

元宝枫种仁营养成分分析

张凯,徐娟,韦承珊,付晓娜,刘祥义

(西南林业大学材料与化学工程学院,昆明650224)

摘要:为明确元宝枫种仁的营养成分,对元宝枫种仁含油率、粗蛋白质含量,元宝枫种仁粕中氨基酸组成及含量、矿质元素组成及元宝枫种仁油的总脂肪酸、Sn-2位脂肪酸组成及含量、生育酚含量进行测定。结果表明:元宝枫种仁的含油率为43.7%,粗蛋白质含量为35.13%;元宝枫种仁粕中含有17种氨基酸,其中7种人体必需氨基酸占氨基酸总量的33.78%,是理想的蛋白质资源;元宝枫种仁粕中含有丰富的矿质元素,常量元素中K含量为6372.8 μg/g,Na含量仅为346.5 μg/g,属于高钾低钠食品,微量元素中Mn含量较高,为68.1 μg/g,且未检出重金属元素;元宝枫种仁油主要由12种脂肪酸组成,神经酸含量达到5.89%,以亚油酸和α-亚麻酸为主的多不饱和脂肪酸主要分布在Sn-2位;元宝枫种仁油中生育酚总量为1230.70 mg/kg,以γ-生育酚含量最高,达到792.62 mg/kg。元宝枫种仁营养丰富,可作为神经酸、生育酚和氨基酸的重要来源,其油脂可作为富含神经酸的保健食用油。

关键词:元宝枫种仁;营养成分;脂肪酸;Sn-2位脂肪酸;氨基酸;生育酚;矿质元素

中图分类号:TS222+.1;TS201.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2023)05-0129-05

Nutritional components of *Acer truncatum* seed kernel

ZHANG Kai, XU Juan, WEI Chengshan, FU Xiaona, LIU Xiangyi

(College of Materials Science and Chemical Engineering, Southwest

Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: To clarify the nutritional components of *Acer truncatum* seed kernel, the contents of oil and crude protein in *Acer truncatum* seed kernel, the amino acid composition and mineral element composition of *Acer truncatum* seed kernel meal, the composition of total fatty acids, Sn-2 fatty acids and tocopherol content in *Acer truncatum* seed kernel oil were analyzed. The results showed that the contents of oil and crude protein in *Acer truncatum* seed kernel were 43.7% and 35.13% respectively. *Acer truncatum* seed kernel meal contained 17 kinds of amino acids, of which 7 kinds of essential amino acids accounted for 33.78%, and it was an ideal protein resource. *Acer truncatum* seed kernel meal was rich in mineral elements, with K content in major elements of 6372.8 μg/g, and Na content of 346.5 μg/g, belonging to high potassium and low sodium food. The Mn content in trace elements was higher (68.1 μg/g), and no heavy metal element was detected. *Acer truncatum* seed kernel oil was mainly composed of 12 kinds of fatty acids, and the content of nervonic acid reached 5.89%. Polyunsaturated fatty acids, mainly linoleic acid and α-linolenic acid, were mainly distributed in Sn-2 position. The total contents of tocopherols

in *Acer truncatum* seed kernel oil was 1230.70 mg/kg, in which γ-tocopherol content was the highest, reaching 792.62 mg/kg. *Acer truncatum* seed kernel is rich in nutrition and can be used as an important source of nervonic acid, tocopherol and amino acids. *Acer truncatum* seed kernel oil can be used as a health edible oil.

Key words: *Acer truncatum* seed kernel;

收稿日期:2022-02-20;修回日期:2023-02-01

基金项目:云南省科技厅科技人才平台计划项目(202005AF150037);西南地区林业生物质资源高效利用国家林业和草原局重点实验室开放项目(2021-KF03);云南省重大科技专项(202102AE090042)

作者简介:张凯(1996),男,硕士研究生,研究方向为生物质资源检测与分析(E-mail)15318112684@163.com。

通信作者:徐娟,正高级实验师(E-mail)58045846@qq.com。

nutritional component; fatty acid; Sn-2 fatty acid; amino acid; tocopherol; mineral element

元宝枫(*Acer truncatum* Buge)因翅果形状像中国古代的“金锭元宝”而得名,是我国特有的槭树科槭属(*Acer* L.)落叶乔木,是一种纯天然、无公害、高营养的“药食”树种^[1-2]。元宝枫种仁富含脂肪酸、酚类化合物、绿原酸、蛋白质、维生素、矿物质及其他营养成分,对心血管系统、神经系统、内分泌系统、消化系统等具有保护作用^[3-4],在医药、食品、保健品、化妆品等领域得到广泛使用。目前,关于元宝枫种仁及其油脂的研究主要集中在油脂提取^[5-6]、脂肪酸组成^[7]、精炼加工^[8-9]、神经酸的纯化及功能性研究^[10-11]等方面,缺少对元宝枫种仁营养成分,特别是其油脂 Sn-2 位脂肪酸组成的系统报道。本研究以元宝枫种仁为研究对象,对元宝枫种仁粕的氨基酸组成及矿质元素含量进行测定,对元宝枫种仁油的总脂肪酸及 Sn-2 位脂肪酸组成、生育酚含量进行分析,以期为我国元宝枫种子资源的开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

元宝枫种子,采自云南金枫生物科技有限公司陆良县芳华基地。钾、钠、镁、锌、铁、锰、铜等 21 种矿质元素混合标准储备溶液(1 000 $\mu\text{g}/\text{mL}$),中国国家钢铁材料测试中心;油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯、芥酸甲酯等 12 种脂肪酸甲酯标样(色谱纯),国药集团化学试剂有限公司; α -、 β -、 γ -、 δ -生育酚标准品(纯度 95%),默克公司。

Agilent GC6890N 气相色谱仪、Biochrom30 + 全自动氨基酸分析仪,深圳市中子测控仪器有限公司;ELAN9000RC-e 电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS),日本岛津公司;Foss Kjeltac 全自动凯氏定氮仪;Waters 2695 高效液相色谱仪;AX224ZH/E 电子天平。

1.2 实验方法

1.2.1 元宝枫种仁含油率及粗蛋白质含量测定

参照 GB 5009.6—2016 采用索氏抽提法测定含油率;参照 GB 5009.5—2016 采用凯氏定氮法测定粗蛋白质含量。

1.2.2 元宝枫种仁油和元宝枫种仁粕的制备

将元宝枫种子 40 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干,手工去壳,得到元宝枫种仁,按照 GB 5009.6—2016 提取油脂,分别得到元宝枫种仁油和元宝枫种仁粕。

1.2.3 元宝枫种仁粕氨基酸组成及矿质元素含量测定

参照 GB 5009.124—2016 采用酸水解法对样品进行处理,利用全自动氨基酸分析仪对氨基酸组成及含量进行测定;参照 GB 5009.268—2016 采用微波消解法对样品进行前处理,利用 ICP-MS 对矿质元素含量进行测定。

1.2.4 元宝枫种仁油总脂肪酸及 Sn-2 位脂肪酸组成测定

参照 GB 5009.168—2016 对元宝枫种仁油进行甲酯化,采用气相色谱仪对其总脂肪酸组成进行分析,以峰面积归一化法定量,气相色谱条件与文献[14]一致。

参照 GB/T 24894—2010 首先采用薄层层析法(TLC)分离制备元宝枫种仁油 Sn-2 位脂肪酸,TLC 条件与文献[13]一致,再对分离得到的 Sn-2 位脂肪酸进行甲酯化,采用气相色谱仪分析 Sn-2 位脂肪酸组成。

1.2.5 元宝枫种仁油生育酚含量测定

参照 GB/T 26635—2011 采用高效液相色谱仪测定生育酚含量,液相色谱条件与文献[14]一致。首先制作标准曲线:将不同质量浓度的生育酚标准品进液相色谱仪分析,以峰面积(y)为纵坐标,生育酚质量浓度(x)为横坐标绘制标准曲线,生育酚标准曲线方程见表 1。然后将处理的样品进液相色谱仪检测,再根据标准曲线方程计算样品中生育酚含量。

表 1 生育酚标准曲线方程

生育酚	标准曲线方程
α -生育酚	$y = 22\ 458x + 1\ 315$
β -生育酚	$y = 28\ 487x - 1\ 260$
γ -生育酚	$y = 28\ 402x + 4\ 123$
δ -生育酚	$y = 40\ 746x + 1\ 359$

2 结果与分析

2.1 元宝枫种仁含油率及粗蛋白质含量

元宝枫种仁含油率为 43.7%,与内蒙古、山东、辽宁和陕西等产地的元宝枫含油率^[15]接近。元宝枫种仁粗蛋白质含量为 35.13%。

2.2 元宝枫种仁粕氨基酸及矿质元素组成

2.2.1 氨基酸组成

元宝枫种仁粕氨基酸组成及含量如表 2 所示。由表 2 可知:元宝枫种仁粕含有丰富的氨基酸,其总

量为 30.625% ;必需氨基酸含量为 10.346% ,占氨基酸总量的 33.78% ;药用氨基酸含量为 21.810% ,占氨基酸总量的 71.22% ,是一种理想的植物蛋白质资源。元宝枫种仁粕中谷氨酸、精氨酸、亮氨酸含量较高,分别为 5.528%、5.418%、2.456%。其中:谷氨酸能提高机体的免疫功能,调节体内酸碱平衡,以及参与脑组织的新陈代谢,促进脑机能的活跃^[16];精氨酸可以保护心血管,防治糖尿病和促进伤口愈合;亮氨酸广泛参与了对机体多种生理功能的调控^[17]。

表 2 元宝枫种仁粕的氨基酸组成及含量 %

氨基酸	含量	氨基酸	含量
缬氨酸*	2.054	谷氨酸#	5.528
苏氨酸*	1.105	甘氨酸#	1.334
异亮氨酸*#	1.396	丙氨酸	0.929
亮氨酸*#	2.456	胱氨酸	0.275
苯丙氨酸*#	1.235	脯氨酸	1.068
组氨酸	0.832	酪氨酸	0.956
赖氨酸*#	1.452	精氨酸#	5.418
天冬氨酸#	2.343	氨基酸总量	30.625
蛋氨酸*#	0.648	必需氨基酸	10.346
丝氨酸	1.596	药用氨基酸	21.810

注: * 为必需氨基酸, # 为药用氨基酸

2.2.2 矿质元素组成

元宝枫种仁粕的矿质元素组成见表 3。由表 3 可知,元宝枫种仁粕含有丰富的矿质元素。其中:常量元素中 K 含量较高,为 6 372.8 $\mu\text{g/g}$,而 Na 含量仅为 346.5 $\mu\text{g/g}$,可知元宝枫种仁是一种高钾低钠的食品,对预防高血压有一定的作用;微量元素中 Mn 含量最高,为 68.1 $\mu\text{g/g}$ 。锰是人体必需的微量元素,可以增强人体活力及促进人体发育^[18]。元宝枫种仁粕中未检测出重金属,表明其安全性较高。

表 3 元宝枫种仁粕的矿质元素组成 $\mu\text{g/g}$

元素	含量	元素	含量
常量元素		Pb	-
P	4 921.7	Mn	68.1
Mg	3 300.0	Cu	8.5
K	6 372.8	B	-
Ca	8.5	Al	54.7
Na	346.5	Ni	-
S	7 646.0	Ba	-
微量元素		Cr	-
Zn	5.2	As	-
Fe	16.6	Cd	-
Mo	-	Hg	-
Se	-		

注:“-”代表未检出

2.3 元宝枫种仁油总脂肪酸及 Sn-2 位脂肪酸组成及含量

脂肪酸组成是评价油脂营养价值的重要指标,元宝枫种仁油的总脂肪酸及 Sn-2 位脂肪酸组成如表 4 所示。

表 4 元宝枫种仁油总脂肪酸及 Sn-2 位脂肪酸

脂肪酸	组成及含量		%
	总脂肪酸	Sn-2 位脂肪酸	
棕榈酸(C16:0)	3.81 ± 0.07	2.19 ± 0.21	
硬脂酸(C18:0)	2.54 ± 0.00	2.78 ± 0.37	
油酸(C18:1)	23.85 ± 0.18	32.46 ± 0.59	
亚油酸(C18:2)	26.50 ± 0.54	56.70 ± 0.54	
α -亚麻酸(C18:3)	1.20 ± 0.05	1.97 ± 0.04	
γ -亚麻酸(C18:3)	0.33 ± 0.01	-	
花生酸(C20:0)	0.50 ± 0.05	-	
花生一烯酸(C20:1)	8.99 ± 0.06	0.98 ± 0.05	
山嵛酸(C22:0)	1.17 ± 0.03	-	
芥酸(C22:1)	24.70 ± 0.42	1.64 ± 0.47	
木焦油酸(C24:0)	0.53 ± 0.04	-	
神经酸(C24:1)	5.89 ± 0.34	-	
其他	0.27 ± 0.01	1.28 ± 0.01	
饱和脂肪酸	8.56	4.97	
单不饱和脂肪酸	63.43	35.08	
多不饱和脂肪酸	28.03	58.67	
不饱和脂肪酸	91.46	93.75	

由表 4 可知,元宝枫种仁油总脂肪酸主要由亚油酸、油酸、芥酸、花生一烯酸、神经酸等 12 种脂肪酸组成,不饱和脂肪酸含量为 91.46%,其中多不饱和脂肪酸含量为 28.03%。多不饱和脂肪酸对人体有重要的生理功能,不仅可以防治心脑血管疾病,促进生长发育,还在抗癌、免疫调节、延缓衰老、减肥、美容等方面均具有重要的生理作用^[19]。元宝枫种仁油单不饱和脂肪酸含量较高,为 63.43%,使其具有较高的稳定性^[20]。元宝枫种仁油含有丰富的神经酸,含量高达 5.89%,主要分布在 Sn-1 和 Sn-3 位,其含量高于刘祥义等^[21]报道的元宝枫种仁油神经酸含量(5.52%),这可能是由不同地理环境因素(气候、土壤)等引起的。神经酸是神经组织和神经细胞的重要成分,可以促进大脑发育,增强大脑功能,提高记忆力^[22]。元宝枫种仁油中神经酸含量低于蒜头果种仁油(45.04%)^[23],而高于文冠果油(3.08%)^[24]和遏蓝菜果实(3.66%)^[25],是神经酸的重要天然来源。元宝枫种仁油 Sn-2 位脂肪酸中不饱和脂肪酸含量高达 93.75%,其中多不饱和脂肪酸含量为 58.67%,特别是亚油酸(56.70%)与 α -亚麻酸(1.97%)含量均高于总脂肪酸中亚油酸

与 α -亚麻酸含量。相关研究表明,脂肪酸在甘油链上的分布影响着脂肪酸的吸收和代谢^[26],位于Sn-2位的不饱和脂肪酸更利于人体的消化和吸收。

2.4 元宝枫种仁油的生育酚含量

元宝枫种仁油中生育酚含量见表5。由表5可知,元宝枫种仁油中含量最高的生育酚是 γ -生育酚(792.62 mg/kg),其次是 δ -生育酚(236.89 mg/kg),生育酚总量达到1 230.70 mg/kg,与王性炎等^[27]报道元宝枫种仁油中生育酚含量(1 252.3 mg/kg)接近。元宝枫种仁油中生育酚含量显著高于米糠油、玉米油、菜籽油等常见植物油^[28],是生育酚较好的天然来源。生育酚有较强的抗氧化性,具有抗衰老、保护神经、降低胆固醇以及抗癌的功效^[29]。

表5 元宝枫种仁油的生育酚含量

生育酚	含量/(mg/kg)
α -生育酚	167.52 ± 1.68
β -生育酚	33.67 ± 0.62
γ -生育酚	792.62 ± 14.51
δ -生育酚	236.89 ± 2.38
总量	1 230.70

3 结论

采用国标方法对元宝枫种仁营养成分进行了测定分析。元宝枫种仁含油率为43.7%,粗蛋白质含量为35.13%。元宝枫种仁粕中检出17种氨基酸,含量为30.625%,其中有7种氨基酸是人体必需氨基酸,占氨基酸总量的33.78%;元宝枫种仁粕中含有K、Mg、P、S、Mn等丰富的矿质元素,且未检出重金属元素,说明其安全性较高。元宝枫种仁油主要由亚油酸、油酸、芥酸、花生一烯酸、神经酸等12种脂肪酸组成,不饱和脂肪酸含量达91.46%,神经酸含量达到5.89%,主要分布在Sn-1和Sn-3位;Sn-2位不饱和脂肪酸含量高达93.75%,其中多不饱和脂肪酸含量为58.67%,以亚油酸和 α -亚麻酸为主;元宝枫种仁油中含有丰富的生育酚,总量达到1 230.70 mg/kg。元宝枫种仁具有丰富的营养价值,不仅可以作为神经酸的重要来源,还可以作为生育酚及氨基酸的天然来源。

参考文献:

[1] 王性炎,王姝清. 新资源食品:元宝枫籽油[J]. 中国油脂,2011,36(9):56-59.
 [2] ZHAO W H, ZHANG J F, WANG Z, et al. The extract of leaves of *Acer truncatum* Bunge; a natural inhibitor of fatty acid synthase with antitumor activity[J]. J Enzyme Inhib Med Chem, 2006, 21(5):589-596.

[3] 魏晶晶,赵善廷. 元宝枫有效成分及其应用研究进展[J]. 动物医学进展,2021,42(1):100-105.
 [4] 佟祎鑫,许佳敏,陈芳,等. 元宝枫化学成分及产品应用现状研究进展[J]. 中国油脂,2022,47(2):118-123.
 [5] 周子煜. 元宝枫籽油超临界CO₂萃取最佳工艺优化及其质量评价[J]. 食品科技,2021,46(9):156-160.
 [6] 闫莉华,陈冬菊,李潜,等. 元宝枫油的超声提取及其萌发前后神经酸含量分析[J]. 食品工业科技,2017,38(16):178-181,188.
 [7] 乔谦,司芬芬,叶美静,等. 元宝枫种子含油率与脂肪酸组分多样性分析[J]. 中国粮油学报,2018,33(4):56-63.
 [8] 陈飞,王鹏,张伟,等. 元宝枫籽油精炼前后品质变化研究[J]. 精细与专用化学品,2022,30(3):42-44.
 [9] 程敏. 精炼工艺对元宝枫籽油品质的影响[J]. 中国油脂,2021,46(8):16-19.
 [10] 葛智勤,金文华,黄楠,等. 低温结晶法纯化元宝枫籽油中神经酸[J]. 中国油脂,2021,46(4):99-102.
 [11] 许宁侠,崔宁,王培,等. 响应面法优化元宝枫种仁油中神经酸的分离纯化工艺[J]. 中药材,2022(6):1456-1459.
 [12] 刘玉成,张俊琴. 沙棘果油提取工艺优化及其脂肪酸组分的测定[J]. 中国食品添加剂,2021,32(12):141-147.
 [13] 朱丽,聂小彤,张林,等. 火麻油总脂肪酸及Sn-2位脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂,2021,46(7):138-142.
 [14] SU J L, WANG J, FU X N, et al. Fatty acid composition and thermal characteristics of *Malania oleifera* seed oil[J]. Adv Compos Hybrid Mater, 2022, 5:1268-1279.
 [15] 魏伊楚,樊金拴,李娟娟,等. 不同产地元宝枫种仁油脂含量及脂肪酸成分研究[J]. 中国粮油学报,2018,33(12):69-73.
 [16] 崔晓瑞,徐毓谦,王丽,等. 大球盖菇两种提取蛋白氨基酸营养评价[J]. 农产品加工:学刊,2021(1):46-49.
 [17] 王彬,李奇. 亮氨酸的代谢及营养生理作用研究进展[J]. 饲料研究,2012(1):14-16.
 [18] 赵民. 锰是生命不可或缺的元素之一[J]. 养生大世界,2020(4):2.
 [19] 王萍,张银波,江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂,2008,33(12):42-46.
 [20] 付晓娜,苏零玲,张凯,等. 辣木籽种仁氨基酸组成、矿质元素及油脂脂肪酸成分分析[J]. 中国油脂,2021,46(8):72-75.
 [21] 刘祥义,付惠,陈玉惠. 元宝枫油理化特性及脂肪酸组成研究[J]. 中国油脂,2003,28(3):66-67.
 [22] 赵立言,于炎冰,张黎. 神经酸研究现状及前景[J]. 中华神经外科疾病研究杂志,2017,16(3):282-285.

(下转第152页)