

## 避雨栽培下“凤丹白”籽油提取及理化指标分析

马广莹<sup>1</sup>, 邹清成<sup>1</sup>, 刘慧春<sup>1</sup>, 朱开元<sup>1\*</sup>, 史小华<sup>1</sup>, 张加强<sup>1</sup>, 詹菁<sup>2</sup>

(1. 浙江省萧山棉麻研究所, 浙江杭州 311202; 2. 杭州市萧山高级技工学校, 浙江杭州 311202)

**摘要** [目的] 为在江南湿热地区推广种植油用牡丹, 采用避雨栽培地区模式对“凤丹白”品种进行试种, 采收种子并进行籽油提取和指标测定, 比较其与正常露地栽培指标异同。[方法] 在杭州海涂围垦地区采用全年避雨栽培“凤丹白”品种的油用牡丹, 收获种子后亚临界萃取法获得籽油, 测试该种植模式下含油量、主要特征指标、主要脂肪酸含量、主要理化性质等的指标, 通过与露天栽培下的该品种相关指标的比较分析, 明确保护地种植下油用牡丹的籽油品质。[结果] 避雨栽培下, “凤丹白”长势良好, 籽油综合品质与露地产籽油没有显著差异。[结论] 研究可为今后在江南湿热地区推广种植油用牡丹提供重要参考依据。

**关键词** 牡丹; 籽油; 理化指标; 分析

中图分类号 S38 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)31-200-02

**Extraction and Physicochemical Indexes Analysis of “Fengdanbai” Seed Oil under the Shelter Cultivation**

MA Guang-ying, ZOU Qing-cheng, LIU Hui-chun, ZHU Kai-yuan\* et al (Xiaoshan Cotton Research Institute, Hangzhou, Zhejiang 311202)

**Abstract** [Objective] For planting oil peony in the hot and humid areas in the south of Yangtze River, the variety “Fengdanbai” was grown under rain shelter mode, and its seeds were harvested and seed oil were extracted. The seed oil index was compared with that from normal open field cultivation. [Method] In Hangzhou tideland reclamation area, adopting rain shelter mode, subcritical extraction was carried out to obtain seed oil after harvested, and oil content, major fatty acid content, main characteristic indexes, main chemical properties were tested. By means of comparative analysis of various indexes from two different cultivation modes, the seed oil quality, which was from protected cultivation was made clear. [Result] Under the protected cultivation, “Fengdanbai” was growing well, and the comprehensive quality of seed oil was not significantly different from the open ground cultivation. [Conclusion] The experimental results provided an important reference basis for the promotion of oil peony planting in the hot and humid areas in the south of the Yangtze River in future.

**Key words** Tree peony; Seed oil; Physical and chemical index; Analysis

凤丹白(*Paeonia ostii* ‘Feng Dan Bai’), 又名铜陵牡丹, 属于江南牡丹的一个品种, 是目前油用牡丹的主栽类型。为了更好地开发这一资源, 浙江省萧山棉麻研究所引进该品种, 并在杭州地区种植生产。经过多年试验, 在地势较低洼地区, 即使起垄栽培, 仍容易引起各种病虫害, 为更好地让引种牡丹正常生长发育, 试用拱架大棚避雨栽培的方式, 解决引种地多雨的危害。

试验结果显示, 避雨栽培, 较好地克服了高温多雨等不利气候因素对引种牡丹生长的影响, 引进资源不但正常生长、开花, 结实率也较高, 为了评价其籽油品质, 笔者对避雨栽培下凤丹白种子进行了油脂提取和分析, 以明确其营养价值, 为提高种植效益提供数据支持。

**1 材料与方法**

**1.1 试验田基本情况** 该试验所用植物材料种植于浙江省杭州市萧山区浙江省萧山棉麻研究所基地, 地理位置 120°16'53"E, 30°11'25"N。供试土壤是海塘土, 地势低洼, 壤土偏黏, pH 7.8, 有机质含量 13.4 mg/kg, 氮含量 36.0 mg/kg, 磷含量 28.8 mg/kg, 钾含量 41.5 mg/kg。

采用拱架大棚避雨栽培, 大棚南北走向, 距地高 1 m 处及南北两侧不设薄膜, 起垄栽培, 垄高 50 cm, 株行距 40 cm × 50 cm。

**1.2 材料** 供试品种为“凤丹白”, 苗龄 5 年, 试验于 2014

年初开始, 正常养护管理, 种子于 8 月上旬采收, 自然阴干后备用。常规化学试剂为国产分析纯, 水为超纯水。

**主要仪器设备:** Agilent6890N 气相色谱, 配有 FID 检测器, 美国 Agilent 公司; CBE-5L 型亚临界流体萃取实验室成套装置, 河南省亚临界生物技术有限公司; AL104 万分之一天平, 瑞士 METTLER 公司; DU800 紫外分光光度计, 美国 BECKMAN 公司; GM200 粉碎机, 德国莱驰; DZF-6050 真空干燥箱, 上海索普仪器有限公司; HH-6C 恒温水浴锅, 金坛市鸿科仪器厂。

**1.3 测定项目与方法**

**1.3.1 凤丹白籽油的制备。** 将备好的种子经粉碎机粉碎 (10 000 r/min, 5 s, 3 次) 后, 称取 1 000 g 放入亚临界萃取装置, 温度 40 °C, 料液比 1:2.5 g/ml, 萃取时间 30 min, 萃取 2 次, 萃取液用 10 000 r/min 离心 15 min, 所得油脂放入 4 °C 条件下保存待分析。

**1.3.2 脂肪酸组成的测定。** 测试方法参考 GB/T173-2008, 略有改动。气相色谱条件: 色谱柱为 HP-INNOWAX, 30.00 m × 0.32 mm × 0.25 μm, 载气为氮气, 流速为 1.5 L/min, 进样口温度为 260 °C, 分流比为 80:1, 升温程序: 210 °C 保持 9 min, 20 °C/min 升至 250 °C, 保持 10 min。

**1.3.3 含油量及粗蛋白测定。** 参考 GB2906-82 谷物、油料作物种子粗脂肪测定方法; GB/T 24318-2009, 杜马斯燃烧法测定饲料原料中总氮含量及粗蛋白质的计算。

**1.3.4 特征指标的测定。** 参考 GB 5527-2010 动植物油脂折光指数的测定; GB 5526-85 植物油脂检测比重测定法; GB/T 5532-2008 动植物油脂碘值的测定; GB/T 5534-2008

**基金项目** 浙江省科技厅公益性项目(2014C32116)。**作者简介** 马广莹(1982-), 男, 山东梁山人, 助理研究员, 博士, 从事观赏植物选育研究。\* 通讯作者, 高级工程师, 从事园林植物选育工作。**收稿日期** 2015-09-23

动植物油脂皂化值的测定;GB/T 5535.1-2008 动植物油脂不皂化物测定。

**1.3.5 理化指标的测定。**参考 GB/T 5530-2005 动植物油脂酸值和酸度测定;GB/T 5538-2005 动植物油脂过氧化值测定;GB/T 5525-2008 动植物油脂透明度、气味、滋味鉴定法;GB/T 5529-1985 植物油脂检测杂质测定法;GB/T 5528-2008 植物油脂水分及挥发物含量测定法;GB/T 5531-2008 粮油检测植物油脂加热试验。

## 2 结果与分析

将测试结果与前人报道的露地栽培凤丹白籽油测试结果进行比较,查找异同,以便明确保护地栽培是否影响油脂品质。

**2.1 凤丹白籽油含油量和粗蛋白含量测定** 由表 1 可见,在基地避雨栽培措施下,凤丹白籽油的含油量为 19.66%,前人研究结果认为露地栽培含油量为 27.00%,比南方避雨栽培下生产的籽油含油量高;该试验中凤丹白粗蛋白含量为 17.45%,比前人报道的露地栽培籽油粗蛋白含量(20.17%)略低。

表 1 不同栽培地域和环境下凤丹白籽油含油量及粗蛋白含量比较 %

项目	含油量	粗蛋白含量
B	19.66	17.45
FB	27.00 <sup>[1]</sup>	20.17 <sup>[2]</sup>

注:“B”表示保护地避雨栽培材料,“FB”表示非保护地栽培。

**2.2 凤丹白籽油特征指标比较分析** 油脂特征指标是衡量其质量优劣的重要参数。由表 2 可见,该试验中,保护地避雨栽培生产的籽油折光系数为 1.478 5,未检索到前人的相关研究结论;该试验籽油的相对密度为 0.93,与前人相关结论报道基本一致;该试验籽油碘值为 1 698.80 g/kg,前人报道,露地栽培下为 1 762.00 g/kg;该试验测得籽油皂化值(以 KOH 计)为 190.85 mg/g,前人报道为 194.40 mg/g;该试验不皂化值为 1.24%,未见前人相关报道。

表 4 不同栽培环境下凤丹白籽油理化指标比较

项目	酸价//mg/g	过氧化值//meq/kg	色泽	气味、滋味、透明度	不溶性杂质//%	水分及挥发物含量//%	加热试验
B	12.83	1.48	Y20R2.9N0.1	透明有异味	0.09	0.10	颜色变深,有微量析出物
FB	0.90 <sup>[2]</sup>	2.0 <sup>[2]</sup>	Y10R1.0 <sup>[2]</sup>	-	-	-	-

注:“B”表示保护地避雨栽培材料,“FB”表示非保护地栽培;“-”表示未检索到相关报道。

## 3 讨论

前人研究显示,不同产地、不同栽培环境下,植物油脂品质存在不同程度的差异<sup>[4-6]</sup>,油脂品质关乎其营养价值和开发前途,因此探讨引种凤丹白籽油品质和营养水平对浙江萧山地区发展新型木本油料作物产业尤为重要。牡丹籽油作为新型可食用木本植物油,主产地在黄淮流域,浙江省未见规模化生产、加工企业。作为高附加值产品,国家制定了一系列扶持措施鼓励发展牡丹籽油产业,浙江省已经有企业在探索相关技术。种苗丰产稳产事关加工企业原料品质和加工成本,在保护地避雨栽培条件下,凤丹白牡丹在浙江萧山地区生长良好,开花结果均正常,籽油品质基本符合原产地

表 2 不同栽培环境下凤丹白籽油主要特征指标比较

项目	折光系数	相对密度	碘值 g/kg	皂化值(以 KOH 计)//mg/g	不皂化值 %
B	1.478 5	0.93	1 698.80	190.85	1.24
FB	-	0.93 <sup>[1]</sup>	1 762.00 <sup>[1]</sup>	194.40 <sup>[1]</sup>	-

注:“B”表示保护地避雨栽培材料,“FB”表示非保护地栽培;“-”表示未检索到相关报道。

**2.3 凤丹白籽主要脂肪酸含量比较** 对保护地避雨栽培下凤丹白的籽油进行了主要脂肪酸成分的含量测定(表 3),结果显示其软脂酸(棕榈酸)含量为 5.35%,作为对照,前人报道露地栽培含量为 7.50%;硬脂酸含量为 1.69%,而对照为 1.76%;油酸含量为 24.71%,对照为 24.11%;亚油酸含量为 23.56%,对照为 27.16%;亚麻酸含量为 44.69%,对照为 39.47%。可以看出,在保护地避雨栽培下,凤丹白籽油脂脂肪酸成分含量与对照比较,多数指标低于前人报道,只有油酸和亚麻酸含量略高于对照,显示在不同栽培环境和不同测试方法下,各项指标存在差异。

表 3 不同栽培环境下凤丹白籽油主要脂肪酸含量比较 %

项目	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
B	5.35	1.69	24.71	23.56	44.69
FB	7.50 <sup>[3]</sup>	1.76 <sup>[3]</sup>	24.11 <sup>[3]</sup>	27.16 <sup>[3]</sup>	39.47 <sup>[3]</sup>

注:“B”表示保护地避雨栽培材料,“FB”表示非保护地栽培。

**2.4 不同栽培环境下凤丹白籽油理化指标比较** 通过文献检索,没有发现前人对牡丹籽油气味、滋味、不溶性杂质、水分及挥发物含量、加热试验等的指标报道,而酸价、过氧化值、色泽等指标均有报道,试验将本地产凤丹白籽油相关指标与前人报道结论比较,数据见表 4。其中酸价指标本地产籽油比前人报道高,过氧化值指标比前人报道略低;本地产籽油透明有异味,不溶性杂质含量为 0.09%,水分及挥发物含量为 0.10%,加热试验显示本地产籽油颜色变深,有微量析出物,而上述 4 个指标未见明确文献报道。

相关指标,这为在高温高湿气候条件下发展牡丹籽油产业提供了可能。

通过与前人的研究成果比较分析,该试验丰富了牡丹籽油在折光系数、不皂化值等指标上的参考数据,同时从比较结果看,江南地区避雨栽培模式下,牡丹籽油的油脂品质能够保持,并且在亚麻酸含量等指标上还具有一定的优势,这种栽培模式为立地条件较差的地区推广油用牡丹种植提供了重要参考依据。

## 参考文献

- [1] 周海梅,马锦琦,苗春雨,等.牡丹籽油的理化指标和脂肪酸成分分析[J].中国油脂,2009(34):72-74.

气流干燥的发展受到了一定的限制。为了降低干燥管道长度,先后出现了倒锥式、脉冲式、套管式等结构,用于降低其高度。搅拌型闪蒸干燥工艺干燥豆渣被国内一些企业采用,通过原料输送机将湿豆渣送入搅拌罐,搅拌罐提供 500 ℃ 左右的热风,通过搅拌叶对搅拌罐内的豆渣进行搅拌,将容易结块的豆渣抛洒开,提高介质空气和物料的接触面积,提高干燥效率。水分靠排风机排向大气,干豆渣经旋风集料筒收集,该工艺使得原料在搅拌桨的打击下悬浮于空气中并与热风进行热量交换,所得豆渣含水量 10% 左右。

气流干燥由于具有工业化程度高、生产高效、产品品质可靠等特点,在工业上使用较为广泛。气流干燥设备将朝着自动化、多功能化、专业化、节能化的方向发展,以更好地适应工业化大生产的需要。

#### 4 联合干燥

联合干燥可以发挥各个干燥方式的优势,起到优势互补的作用。

**4.1 真空冷冻干燥** 真空冷冻干燥是将物料在较低的温度下(-10 ~ -50 ℃)凝结成固态,继而在真空状态下(1.3 ~ 13.0 MPa)通过升华脱除水分的一种干燥方法。王双燕等将豆渣用真空冷冻干燥箱进行干燥,干燥温度 -53 ℃,获得含水量为 10% 左右的豆渣,结果表明真空冷冻干燥较自然干燥、电热鼓风干燥、真空干燥而言,色泽最好,口感细腻,豆腥味浓<sup>[1](76-78)</sup>。李慧勤等将豆渣样品冷冻过夜后,在 -50 ℃, 100 Pa 的冷冻干燥机中干燥 3 h,至含水量约为 15%, 研究表明,真空冷冻干燥豆渣的己醛含量低于 1%, 表明真空冷冻干燥可以大幅度降低己醛的产生;真空冻干丙酮含量在样品中高达 22.86%, 是最重要的香气成分之一,远高于其他干燥方式,真空冻干豆渣样品中酯类含量最高,主要是乙酸乙酯,它是真空冻干的主要香气成分<sup>[4](167-172)</sup>。但是冻干设备和冻干产品成本高,所需时间较其他方法长,运转费用高,目前主要应用于生物制品的保存。因此,研究合理的冻干工艺,降低冻干成本,成了冻干技术亟待解决的问题。

**4.2 微波真空干燥** 李波等对微波真空干燥进行研究,将 1 cm 厚的豆渣在微波功率 700 W、真空度 100 kPa 下干燥 20 min, 结果表明,微波真空干燥的产品复水性好( $R_v = 5.66$ ),复水比与冷冻干燥相近,远高于热风干燥,微波干燥的黄酮含量比冷冻干燥和热风干燥低一些,热风干燥比微波干燥和冷冻干燥能节约 90% 的时间节约时间<sup>[5](318-324)</sup>。微波以其独特的加热特点和干燥机理为农产品的加工开辟了新道路,利用微波与其他技术相结合必然会成为农产品发展的新途径。

#### 5 其他干燥方式

有学者利用电场干燥方式对豆渣进行干燥。崔国强等用高压电场干燥豆渣的试验表明:高压电场对食品物料的干燥具有明显的促进作用,且干燥后的物料颜色较烘箱干燥保持良好<sup>[6]</sup>。高压电场技术是一种有效的豆渣干燥技术,有待于进一步研究。

国外还有些企业采用远红外加热干燥技术处理湿豆渣,远红外干燥技术的主要优点是:节能高效,成本低,维修方便,结构紧凑,占地小,快速便捷<sup>[7]</sup>。

#### 6 展望

随着人们对健康的越来越重视,人们对膳食纤维食品越来越青睐。干燥技术的进展,为豆渣的深加工和利用提供了有效的途径。豆渣干燥技术的发展方向主要有以下几种:

第一,效率高,能耗少,节能环保。效率高才能适应企业化的大生产,能耗少才会实现节能减排,降低企业生产成本。热量的回收再利用是可以考虑的一种节能降耗的方法。气流干燥效率高,能耗相对较低,但是产品质量较差,如能降低质量损耗,是一种不错的方法,例如降低气流干燥的温度,结合添加剂进行干燥等,以保持豆渣良好的产品品质。另外,太阳能、风能、生物能都可以作为能耗的出发点。国内企业采用较多的搅拌式旋转闪蒸干燥机,是利用气流干燥的原理,具有效率高,生产强度大的优点,也存在着能耗高、设备磨损严重、前期风机投资大的问题,有待进一步开发。

第二,保持豆渣良好的功能特性和营养成分。要保持豆渣良好的功能特性和营养成分,就要保证豆渣的复水性、持水性、阳离子交换能力,蛋白质的含量,热敏性成分含量。因此需要干燥设备的专业化,有时需要将干燥同其他工序同时进行,以提高干燥的效率和能力。

第三,要多种干燥方式组合使用,各取所长,优势互补。各种干燥方法联合干燥,使豆渣真正的变废为宝,创造经济价值。

#### 参考文献

- [1] 王双燕,贺学林. 不同干燥方法对豆腐渣粉感官品质的影响[J]. 农业工程,2013,3(3):76-78.
- [2] 张振山,叶素萍,李泉,等. 豆渣的处理与加工利用[J]. 食品科学,2004,25(10):400-406.
- [3] 徐同成,邱登林,高兴岗,等. 豆渣膳食纤维的研究[J]. 农产品加工·学刊,2009,2(2):36-38.
- [4] 李慧勤,彭见林,赵国华. 不同干燥方式的豆渣香气成分的顶空固相微萃取-气相色谱-质谱分析[J]. 食品科学,2012,22(33):167-172.
- [5] 李波,王东玲,韩伟元. 豆腐渣微波真空干燥实验的研究[J]. 食品工业科技,2011,32(12):318-324.
- [6] 崔国强,曹延华,庞圣杰. 高压电场干燥豆渣的实验研究[J]. 泰山学院学报,2005,27(6):73-75.
- [7] 崔东善,罗莉. 豆渣干燥技术[J]. 现代化农业,1997(1):37.

(上接第 201 页)

- [2] 史国安,郭香凤,金宝磊,等. 牡丹籽油超临界 CO<sub>2</sub> 萃取工艺优化及抗氧化活性的研究[J]. 中国粮油学报,2013(28):47-50.
- [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):147-150.
- [4] 魏辉,李兵,田厚军,等. 福建省不同产地及不同生育期土荆芥精油化

- 学成分的比较[J]. 植物资源与环境学报,2013(3):62-67.
- [5] 王燕,钟葵,林伟静,等. 品种与环境效应对裸燕麦油脂含量和脂肪酸组成的影响[J]. 中国油脂,2012(37):27-32.
- [6] 龚榜初,李大伟,江锡兵,等. 不同产地山桐子果实含油率及其理化指标变异分析[J]. 西北植物学报,2012(8):1680-1685.