

# 辣木籽种仁氨基酸组成、矿质元素 及油脂脂肪酸成分分析

付晓娜, 苏霖玲, 张 凯, 侯 英, 刘祥义, 徐 娟, 朱国磊

(西南林业大学 化学工程学院, 昆明 650224)

**摘要:**采用国标方法对辣木籽种仁的氨基酸组成、矿质元素及油脂脂肪酸成分进行分析。结果表明:辣木籽种仁粗脂肪含量为 25.5%, 粗蛋白质含量为 37.11%; 辣木籽种仁中 17 种氨基酸的总含量为 33.48%, 7 种人体必需氨基酸占氨基酸总含量的 29.63%; 辣木籽种仁中含有丰富的常量元素, 属于高钾低钠食品; 微量元素中 Zn 元素含量较高, 为 41.970  $\mu\text{g/g}$ ; 重金属元素含量符合国家限量标准; 辣木籽油主要含有油酸(70.85%)、棕榈酸(5.43%)、山萹酸(8.38%)等 10 种脂肪酸, 不饱和脂肪酸含量为 79.86%。辣木籽具有较高的食用和药用价值, 具有很好的市场开发前景。

**关键词:**辣木籽; 辣木籽油; 氨基酸; 矿质元素; 脂肪酸

中图分类号: TS222; TQ646

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2021)08-0072-04

## Composition of amino acids, mineral elements and oil fatty acids components in *Moringa oleifera* seed kernel

FU Xiaona, SU Jiling, ZHANG Kai, HOU Ying,  
LIU Xiangyi, XU Juan, ZHU Guolei

(College of Chemical Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The composition of amino acids, mineral elements and oil fatty acids components in *Moringa oleifera* seed kernel were analyzed by the national standard method. The results showed that the crude fat content of *Moringa oleifera* seed kernel was 25.5% and the crude protein content was 37.11%. The total content of 17 amino acids in *Moringa oleifera* seed kernel was 33.48%, and the 7 essential amino acids accounted for 29.63% of the total amino acids. *Moringa oleifera* seed kernel was rich in macro-elements, which was high-potassium and low-sodium food. The content of zinc in trace elements was higher, reaching 41.970  $\mu\text{g/g}$ . The content of heavy metal elements was low, which met the limit of national standards. *Moringa oleifera* seed oil mainly contained 10 fatty acids including oleic acid (70.85%), palmitic acid (5.43%) and behenic acid (8.38%), and the content of unsaturated fatty acids was 79.86%. So *Moringa oleifera* seed had high edible and medicinal value and good market development prospect.

**Key words:** *Moringa oleifera* seed; *Moringa oleifera* seed oil; amino acid; mineral element; fatty acid

辣木(*Moringa*)属于辣木科辣木属,是一种生长

迅速的软木树,主要分布在中东地区、非洲和亚洲国家,20世纪60年代被引入我国,主要生长在云南、广东、台湾、海南等地<sup>[1-2]</sup>。辣木树具有“奇迹之树”的美誉,其叶、籽、树皮及根等均是民间传统的药物,用于保健和治疗多种疾病<sup>[3-4]</sup>。辣木籽中含有大量的油脂、维生素、蛋白质、微量元素。研究表明,辣木籽具有抗肿瘤、降血糖、降血脂、护肝、杀虫的作用<sup>[5-6]</sup>。目前对辣木籽的研究主要集中在油脂

收稿日期:2021-01-25;修回日期:2021-04-19

基金项目:云南省科技厅科技计划农业联合面上项目(2018FG001-052)

作者简介:付晓娜(1997),女,硕士研究生,研究方向为生物质资源检测与分析(E-mail)3245705311@qq.com。

通信作者:朱国磊,讲师(E-mail)guoleizhu@163.com。

提取、营养功能<sup>[7-8]</sup>、脂肪酸组成、甾醇和酚类<sup>[9-10]</sup>等研究方面,但缺少对辣木籽氨基酸、矿质元素及油脂脂肪酸的系统报道。本研究以辣木籽为研究对象,采用全自动氨基酸分析仪对辣木籽种仁氨基酸的组成进行测定分析,采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)对辣木籽种仁矿质元素进行了测定分析,采用气相色谱仪对辣木籽油脂脂肪酸组成进行测定分析,旨在为辣木籽食用和药用价值提供实验基础,为辣木籽的综合开发利用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

辣木籽,购自元江沐源生物科技有限公司,手工剥壳后粉碎待用。氨基酸混合标样(0.1 mol/L HCl 储备液),美国 Sigma 公司;钾、钠、镁、锌、铁、锰、铜、铁等 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、山嵛酸甲酯、棕榈酸甲酯、硬脂酸甲酯、亚麻酸甲酯、花生一烯酸甲酯等 15 种脂肪酸甲酯标样(色谱纯),阿拉丁试剂(上海)有限公司。

Agilent GC6890N 气相色谱仪, Biochrom 30 + 全自动氨基酸分析仪, FossKjeltec 全自动凯氏定氮仪, ELAN9000RC-e 电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS), ZA120R4 电子天平,真空干燥箱。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 辣木籽种仁粗脂肪含量及粗蛋白质含量的测定

根据 GB 2009.6—2016 索氏抽提法测定辣木籽种仁的粗脂肪含量,按照 GB 5009.5—2016 凯氏定氮法测定辣木籽种仁粗蛋白质含量。

#### 1.2.2 辣木籽种仁氨基酸组成测定

按照 GB 5009.124—2016 采用酸水解法对实验样品进行处理,采用全自动氨基酸分析仪测定辣木籽种仁氨基酸的组成,未检测色氨酸的含量。

#### 1.2.3 辣木籽种仁矿质元素含量测定

按照 GB 5009.268—2016 采用微波消解法对辣木籽种仁进行前处理,采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)对 P、K、Mg、Ca、Na、S、Zn、Fe、Mo、Mn、Cu、As、Ni、Cd 等 21 种矿质元素进行测定。

#### 1.2.4 辣木籽油脂脂肪酸组成测定

采用索氏抽提法提取辣木籽油,按照 GB 5009.168—2016 采用氢氧化钾-甲醇法进行辣木籽油的甲酯化,再用 Agilent GC6890N 气相色谱仪分析其脂肪酸组成。

气相色谱条件:SGE BPX-70 色谱柱(30.0 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.2  $\mu\text{m}$ ),进样口温度 250  $^{\circ}\text{C}$ ;升温程序

为初始温度 170  $^{\circ}\text{C}$ ,以 2  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 210  $^{\circ}\text{C}$ ,保持 5 min;氢火焰离子化检测器,检测器温度 300  $^{\circ}\text{C}$ ;载气为高纯氮气,流速 1.2 mL/min;氢气流速 30 mL/min;空气流速 400 mL/min;进样量 1.0  $\mu\text{L}$ ,分流比 30:1。以峰面积归一化法定量。

## 2 结果与分析

### 2.1 辣木籽种仁粗脂肪含量及粗蛋白质含量

经测定,辣木籽种仁粗脂肪含量为 25.5%,与王铁旦等<sup>[11]</sup>测得的辣木籽粗脂肪含量(23.1%)接近,粗蛋白质含量为 37.11%,高于亚麻籽(22.37%)、紫苏籽(23.73%)<sup>[12]</sup>中的含量,为高脂肪、高蛋白食物,可作为优质蛋白和脂质资源加以开发利用。

### 2.2 辣木籽种仁氨基酸组成(见表 1)

表 1 辣木籽种仁氨基酸组成及含量 %

氨基酸	含量	氨基酸	含量
天冬氨酸#	1.47	亮氨酸*#	2.20
苏氨酸*	0.93	酪氨酸	0.73
丝氨酸	1.10	苯丙氨酸*#	1.46
谷氨酸#	4.89	组氨酸	0.85
甘氨酸#	1.69	赖氨酸*#	0.57
丙氨酸	1.28	精氨酸#	8.87
胱氨酸	0.65	脯氨酸	2.03
缬氨酸*	2.40	氨基酸总量	33.48
蛋氨酸*#	1.19	必需氨基酸	9.92
异亮氨酸*#	1.17	药效氨基酸	23.51

注:\*为人体必需氨基酸;#为药效氨基酸。

由表 1 可看出,辣木籽种仁中氨基酸种类齐全,在没有检测色氨酸的情况下,17 种氨基酸总量为 33.48%,高于奇亚籽氨基酸总量(23.10%)<sup>[13]</sup>,人体必需氨基酸含量为 9.92%,占氨基酸总量的 29.63%,有较高的营养潜力。此外,辣木籽种仁中含有 9 种药效氨基酸,含量为 23.51%,占氨基酸总量的 70.22%,高于云南臭灵丹草中药效氨基酸含量<sup>[14]</sup>。辣木籽种仁中氨基酸含量最高的是精氨酸(8.87%),其次是谷氨酸(4.89%),二者都属于药效氨基酸,具有十分重要的药理功能。精氨酸可以提高机体的抗肿瘤能力,可以促进生长激素、胰岛素等内分泌激素的释放,从而加速伤口的愈合,此外,精氨酸还可以预防老年痴呆<sup>[15]</sup>,同时也是婴儿的必需氨基酸。谷氨酸虽然不是人体必需的氨基酸,但是可以合成其他氨基酸,可以解氨毒,治疗肝昏迷、严重肝功能不全等,其衍生物钾、钠盐可降低血氨<sup>[16]</sup>,同时也是重要的鲜味物质,属于呈味氨基酸<sup>[17]</sup>。说明辣木籽种仁蛋白具有较高的药用价值。

蛋白质营养价值的高低与所含必需氨基酸的组成、含量有关。按照 FAO/WHO 推荐的以鸡蛋蛋白质所含氨基酸比例为参考标准,计算辣木籽种仁蛋

白必需氨基酸评分,并与花生和杏仁的进行对比,结果见表 2。

表 2 辣木籽种仁蛋白的必需氨基酸评分

项目	相对含量/%									评分
	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸 + 胱氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸 + 苯丙氨酸	赖氨酸	色氨酸	总和	
鸡蛋 <sup>[18-19]</sup>	5.0	7.4	5.4	6.6	8.8	10.8	6.6	1.7	52.3	100
花生 <sup>[18-19]</sup>	2.5	4.5	2.2	4.1	6.7	9.3	3.0	1.0	33.3	64
杏仁 <sup>[18-19]</sup>	2.9	5.3	2.4	4.1	7.2	10.0	2.6	-	34.5	66
辣木籽种仁	2.8	7.2	5.5	3.5	6.6	6.5	1.7	-	33.8	65

由表 2 可知,辣木籽种仁蛋白的必需氨基酸评分是 65,略低于杏仁蛋白(评分 66),略高于花生蛋白(评分 64),因此辣木籽种仁蛋白营养价值较高,是一种优质蛋白。另外,辣木籽的第一限制性氨基酸为赖氨酸。

### 2.3 辣木籽种仁矿质元素含量(见表 3)

表 3 辣木籽种仁矿质元素含量

矿质元素	元素	含量/( $\mu\text{g/g}$ )
常量元素	P	7 752.7
	K	6 419.8
	Mg	2 651
	Ca	1 693
	Na	107.4
	S	353
微量元素	Zn	41.970
	Fe	15.560
	Mo	2.756
	Se	-
	Mn	-
	Cu	10.142
	B	-
	Al	7.796
	Ni	1.716
	重金属	Ba
Cr		-
As		0.370
Cd		0.006
Hg		-
Pb		0.094

注:“-”代表未检出。

由表 3 可看出,辣木籽种仁中含有丰富的常量元素,其中,磷含量最高,为 7 752.7  $\mu\text{g/g}$ ,其次为钾,含量为 6 419.8  $\mu\text{g/g}$ ,钠含量为 107.4  $\mu\text{g/g}$ ,远低于钾的含量,因此辣木籽是一种典型的高钾低钠的食品,适于高血压患者食用。辣木籽种仁中微量元素锌含量较高,为 41.970  $\mu\text{g/g}$ ,铁的含量为 15.560  $\mu\text{g/g}$ ,锌是重要的具有提高免疫力功能的人

体必需的微量元素,也是构成蛋白质所必需的元素,可以预防各种呼吸道感染性疾病<sup>[20]</sup>,铁是人体必需的微量元素,对维持骨骼的正常发育和神经系统的正常工作十分重要。参照 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》,蔬菜及其制品重金属的限量值 As 为 0.5  $\mu\text{g/g}$ ,Cd 为 0.1  $\mu\text{g/g}$ ,Pb 为 0.2  $\mu\text{g/g}$ ,Cr 为 0.5  $\mu\text{g/g}$ ,Hg 为 0.01  $\mu\text{g/g}$ 。由表 3 可看出,辣木籽种仁中 As、Cd、Pd 的含量均未超标,Hg、Cr 未检出,说明辣木籽有较高的食用安全性。

### 2.4 辣木籽油的脂肪酸组成(见表 4)

表 4 辣木籽油脂肪酸组成与相对含量

脂肪酸	含量/%
棕榈酸 C16:0	5.43 $\pm$ 0.03
棕榈油酸 C16:1	1.35 $\pm$ 0.02
硬脂酸 C18:0	5.04 $\pm$ 0.00
油酸 C18:1	70.85 $\pm$ 0.31
亚油酸 C18:2	0.54 $\pm$ 0.02
亚麻酸 C18:3	3.97 $\pm$ 0.08
花生一烯酸 C20:1	2.90 $\pm$ 0.05
山嵛酸 C22:0	8.38 $\pm$ 0.21
芥酸 C22:1	0.25 $\pm$ 0.02
木焦油酸 C24:0	1.29 $\pm$ 0.02
饱和脂肪酸	20.14
单不饱和脂肪酸	75.35
多不饱和脂肪酸	4.51
不饱和脂肪酸	79.86

由表 4 可看出,辣木籽油主要由 10 种脂肪酸组成,相对含量由高到低依次为油酸、山嵛酸、棕榈酸、硬脂酸、亚麻酸、花生一烯酸、棕榈油酸、木焦油酸、亚油酸、芥酸。辣木籽油不饱和脂肪酸含量为 79.86%,其中多不饱和脂肪酸含量为 4.51%,单不饱和脂肪酸含量为 75.35%,单不饱和脂肪酸以油酸(70.85%)为主,且比花生油、大豆油、菜籽油、玉米油<sup>[21]</sup>的油酸含量都高。辣木籽油的高油酸含量使其具有较高的稳定性,因此与普通的大豆油、棕榈

油相比,辣木籽油具有更好的煎炸性能<sup>[22]</sup>。此外,油酸可以诱导肝细胞癌(HCC)细胞的凋亡和坏死,降低HCC细胞系的迁移和侵袭能力,预防心血管疾病(CVD)、癌症等<sup>[23]</sup>。因此,辣木籽油有较高的食用和药用价值。

### 3 结论

采用国标方法测定了辣木籽种仁的营养成分,得到辣木籽种仁粗脂肪含量为25.5%,粗蛋白质含量为37.11%。辣木籽种仁中主要含有17种氨基酸,并且含有人体必需的7种氨基酸,占氨基酸总含量的29.63%,按FAO/WHO推荐的以鸡蛋蛋白质所含氨基酸比例为参考标准,得出辣木籽种仁蛋白的必需氨基酸评分为65,说明辣木籽种仁蛋白营养价值较高,是一种优质蛋白。通过对辣木籽种仁中矿质元素的分析发现,辣木籽种仁含有丰富的矿质元素,常量元素中P元素含量最高,其次是K,Na的含量最低,是典型的高钾低钠食品,微量元素中Zn元素含量最高,且重金属含量在国家限量范围之内,说明辣木籽安全性较高。辣木籽油主要由10种脂肪酸组成,饱和脂肪酸含量为79.86%,其中油酸含量为70.85%,具有较高的食用和药用价值。

### 参考文献:

- [1] SINGH R S G, NEGI P S, RADHA C. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour [J]. *J Funct Foods*, 2013, 5(4):1883-1891.
- [2] 刘子记,孙继华,刘昭华,等. 特色植物辣木的应用价值及发展前景分析[J]. *热带作物学报*, 2014, 35(9):1871-1878.
- [3] 刘凤霞,王苗苗,赵有为,等. 辣木中功能性成分提取及产品开发生的研究进展[J]. *食品科学*, 2015(19):282-286.
- [4] MALDINI M, MAKSOU D S A, NATELLA F, et al. *Moringa oleifera*: study of phenolics and glucosinolates by mass spectrometry [J]. *J Mass Spectrom*, 2015, 49(9):900-910.
- [5] 陈惠民. 植物中的钻石——高经济价值的辣木[M]. 台湾:商周出版社,2015.
- [6] 张饮江,王聪,刘晓培,等. 天然植物辣木籽对水体净化作用的研究[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2012(2):262-267.
- [7] EDEOGU C O, KALU M E, FAMUREWA A C, et al. Nephroprotective effect of *Moringa oleifera* seed oil on gentamicin-induced nephrotoxicity in rats: biochemical evaluation of antioxidant, anti-inflammatory, and antiapoptotic pathways [J]. *J Am Coll Nutr*, 2020, 39(4):1-9.
- [8] LEONE A, SPADA A, BATTEZZATI A, et al. *Moringa oleifera* seeds and oil: characteristics and uses for human health [J]. *Int J Mol Sci*, 2016, 17(12):2141-2155.
- [9] CHALH D A, GHARSALLAHA K, REZIG L, et al. Chemical composition and profile characterisation of *Moringa oleifera* seed oil [J]. *S Afr J Bot*, 2021, 137:475-482.
- [10] ZCAN M M. *Moringa* spp: composition and bioactive properties [J]. *S Afr J Bot*, 2018, 129:1-7.
- [11] 王铁旦,杨敏. 辣木籽油功能性成分检测及多元统计分析[J]. *食品化学*, 2020, 41(16):145-150.
- [12] 程园园,刘大川,刘晔,等. 4种油料压榨油的品质评价[J]. *中国油脂*, 2016, 41(4):29-31.
- [13] 荣旭,陶宁萍,李玉琪,等. 奇亚籽营养成分分析与评价[J]. *中国油脂*, 2015, 40(9):89-93.
- [14] 杨芳,严世武,马维思,等. 云南不同产地臭灵丹草氨基酸测定及营养评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 6(10):4173-4180.
- [15] 刘耀. 精氨酸在临床上的应用现状 [J]. *航空航天医学杂志*, 2014, 25(10):1422-1423.
- [16] 王建华. 药用氨基酸 [J]. *世界临床药物*, 1982(4):37-40.
- [17] SALEH A S M, ZHANG Q, CHEN J, et al. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits [J]. *Compr Rev Food F*, 2013, 12(3):281-295.
- [18] 刘宁,朱振宝,仇农学,等. 苦杏仁蛋白提取工艺优化及氨基酸分析 [J]. *中国油脂*, 2008, 33(1):26-29.
- [19] 单宇,周建建,郑玉红,等. 繁缕叶蛋白中氨基酸组成研究 [J]. *食品研究与开发*, 2010, 31(11):181-183.
- [20] 施先义,韦文业. 人体中的必需微量元素与有毒元素 [J]. *科技创新导报*, 2010(4):104.
- [21] 刘颖,刘晓谦,梁曜华,等. 11种植物油的脂肪酸组成与抗氧化活性比较 [J]. *中国油脂*, 2020, 45(10):52-56.
- [22] ABDULKARIM S M, LONG K, LAI O M, et al. Frying quality and stability of high-oleic *Moringa oleifera* seed oil in comparison with other vegetable oils [J]. *Food Chem*, 2007, 105(4):1382-1389.
- [23] OOMA D B, LADET S, GODFREY D V, et al. Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil [J]. *Food Chem*, 2000, 69:187-193.