

牡丹种皮、种子及4种干果油脂的脂肪酸组成分析

李喜悦¹, 高哲¹, 毛文岳², 王荣芳¹, 秦爱霞¹, 贾亚楠¹, 崔同^{1*}

(1. 河北农业大学食品科技学院, 保定 071000; 2. 菏泽尧舜牡丹生物科技有限公司, 菏泽 274000)

摘要: **目的** 明确牡丹种皮油的脂肪酸组成及相对含量, 并与牡丹籽油和4种常见干果(核桃、巴旦木、杏仁、开心果)的脂肪酸组成进行比较, 为牡丹种皮油的开发利用提供科学依据。**方法** 采用索氏抽提法对4种干果中的脂肪进行提取, 以硫酸-甲醇法对6种油脂样品甲酯化, 采用GC-MS检测结合峰面积归一化法测定脂肪酸的组成及相对含量。**结果** 牡丹种皮油与牡丹籽油中均含有棕榈酸、棕榈油酸、油酸、亚油酸、亚麻酸5种脂肪酸, 其不饱和脂肪酸比例均超过90%, 尤其是亚麻酸的含量分别高达51.1%和44.7%; 而核桃中含有棕榈酸、油酸、亚油酸、亚麻酸4种脂肪酸, 亚油酸是其主要成分; 巴旦木、杏仁、开心果中主要含有棕榈酸、油酸、亚油酸3种脂肪酸, 以单不饱和脂肪酸油酸含量最高。**结论** 牡丹种皮油中含有大量多不饱和脂肪酸, 其中亚麻酸的含量尤其突出, 较牡丹籽油含量更高, 是一种优质的保健食用油。

关键词: 牡丹; 牡丹种皮油; 牡丹籽油; 干果; 脂肪酸组成; 气相色谱-质谱联用仪

Research of fatty acid composition in peony testa, seed oil and 4 dry fruits

LI Xi-Yue¹, GAO Zhe¹, MAO Wen-Yue², WANG Rong-Fang¹, QIN Ai-Xia¹, JIA Ya-Nan¹, CUI Tong^{1*}

(1. College of Food Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China;
2. Heze Yao and Shun Peony Biotechnology Co., Ltd, Heze 274000, China)

ABSTRACT: Objective To make it clear that the fatty acid composition and relative content of peony testa oil, and compared with the peony seed oil and 4 dry fruits, so it could provide a scientific basis for the development and utilization of peony testa oil. **Methods** The method of soxhlet extraction was applied to the extraction of dry fruits fatty, and then sulfuric acid-methanol was used for the methyl esterification. Gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS) detection combined with peak area normalization was employed to determine the fatty acid composition and relative content. **Results** Both peony testa oil and peony seed oil contained 5 kinds of fatty acids, including palmitic acid, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid, the ratio of unsaturated fatty acid was more than 90%, especially the content of linolenic acid was as high as 51.1% and 44.7%, respectively. Palmitic acid, oleic acid, linoleic acid and linolenic acid consisted of the fatty acids of walnut, and linoleic acid was the main component. However, badam, almond and pistachio mainly contained 3 kinds of fatty acids, namely palmitic acid, oleic acid and linoleic acid, the oleic acid had the highest content, which belonged to monounsaturated fatty acids. **Conclusion** Peony testa oil contained a large number of polyunsaturated fatty acids, linolenic acid showed evidently high content, which were much higher in peony testa oil compared with the peony seed oil, so the peony testa oil was a kind of high-quality cooking

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201304708)

Fund: Supported by the National Forestry Public Welfare Industry Research Project (201304708)

*通讯作者: 崔同, 教授, 主要研究方向为功能食品化学和食品营养。E-mail: cuitong98@aliyun.com

*Corresponding author: CUI Tong, Professor, College of Food Science and Technology, Agricultural University of Hebei, No.2596, Lekai Street, Baoding 071000, China. E-mail: cuitong98@aliyun.com

oil with health care.

KEY WORDS: *Paeonia suffruticosa* Andr.; peony testa oil; peony seed oil; dry fruits; fatty acid composition; gas chromatography-mass spectrometer

1 引言

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)为芍药科(Paeoniaceae)、芍药属(*Paeonia*)、牡丹组(Sect. Mouton DC),是我国的传统名花和特产花卉,不仅具有很高的观赏价值和象征意义,还是一种治病的良药,其主要入药部分丹皮具有清血、活血散瘀的功能^[1]。牡丹籽为牡丹开花后结出的种子,油脂含量较高,出油率可达27%~33%^[2]。庞雪凤等^[3-8]通过不同的方法对牡丹籽中的油脂进行提取,并通过气相色谱-质谱联用法(GC-MS)分析了牡丹籽油中的脂肪酸组成,经毒理学研究证实其具有较高的食用安全性^[6,9],2011年牡丹籽油已被卫生部批准为新资源食品,目前已经进入规模化商业开发阶段。

牡丹种皮是牡丹籽油生产过程中的废弃物,牡丹种皮约占种子重量的30%,目前关于牡丹种皮的研究并不多。孟庆焕等^[10]研究了牡丹种皮中总黄酮的分离提取工艺及其抗氧化、抗疲劳作用;李子璇^[11]等采用GC法分析比较了紫斑牡丹的种仁、种皮中脂肪酸的组成,结果表明其脂肪酸组成相近,主要含有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸,其中亚麻酸含量显著较高。亚麻酸是重要的营养成分,是人体合成n-3脂肪酸的原料。核桃、巴旦木、杏仁、开心果是人们日常生活中经常食用的具有丰富营养价值的干果,有学者认为干果是人们摄取亚麻酸的主要途径之一^[12]。

本文采用脂肪酸成分分析普遍采用的GC-MS法对工业品牡丹种皮油的脂肪酸组成进行分析,并与牡丹籽油及4种常见干果中的脂肪酸组成进行了对比,了解牡丹种皮油脂肪酸的组成特点,为其深入开发利用提供参考。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

牡丹种皮油和牡丹籽油由山东菏泽尧舜牡丹生物科技有限公司提供(生产批号:20120220);核桃、巴旦木、杏仁、开心果均采自新疆喀什地区;脂肪酸甲

酯混合标准品(F.A.M.E Mix C₈-C₂₂)购自于美国Sigama公司;甲醇、正己烷等均为国产分析纯。

2.2 仪器设备

GC-MS系统: 配有7890A型GC(Agilent Technologies, Shanghai, China)、5975C型MS检测器(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)、7683B型自动进样器(Agilent Technologies, China)组成; Anke TDL-5型离心机,上海安亭科学仪器厂; TB-215D型微量分析天平,德国赛多利斯股份有限公司。

2.3 试验方法

2.3.1 4种干果脂肪的提取

将粉碎成一定细度的干果仁包扎成试样包置于索氏抽提器的抽提桶内,加入石油醚(30~60℃),连接冷凝管与抽提桶,抽提8h取出试样包回收溶剂,得到粗脂肪。

2.3.2 样品的甲酯化^[13]

分别精确称取牡丹种皮油、牡丹籽油及上述4种干果经索氏抽提得到的脂肪样品20mg放入容量瓶中,加入8mL 10%的硫酸-甲醇溶液,加盖密封,于60℃水浴60min,反应结束后冷却至室温,加入2mL正己烷和2mL水,混匀,4000r/min离心5min,取正己烷层进样分析。

2.3.3 GC/MS分析条件

GC条件: 色谱柱为HP-INNOWAX石英毛细管柱(250μm×0.25μm×30m); 氦载气流速1mL/min,进样量: 1μL,分流比20:1; 升温程序: 180℃保持5min,以2℃/min升至230℃,保持3min; 进样口温度: 250℃; 辅助加热器温度: 300℃。

MS条件: 离子源温度230℃; 接口温度250℃; 四级杆温度150℃; 电离方式EI; 采集方式: 全扫描; 扫描范围: 40~500amu/s。

2.4 数据分析

首先针对脂肪酸甲酯混标的GC-MS总离子流色谱图中的各色谱峰,采用NIST谱库检索法进行指认,以确定各色谱峰所对应的脂肪酸成分,然后根据各成分的保留时间确定每份样品色谱图中各色谱峰的归

属, 最后采用峰面积归一化法进行分析, 并以峰面积占总峰面积的百分比表示各脂肪酸成分的相对含量。

3 结果与讨论

按“材料与方法”中所列方法操作分析, 脂肪酸混合标准品及样品: 牡丹种皮油、牡丹籽油及 4 种干果核桃、巴旦木、杏仁、开心果粗脂肪的总离子流色谱图见图 1。主要脂肪酸种类及相对含量见表 1。

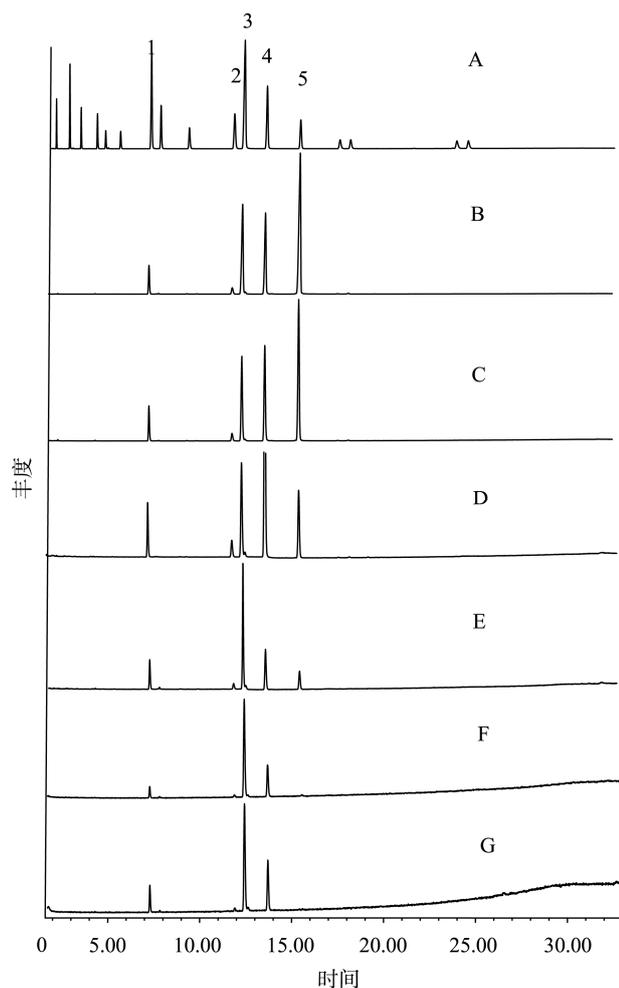


图 1 牡丹种皮油、牡丹籽油及 4 种干果脂肪酸组成分析的总离子流色谱图

Fig. 1 The total ion chromatograms of fatty acid composition in peony testa, seed oil and 4 dry fruits

图中: A: 脂肪酸混合标准品; B: 牡丹种皮油; C: 牡丹籽油; D: 核桃油; E: 巴旦木油; F: 杏仁油; G: 开心果油

1: 棕榈酸; 2: 棕榈油酸; 3: 油酸; 4: 亚油酸; 5: 亚麻酸

A: fatty acid standard mix; B: peony testa oil; C: peony seed oil; D: walnut oil; E: badam oil; F: almond oil; G: pistachio oil

1: palmitic acid; 2: palmitoleic acid; 3: oleic acid; 4: linoleic acid; 5: linolenic acid

表 1 牡丹种皮油、牡丹籽油及 4 种干果脂肪酸组成及相对含量(面积归一化百分比%)

Table 1 The fatty acid composition and relative content of peony testa, seed oil and 4 dry fruits (the percent of area normalization %)

	牡丹种皮油	牡丹籽油	核桃	巴旦木	杏仁	开心果
棕榈酸	4.6	6.2	6.4	8.2	12.5	16.7
棕榈油酸	3.0	3.6	—	—	—	—
油酸	18.8	17.5	12.9	63.7	62.5	50.0
亚油酸	22.5	28.0	66.4	18.9	25.0	33.3
亚麻酸	51.1	44.7	14.3	9.2	—	—
不饱和脂肪酸	95.4	93.8	93.6	91.8	87.5	83.3
单不饱和脂肪酸/ 多不饱和脂肪酸	1:3.38	1:3.45	1:6.25	1:0.44	1:0.4	1:0.67

注: —表示痕量

从图 1 可以看出, 在选定的试验条件下混合标准品中的 17 种脂肪酸成分均实现了良好的分离, 色谱分析条件良好。6 种样品中主要含 5 种脂肪酸, 其中棕榈酸、油酸和亚油酸是植物油中最常见的脂肪酸, 被测的几种样品中也都含有这些成分, 但巴旦木、杏仁和开心果的油中亚油酸的含量较低。而亚麻酸这种优质的多不饱和脂肪酸在牡丹籽油和牡丹种皮油中均有较高的含量, 核桃和巴旦木的油中也有少量存在。

从表 1 可以看出, 牡丹籽油和牡丹种皮油两种油脂中不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的比例均在 90% 以上, 其中亚麻酸、亚油酸和油酸的含量最丰富, 尤其是亚麻酸, 分别占脂肪酸总量的 44.7% 和 51.1%, 这一结果高于李子璇^[11]等对紫斑牡丹种仁种皮的分析结果; 其单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸的比例为 1:3.45 和 1:3.38, 低于推荐值 1:1。n-6 与 n-3 系列脂肪酸的比值分别为 1.60:1 和 2.27:1, 远低于推荐值 4-6:1, 是极其优质的天然 n-3 脂肪酸资源。4 种干果油中, 核桃油和巴旦木油中不饱和脂肪酸所占比例也超过了 90%, 核桃油中的不饱和脂肪酸以亚油酸含量最高, 其单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸的比例达到 1:6.25, 而巴旦木油、杏仁油、开心果油中单不饱和脂肪酸油酸的含量较高。

值得注意的是, 亚麻酸为 n-3 多烯不饱和脂肪酸, 摄入体内之后在酶的作用下可转变成 EPA 和 DHA 而发挥作用^[14]。EPA、DHA 在胎儿和婴幼儿的大脑神

经细胞发育中起着不可或缺的作用。常见的食用油中亚麻酸含量均不高,如大豆油为6%,棉籽油2%~3%,菜籽油仅0.3%~1.3%,说明牡丹种皮油与牡丹籽油同样是一种品质非常优异的保健食用油。与4种干果相比,牡丹种皮油不饱和脂肪酸含量更高,不失为一种优异的保健食用油。

GC-MS法是一种非常准确可靠的分析方法,本研究采用这种方法分析比较了几种植物油中脂肪酸的组成,其中牡丹种皮油是一种新近开发的植物油资源,其脂肪酸组成方面的信息在以往的研究中鲜有涉及。

4 结 论

牡丹种皮油中富含不饱和脂肪酸,尤以亚麻酸含量高,约占其脂肪酸含量的一半,与牡丹籽油同样是优质的具有保健功能的食用油。4种干果中也含有丰富的不饱和脂肪酸,但脂肪酸组成存在很大差异,核桃中以多不饱和脂肪酸亚油酸含量高;巴旦木、杏仁和开心果中以单不饱和脂肪酸油酸的比例很高;而在杏仁和开心果中未检测到亚麻酸。

参考文献

- [1] 王蓬英. 中国牡丹品种图志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997: 28-45.
Wang LY. Chinese tree peony[M]. Beijing: China Forestry Publishing, 1997: 28-45.
- [2] 白喜婷, 朱文学, 罗磊, 等. 牡丹籽油的精炼及理化特性变化分析[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 351-354.
Bai XT, Zhu WX, Luo L, *et al.* Refinement of peony seed oil and analysis of its physicochemical properties [J]. Food Sci, 2008, 29(8): 351-354.
- [3] 翟文婷, 朱献标, 李艳丽, 等. 牡丹籽油成分分析及其抗氧化活性研究[J]. 烟台大学学报, 2013, 26(2): 147-150.
Zhai WT, Zhu XB, Li YL, *et al.* Chemical constituents and antioxidant activity of peony seed oil [J]. J Yantai Univ, 2013, 26(2): 147-150.
- [4] 庞雪风, 何东平, 胡传荣, 等. 牡丹籽油的提取及蛋白制备工艺的研究[J]. 食品工业, 2013, 34(8): 73-76.
Pang XF, He DP, Hu CR, *et al.* Study on peony seed oil extraction and protein preparation process [J]. Food Ind, 2013, 34(8): 73-76.
- [5] 戚军超, 周海梅, 马锦琦, 等. 牡丹籽油化学成分 GC-MS 分析[J]. 粮食与油脂, 2005, 11: 22-23.
Qi JC, Zhou HM, Ma JQ, *et al.* Analysis of the chemical constituents in peony seed oil by GC-MS [J]. Cereals Oils, 2005, 11: 22-23.
- [6] 王芸. 牡丹籽油营养成分及功能作用的研究[D]. 济南: 山东大学, 2009.
Wang Y. Study on nutritive composition and function of peony seed oil [D]. Jinan: Shandong University, 2009.
- [7] 易军鹏, 朱文学, 马海乐, 等. 牡丹籽油超声波辅助提取工艺的响应面法优化[J]. 农业机械学报, 2009, 40(6): 103-110.
Yi JP, Zhu WX, Ma HL, *et al.* Optimization on ultrasonic-assisted extraction technology of oil from *Paeonia suffruticosa* Andr. seeds with response surface analysis [J]. Trans Chin Soc Agric Mach, 2009, 40(6): 103-110.
- [8] 易军鹏, 朱文学, 马海乐, 等. 牡丹籽油超临界二氧化碳萃取工艺[J]. 农业机械学报, 2009, 40(12): 144-150.
Yi JP, Zhu WX, Ma HL, *et al.* Supercritical Carbon Dioxide extraction of *Paeonia suffruticosa* Andr. Seed oil [J]. Trans Chin Soc Agric Mach, 2009, 40(12): 144-150.
- [9] 周海梅, 马锦琦, 杨志勇, 等. 牡丹籽油对大、小鼠的毒性试验[J]. 毒理学杂志, 2009, 23(3): 256-257.
Zhou HM, Ma JQ, Yang ZY, *et al.* The test of peony seed oil toxicity on mice and rats [J]. J Heal Toxi, 2009, 23(3): 256-257.
- [10] 孟庆焕. 牡丹种皮黄酮提取分离与抗氧化及抗疲劳作用研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2013.
Meng QH. Study on separation, antioxidant and anti-fatigue capacity of flavonoids from peony testa[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2013.
- [11] 李子璇, 秦公伟, 何建华, 等. 紫斑牡丹种仁种皮中脂肪酸组成比较分析[J]. 种子, 2010, (1): 34-36.
Li ZY, Qin GW, He JH, *et al.* Comparative analysis of fatty acid composition in seed kernel and coat of *paconia rockii* seeds [J]. Seed, 2010, (1): 34-36.
- [12] 岳巧云, 张静, 刘恭源, 等. 气相色谱法测定干果中的 α -亚麻酸[J]. 食品科学, 2009, (24): 359-361.
Yue QY, Zhang J, Liu GY, *et al.* GC Determination of α -Linolenate in nuts [J]. Food Sci, 2009, (24): 359-361.
- [13] 李娜. 贝类中氨基酸、脂肪酸和重金属的含量分析及其产品质量评价[D]. 保定: 河北农业大学, 2011.
Li N. The amino acid, fatty acids and heavy metals content analysis of the shellfish and its product quality evaluation[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2011.
- [14] 范文洵. α -亚麻酸及其代谢产物 EPA 和 DHA[J]. 生理科学进展, 1988, 19(2): 110-113.
Fan WX. α -linolenic acid and its metabolites EPA and DHA [J]. Pro Phy Sci, 1988, 19(2): 110-113.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



李喜悦, 在读硕士研究生, 主要研究方向为功能食品化学。
E-mail: lixiyue123456@163.com



崔 同, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为功能食品化学和食品营养。
E-mail: cuitong98@aliyun.com

“食品安全监管”专题征稿

随着经济的全球化, 食品安全日益成为备受关注的热门话题。近年来, 世界上一些国家和地区食品安全的恶性事件不断发生, 随着食品加工过程中化学品和新技术的广泛使用, 新的食品安全问题不断涌现。尽管现代科技已发展到了相当水平, 但食源性疾病不论在发达国家还是发展中国家, 都没有得到有效的控制, 仍然严重地危害着人民的健康, 成为当今世界各国最关注的卫生问题之一。随着我国经济的不断发展, 食品种类越来越丰富, 产品数量供给充足有余, 在满足食品需求供给平衡的同时, 食品质量安全问题越来越突出。假冒伪劣食品频频被曝光, 危害消费者身体健康和生命安全的群发性事件时有发生, 食品安全问题已成为全国消费者关注的焦点。

鉴于此, 本刊特别策划了“**食品安全监管**”专题, 由北京出入境检验检疫局 **刘环 研究员** 担任专题主编, 主要围绕 **食品标准与法律法规、食品工业企业的安全监管、食品安全风险评估、食品安全追溯系统建设、食品安全控制理论、进出口食品及国内生产食品的监控** 等或您认为本领域有意义的问题进行论述, 计划在 2015 年 6 月出版。

本刊编辑部及 **刘环 研究员** 特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 5 月 15 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部