[4] Dan-Dan Z, Li-Li J, Hong-Yi L, et al. Chemical components and pharmacological activities of terpene natural products from the genus *Paeonia*[J]. *Molecules*, 2016, 21(10): 1362-1375.
[5] Gaoming L, Jie L, Tao Z, et al. Comparative chemical profiles of essential oils and hydrolate extracts from fresh flowers of eight *Paeonia suffruticosa* Andr. cultivars from central China[J]. *Molecules*, 2018, 23(12): 3268.
[6] Huifang Z, Xiaofang L, Ke W, et al. Antioxidant activities and chemical constituents of flavonoids from the flower of *Paeonia ostii*[J]. *Molecules*, 2016, 22(1): 5-19.
[7] Yujie L, Wenjuan L, Man Z, et al. The screening research of NF- κ B inhibitors from moutan cortex based on bioactivity-integrated UPLC-Q/TOF-MS[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2019: 6150357.
[8] Ming L, Shi-Yun T, Xiao-Fan W. Paeonol exerts an anticancer effect on human colorectal cancer cells through inhibition of PGE₂ synthesis and COX-2 expression[J]. *Oncology Reports*, 2014, 32(6): 2845-2853.
[9] Gao Y, He C. Anti-proliferative and anti-metastasis effects of ten oligostilbenes from the seeds of *Paeonia suffruticosa* on human cancer cells[J]. *Oncology Letters*, 2017, 13(6): 4371-4377.
[10] Qin D, Wu C, Zhang M, et al. The attenuation of moutan cortex on oxidative stress for renal injury in AGEs-induced mesangial cell dysfunction and streptozotocin-induced diabetic nephropathy rats[J]. *Oxidative Medicine & Cellular Longevity*, 2015, 2014(1): 463815.
[11] Li L, Yating Q, Chen C, et al. Beneficial effects exerted by paeonol in the management of atherosclerosis[J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018, 2018(4): 1-11.
[12] 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. GB/T 5009.3-2016 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
[13] 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. GB/T 5009.4-2016 食品中灰分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
[14] 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. GB/T 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
[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. GB/T 5009.6-2016 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
[16] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.10-2003 植物类食品中粗纤维的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
[17] 裴咏萍, 李维林, 张涵庆. 三氯化铝比色法测定中药中总黄酮含量的方法改进[J]. 现代中药研究与实践, 2009, 23(4): 58-60.
[18] Okmen B, Sigva H O, Mutlu S, et al. Total antioxidant activity and total phenolic contents in different Turkish eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars[J]. *International Journal of Food Properties*, 2009, 12(3): 616-624.

- [19] Leyva A, Quintana A, Meily Sánchez, et al. Rapid and sensitive anthrone-sulfuric acid assay in microplate format to quantify carbohydrate in biopharmaceutical products: Method development and validation [J]. Biologicals, 2008, 36 (2): 134-141.
- [20] 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. GB 5009.86-2016 食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [21] 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. GB/T 5009.168-2016 食品中脂肪酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [22] 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. GB/T 5009.124-2016 食品中氨基酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [23] FAO/WHO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation[M]. WHO Technical Report Series, 2007.
- [24] 赵新淮, 徐红华, 姜毓君. 食品蛋白质食物-结构、性质与功能[M]. 第一版. 北京: 科学出版社, 2009.
- [25] 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. GB 5009.13-2017 食品中铜的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [26] 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. GB 5009.14-2017 食品中锌的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [27] 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. GB 5009.90-2016 食品中铁的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [28] 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. GB 5009.242-2017 食品中锰的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [29] 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. GB 5009.241-2017 食品中镁的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [30] 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. GB 5009.92-2016 食品中钙的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [31] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品

(上接第 225 页)

- [14] 张玉玉, 宋弋, 李全宏. 食品中糠醛和 5-羟甲基糠醛的产生机理、含量检测及安全性评价研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(5): 275-280.
- [15] Capuano E, Ferrigno A, Acampa I, et al. Characterization of the Maillard reaction in bread crisps[J]. European Food Research and Technology, 2008, 228(2): 311-319.
- [16] 张敏, 苗菁, 苏慧敏, 等. 不同品种稻米的米饭风味分析[J]. 食品科学, 2017, 38(16): 110-114.
- [17] Du M, Ahn D U. Volatile substances of Chinese traditional Jinhua ham and Cantonese sausage[J]. Journal of Food Science, 2001, 66(6): 827-831.
- [18] 香叶基丙酮[J]. 技术与市场, 2000(2): 23-23.
- [19] 张晓珊, 吕世懂, 刘伦, 等. 顶空固相微萃取与气相色谱-质谱法分析月光白茶香气成分[J]. 云南大学学报: 自然科学

- 版, 2014, 36(5): 740-749.
- [20] 刘玲. 普洱茶特征风味成分分析[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [21] 王晓华, 赵保翠, 杨兴章, 等. 美拉德反应与食品风味[J]. 肉类研究, 2006, 20(5): 26-28.
- [22] 王小平, 刘刚, 雷激, 等. 麸皮茶工艺研究及风味成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(8): 154-159.
- [23] 刘晓君. 炒籽对花生油风味和品质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
- [24] 董立涛. 麦芽酚、乙基麦芽酚及其在食品工业中的应用[J]. 食品工业, 1990(6): 36-38.
- [25] 崔琳琳, 赵桑, 周一鸣, 等. 基于 GC-MS 和电子鼻技术的大米挥发性风味成分分析[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(12): 134-141.
- 药品监督管理总局. GB 5009.93-2017 食品中硒的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [32] 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. GB 5009.91-2017 食品中钾、钠的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [33] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌, 等. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2018.
- [34] 杨月欣. 中国功能食品原料基本成分数据表[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
- [35] Gillingham L G, Harris - Janz S, Jones P J H. Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors [J]. Lipids, 2011, 46(3): 209-228.
- [36] Navarini L, Afeltra A, Afflitto G G, et al. Polyunsaturated fatty acids; any role in rheumatoid arthritis? [J]. Lipids in Health & Disease, 2017, 16(1): 197.
- [37] 戚敏, 杨秀娟, 陶琳丽, 等. 菲牛蛭营养成分分析与评价[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(21): 179-185.
- [38] 胡广甫. 杂粮谷物营养成分分析及杂粮复合营养面条预混合粉研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2018.
- [39] 马长中, 罗章, 辜雪冬. 林芝砖红绒盖肝菌的营养成分分析及评价[J]. 食品科学, 2016, 37(24): 124-129.
- [40] 张慧, 解柔刚. 谷氨酸在调控胃癌细胞侵袭转移中的作用[J]. 现代肿瘤医学, 2019, 27(7): 1109-1113.
- [41] 江洪涛, 马斌, 毕娜, 等. 林芝手掌参营养成分分析与评价[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(22): 135-140.
- [42] 魏艳敏. 牛乳中钠、钾、钙、镁元素含量测定的研究[J]. 中国乳业, 2016, 180(12): 59-61.
- [43] Kralik G, Kralik Z. Poultry products enriched with nutrices have beneficial effects on human health [J]. Medicinski Glasnik, 2017, 14(1): 1-7.
- [44] Ning W, Hor - Yue T, Sha L, et al. Supplementation of micronutrient selenium in metabolic diseases: Its role as an antioxidant [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2017, 2017(6): 1-13.
- [45] 蒲德成, 苏胜齐, 姚维志, 等. 云南盘鮈肌肉营养成分分析与营养评价[J]. 食品科学, 2015, 36(10): 129-133.