

两种紫苏叶主要营养及药用成分评价

王仙萍^{1, #}, 商志伟^{1, #}, 沈奇^{1, 2}, 徐静¹, 张品¹, 杨森¹, 张恒¹, 赵德刚^{3, *}

¹贵州省农业科学院油菜研究所, 贵阳550008

²中国中医科学院中药研究所, 北京100700

³贵州大学生命科学学院, 农业生物工程研究院, 山地植物资源保护与种质创新省部共建教育部重点实验室, 贵州省农业生物工程重点实验室, 贵阳550025

[#]共同第一作者

^{*}通信作者(dgzhao@gzu.edu.cn)

摘要: 紫苏(*Perilla frutescens*)是我国传统的药食兼用型植物。本研究对药用紫苏M424和油用紫苏M84的叶中主要营养及药用成分进行检测分析。结果发现: M424与M84两种紫苏叶片中氨基酸种类齐全, 蛋白含量分别为8.62%及12.67%, 显著高于常见叶菜, 必需氨基酸占总氨基酸含量比值(EAA/TAA)及必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(EAA/NEAA)均达到理想蛋白的标准。2种紫苏叶片中纤维素含量分别为23.84%和18.60%, 总糖含量分别为2.84%和2.08%, 脂肪含量分别为1.53%和2.39%。2种紫苏叶矿物质元素含量丰富, 其中钙、铁和硒含量均显著高于普通叶菜。 β -胡萝卜素含量分别为0.38和0.32 mg·g⁻¹, 维生素C含量3.27和3.03 mg·g⁻¹。2种紫苏叶挥发油含量约为0.765%及0.312%。药用紫苏的迷迭香酸、总黄酮及花青素等抗氧化成分含量均高于油用紫苏; 而油用紫苏叶片中蛋白及脂肪含量较高。

关键词: 紫苏叶; 营养; 成分评价

The nutritional and medicinal component evaluation of two perilla (*Perilla frutescens*) leaves

WANG Xianping^{1, #}, SHANG Zhiwei^{1, #}, SHEN Qi^{1, 2}, XU Jing¹, ZHANG Pin¹, YANG Sen¹, ZHANG Heng¹, ZHAO Degang^{3, *}

¹Rapeseed Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550008, China

²Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

³The Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Germplasm Innovation in Mountainous Region (Ministry of Education), Guizhou Key Lab of Agro-Bioengineering, Institute of Agro-Bioengineering, College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China

[#]Co-first authors

^{*}Corresponding author (dgzhao@gzu.edu.cn)

Abstract: *Perilla frutescens* is a traditional edible and medicinal plant in China. In this study, the main nutritional and medicinal components of medicinal perilla M424 and oil perilla M84 leaves were detected and analyzed. The results showed that the amino acids in the leaves of M424 and M84 were complete, and the protein contents were 8.62% and 12.67% respectively, which were significantly higher than

收稿 2020-10-10 修定 2021-06-16

资助 国家自然科学基金(31860391)、贵州省科研机构创新能力建设专项(黔科合服企[2021]13号)、贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2019]2400)、贵州省科技平台及人才团队计划项目(黔科合平台人才[2019]5656号)、贵州特色植物种质资源利用与创新人才基地项目(RCJD2018-14)和贵州省农业科学院青年基金(黔农科院青年基金[2019]28号)。

those of common leafy vegetables. The ratio of essential amino acids to total amino acids (EAA/TAA) and the ratio of essential amino acids to nonessential amino acids (EAA/NEAA) reached the standard of ideal protein. The contents of cellulose, total sugar and fat of medicinal perilla and oil perilla were 23.84% and 18.60%, 2.84% and 2.08%, 1.53% and 2.39% respectively. The contents of calcium, iron and selenium in the leaves of two kinds perilla were significantly higher than those of common leafy vegetables. The contents of β -carotene and vitamin C were 0.38 and 0.32 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, and 3.27 and 3.03 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, respectively. The contents of volatile oil in the leaves of two kinds perilla were about 0.765% and 0.312%. The contents of rosmarinic acid, total flavonoids and anthocyanins in medicinal perilla were higher than those in oil perilla, and the contents of protein and fat in oil perilla leaves were higher.

Key words: perilla (*Perilla frutescens*) leaves; nutrition; composition evaluation

紫苏(*Perilla frutescens*)是我国传统药食两用型植物,具有解表散寒、行气和胃的功效,主要用于风寒感冒、咳嗽呕恶、妊娠呕吐、鱼蟹中毒(国家药典委员会2015;黄兆胜2006)。目前解表散寒类的中成药,如藿香正气口服液(水、软胶囊、滴丸)、感冒清热颗粒和杏苏感冒冲剂等均添加有紫苏叶或其提取物(沈奇等2017;薛山2012;魏长玲等2016)。除药用外,紫苏叶也是重要的香料及蔬菜。紫苏叶中含有的萜类、花青素、酚酸类及抗氧化物质,具有抑制癌症发生,提高机体免疫力等功效,长期食用具有较高的保健功效(苑佳佳2017;苑玉莉2013;冯蓉洁等2009;郭晓青等2014)。目前,紫苏叶加工产品有紫苏酒、紫苏茶、紫苏酱菜和紫苏叶粉香料等功能食品,以及紫苏叶提取物形成的润肤水、面膜和润唇膏等护肤品(沈奇等2017;蒲海燕等2009;李明等2018)。由此可见,紫苏叶在中药、功能食品及护肤品的开发具有较大潜力。

由于药用类及油用类紫苏均可采收紫苏叶,但2种紫苏叶片中主要营养成分还尚未见系统评估。因此,本研究以油用及药用紫苏叶为研究对象,分析其主要的营养物质及药用功能成分,为紫苏叶材料选择及综合开发利用提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

药用紫苏为回回苏变种[*Perilla frutescens* var. *crispa* (Thunb) Hand-Mazz]材料M424,油用紫苏为紫苏原变种(*P. frutescens* var. *frutescens*)材料M84,均为贵州省农业科学院油菜研究所收集保存。材料于2017年种植于贵州省农业科学院油菜研究所长

顺实验基地,4月中旬播种,5月中旬定植,种植密度为5 500株 $\cdot(666.67\text{ m}^2)^{-1}$,正常水肥管理。盛花期收获紫苏叶片进行成分检测。

1.2 实验方法

含水量采用鲜叶检测,其他各项指标均采用风干叶片检测。含水量的测定采用常压烘箱干燥法,参照国家标准GB5009.3-2016进行。总蛋白质的测定采用凯氏定氮法,依照国家标准GB5009.5-2010进行。氨基酸组分采用高效液相色谱法,依据国家标准GB/T 16631-2008进行。粗脂肪及脂肪酸成分的测定:粗脂肪含量的测定采用索式抽提法,依照国家标准GB/T 5009.6-2003进行。纤维素含量的测定采用浓酸水解定糖法,根据熊素敏等(2005)方法进行测定。总糖含量测定采用硫酸蒽酮法,根据白雪媛等(2012)方法测定。矿物质元素测定采用ICP-MS方法,参考邓梦雅等(2018)方法进行。花青素、维生素C及胡萝卜素均采用紫外分光光度法测定,分别参照王仙萍等(2013)、王海佳(2015)、关明和马小燕(2007)等方法进行。迷迭香酸含量采用高效液相色谱法,参考温春秀等(2012)方法进行。总黄酮检测采用三氯化铝显色法测定,检测方法参考王芸和张玥莉(2018)方法进行计算。总挥发油含量测定采用水蒸气蒸馏法,参考魏长玲等(2017a, b)方法。

生菜、油麦菜、菠菜、菜心和小白菜的基本营养成分和维生素C含量数据引自李英丽等(2007, 2008)和彭刚等(2017)文献。菠菜和白菜的矿物质元素含量引自邓梦雅等(2018)文献。胡萝卜、南瓜、番茄、青菜和菠菜的胡萝卜素含量数据引自郑群雄等(2012)文献。

2 实验结果

2.1 药用和油用紫苏叶中基本营养成分分析

图1显示, 药用紫苏M424及油用紫苏M84叶中含水量分别为78.20%和76.52%, 含水量均低于常见的叶菜。2个品种的紫苏叶粗纤维含量分别为23.84%和18.64%, 也低于常见的叶菜类蔬菜。药用紫苏叶片总糖含量为2.84%, 与生菜、油麦菜含量差异不大, 高于小白菜; 油用紫苏总糖含量为

2.08%, 与小白菜差异不大, 但高于菠菜及油麦菜。2个品种的紫苏叶脂肪含量分别为1.53%和2.39%, 明显高于常见蔬菜。总蛋白含量分别为8.62%和12.68%, 含量明显高于常见叶菜, 也高于茄果类蔬菜; 其含量分别为油菜(3.66%)的2.36和3.46倍, 为蛋白含量丰富的(李英丽等2007)土豆(5.01%)的1.7和2.5倍。两类紫苏叶相比较, 药用紫苏含水量、粗纤维含量及总糖含量均高于油用紫苏, 但脂肪含量及蛋白含量低于油用紫苏。

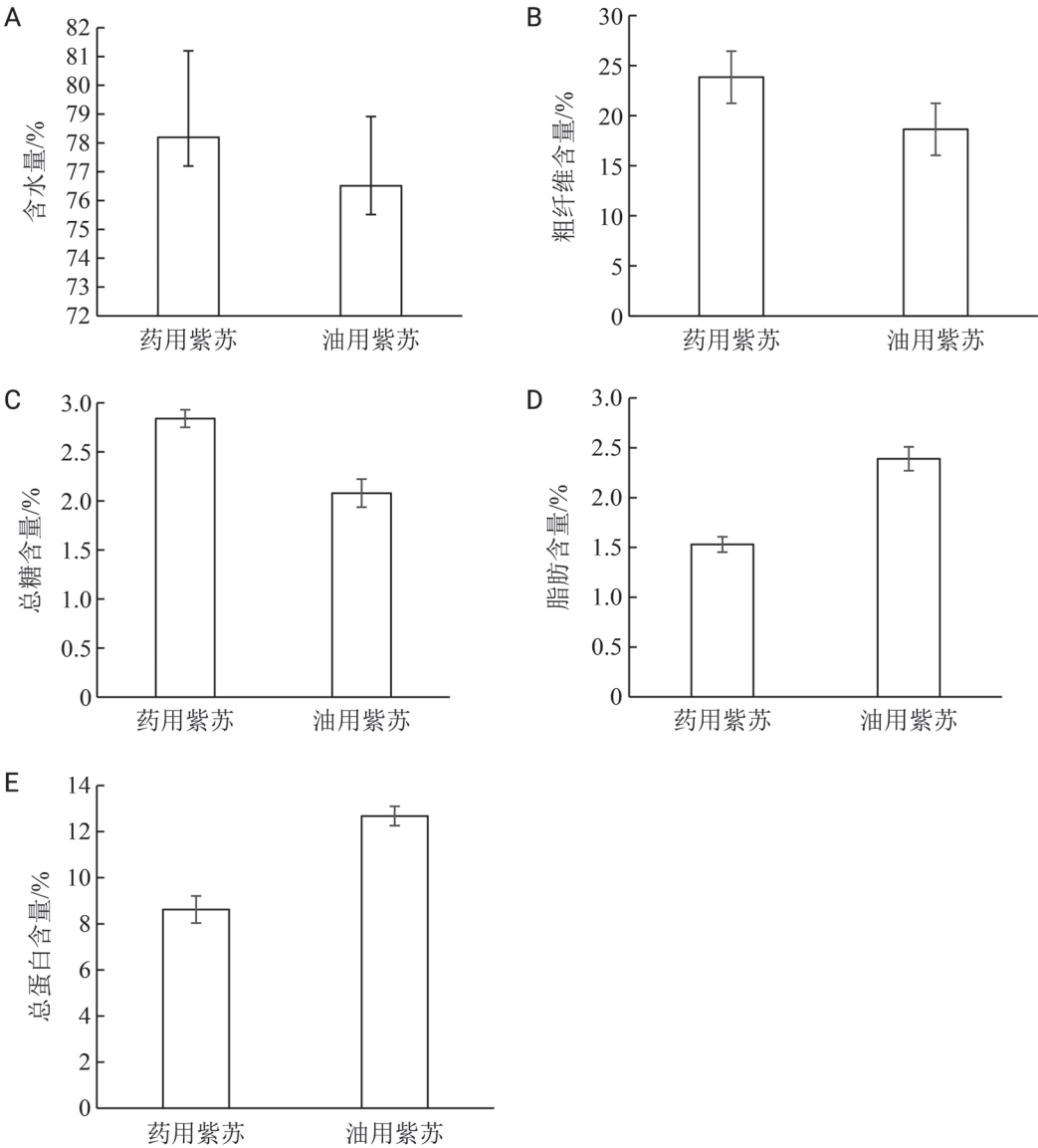


图1 紫苏叶中的主要营养成分
Fig. 1 Basic nutrient components of perilla leaves

2.2 药用和油用紫苏叶中氨基酸组成分析

对紫苏叶中氨基酸含量进行分析(表1)发现,叶片中含有人体必须的8种氨基酸在内的18种氨基酸。2个紫苏叶氨基酸总量分别为69.04和103.79 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,其中必须氨基酸分别为31.72和44.05 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$; EAA/TAA分别为45.94%和42.44%, EAA/NEAA分别为85.1%和73.72%。从不同种类氨基酸含量来看,药用和油用紫苏叶中赖氨酸含量为5.26和10.96 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,分别达到大米赖氨酸含量(2.3 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,李英丽等2008)的2.3和4.8倍。蛋氨酸含量分别为1.81和2.30 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,略高于大豆蛋氨酸含(1.2 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,李英丽等2008)。由此可见,紫苏叶中氨基酸营养价值较高。与药用紫苏氨基酸比较,油用紫苏叶中氨基酸含量较高,但是EAA/TAA及EAA/NEAA低于药用紫苏。

2.3 药用和油用紫苏叶中矿物质元素分析

对紫苏叶中的矿物质元素进行分析,并与矿物质含量比较丰富的菠菜以及浅色蔬菜代表白菜进行比较。2个紫苏材料叶中的大量元素钙、钾、镁、钠及微量元素铁、锌、铜、硒等元素含量均高于两类蔬菜。结果(图2)发现,药用和油用紫苏叶中钙含量分别达到23.64和23.30 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,显著高于菠菜及白菜。2种紫苏叶中钾含量分别为16.96和21.98 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,为菠菜的2.59倍与3.36倍,白菜的7.25倍与9.39倍。镁及钠的含量也显著高于菠菜及白菜中

的含量。2种紫苏中铁含量分别为573.75和242.28 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,约达到铁含量丰富的菠菜14.20倍和6.00倍,为白菜的24.94和10.53倍。紫苏叶中锌含量也较丰富,分别为69.31和76.02 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,明显高于菠菜及白菜含量;铜含量4.63和2.33 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,高于菠菜及白菜。药用及油用紫苏叶中硒含量分别达到3.21和1.23 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,高于硒含量丰富的菠菜,而白菜未检出硒含量。两类紫苏之间进行比较,药用紫苏的钙、铁及硒等重要的营养元素均高于油用紫苏,其作为食菜用蔬的营养价值更高。

2.4 药用和油用紫苏叶中β-胡萝卜素及维生素C含量分析

图3显示,药用紫苏及油用紫苏叶中β-胡萝卜素含量分别为0.38和0.32 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,为β-胡萝卜素含量丰富的橙黄色蔬菜胡萝卜的3.31倍和2.81倍,明显高于南瓜及番茄。药用紫苏及油用紫苏叶中维生素C含量分别为3.27和3.03 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$,与菜心基本接近,明显高于其他叶菜。

2.5 药用和油用紫苏叶中药用特征性成分分析

紫苏中挥发油主要以单萜类物质为主,也有倍半萜及苯丙素类物质,是紫苏香味及药效中主要构成成分(薛山2012;魏长玲等2016)。检测结果显示,2个材料挥发油含量分别为0.765%和0.312%,药用紫苏高于国家药典委员会(2010)中规定挥发油不得少于0.40%的水平。药用和油用紫苏叶迷

表1 紫苏叶中氨基酸组成
Table 1 Amino acids of perilla leaves

氨基酸种类	氨基酸含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$		氨基酸种类	氨基酸含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	
	药用紫苏	油用紫苏		药用紫苏	油用紫苏
天冬氨酸(Asp)	3.51	6.56	苯丙氨酸(Phe)	1.02	1.11
丝氨酸(Ser)	2.51	6.15	蛋氨酸(Met)	1.81	2.30
谷氨酸(Glu)	2.45	3.68	苏氨酸(Thr)	3.63	2.52
甘氨酸(Gly)	6.19	11.62	异亮氨酸(Iie)	2.34	5.62
组氨酸(His)	1.28	4.40	亮氨酸(Leu)	9.69	10.17
精氨酸(Arg)	7.82	4.51	缬氨酸(Val)	4.02	7.34
丙氨酸(Ala)	2.56	8.00	色氨酸(Trp)	3.95	4.03
脯氨酸(Pro)	7.27	9.90	必需氨基酸(EAA)	31.72	44.05
半胱氨酸(Cys)	1.33	2.17	非必需氨基酸(NEAA)	37.32	59.74
酪氨酸(Tyr)	2.39	2.76	总氨基酸(TAA)	69.04	103.79
赖氨酸(Lys)	5.26	10.96			

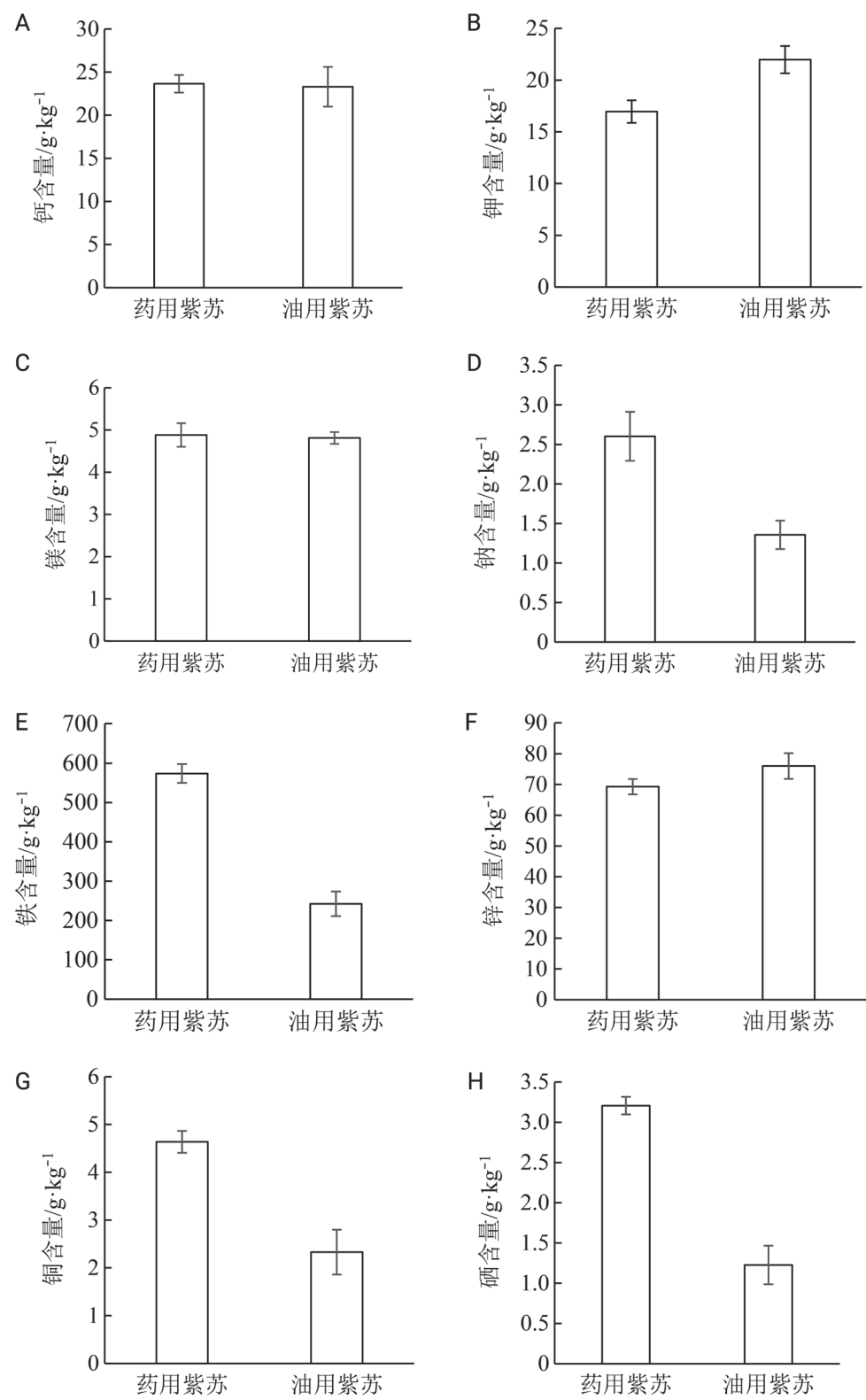


图2 紫苏叶中的主要矿物质元素含量
Fig. 2 The mineral elements content of perilla leaves

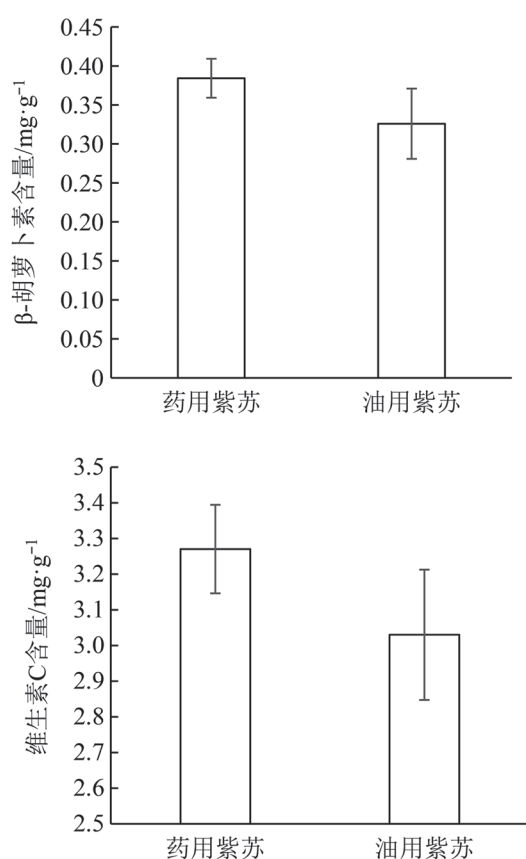


图3 紫苏叶中β胡萝卜素与维生素C含量
Fig. 3 The β-carotene and vitamin C content of perilla leaves

迭香酸含量分别为1.178%和0.846%;总黄酮含量分别为7.734%和4.395%;花青素含量分别为3.393%和0.914%。在药用紫苏叶中,挥发油、迭香酸、总黄酮及花青素含量均高于油用紫苏,尤其是花青素含量为油用紫苏的3.71倍。由此可见,药用紫苏的药用价值也较高。

3 讨论

紫苏叶是我国传统的中药,目前研究较多的主要集中在对其药用成分报道中,对其功能成分报道目前还较少(薛山2012;魏长玲等2016;苑佳佳2017;苑玉莉2013;冯蓉洁等2009)。本研究以药用及油用紫苏为研究对象,全面分析其主要的营养物质及药用成分,发现紫苏叶中蛋白含量较高,氨基酸种类齐全,EAA/TAA及EAA/NEAA等评分均

较高,均达到世界卫生组织及联合国粮农组织规定的理想蛋白标准(朱圣陶和吴坤1988;金石诚等2016)。赖氨酸、亮氨酸及缬氨酸等必须氨基酸含量比较丰富。紫苏叶脂肪含量高于常见叶菜,脂肪酸种类丰富。两类紫苏叶中含量最高为硬脂酸,药用紫苏叶中含量次之为α-亚麻酸,而油用紫苏含量次之为花生酸。紫苏籽中主要成分为α-亚麻酸,约占油脂60%左右,紫苏叶与籽中脂肪酸成分不一致。紫苏叶中矿物质元素含量丰富,其中蔬菜营养评价中认定的高营养价值的钙、铁、锌和硒元素等元素在紫苏中含量均较高。郭晓青等(2014)报道紫苏叶钙含量较高,含量可达到传统高钙食品豆腐中含量,是较好的高钙植物。但其他重要的微量元素含量较高尚未引起重视。紫苏叶中β-胡萝卜素含量为橙黄色胡萝卜的3倍,是南瓜及番茄的20倍左右;维生素C含量与菜心基本相当,明显高于其他叶菜,营养价值较高。紫苏叶中含水量较低,并含有丰富的迷迭香酸及黄酮类抗氧化成分。紫苏叶提取物可作为天然抗菌及防腐剂使用(黄丹等2010;魏雯等2014)。作为蔬菜,紫苏叶也较耐储藏(高阳等2017)。

对紫苏的药用主要成分进行分析,供试两类紫苏挥发油含量高于药典水平。紫苏挥发油含量受材料种类、取样时期、取样位置以及提取方法的影响,含量变幅较大(魏长玲等2016, 2017a, 2017b;王健等2013)。研究发现紫苏叶中挥发油含量显著高于花、梗及籽(王健等2013)。紫苏叶中挥发油含量基本呈现营养期>开花期>落叶期的规律(魏长玲等2017a)。而且在营养期,挥发油含量呈现成熟叶大于嫩叶及老叶,而开花期及落叶期嫩叶大于成熟叶及老叶(魏长玲等2017b)。紫苏挥发油中单萜成分差异较大,不同类型挥发油种质应用价值不一(魏长玲等2016)。另外,作为药用及功能性成分,紫苏迷迭香酸、总黄酮、花青素以及β-胡萝卜素等次生代谢物含量同样受到取样时期及取样位置的影响(向福等2015;魏长玲等2017a, b)。迷迭香酸含量以成熟期含量较高(魏长玲等2017a, b),而β-胡萝卜素及总黄酮含量以开花期含量较高(向福等2015)。本研究仅对其总含量进行初步评价,关于紫苏中重要药用成分含量、影响因素及种质

筛选有待进一步研究。

药用类紫苏来自回回苏变种叶片, 油用类紫苏来自紫苏原变种叶片。对两类紫苏叶的比较, 药用紫苏的含水量、粗纤维素含量、总糖含量, 矿物质元素中钙、镁、钠、铁、铜、硒、 β -胡萝卜素、维生素C含量以及主要的药用成分均高于油用紫苏, 其叶片在药用及作为蔬菜、香料等食品开发等方面价值更高。油用紫苏叶中蛋白含量、氨基酸评分以及脂肪含量高于药用紫苏, 且其生物量较高, 在叶采收后还可收获籽粒, 作为高蛋白食用及饲用产品开发方面较有优势。

参考文献(References)

- Bai XY, Zhao Y, Liu HL, et al (2012). Content comparative study of total sugar, reducing sugar and soluble polysaccharide in ginseng from different regions. *Chin J Modern Appl Pharm*, 29 (1): 39–42 (in Chinese with English abstract) [白雪媛, 赵雨, 刘海龙等(2012). 不同产地人参中的总糖、还原糖和可溶性多糖含量的比较研究. *中国现代应用药学*, 29 (1): 39–42]
- Chinese Pharmacopoeia Commission (2015). *Pharmacopoeia of the People's Republic of China*. Beijing: China Medical Science and Technology Press (in Chinese) [国家药典委员会(2015). *中华人民共和国药典*. 北京: 中国医药科技出版社]
- Deng MY, Zhu Y, Wu DH, et al (2018). Mineral content and nutritional value evaluation and risk assessment in vegetables. *Food Res Develop*, 39 (9): 97–102 (in Chinese with English abstract) [邓梦雅, 朱丽, 吴东慧等(2018). 蔬菜中矿物质含量测定、营养评价及风险评估. *食品研究与开发*, 39 (9): 97–102]
- Feng RJ, Lu PH, Sheng ZH, et al (2009). Study on antioxidant activity and phenolic constituents of perilla extract. *Lishizhen Med Materia Medica Res*, 20 (5): 1165–1167 (in Chinese) [冯蓉洁, 吕佩惠, 盛振华等(2009). 紫苏提取物抗氧化活性及酚性成分的研究. *时珍国医国药*, 20 (5): 1165–1167]
- Gao Y, Kang Y, Li X, et al (2017). Studies on Compound Controlled Atmosphere Technology of Perilla Leaf Storage. *J Northeast Agric Sci*, 42 (3): 39–43 (in Chinese with English abstract) [高阳, 康优, 李雪等(2017). 紫苏叶复合气调保鲜技术研究. *东北农业科学*, 42 (3): 39–43]
- Guan M, Ma XY (2007). Determination of content of β -carotene in β -carotene capsule by spectrometry. *Life Sci Instrum*, (3): 42–43 (in Chinese with English abstract) [关明, 马小燕(2007). 分光光度法测定 β -胡萝卜素胶囊中 β -胡萝卜素的含量. *生命科学仪器*, (3): 42–43]
- Guo XQ, Chen XL, Yang CM, et al (2014). Study on the nutritional components of Perilla leaf. *J Anhui Agric Sci*, 42 (20): 6603–6604 (in Chinese with English abstract) [郭晓青, 陈晓靓, 杨春梅等(2014). 紫苏叶营养成分研究. *安徽农业科学*, 42 (20): 6603–6604]
- Huang D, Yan F, Liu DY, et al (2010). Properties and application of perilla extract. *J Anhui Agric Sci*, 38 (10): 5094–5096 (in Chinese with English abstract) [黄丹, 严芳, 刘达玉等(2010). 紫苏提取物的特性及应用. *安徽农业科学*, 38 (10): 5094–5096]
- Huang ZS (2006). *Traditional Chinese Medicine*. Beijing: People's Medical Publishing House (in Chinese) [黄兆胜(2006). *中药学*. 北京: 人民卫生出版社]
- Jin SC, Liu ZW, Shen Q, et al (2016). Amino acid and free amino acid composition analysis in Guizhou perilla frutescens leaf. *J Mountain Agric Biol*, 35 (4): 13–17 (in Chinese with English abstract) [金石诚, 刘忠伟, 沈奇等(2016). 贵州紫苏叶中氨基酸及游离氨基酸含量分析. *山地农业生物学报*, 35 (4): 13–17]
- Li M, Ren LL, Wang X (2018). Development of fermented beverage and distillate spirits of perilla leaf. *J Tonghua Nor Univ*, 39 (4): 17–23 (in Chinese with English abstract) [李明, 任丽丽, 王雪(2018). 紫苏叶发酵饮料及蒸馏酒的研制. *通化师范学院学报*, 39 (4): 17–23]
- Li YL, Guo XM, Fang Z, et al (2007). Analysis on nutrients component of 15 vegetables in Hebei. *Chin Agric Sci Bull*, (4): 98–100 (in Chinese with English abstract) [李英丽, 果秀敏, 方正等(2007). 15种蔬菜营养成分评价. *中国农学通报*, (4): 98–100]
- Li YL, Song CH, Wang LY, et al (2008). The comparison of the nutrition composition of vegetable varieties. *Northern Hortic*, (10): 64–65 (in Chinese with English abstract) [李英丽, 宋朝辉, 王立娅等(2008). 不同类型蔬菜营养成分的比较. *北方园艺*, (10): 64–65]
- Peng G, Zeng YN, Li HY, et al (2017). Comparison of nutritional components and free radical scavenging activities of seven vegetables sold in Shenzhen. *Guangdong Agric Sci*, 44 (10): 13–18 (in Chinese with English abstract) [彭刚, 曾亚妮, 李海英等(2017). 深圳7种市售蔬菜营养成分及自由基清除活性比较. *广东农业科学*, 44 (10): 13–18]
- Pu HY, Li YQ, Li M (2009). The functional ingredients and product development of perilla. *China Food Addit*, (2): 133–137 (in Chinese with English abstract) [蒲海燕, 李影球, 李梅(2009). 紫苏的功能性成分及其产品开发. *中国食品添加剂*, (2): 133–137]
- Shen Q, Shang ZW, Yang S, et al (2017). Research progress and development potential of *Perilla frutescens*. *Guizhou Agric Sci*, 45 (9): 93–102 (in Chinese with English abstract) [沈奇, 商志伟, 杨森等(2017). 紫苏属植物的研

- 究进展及发展潜力. 贵州农业科学, 45 (9): 93–102]
- Wang HJ (2015). Study the stability of Vitamin C by ultraviolet spectrophotometry and determination of the contents in several kinds of fruits, vegetables and juices (dissertation). Taiyuan: Shanxi Medical University (in Chinese with English abstract) [王海佳(2015). 紫外分光光度法研究维生素C的稳定性及蔬果和果汁中含量的测定(学位论文). 太原: 山西医科大学]
- Wang J, Xue S, Zhao GH (2013). Comparative study on chemical components and *in vitro* antioxidant capacity of essential oil from different parts of *Perilla frutescens*. Food Sci, 34 (7): 86–91 (in Chinese with English abstract) [王健, 薛山, 赵国华(2013). 紫苏不同部位精油成分及体外抗氧化能力的比较研究. 食品科学, 34 (7): 86–91]
- Wang XP, Li M, Zhang MQ, et al (2013). Resources collection and leaf color diversity analysis of *Perilla frutescens* (L.) in Guizhou province. Chin Agric Sci Bull, 29 (10): 132–136 (in Chinese with English abstract) [王仙萍, 李敏, 张敏琴等(2013). 贵州紫苏资源收集以及叶色多样性分析. 中国农学通报, 29 (10): 132–136]
- Wang Y, Zhang YL (2018). Comparison of the content of total flavonoids in the stem of *Perilla frutescens* from different region and the study on extracting process. Shanghai Med Pharm J, 39 (13): 76–79 (in Chinese with English abstract) [王芸, 张玥莉(2018). 不同产地紫苏梗中总黄酮含量比较及其提取工艺的考察. 上海医药, 39 (13): 76–79]
- Wei CL, Guo BL, Zhang CW, et al (2016). *Perilla* resources of China and essential oil chemotypes of *Perilla* leaves. China J Chin Materia Medcia, 41 (10): 1823–1834 (in Chinese with English abstract) [魏长玲, 郭宝林, 张琛武等(2016). 中国紫苏资源调查和紫苏叶挥发油化学型研究. 中国中医杂志, 41 (10): 1823–1834]
- Wei CL, Zhang CW, Guo BL, et al (2017a). Research on effects of chemotype and components of *Perilla frutescens* leaf volatile oil I: different phenological periods. China J Chin Materia Medcia, 42 (4): 712–718 (in Chinese with English abstract) [魏长玲, 张琛武, 郭宝林等(2017a). 紫苏叶挥发油化学型和组分影响因素探究I—不同生长发育期. 中国中药杂志, 42 (4): 712–718]
- Wei CL, Zhang CW, Guo BL, et al (2017b). Research on influencing factors of chemotype and components of *Perilla frutescens* leaf volatile oil II: different leaf maturity. Mod Chin Medicine, 19 (8): 1170–1175, 1186 (in Chinese with English abstract) [魏长玲, 张琛武, 郭宝林等(2017b). 紫苏叶挥发油组分和化学型影响因素探究II—叶片不同成熟度. 中国现代中药, 19 (8): 1170–1175, 1186]
- Wei W, Gao TT, Tan Y, et al (2014). Antibacterial activity of different parts of purple perilla *in vitro*. Herald Medicine, 33 (2): 149–151 (in Chinese with English abstract) [魏雯, 高婷婷, 谭勇等(2014). 紫苏不同部位的体外抑菌作用. 医药导报, 33 (2): 149–151]
- Wen CX, Liu LD, Hu Y, et al (2012). Comparison of the contents of medicinal components of *Perilla frutescens*. J Hebei Agric Sci, 16 (9): 64–67 (in Chinese with English abstract) [温春秀, 刘灵娣, 胡彦等(2012). 紫苏属植物药用成分含量比较. 河北农业科学, 16 (9): 64–67]
- Xiang F, Jiang AN, Xiang J, et al (2015). Dynamic accumulation of flavonoids and β -carotene in leaves of *Perilla frutescens* at different stages of development. Sci Technol Food Indust, 36 (14): 143–146, 151 (in Chinese with English abstract) [向福, 江安娜, 项俊(2015). 不同生育期紫苏叶中 β -胡萝卜素和总黄酮的动态积累. 食品工业科技, 36 (14): 143–146, 151]
- Xiong SM, Zuo XF, Zhu YY (2005). Determination of cellulose, hemi-cellulose and ligin in rice hull. Cereal Feed Indus, (8): 40–41 (in Chinese with English abstract) [熊素敏, 左秀凤, 朱永义(2005). 稻壳中纤维素、半纤维素和木质素的测定. 粮食与饲料工业, (8): 40–41]
- Xue S (2012). The research progress of chemical composition a physiological activitiesion essential oil from folium perilla. Food Res Develop, 33 (3): 235–238 (in Chinese with English abstract) [薛山(2012). 紫苏叶精油化学成分及生理活性研究进展. 食品研究与开发, 33 (3): 235–238]
- Yuan JJ (2017). Major nutrients an sfunctional properties in perilla frutescens (dissertation). Hangzhou: Zhejiang University (in Chinese with English abstract) [苑佳佳(2017). 紫苏主要营养成分及其功能特性(学位论文). 杭州: 浙江大学]
- Yuan YL (2013). The extraction of natural active ingredients and applied research in perilla leaves (dissertation). Shanghai: East China University of Science and Technology (in Chinese with English abstract) [苑玉莉(2013). 紫苏中天然活性成分的提取及综合应用(学位论文). 上海: 华东理工大学]
- Zheng QX, Du MX, Xu XQ, et al (2012). Determination of β -carotene in 15 vegetables by high performance liquid chromatography. Food Sci, 33 (14): 238–241 (in Chinese with English abstract) [郑群雄, 杜美霞, 徐小强等(2012). 高效液相色谱法测定15种蔬菜中的 β -胡萝卜素. 食品科学, 33 (14): 238–241]
- Zhu ST, Wu K (1988). Nutritional evaluation of protein. Ratio coefficient of amino acid. J Nutrit, (2): 187–190 (in Chinese) [朱圣陶, 吴坤(1988). 蛋白质营养价值评价: 氨基酸比值系数法. 营养学报, (2): 187–190]