

霍山石斛和铁皮石斛干花成分含量和抗氧化性的比较

张珍林^{1,2,3}, 闵运江¹, 黄仁术¹, 刘莉彬¹, 陈乃富^{1*}

¹皖西学院生物与制药工程学院;²植物细胞工程安徽省工程技术研究中心;

³安徽省中药资源保护与持续利用工程实验室,六安 237012

摘要:探究同一生长条件下2种石斛干花所含主要成分的种类和含量,并评价成分的抗氧化作用。用国标法检测两种石斛干花的主要成分,用清除 DPPH 和铁氰化钾还原法研究成分的抗氧化性。霍山石斛干花粗蛋白、维生素 C、单宁、总酸、多酚、黄酮含量与铁皮石斛干花的差异显著($P < 0.05$),粗多糖、粗脂肪含量与铁皮石斛干花差异不显著($P > 0.05$),两种石斛干花均含有 17 种常见氨基酸,其中霍山石斛干花必需氨基酸含量显著高于铁皮石斛干花,两种石斛干花提取液都具有一定的抗氧化性,以霍山石斛干花提取液的抗氧化性表现较强。霍山石斛干花有很高的营养价值和抗氧化性,更具备新食品研究开发和应用价值。

关键词:石斛干花;化学成分;抗氧化活性;分析比较

中图分类号:Q502

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2020)7-1104-08

DOI:10.16333/j.1001-6880.2020.7.003

Comparison of dried *Dendrobium huoshanense* and *D. officinale* in component content and antioxidant activity

ZHANG Zhen-lin^{1,2,3}, MIN Yun-jiang¹, HUANG Ren-shu¹, LIU Li-bing¹, CHEN Nai-fu^{1*}

¹College of Biotechnology and Pharmaceutical Engineering, West Anhui University, China;

²West Anhui Biotechnology Research Center of Natural Medicine and Traditional Chinese Medicine, West Anhui University;

³Anhui Engineering Laboratory for Conservation and Sustainable Utilization of Traditional Chinese Medicine Resources, Luan 237012, China

Abstract:To explore the types and contents of the main components of two species of dried *Dendrobium* under the same growth conditions and evaluate the antioxidant effect of these components. The main components of dried *D. huoshanense* and *D. officinale* were detected according to the national standards, and the antioxidant activity of these components was examined through removal of DPPH and reduction of potassium ferricyanide. Crude protein, vitamin C, tannin, total acid, polyphenol and flavonoid contents of dried *D. huoshanense* were significantly different from those of dried *D. officinale* ($P < 0.05$), while crude polysaccharide and crude fat contents of dried *D. huoshanense* were not significantly different from those of dried *D. officinale* ($P > 0.05$); 17 common amino acids were found in both dried *Dendrobium* species, but dried *D. huoshanense* had a markedly higher essential amino acid content than dried *D. officinale*; both dried *Dendrobium* extracts demonstrated certain antioxidant activity, with dried *D. huoshanense* out performing dried *D. officinale*. Dried *D. huoshanense* has high nutritional value and antioxidant activity, which is worthy of research, development and application as a new food.

Key words: *Dendrobium* dried flower; chemical composition; antioxidant activity; analytic comparison

石斛是一种多年生草本中药,其中安徽霍山是兰科植物石斛属产地之一,位于大别山区北方^[1]。安徽霍山产石斛种类虽多,但主要以霍山石斛和铁

皮石斛两种为主产,每年4~5月份或10月份是霍山石斛的花期,5~7月份或10~11月份是铁皮石斛的花期,两种石斛花期均较短。

目前研究并开发石斛的药、食、赏价值已经很成熟,但花作为石斛的一大亮点,在研究、开发利用上并没有得到很好的发展。近几年关于石斛花的文献报道,总结有以下几个方面,研究石斛花的物质成分

收稿日期:2020-03-24 接受日期:2020-06-22

基金项目:安徽省自然科学基金(KJ2018A0420, KJ2018A0413, KJ2017A407);皖西学院国家级大学生创新训练计划(201910376058)

*通信作者 Tel:86-564-3305073; E-mail:cnf505@126.com

及抗氧化性,如:Miao等^[2]关于超声-醋酸法提取铁皮石斛花总黄酮及其体外抗氧化性的研究报道;Zhang^[3]、Liang^[4]等关于石斛花多糖、黄酮以及药理学研究报道;研究加工条件对石斛花品质的影响,如:Zhang等^[5]关于石斛花鼓风干燥机理和感官品质变化规律的研究报道;研究石斛花的挥发性成分,如:Lyu等^[6]对11个铁皮石斛杂交系鲜花的挥发性成分分析,Qu等^[7]关于四种石斛花氨基酸和挥发性成分比较研究。可见,对石斛花的基础研究存在一些,但并不全面,而从上述文献了解,石斛花是具备成为新型食品功能因子来源的潜力,伴随着人们对抗氧化性物质与健康的关系认识的发展,对石斛花进行深加工产品的研究值得关注。

所以,结合前期对石斛干花干制条件的摸索和研究^[5],依托霍山石斛干制技术规程的制定,本研究进行了霍山产两种主要石斛花的营养成分、活性成分以及抗氧化性的分析比较。本试验以霍山主产的霍山石斛干花和铁皮石斛干花为原料,根据测定营养成分(蛋白质、氨基酸、维生素C、脂肪、总酸、多糖)、次生代谢物(多酚、黄酮、单宁)、两种石斛干花醇提液的抗氧化性进行分析研究。为充实石斛干花的深加工产品,建立完善石斛干花营养品质评价体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 原料

实验材料为2018年5月初开始,分批次采自安徽省霍山县国家基本药物所霍山石斛原种基地,鲜花均来自根系生长3年的石斛,霍山石斛鲜花5月初(每日清晨)采收,铁皮石斛鲜花6月初(每日清晨)采收,去杂,摊晾,远红外鼓风干制,-20℃保藏,每次按统计学概率取样。经笔者陈乃富教授鉴定分别为霍山石斛 *Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. J. Cheng、铁皮石斛 *Dendrobium officinale* Kimura et Migo 的花。

1.1.2 仪器

数控超声波清洗器(KQ300DE型昆山市超声仪器有限公司);电子天平((FA1204B上海越平科技有限公司);高速万能粉碎机(FW100型天津市泰斯特仪器有限公司);紫外可见分光光度计(UV2100型尤尼柯上海仪器有限公司);旋转蒸发器(天津市纽森科技有限公司);氨基酸自动分析仪(L8900型日本日立公司)。

1.2 方法

1.2.1 石斛干花营养成分分析方法

蛋白质含量测定,采用凯氏定氮法;维生素C含量测定,采用2,6-二氯靛酚滴定法;总酸含量测定,采用pH电位法;粗脂肪含量测定,采用索氏抽提法;粗多糖含量测定,采用硫酸-苯酚法。

1.2.2 石斛干花活性成分分析方法

总多酚含量测定,采用酒石酸亚铁比色法。

单宁含量测定,参照Zhao等^[8]的方法并稍作修改;分别准确称取5.000g干花粉,用80mL水洗入100mL容量瓶中,放入沸水浴中提取30min,取出、冷却、定容,吸取2.0mL样品提取液,离心4min(8000rpm),上清液备用。

总黄酮含量测定,参照Chang等^[9]的方法并稍作修改;分别准确称取5.000g石斛干花粉末于滤纸包中放入蒸馏瓶中,加入相应浓度的乙醇溶液,开始热回流提取,平行提取三次,将每次的收集液置于250mL容量瓶中,最后用乙醇溶液定容至刻度,离心取上层清液备用。

1.2.3 石斛干花氨基酸含量测定与评价

氨基酸含量测定,参照Liu等^[10]的方法并稍作修改;分别准确称取5.000g两种石斛干花粉,加入5mL4%磺基水杨酸超声30min,离心30min(12000rpm),取上清液备用;联合L8900日立氨基酸自动分析仪对试样中的17种氨基酸成分进行分析测定。

根据测定的氨基酸含量进行该样品的评价分析,参照Wei等^[11]的计算方法;根据测定的氨基酸含量分别进行氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)、必需氨基酸指数(EAAI)分析。

1.2.4 石斛干花抗氧化性测定方法

DPPH自由基清除能力测定参照Sarker等^[12]的方法并稍作修改。分别准确称取5.000g已过260目筛的两种石斛干花粉置于装有40mL浓度70%的乙醇溶液的圆底烧瓶中,热回流提取2h,提取3次,每次所得提取液于250mL容量瓶中,再用70%乙醇定容至刻度线,摇匀备用,以无水乙醇为空白,于517nm处测定吸光度,同时以V_c标准品作为对照,随后进行DPPH自由基清除能力的测试。清除率计算公式:清除率=[1-(A₂-A₁)/A₀]×100%。

式中:A₀:DPPH溶液和乙醇的吸光值;A₁:乙醇与各浓度待测液的吸光值;A₂:DPPH与各浓度待测液的吸光值。

铁氰化钾还原力测定参照Choochote等^[13]的方法并稍作修改,获取提取液方法同上,,以水为空白,

V_C 为阳性对照,于 700 nm 测定吸光度,随后进行铁氰化钾还原力测试。

1.2.5 数据分析

所有数据均采用 SPSS17.0 软件进行统计学分析,所有实验均重复测定 3 次;通过单因素方差分析 (one-way ANOVA) 对平均值、标准差及化学组分和抗氧化性间的相关性进行显著性比较, $P < 0.05$ 表明具有差异,处理结果有显著差异出现,组间的平均值显著性再进行 Duncan 多重比较;每组数据均使用平均数 \pm 相对平均标准差表示。

2 结果与分析

2.1 石斛干花营养成分含量和活性成分含量

安徽霍山产霍山石斛干花和铁皮石斛干花的营

表 1 石斛干花的营养成分含量和活性成分含量

Table 1 Content of nutrients and active ingredients in dried flower of *Dendrobium*

项目 Project	成分 Component	霍山石斛干花 <i>D. huoshanense</i> (mg/g)	铁皮石斛干花 <i>D. officinale</i> (mg/g)	<i>P</i>
营养成分 Nutrient component	粗蛋白 Crude protein	119.400 \pm 0.533	89.400 \pm 0.733	0.037
	维生素 C Vitamin C	5.620 \pm 0.173	1.650 \pm 0.133	0.029
	总酸 Total acid	5.430 \pm 0.127	2.160 \pm 0.140	0.015
	粗脂肪 Crude fat	220.100 \pm 1.867	220.200 \pm 0.489	0.999
	粗多糖 Crude polysaccharide	386.000 \pm 1.667	376.500 \pm 2.600	0.960
活性成分 Active component	单宁 Tannin	168.200 \pm 0.867	87.800 \pm 0.867	0.025
	总多酚 Total polyphenols	28.820 \pm 0.667	8.690 \pm 0.533	0.029
	总黄酮 Total flavonoids	8.820 \pm 0.06	1.660 \pm 0.060	0.045

2.2 石斛干花氨基酸组成成分分析

2.2.1 石斛干花氨基酸组成成分

霍山产两种石斛干花的氨基酸测定结果统计见表 2,两种石斛干花中常见氨基酸种类全面,均检测出 17 种氨基酸,两者氨基酸含量相比,霍山石斛干花略高于铁皮石斛干花,其中,两种花中酪氨酸含量

养成分含量和活性成分含量结果见表 1。通过表 1 可得到,霍山石斛干花的维生素 C、粗多糖、粗蛋白、单宁、总酸的含量均高于铁皮石斛干花,而粗脂肪含量略低于铁皮石斛干花。从营养性角度来看,霍山石斛干花比铁皮石斛干花更适合作为人补充维生素 C 和蛋白质的良好来源。从功能性角度来看,霍山石斛干花多酚、黄酮、单宁含量上均高于铁皮石斛干花,且霍山石斛干花中单宁的含量比铁皮石斛干花高 33.6%,预测霍山石斛干花的抗氧化功效高于铁皮石斛干花。霍山石斛干花除粗脂肪和粗多糖含量与铁皮石斛干花无差异 ($P > 0.05$),其余成分两种石斛干花均是差异显著 ($P < 0.05$)。

都为最高。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质其 EAA/TAA 为 0.40 左右,EAA/NEAA 在 0.60 以上,由此可见,霍山石斛干花比铁皮石斛干花更符合 FAO/WHO 的理想模式,表明其氨基酸营养价值高于铁皮石斛干花。

表 2 石斛干花的氨基酸含量

Table 2 Content of amino acids in dried flower of *Dendrobium* (mg/100 g)

项目 Project	氨基酸 Amino acid	霍山石斛干花 <i>D. huoshanense</i>	铁皮石斛干花 <i>D. officinale</i>
必需氨基酸 Essential amino acid (EAA)	苏氨酸 Thr	36.56	38.76
	缬氨酸 Val	27.67	23.76
	蛋氨酸 Met	51.43	37.25
	异亮氨酸 Ile	19.78	17.54
	亮氨酸 Leu	36.45	39.54
	苯丙氨酸 Phe	46.56	33.21
	赖氨酸 Lys	34.54	16.78

续表 2(Continued Tab. 2)

项目 Project	氨基酸 Amino acid	霍山石斛干花 <i>D. huoshanense</i>	铁皮石斛干花 <i>D. officinale</i>
半必需氨基酸 Semiessential amino acid(SEAA)	精氨酸 Arg	46.76	48.56
	组氨酸 His	11.32	16.65
	丝氨酸 Ser	38.67	29.87
	谷氨酸 Glu	36.65	87.45
	甘氨酸 Gly	13.43	7.56
非必需氨基酸 Nonessential amino acid(NEAA)	丙氨酸 Ala	43.21	53.67
	半胱氨酸 Cys	4.37	3.68
	天冬氨酸 Asp	36.21	30.03
	酪氨酸 Tyr	70.13	65.21
	脯氨酸 Pro	38.65	15.46
	总氨基酸 Total amino acid(TAA)		592.39
EAA/NEAA		0.8992	0.7061
EAA/TAA		0.4271	0.3661

2.2.2 石斛干花氨基酸组成成分分析

根据表 2 霍山石斛干花和铁皮石斛干花氨基酸含量结果,知道霍山产两种石斛干花均含有人体必需氨基酸,依据 WHO 提议的必需氨基酸成人摄取模式与鸡蛋氨基酸摄食模式,计算两种石斛干花的 AAS、CS、EAAI 值,进一步分析两种石斛干花营养品质,计算所得数据统计于表 3。统计两石斛干花必需氨基酸含量评分总数分别为 171.42 mg/g N、

192.75 mg/g N,由此得出,两种石斛干花必需氨基酸评分总量均大于 FAO/WHO 标准的 35 mg/g N 和鸡蛋蛋白质标准的 49.7 mg/g N。两石斛干花的氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)比值均大于 100,这表明石斛干花中必需氨基酸模式极佳,人体在摄食时消化吸收和利用没有障碍。两种石斛干花中的 EAAI 值均在 100 以上,均是大于 FAO/WHO 评分模式中同种氨基酸含量。

表 3 石斛干花的 AAS、CS、EAAI 比较

Table 3 Comparison of AAS,CS and EAAI in dried flower of *Dendrobium*

项目 Project	样品 Sample	Thr	Val	Met + Cys	Ile	Leu	Phe + Tyr	Lys
氨基酸含量 Amino acid content	FAO/WHO 标准 FAO/WHO standard	4.00	3.50	5.00	4.00	6.00	7.00	5.50
	鸡蛋模式 Egg mode	5.10	8.80	6.40	6.60	10.00	7.30	5.50
	霍山石斛干花 <i>D. huoshanense</i>	19.14	14.48	29.21	10.35	19.08	61.08	18.08
氨基酸评分 Amino acid score(AAS)	铁皮石斛干花 <i>D. officinale</i>	27.09	16.61	28.61	12.26	27.64	68.81	11.73
	霍山石斛干花 <i>D. huoshanense</i>	478.50	413.70	584.20	258.70	318.00	872.50	328.70
化学评分 Chemical score(CS)	铁皮石斛干花 <i>D. officinale</i>	677.30	474.60	572.20	306.50	460.60	983.00	213.20
	霍山石斛干花 <i>D. huoshanense</i>	375.30	164.50	456.40	156.80	190.80	836.70	328.70
必需氨基酸指数 Essential amino acid index(EAAI)	铁皮石斛干花 <i>D. officinale</i>	531.10	188.70	447.00	185.70	276.40	942.60	213.20
	霍山石斛干花 <i>D. huoshanense</i>							161.50
	铁皮石斛干花 <i>D. officinale</i>							152.10

2.3 石斛干花抗氧化活性

2.3.1 石斛干花提取液对 DPPH 自由基清除能力

两种石斛干花提取液和对照品 Vc 对 DPPH 自由基清除能力如图 1 所示,由图可知,霍山石斛干花

和铁皮石斛干花提取液均具有对 DPPH 自由基清除能力,且清除效果和溶液浓度相关。在 0.1 ~ 1.0 mg/mL 之间随着浓度的增加,对 DPPH 自由基清除能力逐渐增强。其中,计算得出霍山石斛干花提取

物抗氧化的半数抑制浓度 (IC_{50}) 为 0.528 mg/mL, 铁皮石斛干花提取物抗氧化的半数抑制浓度 (IC_{50}) 为 0.604 mg/mL。

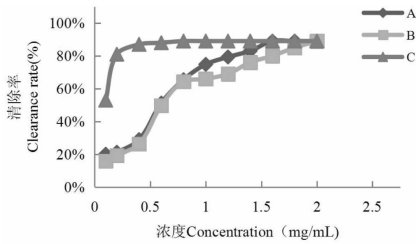


图1 不同种类的石斛干花提取液自由基清除率效果

Fig. 1 Effect of free radical scavenging rate of different types in dried flower of *Dendrobium* extract

注: A: 铁皮石斛干花; B: 霍山石斛干花; C: 对照品 Vc, 下同。

Note: A: Dried flower of *D. officinale*; B: Dried flower of *D. huoshanense*; C: Reference substance Vc, the same below.

2.3.2 石斛干花提取液对铁氰化钾还原能力

通过铁氰化钾法测定两种石斛干花提取液和对照品 Vc 的还原能力, 测得数据结果如图 2。据图 2 看出, 霍山石斛干花和铁皮石斛干花均具有对铁氰化钾的还原能力, 且还原能力和浓度相关, 在 0.04 ~ 0.24 mg/mL 的质量浓度之间对铁氰化钾还原力亦是随浓度的增加而加大, 且霍山石斛干花和铁皮石斛干花都表现出还原力线性关系良好, 霍山石斛

干花提取液对铁氰化钾的还原力高于铁皮石斛干花, 但还原力均比对照品 Vc 弱。

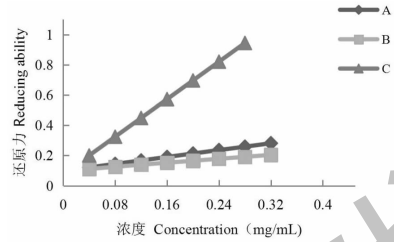


图2 不同品种的石斛干花提取液还原能力效果

Fig. 2 Effect of reducing ability of different types in dried flower of *Dendrobium* extract

2.4 石斛干花成分含量与抗氧化能力的相关性分析

2.4.1 霍山石斛干花成分含量与抗氧化能力的相关性分析

对霍山石斛干花所有测定成分和抗氧化性的相关性分析见表 4。查相关系数临界值表, 当 $\alpha = 0.05$ 时, $r = 0.606$; 当 $\alpha = 0.01$ 时, $r = 0.776$ 得出, 单宁与粗多糖正相关, 多酚与粗多糖、单宁正相关, 黄酮与粗蛋白、维生素 C、单宁、多酚正相关, DPPH 自由基清除率 IC_{50} 与粗多糖、单宁、多酚、黄酮、氨基酸正相关, 铁氰化钾还原能力与粗多糖、单宁、多酚、黄酮正相关。

表4 霍山石斛干花成分相关性分析

Table 4 Correlation analysis on components in dried flower of *D. huoshanense*

项目 Project	粗蛋白 Crude protein	Vc	粗脂肪 Crude fat	粗多糖 Crude polysaccharide	单宁 Tannin	多酚 Polyphenols	黄酮 Flavonoids	氨基酸 Amino acid	DPPH 自由基清除率 IC_{50} DPPH free radical scavenging rate IC_{50}	铁氰化钾还原能力 Potassium ferricyanide reducing capacity
粗蛋白 Crude protein	1									
Vc	0.519	1								
粗脂肪 Crude fat	0.106	0.550	1							
粗多糖 Crude polysaccharide	0.478	0.145	0.107	1						
单宁 Tannin	0.187	0.586	0.493	0.679 *	1					
多酚 Polyphenols	0.474	0.313	0.546	0.951 **	0.954 **	1				
黄酮 Flavonoids	0.889 **	0.943 **	0.360	0.327	0.883 **	0.907 **	1			
氨基酸 Amino acid	0.578	0.190	0.250	0.145	0.494	0.445	0.500	1		
DPPH 自由基清除率 IC_{50} DPPH free radical scavenging rate IC_{50}	0.399	0.415	0.066	0.695 *	0.674 *	0.843 **	0.907 **	0.610 *	1	
铁氰化钾还原能力 Potassium ferricyanide reducing capacity	0.421	0.356	0.078	0.612 *	0.657 *	0.765 *	0.632 *	0.489	0.012	1

注: * $P < 0.05$, 显著相关; ** $P < 0.01$, 极显著相关。

Note: * $P < 0.05$, significant correlation; ** $P < 0.01$, very significant correlation.

2.4.2 铁皮石斛干花成分含量与抗氧化能力的相关性分析

对铁皮石斛干花所有测定成分的相关性分析见表5。查相关系数临界值表,同上得出,单宁与粗多糖正相关,多酚与粗蛋白、粗多糖、单宁正相关,黄酮

与维生素C、单宁、多酚正相关,氨基酸与单宁正相关,DPPH 自由基清除率 IC_{50} 与粗多糖、单宁、多酚、黄酮正相关,铁氰化钾还原能力与粗多糖、单宁、多酚、黄酮正相关。

表5 铁皮石斛干花成分相关性分析

Table 5 Correlation analysis on components in dried flower of *D. officinale*

项目 Project	粗蛋白 Crude protein	Vc	粗脂肪 Crude fat	粗多糖 Crude polysaccharide	单宁 Tannin	多酚 Polyphenols	黄酮 Flavonoids	氨基酸 Amino acid	DPPH 自由基清除率 IC_{50} DPPH free radical scavenging rate IC_{50}	铁氰化钾 还原能力 Potassium ferricyanide reducing capacity
粗蛋白 Crude protein	1									
Vc	0.549	1								
粗脂肪 Crude fat	0.216	0.450	1							
粗多糖 Crude polysaccharide	0.356	0.312	0.177	1						
单宁 Tannin	0.287	0.386	0.593	0.679 *	1					
多酚 Polyphenols	0.674 *	0.313	0.546	0.651 *	0.954 ** *	1				
黄酮 Flavonoids	0.589	0.843 ** *	0.360	0.327	0.683 *	0.767 *	1			
氨基酸 Amino acid	0.478	0.270	0.310	0.145	0.694 *	0.505	0.417	1		
DPPH 自由基清除率 IC_{50} DPPH free radical scavenging rate IC_{50}	0.499	0.405	0.366	0.630 *	0.674 *	0.893 ** *	0.917 ** *	0.285	1	
铁氰化钾还原能力 Potassium ferricyanide reducing capacity	0.321	0.306	0.108	0.652 *	0.687 *	0.770 *	0.612 *	0.589	0.062	1

注: * $P < 0.05$, 显著相关; ** $P < 0.01$, 极显著相关。

Note: * $P < 0.05$, significant correlation; ** $P < 0.01$, very significant correlation.

3 讨论

前人的研究发现,涉及石斛及石斛花的研究主要集中在单一石斛品种,如Xin等^[14]对铁皮石斛不同花期及花朵不同部位活性组分分析,只探讨了不同花期铁皮石斛花及盛花期花朵不同部位多糖、总黄酮及总酚质量分数的差异;多个石斛品种单一物质或多个石斛品种仅几个部分物质成分方面,如Zhang等^[15]对石斛样品中几种营养成分的分析研究,也只是对粗灰分、全氮、全磷、钙和镁等5种营养成分分析。有关安徽霍山产石斛花整体物质成分的研究鲜有报道,本次研究对霍山石斛干花和铁皮石斛干花的粗蛋白、粗脂肪、粗多糖、维生素C、总酸、单宁、多酚、黄酮含量进行测定,发现霍山石斛干花中的粗蛋白、维生素C、单宁、总酸、多酚、黄酮与铁皮石斛干花相比明显高,且霍山石斛干花中必需氨基酸含量高于铁皮石斛干花,这一研究结果是首次提出。

前人的研究发现,果蔬、花卉等由于多酚氧化酶的存会导致在加工过程中产品颜色变深,如Jiu等^[16]研究热激结合水杨酸处理对蝴蝶兰组培褐变的影响,发现多酚氧化酶对蝴蝶兰组培褐变影响很大。也有前人研究乌鸡的黑色素存在和酪氨酸有很大关系,如Li等^[17]对日粮酪氨酸水平对0~4周龄泰和乌骨鸡生产性能及组织黑色素含量的影响研究。还有前人研究发现酪氨酸酶的存在是生物体中唯一参与黑色素合成的关键酶,Yan等^[18]从美花石斛的茎中分离得到了12个化合物,其中有3个表现出良好的护肤活性,表达出酪氨酸酶抑制剂在美花石斛提取物中可以抑制酪氨酸酶活性。本研究在氨基酸测定时发现在两种干花中酪氨酸含量都为最高,酪氨酸是一种多酚衍生物,可以被酪氨酸单酚酶催化,由此推断石斛花干制后颜色会变深酪氨酸含量高有很大关系,对加工干制石斛花时进行颜色品质控制提供理论依据。

前人的研究表明,石斛花的抗氧化能力与总黄酮/芦丁的含量、多糖含量成正相关^[24]。本研究在进行石斛干花成分含量与抗氧化能力的相关性分析时得出,霍山石斛干花和铁皮石斛干花在显著水平为0.05%时,抗氧化性能与多酚含量、黄酮含量、多糖含量、单宁含量、氨基酸含量均成正相关。前人在紫薯的研究中发现,不能单独利用花青素质量分数解释抗氧化能力的强弱,而是由多种生物活性物质综合决定^[19]。本研究发现两种石斛干花主要营养成分之间多是相互独立的,在含量上没有表现出显著的相关性,说明它们之间不存在潜在的关联机制;但两种石斛干花主要次生代谢产物之间表现出极大正相关性,单宁含量、多酚含量、黄酮含量与主要营养成分之间都有一定关系,且单宁含量、多酚含量、黄酮含量相互也均呈现正相关,表明在植物生长过程中主要营养成分对次生产物含量是有影响,因此全面准确地分析霍山石斛干花和铁皮石斛干花提取液的抗氧化性对指导产品开发利用具有重要价值。

4 结论

霍山产霍山石斛干花和铁皮石斛干花均具有均衡的营养成分和活性成分,但霍山石斛干花中的粗蛋白、维生素C、单宁、总酸、多酚、黄酮含量明显较高,且霍山石斛干花中必需氨基酸含量高于铁皮石斛干花,对DPPH自由基清除效果及铁氰化钾的还原能力也是霍山石斛干花表现出强抗氧化能力。鉴于霍山石斛干花具有丰富的营养成分、活性成分及较强的抗氧化活性,可以作为石斛花新品和天然抗氧化剂资源进行开发利用,成为补充人体所需营养来源的一种理想原料。

参考文献

- 1 Ly GY, Yan MQ, Chen SH. Review of pharmacological activities of *Dendrobium officinale* based on traditional functions [J]. Chin J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2013, 38: 489-493.
- 2 Miao YX, Liao MX, Sun AH, et al. Extraction of total flavonoids from *Dendrobium officinale* flowers by ultrasonic-ethanol synergistic and its antioxidant activity [J]. Chin Brew (中国酿造), 2019, 38: 155-159.
- 3 Zhang SJ, Qian Z, Liu JJ, et al. Analysis on stability and antioxidant capacity of color-related components from *Dendrobium officinale* flower [J]. Chin J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2018, 43: 2025-2031.
- 4 Liang KL, Fang P, Shi QQ, et al. Effects of *Dendrobium officinale* flowers on antihypertensive and mechanism in high blood pressure rats induced by high glucose and high fat compound alcohol [J]. Chin J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2018, 43: 147-153.
- 5 Zhang ZZ, Yin ZC. The mechanisms of draught drying and sensory quality change of the *Dendrobium* flower [J]. Food Mach (食品与机械), 2019, 35(2): 129-133.
- 6 Lyu SH, Xu M, Zhang XF, et al. Studies on volatile constituents of 11 families of *Dendrobium officinale* flowers [J]. Chin J Exp Tradit Med Form (中国实验方剂学杂志), 2016, 6(3): 52-55.
- 7 Qu JX, He YY, Sun ZR, et al. Comparison of amino acids and volatile constituents in four kinds of *Dendrobium* flowers [J]. Mod Chin Med (中国现代中药), 2018, 20: 387-394.
- 8 Zhao BT, Liu LW, Li X, et al. Study on the flocculation of persimmon tannin in simulated gastric fluid [J]. Acta Agr Bor-occid Sin (西北农业学报), 2014, 23(1): 177-182.
- 9 Chang F, Zhou Q, Yong PL, et al. Optimization and application of total flavonoids extraction conditions in *houhuynia* root [J]. Acta Agr Bor-occid Sin (西北农业学报), 2014, 23(1): 197-200.
- 10 Liu C, Sun YS, Liu L, et al. The valuation of nutrition value of amino acid in new bean-meal [J]. Acta Agr Bor-occid Sin (西北农业学报), 2006, 15(2): 45-48.
- 11 Wei J, Gu MT, Ji YY, et al. Comparison of nutritional composition of *Dendrobium officinale* from Hainan and Zhejiang [J]. Chin J Trop Crop (热带作物学报), 2015, 36: 1059-1066.
- 12 Sarker U, Islam MT, Oba S. Salinity stress accelerates nutrients, dietary fiber, minerals, phytochemicals and antioxidant activity in *Amaranthus tricolor* leaves [J]. PLoS One, 2018, 13(11): e206388.
- 13 Choochote W, Suklampoo L, Ochaikul D. Evaluation of antioxidant capacities of green microalgae [J]. J Appl Phycol, 2014, 26(1): 43-48.
- 14 Xin XX, Wang XX, Li MY, et al. Active components of flowers in different flowering stages and floral structures of *Dendrobium officinale* [J]. J Zhejiang A&F Univ (浙江农林大学学报), 2019, 36(1): 200-205.
- 15 Zhang LP, Li GM, Li SJ, et al. Analysis on the several nutritional components in the samoles of *Dendrobium* [J]. Chin J Trop Agr (热带农业科学), 2018, 38(5): 55-61.
- 16 Jiu LJ, Yi PP, Wang F, et al. Effects of heat-shock combined with salicylic acid treatment on tissue browning of phalaenopsis [J]. Acta Agr Bor-occid Sin (西北农业学报), 2015, 24(3): 144-149.