

## 内蒙古油莎豆主要栽培品种的营养成分

段 帅, 吴晓彤, 张德健, 王 璞

(内蒙古大学 生命科学学院, 呼和浩特 010000)

**摘要:** 以内蒙古油莎豆主要栽培品种(圣漠1号、中油莎1号、丰产1号和达旗1号)为材料,对4个不同品种油莎豆的基本营养成分、脂肪酸组成、 $V_E$ 含量和矿质元素含量进行测定,分析比较不同品种油莎豆的营养价值和品质差异。结果表明:4个不同品种油莎豆的基本营养成分存在差异,但均富含淀粉(21.15%~25.40%)、膳食纤维(20.15%~21.95%)、脂肪(23.35%~25.60%)和总糖(17.10%~17.95%),可作为提取淀粉、糖类和脂肪的优良原料;各品种油莎豆脂肪酸组成基本相同,以油酸(9.120 0~10.600 0 g/100 g)、亚油酸(0.051 8~1.515 0 g/100 g)和棕榈酸(0.037 8~1.995 0 g/100 g)为主,可作为生产油酸和优质食用油的原料;4个品种油莎豆均富含 $V_E$ (4.39~5.59 mg/100 g),且均富含Ca(476~1 253 mg/kg)、Fe(142.5~216.5 mg/kg)、Zn(10.15~17.95 mg/kg)和Se(0.053~0.072 mg/kg)。圣漠1号可以用来制作油莎豆面粉及其制品,中油莎1号适用于提取高品质的油莎豆油,达旗1号更适合提取高纯度的油酸,而丰产1号的各种营养物质比较均衡。

**关键词:** 油莎豆;主要栽培品种;营养成分;脂肪酸;矿质元素

中图分类号:TS222+.1;TQ646 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2022)03-0100-05

### Nutritional components of main cultivars of *Cyperus esculentus* in Inner Mongolia

DUAN Shuai, WU Xiaotong, ZHANG Dejian, WANG Pu

(College of Life Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010000, China)

**Abstract:** The basic nutrients, fatty acid composition,  $V_E$  content and mineral elements contents of four cultivars of *Cyperus esculentus* were measured with main cultivars of *Cyperus esculentus* (Shengmo No. 1, Zhongyousha No. 1, Fengchan No. 1 and Daqi No. 1) in Inner Mongolia as materials to analyze and compare the differences in nutritional value and quality of different cultivars of *Cyperus esculentus*. The results showed that there were differences in the basic nutrients of four different varieties of *Cyperus esculentus*, but they were all rich in starch(21.15%–25.40%), dietary fiber(20.15%–21.95%), fat(23.35%–25.60%) and total sugar(17.10%–17.95%), and could be used as raw materials for extracting starch, sugar and fat. The fatty acid composition of four varieties was basically the same, mainly oleic acid(9.120 0–10.600 0 g/100 g), linoleic acid(0.051 8–1.515 0 g/100 g) and palmitic acid(0.037 8–1.995 0 g/100 g), which could be used as raw materials for the production of oleic acid and high-quality edible oil. Furthermore, they were rich in  $V_E$ (4.39–5.59 mg/100 g), and calcium(476–1 253 mg/kg), iron(142.5–216.5 mg/kg), zinc(10.15–17.95 mg/kg) and selenium(0.053–0.072 mg/kg). Shengmo No. 1 could be used to make *Cyperus esculentus* flour and its products, Zhongyousha No. 1 was suitable for extracting high quality *Cyperus esculentus* oil, Daqi No. 1

was more suitable for extracting high purity oleic acid, and Fengchan No. 1 had a relatively balanced variety of nutrients.

**Key words:** *Cyperus esculentus*; main cultivar; nutritional component; fatty acid; mineral element

收稿日期:2020-03-31;修回日期:2021-11-07

基金项目:国家重点研发计划项目(2019YFC0507604)

作者简介:段 帅(1996),男,硕士研究生,研究方向为食品科学(E-mail)ds15690973723@163.com。

通信作者:吴晓彤,副教授,博士(E-mail)wxt2000@yeah.net。

油莎豆(*Cyperus esculentus* L.)也称油莎草,是莎草科一年生草本植物。目前,我国已在北京、四川、新疆、湖北等20多个省市自治区开始推广栽种油莎豆<sup>[1]</sup>。油莎豆富含油脂、蛋白质、淀粉和膳食纤维等,既可以用来榨油,也可以用来制作面粉、饲料、酿酒和制糖等,是一种品质优良、高产且综合利用价值较高的经济作物<sup>[2]</sup>。油莎豆含有甾醇、有机酸、萜类和萜醌等生物活性成分,因此具有一定的抑菌、利尿、抗氧化等作用,可以有效预防心脏病、高血压、糖尿病等,能促进体内血液循环,有利于人体健康<sup>[3-4]</sup>。油莎豆可以在沙地、盐碱地上种植,地上茎叶是优良牧草,不仅有利于生态环境的保护,还可以促进农牧业的发展<sup>[5]</sup>。由此可见,在内蒙古地区大力推广栽种油莎豆具有非常好的经济效益和生态效益。

油莎豆品种较多,不同品种的油莎豆由于遗传性状和生长环境等的不同,会造成其基本成分和功能活性成分的含量存在一定的差异。本实验以内蒙古的4个油莎豆主要栽培品种圣漠1号、中油莎1号、丰产1号和达旗1号为研究对象,对油莎豆的基本营养成分、脂肪酸组成、 $V_E$ 含量、矿质元素含量等进行测定和分析,比较4个主要栽培品种油莎豆的营养价值的差异,以期为内蒙古地区油莎豆的推广种植和产业化开发提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

内蒙古油莎豆主要栽培品种圣漠1号、中油莎1号、丰产1号和达旗1号的油莎豆块茎,由内蒙古大学生命科学学院实验室提供,先用蒸馏水进行清洗,清除油莎豆块茎表皮的沙土等杂质,然后用蒸馏水冲洗两次,自然阴干,放入保鲜袋中备用。

浓硫酸、乙酸镁、硫酸铜、硫酸钾、酒石酸钾钠、

无水乙醇、无水乙醚等,均为分析纯。

PinAAcle 900H 原子吸收分光光度计、AltusA-10 高效液相色谱仪、Clarus 680 气相色谱仪,美国珀金埃尔默公司(PerkinElmer); AFS-230E 原子荧光光度计; Practum224-1CN 电子天平,赛多利斯科学仪器有限公司; K1100 全自动凯氏定氮仪; DHG-9030A 鼓风干燥箱。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 基本营养成分含量测定

蛋白质含量测定参照 GB 5009.5—2016;水分含量测定参照 GB 5009.3—2016;脂肪含量测定参照 GB 5009.6—2016;总糖含量测定参照 GB 5009.8—2016;还原糖含量测定参照 GB 5009.7—2016;淀粉含量测定参照 GB 5009.9—2016;膳食纤维含量测定参照 GB 5009.88—2014;灰分含量测定参照 GB 5009.4—2016。

#### 1.2.2 油莎豆油的提取及脂肪酸组成和 $V_E$ 含量测定

油莎豆油的提取参照 GB 5009.168—2016;脂肪酸绝对含量测定参照 GB 5009.168—2016 第二法; $V_E$ 含量测定参照 GB 5009.82—2016 第一法。

#### 1.2.3 矿质元素含量测定

钙含量测定参照 GB 5009.92—2016 第一法;铁含量测定参照 GB 5009.90—2016 第一法;锌含量测定参照 GB 5009.14—2017 第一法;硒含量测定参照 GB 5009.93—2017 第一法。

#### 1.2.4 数据处理

采用软件 Origin 2018 64Bit 作图,SPSS 18.0 进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种油莎豆的基本营养成分(见表1)

表1 不同品种油莎豆的基本营养成分及含量

项目	圣漠1号	中油莎1号	丰产1号	达旗1号	%
水分	6.64 ± 0.01c	6.66 ± 0.04c	7.08 ± 0.05b	7.55 ± 0.02a	
蛋白质	6.06 ± 0.06a	5.60 ± 0.02b	3.29 ± 0.03d	4.56 ± 0.04c	
脂肪	23.35 ± 0.05c	25.60 ± 0.30a	23.35 ± 0.05c	24.50 ± 0.01b	
淀粉	21.15 ± 0.15b	25.00 ± 0.01a	25.40 ± 0.20a	21.55 ± 0.35b	
总糖	17.95 ± 0.15a	17.20 ± 0.10b	17.10 ± 0.10b	17.85 ± 0.05a	
还原糖	15.55 ± 0.15ab	15.75 ± 0.15a	15.00 ± 0.40ab	14.75 ± 0.05b	
膳食纤维	21.95 ± 0.35a	21.15 ± 0.25ab	20.25 ± 0.15b	20.15 ± 0.01b	
灰分	2.51 ± 0.02c	2.54 ± 0.02c	3.05 ± 0.02a	2.63 ± 0.02b	

注:同行不同小写字母表示存在显著差异( $P < 0.05$ )。下同

由表1可知,4个品种油莎豆的基本成分含量存在明显差异,但总体来说,不同品种油莎豆的脂肪和淀粉含量较高,膳食纤维和总糖含量也比较丰富,蛋白质含量较低。4个品种油莎豆均为当年成熟采

集,统一晾干后进行测定,因此各品种间水分含量相差不大,达旗1号和丰产1号的水分含量相对较高。

油莎豆蛋白作为一种天然的优质蛋白,富含8种必需氨基酸,且氨基酸比值系数与鸡蛋蛋白相似,

可作为优良蛋白质的来源添加到食物中<sup>[6]</sup>。4个品种油莎豆蛋白质含量为3.29%~6.06%,远低于常见油料的蛋白质含量(大豆蛋白质含量为30%~50%,花生蛋白质含量为24%~36%<sup>[7]</sup>)。4个品种油莎豆蛋白质含量大小依次为圣漠1号>中油莎1号>达旗1号>丰产1号,其中圣漠1号的蛋白质含量显著高于其他品种( $P<0.05$ ),丰产1号的蛋白质含量最低,仅为3.29%,与其他品种相比具有显著差异( $P<0.05$ )。

油莎豆含油量高,被视为一种新兴的油料资源<sup>[8]</sup>。4个品种油莎豆的脂肪含量在23.35%~25.60%之间,其中中油莎1号的脂肪含量(25.60%)最高,显著高于其他品种( $P<0.05$ ),其次是达旗1号,圣漠1号和丰产1号的脂肪含量最低。本文中中油莎1号的脂肪含量远低于文献<sup>[9]</sup>报道的中油莎1号的脂肪含量(高达31.3%),可能是由于气候和土壤差异造成的。

4个品种油莎豆的淀粉含量较高(21.15%~25.40%)。丰产1号和中油莎1号的淀粉含量显著高于圣漠1号和达旗1号( $P<0.05$ )。据报道<sup>[10]</sup>,油莎豆淀粉是一种理想的慢消化淀粉,可以用作抗性淀粉以延缓餐后血糖升高,减少血糖波动,从而预防肥胖病和糖尿病,此外油莎豆淀粉的凝胶质构特

性优于传统玉米淀粉,拥有良好的冻融稳定性,适宜作为改性淀粉的原料来源。

油莎豆含有丰富的糖分且种类繁多,如蔗糖、果糖、棉子糖等,可以广泛用于食品、饲料等<sup>[11]</sup>。4个品种油莎豆的总糖含量为17.10%~17.95%,圣漠1号和达旗1号的总糖含量显著高于中油莎1号和丰产1号( $P<0.05$ )。油莎豆的总糖中以还原糖为主,占总糖的82.63%~91.57%。4个品种油莎豆的还原糖含量为14.75%~15.75%,中油莎1号的还原糖含量显著高于达旗1号( $P<0.05$ ),与其他两个品种油莎豆则无显著差异。

4个品种油莎豆的膳食纤维含量介于20.15%~21.95%之间,远高于其他粮食的膳食纤维含量(粗粮类约16%,鲜豆类约14%,细粮和果蔬类则小于10%<sup>[12]</sup>)。其中圣漠1号的膳食纤维含量最高(21.95%),显著高于丰产1号和达旗1号( $P<0.05$ ),而与中油莎1号无显著差异( $P>0.05$ )。

4个品种油莎豆的灰分含量为2.51%~3.05%,其中丰产1号的灰分含量最高,显著高于其他品种( $P<0.05$ )。

## 2.2 不同品种油莎豆的脂肪酸组成和 $V_E$ 含量

### 2.2.1 不同品种油莎豆的脂肪酸组成及含量(见表2)

表2 不同品种油莎豆的脂肪酸组成及含量

脂肪酸	圣漠1号	中油莎1号	丰产1号	达旗1号
十三碳酸	0.010 4±0.000 1c	0.015 8±0.000 7b	0.026 8±0.000 5a	-
棕榈酸	1.875 0±0.001 5b	1.635 0±0.005 0c	1.995 0±0.015 0a	0.037 8±0.000 2d
硬脂酸	0.540 0±0.008 0a	0.367 5±0.000 5c	0.394 5±0.000 5b	-
反式油酸	-	-	-	0.042 0±0.000 5
油酸	10.600 0±0.200 0a	9.120 0±0.040 0c	10.400 0±0.100 0ab	9.642 5±0.352 6bc
亚油酸	1.420 0±0.000 1b	1.100 0±0.000 1c	1.515 0±0.005 0a	0.051 8±0.000 4d
$\alpha$ -亚麻酸	0.036 5±0.000 7a	0.021 3±0.000 1d	0.025 8±0.000 5c	0.032 5±0.001 0b
二十碳一烯酸	0.064 3±0.000 3b	0.054 1±0.000 5c	0.070 5±0.000 4a	0.066 0±0.000 8b
$\gamma$ -亚麻酸	0.031 8±0.000 1b	0.029 6±0.000 2c	0.035 2±0.000 1a	0.037 0±0.000 9a
二十二碳二烯酸	0.053 9±0.001 2b	0.068 5±0.000 5a	0.040 0±0.000 3c	0.034 0±0.000 5d
总量	14.632 0±0.222 8a	12.411 7±0.044 0b	14.502 7±0.120 2a	9.943 5±0.355 5c

注:-表示未检出,检出限为0.006 6 g/100 g。

由表2可知,圣漠1号、中油莎1号以及丰产1号的脂肪酸组成相同,均检测到9种脂肪酸,分别是十三碳酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、 $\alpha$ -亚麻酸、二十碳一烯酸、 $\gamma$ -亚麻酸、二十二碳二烯酸。而达旗1号中未检测到十三碳酸和硬脂酸,但检测到对人体健康极具危害的反式脂肪酸——反式油酸,含量仅为0.042 0 g/100 g,经复测后仍在达旗1号中检测到少量的反式油酸,而在其他3个品种中并未发现反式油酸,推测并不是在提取达旗1号油莎豆中的脂肪时,由于操作不当而造成小部分油酸

发生异构化,可能是达旗1号油莎豆中含有天然的反式油酸。4个品种油莎豆的脂肪酸总量最高的为圣漠1号和丰产1号,最低的为达旗1号。4个品种油莎豆均含有较多的不饱和脂肪酸,且均以油酸和亚油酸为主,同时油酸含量极显著高于其他脂肪酸( $P<0.01$ ),而饱和脂肪酸主要是棕榈酸。

将4个品种的油莎豆油与橄榄油(GB/T 23347—2009)和行业标准油莎豆油(LS/T 3259—2018)的主要脂肪酸含量进行对比,结果如表3所示。由表3可知,圣漠1号、中油莎1号和丰产1号

的主要脂肪酸组成和含量与橄榄油相似,营养价值与橄榄油相近,是一种优质的食用油。圣漠1号、中油莎1号和丰产1号的5种主要脂肪酸的含量完全

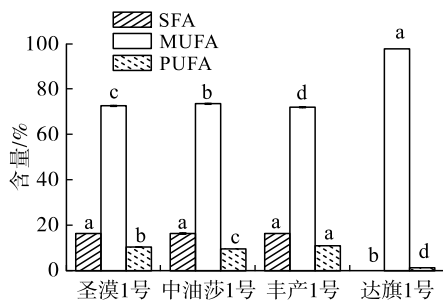
符合油莎豆油的行业标准。而达旗1号的与行业标准油莎豆油相差较大,但其油酸含量较高,因此适宜生产高纯度的油酸。

表3 不同品种油莎豆油与橄榄油的主要脂肪酸组成及含量对比

脂肪酸	圣漠1号	中油莎1号	丰产1号	达旗1号	橄榄油 (GB/T 23347—2009)	油莎豆油 (LS/T 3259—2018)
棕榈酸	12.8	13.2	13.8	0.4	7.5~20.0	12.2~14.2
硬脂酸	3.7	3.0	2.7	—	0.5~5.0	2.4~4.9
油酸	72.4	73.5	71.7	97.0	55.0~83.0	67.7~74.6
亚油酸	9.7	8.9	10.4	0.5	3.5~21.0	8.8~11.5
亚麻酸	0.5	0.4	0.4	0.7	≤1.0	0.2~1.9

注:各脂肪酸含量是相对于总脂肪酸含量的比例。

### 2.2.2 脂肪酸分类及含量(见图1)



注:SFA、MUFA、PUFA 含量为占总脂肪酸含量的比例。

图1 不同品种油莎豆油的脂肪酸分类及含量

由图1可知,4个品种油莎豆油的MUFA含量均远高于SFA和PUFA含量。达旗1号的PUFA含量高于SFA含量,而其他3个品种的SFA含量高于PUFA含量。

4个品种中丰产1号、圣漠1号和中油莎1号的SFA含量无显著差异,达旗1号的SFA含量最低,达旗1号仅含有棕榈酸,而其他3个品种均含有3种SFA,且含量大小均为棕榈酸>硬脂酸>十三碳酸。4个品种油莎豆中均含有棕榈酸,其中丰产1号的棕榈酸含量最高,其次为圣漠1号,而达旗1号远低于其他3个品种( $P<0.05$ )。硬脂酸在乳中占总乳脂的7.7%,牛乳中则占13.2%<sup>[13]</sup>。达旗1号中未检出硬脂酸,其他3个品种油莎豆的硬脂酸含量为0.3675~0.5400 g/100 g,圣漠1号的硬脂酸含量最高。4个品种油莎豆油中MUFA含量大小依次为达旗1号>中油莎1号>圣漠1号>丰产1号。4个品种油莎豆的MUFA以油酸为主,其中圣漠1号与丰产1号的油酸含量最高,且无显著差异( $P>0.05$ ),均显著高于中油莎1号( $P<0.05$ )。达旗1号油莎豆油的PUFA含量显著低于其他3个品种( $P<0.05$ )。其他3个品种油莎豆油的PUFA含量大小依次为丰产1号>圣漠1号>中油莎1号。4个品种油莎豆均含有亚油酸、 $\alpha$ -亚麻酸、 $\gamma$ -亚麻

酸和二十二碳二烯酸,且亚油酸的含量均最高。 $\alpha$ -亚麻酸属n-3系PUFA,是人体必需脂肪酸,具有改善心血管疾病、保护神经组织、抗癌、抗氧化等生理功能<sup>[14]</sup>。圣漠1号的 $\alpha$ -亚麻酸含量为0.0365 g/100 g,显著高于中油莎1号、丰产1号和达旗1号( $P<0.05$ )。

### 2.2.3 不同品种油莎豆中V<sub>E</sub>含量(见图2)

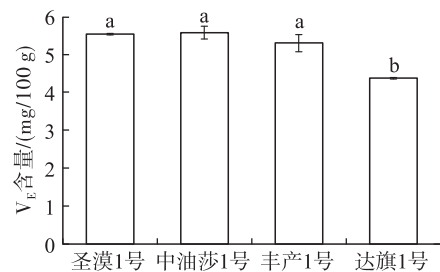


图2 不同品种油莎豆中V<sub>E</sub>含量

由图2可知,4个品种油莎豆均富含维生素E,达旗1号含量较低,仅为4.39 mg/100 g,显著低于其他3个品种( $P<0.05$ )。其他3个品种油莎豆维生素E含量相对较高,含量范围在5.31~5.59 mg/100 g,彼此之间无显著差异( $P>0.05$ )。

### 2.3 不同品种油莎豆中矿物质元素含量(见表4)

由表4可知,整体而言,4个品种油莎豆均富含Ca和Fe,Zn和Se含量相对较低,含量大小均为Ca>Fe>Zn>Se。

4个品种油莎豆Ca含量相差较大,其中圣漠1号Ca含量高达1253 mg/kg,显著高于另外3个品种( $P<0.05$ ),是丰产1号Ca含量的近3倍。4个品种油莎豆,丰产1号的Fe含量高达216.5 mg/kg,而达旗1号的Fe含量仅为142.5 mg/kg。Zn是参与人体六大酶类反应中多种酶的组成成分,直接影响细胞活动和代谢过程,缺Zn会影响智力、食欲和免疫力等。4个品种油莎豆中,圣漠1号Zn含量高达17.95 mg/kg,达旗1号的Zn含量显著低于其他

3 个品种 ( $P < 0.05$ )。Se 是谷胱甘肽过氧化物酶等硒蛋白的重要成分,具有抗氧化、免疫调节、预防克山病和大骨节病等作用。4 个品种油莎豆 Se 含量范围在 0.053 ~ 0.072 mg/kg,其中圣漠 1 号的 Se 含量最高,为 0.072 mg/kg,显著高于其他 3 个品种 ( $P < 0.05$ )。与常见粮食作物小麦相比,圣漠 1 号、

中油莎 1 号和达旗 1 号的 Ca 含量是小麦的 3 ~ 4 倍,丰产 1 号也略高于小麦。4 个品种油莎豆中的 Fe 含量是小麦的 3 ~ 4 倍,Se 含量是小麦的 13 ~ 18 倍,仅 Zn 含量均略低于小麦。油莎豆中矿质元素丰富,食用油莎豆制品可以有效补充人体所需的 Ca、Fe 和 Se 等矿质元素,有利于人体健康。

表 4 不同品种油莎豆中矿质元素含量

元素	圣漠 1 号	中油莎 1 号	丰产 1 号	达旗 1 号	小麦
Ca	1 253 ± 5a	1 164 ± 12b	476 ± 9c	1 166 ± 10b	340
Fe	201.0 ± 3.0ab	173.5 ± 1.5bc	216.5 ± 16.5a	142.5 ± 0.5c	51.0
Zn	17.95 ± 0.05a	17.20 ± 0.60ab	16.55 ± 0.05b	10.15 ± 0.05c	23.30
Se	0.072 ± 0.004a	0.056 ± 0.003b	0.057 ± 0.000b	0.053 ± 0.004b	0.004

### 3 结 论

4 个品种油莎豆均富含淀粉 (21.15% ~ 25.40%)、膳食纤维 (20.15% ~ 21.95%)、脂肪 (23.35% ~ 25.60%) 和总糖 (17.10% ~ 17.95%),是一种品质优良的油粮兼用型经济作物。圣漠 1 号、中油莎 1 号和丰产 1 号的脂肪酸组成相同,均检测到 9 种脂肪酸,主要脂肪酸组成和含量与橄榄油相似,是优质食用油的原料。而达旗 1 号中并未检测到十三碳酸和硬脂酸,且检测出对人体有害的反式油酸。4 个品种油莎豆的 MUFA 含量远高于 SFA,各品种的 SFA 以棕榈酸为主, MUFA 以油酸为主,油酸的含量极显著高于其他脂肪酸 ( $P < 0.01$ )。4 个品种油莎豆均富含 Ca、Fe、Zn 和 Se 矿质元素,尤其是 Fe 和 Ca 的含量远高于传统粮食作物小麦。

综上,圣漠 1 号的蛋白质、Ca、Zn 和 Se 含量均高于其他 3 个品种,可以用来制作油莎豆面粉及其制品,当作一种主食来改善口味和提高营养。达旗 1 号油酸相对含量最高,可以用来制备高纯度的油酸。中油莎 1 号的脂肪含量最高,富含维生素 E,且脂肪酸品质与橄榄油类似,因此适宜生产高品质的油莎豆油。丰产 1 号的各种营养物质比较均衡,既可以用来提取淀粉、糖类、脂肪,也可以用来做面粉、饲料等加工制品。油莎豆的含油量高、品质良好,可用于食用油的提取,且油莎豆中的总糖、淀粉获取容易,市场需求大,提取脱脂后油莎豆粕中的淀粉、总糖并开发相应产品对油莎豆的综合利用具有重要意义。因此,可依据生态环境、各品种油莎豆的营养价值和经济效益在内蒙古地区推广种植油莎豆。

### 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] PIRZADA A M, ALI H H, NAEEM M, et al. *Cyperus rotundus* L.: traditional uses, phytochemistry, and

pharmacological activities [J]. J Ethnopharmacol, 2015, 174:540-560.  
 [3] ONUOHA N O, OGBUSUA N O, OKORIE A N, et al. Tigernut (*Cyperus esculentus* L.) "milk" as a potent "nutri-drink" for the prevention of acetaminophen-induced hepatotoxicity in a murine model [J]. J Intercult Ethnopharmacol, 2017, 6(3):290-295.  
 [4] ARUNAGIRI K, KUMAR M S, KARIGAR C S. Plants in traditional medicine with special reference to *Cyperus rotundus* L.: a review [J]. J Biotech, 2018, 8(7):309-319.  
 [5] 阳振乐. 油莎豆的特性及其研究进展 [J]. 北方园艺, 2017(17):192-201.  
 [6] 王盈希,吴苏喜,周利平,等. 油莎豆品质分析及加工利用研究进展 [J]. 食品工业, 2020, 41(10):273-276.  
 [7] 刘玉兰. 现代植物油料油脂加工技术 [M]. 郑州:河南科学技术出版社, 2015.  
 [8] EZEHO O, GORDON M H, NIRANJAN K. Enhancing the recovery of tiger nut (*Cyperus esculentus*) oil by mechanical pressing: moisture content, particle size, high pressure and enzymatic pretreatment effects [J]. Food Chem, 2016, 194:354-361.  
 [9] 赵永国,邹仕乔. 我国育成首个高油高产油莎豆品种 [J]. 农业工程, 2018(2):114.  
 [10] 刘玉兰,王小宁,舒垚,等. 不同产地油莎豆性状及组成分析研究 [J]. 中国油脂, 2020, 45(8):125-129.  
 [11] 刘蕾. 油莎豆有效成分分析及油脂提取工艺研究 [D]. 沈阳:东北师范大学, 2008.  
 [12] 阴文娅,黄承钰,冯靓. 不同种类食物中膳食纤维的测定 [J]. 卫生研究, 2004(3):331-333.  
 [13] 陈银基,鞠兴荣,周光宏. 饱和脂肪酸分类与生理功能 [J]. 中国油脂, 2008, 33(3):35-39.  
 [14] KIM K B, NAM Y A, KIM H S, et al. Alpha-linolenic acid: nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation [J]. Food Chem Toxicol, 2014, 70:163-178.