

# 油莎豆油的脂肪酸组成及其提取工艺研究进展

侯朝雷<sup>1</sup>, 相海<sup>1</sup>, 曾祥菊<sup>2</sup>, 王琦寒<sup>3</sup>, 刘印志<sup>1</sup>, 姚占斌<sup>1</sup>, 郭芮<sup>2</sup>

(1. 中国农业机械化科学研究院, 北京 100083; 2. 云南滇雪粮油有限公司, 云南 玉溪 653100;  
3. 北京金海连天油莎豆科技有限公司, 北京 100083)

**摘要:**油莎豆原产于非洲和地中海沿岸,是一种油、粮、饲、肥兼用型经济作物,具有很高的营养价值和经济价值。油莎豆产量大、块茎的含油率高,相同种植面积下油莎豆出油量远高于其它油料作物,被誉为“油料作物之王”。油莎豆油不饱和脂肪酸占总脂肪酸含量的73%以上,且主要是油酸和亚油酸,具有较高的营养价值和保健功能。近年来,除了传统的压榨和浸出提油技术,学者针对油莎豆还研究了水酶法、超声波辅助、微生物发酵等油脂提取技术。综述了油莎豆的特性、油莎豆油的脂肪酸组成和提取工艺的研究进展,为油莎豆油的进一步研究提供参考。

**关键词:**油莎豆油;特性;脂肪酸;提取工艺

**中图分类号:**TS 222<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2018)03-0032-04

## Research progress of extraction methods of cyperuse sculentus oil and its fatty acid composition

HOU Chao-lei<sup>1</sup>, XIANG Hai<sup>1</sup>, ZENG Xiang-ju<sup>2</sup>, WANG Qi-han<sup>3</sup>, LIU Yin-zhi<sup>1</sup>, YAO Zhan-bin<sup>1</sup>, GUO Rui<sup>2</sup>

(1. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083;

2. Yunnan Dianxue Grain and Oil Co., Ltd., Yuxi Yunnan 653100;

3. Beijing Jinhailiantian Tiger Nuts Technology Co. Ltd., Beijing 100083)

**Abstract:** Cyperuse sculentus is originated from Africa and Mediterranean coast, and it is a kind of multi-purpose economic crop of oil, grain, feed and fertilizer, with high nutritional value and economic value. Cyperuse sculentus is considered as "the king of oil crops" due to its large yield and high oil ratio since its oil production is much higher than other oil crops under the same planted area. The unsaturated fatty acid of cyperuse sculentus oil accounts for more than 73% of the total fatty acid and mainly ingredient is oleic acid and linoleic acid. Therefore, it has high nutritional value and health function. In recent years, scholars have invented some new oil extraction technology such as aqueous enzymatic extraction, ultrasonic assisted extraction and microbial fermentation besides traditional oil extraction technology. The characteristics of cyperuse sculentus, as well as fatty acid composition and the processing technology of cyperuse sculentus oil, is reviewed and summarized so as to provide reference for the further study of cyperuse sculentus oil.

**Key words:** cyperuse sculentus oil; characteristic; fatty acids; extraction process

油莎豆(又叫油莎果、油莎草)原产于非洲和地中海沿岸,现广泛分布于非洲、欧洲、亚洲、北美洲和拉丁美洲的热带、亚热带及温带地区。中国科学院植物研究所于1952年从前苏联引入油莎豆进行

栽培,1960年又从保加利亚重新引进,现已在我国北京、甘肃、广西等20多个省市自治区广泛种植<sup>[1-2]</sup>。虽然油莎豆已引入我国栽培数十年,但直到2006年才开始大面积种植,到2013年油莎豆种植面积还不到100万亩<sup>[3]</sup>。近几年随着国家大力发展粮油经济,油莎豆种植面积逐渐扩大,油莎豆产业化步伐加速,出现了一批像北京鑫科创油莎豆科技发展有限公司、北京金海连天油莎豆科技有限公

收稿日期:2018-01-10

基金项目:“十三五”国家重点研发计划(2016YFD0100305-5);  
院省校科技合作专项(2015IB027)

作者简介:侯朝雷,1994年出生,男,硕士研究生。

通讯作者:相海,1964年出生,男,研究员。

司、吉林省好易收农业科技开发有限公司等专门从事油莎豆产业化研究的企业,我国油莎豆产业已进入快速发展阶段。本文在查阅和汇总相关文献的基础上,对油莎豆的特性和食用油莎豆油的研究进展进行简要综述,为油莎豆的开发与综合利用提供参考。

## 1 油莎豆的特性

油莎豆属莎草科莎草属的多年生草本植物,性喜温暖湿润气候,耐旱、耐涝、耐贫瘠、抗逆性强,最适宜在沙质土地生长,因此具有良好的生态效益。全年生育期110~130 d,从3月初到7月均可播种。油莎豆的根系发达,主要以块茎繁殖,平均每株油莎豆根系上有50~250个块茎,每千克大约有2 000~26 006个块茎<sup>[4]</sup>。

作为当今植物中最具发展前景的新型油料作物之一,油莎豆适应性强且产量高,一般亩产鲜豆1 000 kg,干豆500 kg。经测定,油莎豆块茎的含油率高达38.7%,每亩油莎豆可榨优质保健食用油200~300 kg,种1亩油莎豆相当于种7~10亩油菜,每亩油莎豆产油量是花生的1.5倍、大豆的3~4倍,因此油莎豆被世界各国农业专家称为“油料作物之王”<sup>[5]</sup>。油莎豆油含有丰富的蛋白质和氨基酸,具有橄榄油、菜籽油的功能特性和应用价值,因此,油莎豆也有“地下核桃”和“地下板栗”的美称<sup>[6-7]</sup>。油莎豆与其他油料作物亩产量与出油量对比结果见图1和图2。

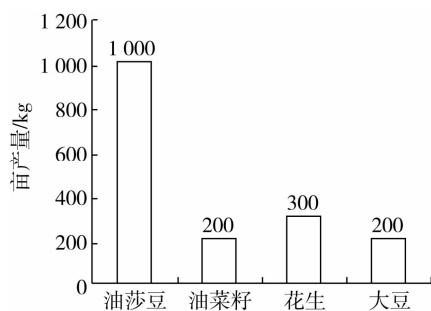


图1 油料作物亩产量对比

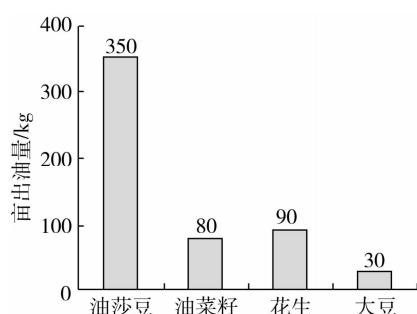


图2 油料作物亩出油量对比

油莎豆是一种集油、粮、饲、肥于一体的多用途经济作物,富含油脂、淀粉、糖、维生素等多种营养成分,具有很高的营养价值和经济价值。目前,国内外已有多篇关于油莎豆化学组成的研究报道发表。不同国家油莎豆组分含量的整体水平见表1<sup>[8-12]</sup>,国内不同省份油莎豆的组分含量见表2<sup>[8]</sup>。

表1 不同国家和地区油莎豆组分含量整体水平 %

组分	中国	地中海	朝鲜	土耳其	埃及
粗纤维	7.60	22.13	-	8.91	6.50
粗蛋白质	5.76	8.11	8.47	5.05	5.00
粗脂肪	22.26	21.57	18.64	24.50	30.00
水分	5.91	35	8.67	6.72	3.75
灰分	2.69	2.34	2.85	1.43	4.30
总糖	57.67	-	61.82	-	47.00
淀粉	28.88	18.6	-	25.68	29.50

注:“-”表示没有检测该项指标;总糖含量采用蒽酮测定,包含了淀粉、可溶性糖和部分纤维素。余表同。

表2 国内不同省份油莎豆的组分含量 %

组分	河南	河北	湖南	江苏
粗纤维	8.21	6.64	8.45	7.10
粗蛋白质	5.55	5.68	6.61	5.20
粗脂肪	18.71	22.61	26.14	21.58
水分	5.76	6.20	5.43	6.26
灰分	2.23	3.11	2.45	2.95
总糖	63.34	57.70	52.52	57.11
淀粉	28.45	33.58	21.55	31.92

## 2 油莎豆油的研究进展

### 2.1 油莎豆油的脂肪酸组成

目前,国内外学者对油莎豆油的研究主要集中于其脂肪酸组成、理化特性和提取工艺方面。付黎敏<sup>[13]</sup>等对油莎豆的组成成分进行了详细的分析研究,结果表明油莎豆油脂的脂肪酸组成与橄榄油、茶油相似,是良好的食用烹调油。刘蕾<sup>[14]</sup>、Umerle S. C.<sup>[15]</sup>等的研究表明油莎豆油是不干性油,有较低的不饱和度,因此油莎豆油具有很好的抗氧化性。美国学者 Moonjung Kim<sup>[16]</sup>等人分析了油莎豆油的脂肪酸组成,并且确定了油莎豆油中 sn-1、sn-2 和 sn-3 位置的脂肪酸分布情况。Adel 等<sup>[17]</sup>比较了经过不同方法处理后的油莎豆制备的油莎豆油的脂肪酸组成,结果发现油莎豆经过浸泡、漂烫和烘烤后制成的油的脂肪酸组成并没有显著变化,因此在食品加工过程中可用油莎豆油代替普通植物油。

我国生产的油莎豆油与国内其他植物油的脂肪酸组成比较见表3<sup>[15,18-21]</sup>,国外不同产地油莎豆油的脂肪酸组成见表4<sup>[10-11,13,22-23]</sup>。从表3可以看出,油莎豆油各脂肪酸中油酸含量最高,不饱和脂

肪酸含量在73%以上。油莎豆油油酸含量较茶油和橄榄油的低,而比花生油、菜籽油等的油酸含量高。综合各文献报道可知,油莎豆油中油酸含量在50%~80%之间。从表4可以看出,国外产油莎豆油的油酸含量高于国内,国外不同产地之间油莎豆油的脂肪酸含量相差不大。

表3 我国国内油莎豆油与其他植物油的脂肪酸组成 %

种类	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	花生烯酸
油莎豆油	20.39	1.87	52.57	20.10	0.79	0.46
花生油	10.9	2.7	46.8	35.3	0.1	1.1
大豆油	10.5	3.0	23.1	56.5	6.5	0.2
菜籽油	4.5	1.4	32.0	23.6	8.1	4.4
茶油	8.8	1.1	82.3	7.4	0.2	-
橄榄油	10.14	3.73	77.84	6.79	0.37	0.43
牡丹籽油	5.26	1.56	22.36	27.82	42.91	-

表4 国外不同地区油莎豆油的脂肪酸组成 %

产地	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	花生烯酸
地中海	14.8	-	72.7	11.4	0.5	0.6
朝鲜	15.2	2.2	66.1	14.8	0.4	0.6
土耳其	12.94	3.35	69.51	10.69	0.37	0.71
埃及	14.50	3.40	69.50	8.80	0.40	0.20
尼日利亚	10.4	0.3	76.1	11.8	0.6	6.1

## 2.2 油莎豆油的提取工艺

传统的油脂提取方法主要有压榨法和浸出法,新兴的油脂提取方法还有水酶法、超临界CO<sub>2</sub>萃取法、超声波辅助萃取法等。国内外学者对油莎豆油提取工艺的研究也集中在这些方面。

朱圣芳<sup>[24]</sup>等以石油醚(60~90℃)为溶剂,对浸出法提取油莎豆油的工艺进行了探讨,得到影响油莎豆出油率的主次因素依次为:提取时间、提取温度、料液比、提取次数,确定了油莎豆油的最佳提取工艺为:提取时间4 h、料液比1:10 g/mL、提取温度40℃、提取3次,该条件下所得油的质量占所用油莎豆质量(即提取率)的27.20%。针对压榨法制备的油莎豆油酸值高、不易保存的问题,敬思群<sup>[25]</sup>等利用乙醇萃取对油莎豆油进行脱酸处理,确定了最佳脱酸条件为:萃取3次、萃取温度35℃、料液比1:3(V/V),在此条件下,油莎豆油的酸值为0.523 mg KOH/g。Lasekan 和 Abdulkarim<sup>[26]</sup>对超临界二氧化碳萃取油莎豆油进行研究,得到最佳提取条件为萃取温度60℃、萃取压力30.254 MPa、提取时间210 min,此条件下油脂提取率为26.28%。尼日利亚学者 Ekpe 等<sup>[27]</sup>研究发现分别用石油醚和正己烷作为溶剂提取油莎豆油,以所游离出的油莎豆油的质量占油莎豆中总含油量的百分比(即提油率)为指标,使用正己烷的提油率为86%,显著高于提油率为75%的石油醚,提油效率与超临界二氧化碳萃取相当。

水酶法提油技术是在水代法基础上发展起来的一种新兴油脂提取方法,与传统工艺相比,得油率高、工艺简单且对活性成分的破坏更少,是一种“绿色、安全、营养”的油脂提取新技术。严寒<sup>[28]</sup>等的研究表明,水酶法提取油莎豆油的最佳工艺为:料液比1:7(V/V)、加酶量0.4%、酶解温度40℃、酶解时间10 h,在此条件下提油率高达86.82%,在上述影响因素中,影响油莎豆油得率的主次因素依次是混合酶的添加量、酶解温度、料液比、酶解时间。余攀<sup>[29]</sup>等先将油莎豆粉进行酸处理,再用传统的水酶法进行提油,结果表明,最佳提取条件为:酸提pH 3、酸提温度50℃、酶用量2.5%、酶解时间6 h,油莎豆提油率为80.42%。经过酸处理后,油莎豆油的提取率下降。在水酶法提油的基础上,新疆大学的敬思群<sup>[30-31]</sup>等发明了一种采用水酶法—冻融相结合提取油莎豆油的方法,并比较了溶剂法、水酶法和冻融耦合技术这3种提油方法的提油效果和品质差异,结果显示,在碱性蛋白酶和纤维素酶复合酶使用条件下采用水酶法—冻融耦合技术不仅提高了提油率,而且可以保持较好的油脂品质。

超声波辅助提油技术是近几年的研究热点,具有很多独特的优势,Sharma<sup>[32]</sup>和杨柳<sup>[33]</sup>等研究发现超声波辅助技术可显著缩短酶解时间并提高出油率。胡炜东<sup>[34]</sup>等利用超声波辅助溶剂法提取油莎豆中的油脂,确定了较佳提油工艺为:温度39℃、超声时间20.5 min、超声功率128 W、料液比1:10 g/mL,在此条件下油莎豆油提油率可达92.14%。高芳芳<sup>[35]</sup>等研究了超声波辅助水酶法提取油莎豆油工艺,得到超声波辅助水酶法最佳提油工艺为:pH 9.0、料液比1:8 mL/g、酶用量2.5%、酶解温度55℃、酶解时间3 h、超声功率240 W、超声时间7 min,在此条件下提油率为94.78%。

此外,针对油莎豆的新型油脂提取技术也在不断发展,比如王广新<sup>[36]</sup>发明的超低温压榨技术制备油莎豆油的方法,吴庆玉<sup>[37]</sup>等发明的微生物发酵法制备油莎豆油的方法。这些方法在降低生产成本、提高制油效率、改善油质等方面各自具有不同的优势,是对油莎豆油提取工艺的创新,同时对其它种类油脂的提取也具有一定的指导意义。

## 3 展望

油莎豆油是一种高端保健食用油,随着人们生活水平提高和健康意识的加强,消费结构出现很大改变,高档食用油市场潜力不断增大,油莎豆食用油的开发前景广阔。油莎豆油经过深加工,还可生产生物柴油和高端的生物润滑油。油莎豆除用于

榨油外,还可加工成风味食品、保健药品、油莎豆粉等附加值较高的营养品,其地上茎叶可生产生物肥料和绿色饲料。因此,相较于同类油料作物,油莎豆的经济效益和剩余附加值的再利用是其他油料作物的十几倍,其深加工的开发潜力巨大。

目前,对于油莎豆油的研究还处于初级阶段,虽然各种榨油方法都有着较好的出油率,但依然存在着许多问题。比如由于油莎豆油中含有大量不饱和脂肪酸,在油脂提取过程中,容易破坏不饱和脂肪酸形成游离脂肪酸,如果游离脂肪酸被氧化则会导致油品质的降低。因此,如何在保证出油率的基础上改善工艺,提取出营养价值和品质更高的油莎豆油,将成为下一步研究工作的重点。

### 参考文献:

- [1] 瞿萍梅,程治英,龙春林,等. 油莎豆资源的综合开发利用[J]. 中国油脂, 2007, 32(9):61-63.
- [2] 黄明华,王学华,庞震宇. 油莎豆的研究现状及展望[J]. 作物研究, 2013, 27(3):293-295.
- [3] 陈星. 油莎豆栽培与加工新技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2013.
- [4] 沈庆雷. 油莎豆高产优质栽培初步研究[D]. 扬州:扬州大学, 2010.
- [5] 黄思. 油莎豆茎尖培养体系的构建及高效栽培技术研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2015.
- [6] 刘玉兰. 油脂制取与加工工艺学[M]. 北京:科学出版社, 2009.
- [7] 张勇. 油料之王—油莎豆[J]. 特种经济动植物, 2004, 7(2):35-35.
- [8] 刘玉兰,田瑜,王璐阳,等. 不同制油工艺对油莎豆油品质影响的研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(7):1-5.
- [9] OZCAN M M, GUMUSCU A, ER F, et al. Chemical and fatty acid composition of *Cyperus esculentus*[J]. Chem Nat Compd, 2010, 46(2):276-277.
- [10] YOON S H. Physical and chemical characteristics of chufa (*Cyperus esculentus*, L.) oils extracted from chufa tubers grown in the mid-portion of Korea[J]. Food Sci Biotechnol, 2015, 24(6):2027-2029.
- [11] COSKUNER Y, ERCAN R, KARABABA E, et al. Physical and chemical properties of chufa (*Cyperus esculentus* L) tubers grown in the Cukurova region of Turkey[J]. J Sci Food Agric, 2002, 82(82):625-631.
- [12] ARAFAT S M, GAAFAR A M, BASUNY A M, et al. Chufa tubers (*Cyperus esculentus* L.): as a new source of food[J]. World Appl Sci J, 2009, 7(2):151-156.
- [13] 付黎敏,李桂华. 油,粮,饲兼用型优良作物油莎豆成份分析研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 1996(3):88-90.
- [14] 刘蕾. 油莎豆有效成分分析及油脂提取工艺研究[D]. 长春:东北师范大学, 2008.
- [15] UMERLE S C, OKAFOR E O, UKA A S. Evaluation of the tubers and oil of *Cyperus esculentus* [J]. Bioresour Technol, 1997, 61(2):171-173.
- [16] KIM M, NO S, YOON S H. Stereospecific Analysis of Fatty Acid Composition of Chufa (*Cyperus esculentus* L.) Tuber Oil[J]. J Am Oil Chem Soc, 2007, 84(11):1079-1080.
- [17] ADEL A A M, AWAD A M, MOHAMED H H, et al. Chemical composition, physicochemical properties and fatty acid profile of tiger nut (*Cyperus esculentus* L) seed oil as affected by different preparation methods [J]. Int Food Res J, 2015, 22(5):1931-1938.
- [18] 廖书娟,吉当玲,童华荣. 茶油脂脂肪酸组成及其营养保健功能[J]. 粮食与油脂, 2005(6):7-9.
- [19] 巫淼鑫,邬国英,韩瑛,等. 6种食用植物油及其生物柴油中脂肪酸成分的比较研究[J]. 中国油脂, 2003, 28(12):65-67.
- [20] 张喜雨,周军,晁燕,等. 四种天然食用植物油脂的脂肪酸成分分析[J]. 湖南林业科技, 2015(3):69-71.
- [21] 高婷婷. 牡丹籽油成分分析及储藏条件研究[D]. 北京:北京林业大学, 2012.
- [22] ALJUHAIMI F, ŞİMŞEKŞ, ÖZCAN M M. Comparison of chemical properties of taro (*Colocasia esculenta* L.) and tiger nut (*Cyperus esculentus*) tuber and oils [J]. J Food Process Preserv, 2017(4):e13534.
- [23] MUHAMMAD NO, BAMISHAIYE EI, BAMISHAIYE OM, et al. Physicochemical properties and fatty acid composition of *Cyperus esculentus* (Tiger Nut) tuber oil [J]. Bioresearch Bulletin, 2011(5):51-54.
- [24] 朱圣芳,田丽萍,薛琳,等. 溶剂法提取油莎豆油的工艺研究[J]. 食品科技, 2012(4):155-158.
- [25] 敬思群,欧阳位麒,王耀祥,等. 油莎豆油溶剂萃取法脱酸工艺研究[J]. 食品科技, 2013(7):211-213.
- [26] LASEKAN O, ABDULKARIM S M. Extraction of oil from tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) with supercritical carbon dioxide (SC-CO<sub>2</sub>) [J]. LWT - Food Sci Technol, 2012, 47(2):287-292.
- [27] EKPE O O, IGILE G O, WILLIAMS I O, et al. Quality Mapping of Tiger nut Oil and the Extraction Efficiency Between n-Hexane and Petroleum Ether Solvents [J]. Food Sci Qual Manage, 2016, 50:39-48.
- [28] 严寒,秦焯,田志宏. 水酶法提取油莎豆油的工艺研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(3):9-11.
- [29] 余攀,万端极,吴正奇,等. 油莎豆提油的工艺研究[J]. 湖北工业大学学报, 2017, 32(4):84-86.
- [30] 敬思群,王耀祥. 一种水酶法-冻融耦合技术提取油莎豆油的方法:中国, CN201110236919.7 [P]. 2012-01-11.
- [31] 敬思群,艾百拉,热合曼,张艳宜. 水酶法-冻融耦合技术提取油莎豆油工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(10):182-188.
- [32] SHARMA A, GUPTA M N. Ultrasonic pre-irradiation effect upon aqueous enzymatic oil extraction from almond and apricot seeds [J]. Ultrason Sonochem, 2006, 13(6):529-534.
- [33] 杨柳,江连洲,李杨,等. 超声波辅助水酶法提取大豆油的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(12):10-14.
- [34] 胡炜东,蔡永敏,杨俊峰. 超声波辅助提取油莎豆油工艺的研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(2):109-112.
- [35] 高芳芳,田丽萍,薛琳. 超声波辅助水酶法提取油莎豆油[J]. 农垦医学, 2013, 35(6):493-497.
- [36] 王广新. 超低温压榨油莎豆油的方法及其压榨设备:中国, CN201110307652.6 [P]. 2012-06-20.
- [37] 吴庆玉,王晓松. 一种微生物发酵法制备油莎豆油的方法以及油莎豆油产品:中国, CN201710367406.7 [P]. 2017-08-15. ㊞