

## 黑老虎种子的营养成分分析及评价

王丽军<sup>1,2</sup>, 廖苏奇<sup>1,2</sup>, 梁洁<sup>1,2</sup>, 龙海荣<sup>1,2</sup>, 夏祥华<sup>1,2</sup>, 陈乾平<sup>1</sup>, 韦树根<sup>1</sup>

(1. 广西壮族自治区药用植物园, 南宁 530023; 2. 广西壮族自治区中药材产品质量监督检验站, 南宁 530023)

**摘要:**为合理开发利用黑老虎种子, 对其营养成分进行测定。结果表明: 黑老虎种子营养成分丰富, 以粗脂肪为主, 粗蛋白质和糖类次之; 黑老虎种子中多糖是由甘露糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖及岩藻糖 9 种单糖组成, 以半乳糖和阿拉伯糖为主; 黑老虎种子富含不饱和脂肪酸, 其占总脂肪酸含量的 81.89%, 其中亚油酸占不饱和脂肪酸含量的 88.89%; 黑老虎种子中氨基酸种类较为齐全, 游离氨基酸和水解氨基酸均包含 7 种人体必需氨基酸; 黑老虎种子中鉴定出 25 种挥发性成分, 以萜烯类化合物为主; 此外, 黑老虎种子还富含钾、镁、磷、锰、铁、锌等矿质元素。黑老虎种子具有营养和药用价值, 极具开发价值。

**关键词:**黑老虎; 种子; 营养成分

中图分类号: TS222; TQ646

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2021)12-0112-06

## Analysis and evaluation of nutritional components of *Kadsura coccinea* seeds

WANG Lijun<sup>1,2</sup>, LIAO Suqi<sup>1,2</sup>, LIANG Jie<sup>1,2</sup>, LONG Hairong<sup>1,2</sup>,  
XIA Xianghua<sup>1,2</sup>, CHEN Qianping<sup>1</sup>, WEI Shugen<sup>1</sup>

(1. Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plants, Nanning 530023, China; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Chinese Medicinal Materials Product Quality Supervision and Inspection Station, Nanning 530023, China)

**Abstract:** In order to rationally develop and utilize the *Kadsura coccinea* (*K. coccinea*) seeds, its nutrient components were determined. The results showed that *K. coccinea* seeds were rich in nutrients, mainly crude fat, followed by crude protein and sugar. *K. coccinea* seeds were rich in unsaturated fatty acids, accounting for 81.89% of the total fatty acids, and linoleic acid accounted for 88.89% of the unsaturated fatty acids. The polysaccharide of *K. coccinea* seeds was composed of 9 kinds of monosaccharides, including mannose, rhamnose, glucuronic acid, galacturonic acid, glucose, galactose, xylose, arabinose and fucose, with galactose and arabinose being the main ones. Both free amino acids and hydrolyzed amino acids in *K. coccinea* seeds contained 7 kinds of essential amino acids for human body, with a relatively complete variety of amino acids. Meanwhile, 25 kinds of volatile components were identified in *K. coccinea* seeds, and terpenes were the main volatile components. The seeds were also rich in mineral elements, including potassium, magnesium, phosphorus, manganese, iron, zinc and other elements, so *K. coccinea* seeds had great development value for its nutritional and medicinal values.

**Key words:** *Kadsura coccinea*; seed; nutritional component

收稿日期: 2021-01-17; 修回日期: 2021-07-09

基金项目: 广西重点研发计划项目(桂科AB17292023, 桂科AB20159014); 广西自然科学基金(2021GXNSFAA075034); 广西药用植物园创新研究团队(GYCH2019008)

作者简介: 王丽军(1989), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向为食药用植物资源的开发(E-mail) gxsd307@126.com。

通信作者: 龙海荣, 高级工程师(E-mail) longhr83@163.com。

被子植物黑老虎(*Kadsura coccinea* (Lem.) A. C. Smith) 是五味子科南五味子属植物, 具有悠久的民间药用历史, 其主要药用部位是根和藤茎。黑老虎根和藤茎的主要活性成分是木脂素类<sup>[1-2]</sup>和萜烯类化合物<sup>[3]</sup>, 这些化合物具有抗肿瘤<sup>[4]</sup>、抗氧化<sup>[2]</sup>、抑制乙酰胆碱酯酶活性<sup>[3]</sup>等作用。王来友等<sup>[5]</sup>研究表明, 广西的黑老虎根乙醇提取物对大鼠非酒精

性脂肪肝病具有调节脂质和保护肝脏的作用;杨艳等<sup>[6]</sup>分别从贵州黑老虎根、茎、叶中提取挥发性成分,并采用 DPPH 法检测提取物的抗氧化活性,结果表明,所提取的挥发性成分表现出很好的抗氧化活性;李亚军等<sup>[7]</sup>从湖南黑老虎叶中提取总黄酮,并对最优条件下提取的总黄酮的抗氧化能力进行测定,结果表明,黑老虎叶是天然抗氧化剂的良好来源;本课题组研究表明,广西黑老虎茎叶中含有蛋白质、脂肪、挥发油和矿质元素等多种营养成分<sup>[8]</sup>。

目前,对黑老虎的研究主要聚焦于其根和藤茎;而黑老虎果实是一种聚合果,其种子占比较大,对其进行开发利用,可以提高黑老虎植物资源的利用率。目前,对黑老虎种子营养成分的研究比较零星,如:邹建文等<sup>[9]</sup>报道湖南黑老虎的种子苦涩味明显,而且种壳厚实,在聚合果中占比小,但蛋白质、粗脂肪含量高;高渐飞等<sup>[10]</sup>从贵州黑老虎种子中鉴定出 35 种挥发性化合物;谢玮等<sup>[11]</sup>从贵州黑老虎籽中检出总黄酮、总皂苷、蛋白质、脂肪、维生素及矿物质等营养成分。这些研究报道说明黑老虎种子营养成分丰富,但对营养物质的组成未进一步分析,而且植物营养成分的积累还受地域、环境等因素的影响。因此,本研究以广西黑老虎种子为研究对象,对其糖类、脂类、蛋白质、挥发油等营养成分进行分析,并进一步分析其糖类组成、脂肪酸组成、氨基酸组成、挥发油组成以及矿质元素组成,为综合开发利用黑老虎种子资源提供详细的参考数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

黑老虎果实,采自本课题组科研基地(广西天峨县),经处理剥离出种子,将种子晾干后粉碎过二号筛备用。

D-无水葡萄糖、D-甘露糖、鼠李糖、D-木糖、D-阿拉伯糖、岩藻糖,中国食品药品检定研究院;D-半乳糖醛酸、D-葡萄糖醛酸,上海源叶生物科技有限公司;D-半乳糖,北京中科质检生物技术有限公司;37种脂肪酸甲酯混合对照品,上海安谱实验科技股份有限公司;氨基酸对照品, Sigma-Aldrich 公司;24元素混合标准溶液、汞标准溶液,国家有色金属及电子材料分析测试中心;硒、钼、钾、磷、钠标准溶液,国家钢铁材料测试中心。

1260 高效液相色谱仪,710 型电感耦合等离子体发射光谱仪,810 型等离子体质谱仪,Cary 50 紫外-可见光分光光度计,CP3800 气相色谱仪,300-MS 气相色谱-质谱联用仪,2300 全自动凯氏定氮仪,DHG-9240A 电热恒温鼓风干燥箱。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 基本营养成分测定

水分、粗蛋白质、粗脂肪、总糖和多糖分别参照 GB 5009.3—2016 直接干燥法、GB 5009.5—2016 凯氏定氮法、GB 5009.6—2016 索氏抽提法、GB/T 15672—2009 和 SN/T 4260—2015 苯酚-硫酸法进行测定。

#### 1.2.2 单糖组成的测定

参考文献[12-13]方法,以黑老虎种子粉为原料,提取多糖溶液,经三氟乙酸水解后,制备得到水解液。取适量黑老虎种子粉多糖水解液,分别加入 0.5 mL 0.3 mol/L 的 NaOH 溶液和 0.5 mol/L 的 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮(PMP)甲醇溶液,70℃避光孵育 100 min,冷却至室温后加入 0.5 mL 0.3 mol/L 的 HCl 溶液,混匀得衍生化样品,然后用氯仿萃取除去 PMP,水相离心后取上清液待高效液相色谱分析。单糖混合对照品溶液同法进行衍生化。

高效液相色谱分析条件:Eclipse Plus C18 色谱柱(5 μm, 4.6 mm × 250 mm);流动相为体积比 17:83 的乙腈-磷酸盐缓冲液;检测波长 245 nm;流速 1.0 mL/min。

#### 1.2.3 脂肪酸组成的测定

参考文献[12]的样品制备方法和气相色谱分析条件,略有改动。称取 0.7 g 制备的样品,置于聚四氟乙烯管中,加入 3 mL 甲苯和 4.5 mL 5% 盐酸-甲醇溶液,混匀。通入氮气密封后置于 70℃水浴中加热 2 h,取出放冷,加入 7.5 mL 6% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液及 1 mL 甲苯,混匀。离心后将有机相转移至具塞比色管中,用甲苯定容至 5 mL,并加入适量无水硫酸钠,振摇 1 min,静置 5 min,吸取上层溶液待气相色谱分析。

气相色谱分析条件:DB-WAX 色谱柱(60 m × 0.32 mm × 0.32 μm);升温程序为 50℃保持 1 min,以 10℃/min 升至 180℃,保持 2 min,以 5℃/min 升至 190℃,保持 15 min,以 3℃/min 升至 210℃,保持 5 min,以 5℃/min 升至 230℃,保持 40 min;载气为 N<sub>2</sub>,流速 1 mL/min;氢气流速 30 mL/min;空气流速 300 mL/min;进样口温度 250℃;检测器(FID)温度 270℃;分流比 10:1。

以保留时间定性,外标法定量。

#### 1.2.4 氨基酸组成的测定

游离氨基酸样品的制备:参考文献[14]的方法,称取 1 g 黑老虎种子粉,加水 20 mL,浸泡 1 h,60℃超声 40 min,过滤,收集滤液。重复提取 1 次,合

并滤液,加水定容至 50 mL 容量瓶中,摇匀。

水解氨基酸样品的制备:参照 GB 5009.124—2016 的样品处理方法,称取 0.1 g 黑老虎种子粉于水解瓶,加入 8 mL 6 mol/L 盐酸溶液,在充氮气状态下密封,于 110 °C 水解 22 h,取出,冷却至室温。将水解液过滤至容量瓶中,用水少量多次洗涤水解瓶及滤纸,然后定容,混匀。准确吸取 1 mL 于蒸发皿中,水浴蒸干,残留物用 1~2 mL 水溶解,再次蒸干,共蒸 3 次,最后残留物用 1 mL 水溶解。

游离氨基酸样品和水解氨基酸样品参照 QB/T 4356—2012 的衍生化方法和色谱条件进行测定。

### 1.2.5 挥发油组成的测定

采用水蒸气蒸馏法提取黑老虎种子粉中挥发油,所得挥发油注入气相色谱-质谱联用仪进行分析。气相色谱分析条件:VF-5 MS 色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序为 50 °C 保持 4 min,以 15 °C/min 升至 155 °C,保持 10 min,以 10 °C/min 升至 190 °C,以 15 °C/min 升至 280 °C,保持 8 min;载气为 He,流速 1 mL/min;进样口温度 250 °C;分流比 20:1;进样量 1 μL。质谱条件:电子轰击(EI)离子源;电子能量 70 eV;采集模式为全扫描;扫描范围 45~500 Da;离子源温度 200 °C;四极杆温度 150 °C。

### 1.2.6 矿质元素的测定

称取适量黑老虎种子粉于消解管中,加入 5.0 mL HNO<sub>3</sub> 和 2.0 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,置于微波消解仪中进行消解。消解完成后,将消解管转移至赶酸仪中进行赶酸,最后用 2% 硝酸溶液定容至 50 mL 容量瓶中,待测。铝、钙、钾、钠、铁、铜和镁元素通过电感耦合等离子体发射光谱仪测定,其他元素通过等离子体质谱仪测定。

### 1.2.7 数据处理

本文测定项目平行测定 3 次,结果以“平均值 ± 标准偏差”表示(除水分外,测定结果均以干基计),使用 Microsoft office Excel 2013 和 Origin 8.0 进行数据处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 黑老虎种子基本营养成分(见表 1)

表 1 黑老虎种子的基本营养成分 %

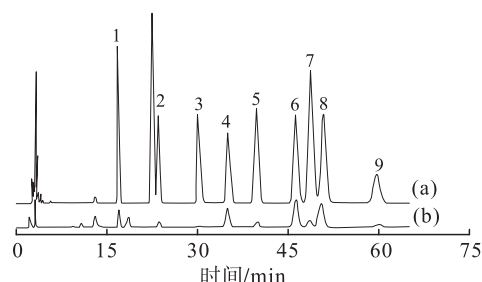
水分	粗蛋白质	粗脂肪	多糖	总糖
27.11 ± 0.19	16.78 ± 0.35	52.26 ± 1.29	0.40 ± 0.01	12.34 ± 0.26

由表 1 可见,黑老虎种子的水分含量为 27.11%,粗蛋白质含量为 16.78%,粗脂肪含量为 52.26%,黑老虎种子的粗蛋白质和粗脂肪含量都较高,其中

粗蛋白质含量高于常见谷物如大米(7.40%)、小米(9.00%)、小麦(11.20%)、玉米(8.80%)<sup>[15]</sup>的,粗脂肪含量与葵花籽(53.16%)、芝麻(56.10%)和花生(49.81%)<sup>[16]</sup>的相当。黑老虎种子的多糖含量仅为 0.4%,总糖含量为 12.34%,总糖是单糖、低聚糖和多糖等糖类化合物的总和<sup>[17]</sup>,因而黑老虎种子中可能含有较多的单糖或低聚糖等小分子糖类。

### 2.2 黑老虎种子的单糖组成

多糖是由多个单糖通过糖苷键连接而成的生物大分子,具有免疫调节、抗氧化和抗肿瘤等生物活性<sup>[18-19]</sup>。通过对黑老虎种子多糖水解并进行衍生化后分析,得到黑老虎种子的单糖组成,结果见图 1。



注:1. 甘露糖; 2. 鼠李糖; 3. 葡萄糖醛酸; 4. 半乳糖醛酸; 5. 葡萄糖; 6. 半乳糖; 7. 木糖; 8. 阿拉伯糖; 9. 岩藻糖。

图 1 单糖混标(a)和黑老虎种子(b)的单糖组成的高效液相色谱图

由图 1 可见,黑老虎种子多糖由 9 种单糖组成,分别是甘露糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖和岩藻糖,且各单糖的摩尔比约为 1.0:0.4:0.3:2.2:0.6:3.9:1.0:3.6:0.5。结果表明,半乳糖和阿拉伯糖是构成黑老虎种子多糖的主要单糖成分。

### 2.3 黑老虎种子的脂肪酸组成(见表 2)

表 2 黑老虎种子的脂肪酸组成与含量 mg/g

脂肪酸	含量	脂肪酸	含量
辛酸	0.086 ± 0.001	棕榈烯酸	0.817 ± 0.007
癸酸	0.145 ± 0.003	油酸	42.276 ± 0.399
十三烷酸	0.108 ± 0.011	亚油酸	367.422 ± 2.500
肉豆蔻酸	3.584 ± 0.067	α-亚麻酸	1.451 ± 0.038
十五烷酸	0.353 ± 0.005	顺-11-二十碳烯酸	1.113 ± 0.042
棕榈酸	67.807 ± 0.837	顺-11,14-二十碳二烯酸	0.283 ± 0.008
十七烷酸	1.150 ± 0.012	饱和脂肪酸(SFA)	91.423 ± 0.598
硬脂酸	16.041 ± 0.228	单不饱和脂肪酸(MUFA)	44.207 ± 0.435
花生酸	1.303 ± 0.040	多不饱和脂肪酸(PUFA)	369.156 ± 2.546
榆树酸	0.845 ± 0.029	总脂肪酸	504.786 ± 2.383

由表 2 可知:黑老虎种子饱和脂肪酸含量为 91.423 mg/g,占总脂肪酸含量的 18.11%,且以棕榈酸和硬脂酸为主;黑老虎种子不饱和脂肪酸含量占总脂肪酸含量的 81.89%,与文献[20]报道的大

豆油(81.18%)、葵花籽油(85.36%)、玉米油(82.99%)、橄榄油(81.34%)的不饱和脂肪酸占比相当;黑老虎种子中多不饱和脂肪酸含量>饱和脂肪酸含量>单不饱和脂肪酸含量。

必需脂肪酸在心血管和免疫系统运转方面起着重要作用<sup>[21]</sup>,亚油酸是必需脂肪酸,同时也是一种多不饱和脂肪酸。黑老虎种子的亚油酸含量占其不饱和脂肪酸含量的88.89%,高于葵花籽(68.60%)、

花生(47.19%)和核桃(71.34%)<sup>[22]</sup>。研究表明,膳食摄入和血液中多不饱和脂肪酸浓度与心血管疾病(CVD)风险呈负相关,膳食摄入多不饱和脂肪酸可预防并降低CVD风险<sup>[23]</sup>。而黑老虎种子中多不饱和脂肪酸含量高,且亚油酸是构成多不饱和脂肪酸的主要成分。

#### 2.4 黑老虎种子的氨基酸组成(见表3)

表3 黑老虎种子的水解氨基酸和游离氨基酸组成与含量

氨基酸	游离氨基酸/(mg/g)	水解氨基酸/(mg/g)	必需氨基酸比 <sup>c</sup>	RC值 <sup>d</sup>
天冬氨酸(Asp)	0.479±0.019	10.396±0.300		
谷氨酸(Glu)	0.854±0.019	23.938±0.640		
丝氨酸(Ser)	0.265±0.013	7.243±0.130		
甘氨酸(Gly)	0.313±0.007	6.189±0.110		
组氨酸(His)	0.185±0.010	2.835±0.004		
精氨酸(Arg)	-	14.114±0.230		
苏氨酸(Thr)	1.552±0.034	5.136±0.040	0.90	1.05
丙氨酸(Ala)	0.319±0.004	6.734±0.120		
脯氨酸(Pro)	0.317±0.006	6.355±0.050		
酪氨酸(Tyr)	1.020±0.018	5.046±0.030		
缬氨酸(Val)	0.058±0.001	6.719±0.150	1.14	1.33
蛋氨酸(Met)	0.273±0.008	0.723±0.030	0.50 <sup>a</sup>	0.58
胱氨酸(Cys)	2.975±0.025	1.394±0.100		
异亮氨酸(Ile)	0.431±0.009	5.766±0.110	1.23	1.43
亮氨酸(Leu)	0.724±0.012	8.689±0.160	0.78	0.91
苯丙氨酸(Phe)	0.504±0.001	5.612±0.070	1.01 <sup>b</sup>	1.17
赖氨酸(Lys)	0.468±0.013	4.663±0.160	0.48	0.56
必需氨基酸	4.009	37.308		
非必需氨基酸	6.726	84.244		
氨基酸总量	10.735	121.552		
鲜、甜味氨基酸	3.782	59.636		
苦味氨基酸	3.194	49.504		
药用氨基酸	4.044	80.090		

注:“-”表示未检出;a为胱氨酸+蛋氨酸;b为苯丙氨酸+酪氨酸;c为必需氨基酸比等于待测蛋白质某氨基酸含量与鸡蛋全蛋白相应氨基酸含量比值,此处为水解氨基酸中的;d表示RC值为必需氨基酸比分值与必需氨基酸比均分之比。

氨基酸由两种存在形式,一种是作为蛋白质基本结构的非游离氨基酸(水解氨基酸),另一种是游离状态的氨基酸(游离氨基酸),游离氨基酸的组成与含量对食品的滋味贡献更大,而水解氨基酸的种类与含量能够真实地反映食品的营养价值<sup>[24-25]</sup>。由表3可知:黑老虎种子中检测出16种游离氨基酸,包括7种必需氨基酸(Thr、Val、Met、Ile、Leu、Phe、Lys),苏氨酸、酪氨酸和胱氨酸含量较高,是黑老虎种子中主要的游离氨基酸;游离氨基酸中,鲜、甜味氨基酸<sup>[26]</sup>(Asp、Glu、Ser、Gly、Ala、Thr)占氨基酸总量的35.23%,苦味氨基酸<sup>[26]</sup>(His、Arg、Tyr、Val、Met、Ile、Leu、Phe)占氨基酸总量的29.75%,而

药用氨基酸<sup>[27]</sup>(Asp、Glu、Gly、Arg、Met、Leu、Phe、Lys、Ile)占氨基酸总量的37.67%。

由表3还可知:黑老虎种子中检出17种水解氨基酸,包括7种必需氨基酸,氨基酸总量为121.552 mg/g,必需氨基酸总量为37.308 mg/g;水解氨基酸中,鲜、甜味氨基酸占氨基酸总量的49.06%,苦味氨基酸占氨基酸总量的40.73%,而药用氨基酸占氨基酸总量的65.89%。根据FAO/WHO提出的蛋白质营养价值必需氨基酸模式<sup>[28]</sup>,计算必需氨基酸比<sup>[12, 29]</sup>和氨基酸比值系数(RC)值<sup>[30]</sup>。RC值大于1,说明该必需氨基酸相对过剩,RC值小于1,说明该必需氨基酸相对缺少。必需氨基酸中苏氨酸和

苯丙氨酸接近 FAO/WHO 提出的理想蛋白模式,而赖氨酸和蛋氨酸为黑老虎种子的限制性氨基酸。

### 2.5 黑老虎种子的挥发油组成

黑老虎种子中总挥发油含量为 2.16%,经气相色谱-质谱联用仪分析鉴定出 25 种挥发性成分,见表 4。由表 4 可见,黑老虎种子的挥发油中主要是萜烯类化合物,相对含量为 87.225%,其次是醇类化合物,相对含量为 8.357%。其中:萜烯类挥发性成分主要是  $\gamma$ -杜松烯,相对含量为 40.900%,其次

是  $\alpha$ -柏木烯(13.850%)、(*R*)- $\beta$ -雪松烯(11.230%)、 $\alpha$ -姜黄烯(10.090%)。本文所测黑老虎种子的挥发性成分与贵州省产的<sup>[11]</sup>冷饭团(黑老虎)籽的挥发性成分相似,均含有烯、醇、酮类挥发性成分,且萜烯类化合物为主要的挥发性成分。黑老虎种子的挥发油组成中杜松烯、杜松萜醇、榄香烯属于倍半萜类,具有抗菌和抗真菌特性<sup>[31]</sup>,姜黄烯具有抗炎作用<sup>[10]</sup>,石竹烯具有一定的平喘作用,是治疗老年慢性支气管炎药物的有效成分之一<sup>[6]</sup>。

表 4 黑老虎种子的挥发油组成与相对含量

编号	化学式	化合物名称	相对含量/%	编号	化学式	化合物名称	相对含量/%
1	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	水菖蒲烯	0.260	14	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\alpha$ -长叶蒎烯	2.814
2	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	(1 <i>E</i> ,5 <i>Z</i> ,8 <i>R</i> )-1,5-二甲基-8-异丙烯基-1,5-环癸二烯	0.235	15	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\gamma$ -杜松烯	40.900
3	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	罗汉柏烯	0.235	16	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\beta$ -杜松烯	0.209
4	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	马兜铃烯	0.579	17	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1,2,4 <i>a</i> ,5,6,8 <i>a</i> -六氢-4,7-二甲基-1-(1-异丙基)-萜	0.371
5	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\beta$ -石竹烯	2.030	18	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\gamma$ -榄香烯	0.891
6	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\alpha$ -法尼烯	1.795	19	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	檀油醇	0.653
7	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\gamma$ -古芸烯	0.322	20	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N-(3-硝基苯基)-4-甲基苯甲胺	1.214
8	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\alpha$ -石竹烯	0.454	21	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	$\alpha$ -沙草酮	0.995
9	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	( <i>R</i> )- $\beta$ -雪松烯	11.230	22	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	柏木烯醇	2.375
10	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\alpha$ -姜黄烯	10.090	23	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	$\delta$ -杜松萜醇	2.603
11	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	姜烯	0.949	24	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	佛手柑油醇	2.726
12	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	巴伦西亚橘烯	0.382	25	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub> O	8-异丙烯基-1,3,3,7-四甲基-二环[5.1.0]辛-5-烯-2-酮	1.057
13	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	$\alpha$ -柏木烯	13.850				

### 2.6 黑老虎种子的矿质元素组成(见表 5)

表 5 黑老虎种子的矿质元素组成与含量

元素	含量	元素	含量
常量元素		Cr/(mg/kg)	0.03 ± 0.01
Ca/(mg/100 g)	98.90 ± 3.13	Se/( $\mu$ g/100 g)	1.72 ± 0.03
K/(mg/100 g)	654.57 ± 3.08	Fe/(mg/kg)	46.05 ± 0.13
Mg/(mg/100 g)	321.96 ± 4.71	Mn/(mg/kg)	141.04 ± 1.89
Na/(mg/100 g)	0.49 ± 0.29	Mo/(mg/kg)	0.29 ± 0.10
P/(mg/100 g)	374.64 ± 7.05	Ni/(mg/kg)	1.59 ± 0.06
微量元素		Sn/(mg/kg)	0.39 ± 0.14
Al/(mg/kg)	15.60 ± 0.93	Sr/(mg/kg)	1.34 ± 0.03
B/(mg/kg)	15.72 ± 0.46	Cu/(mg/kg)	4.01 ± 0.06
Bi/(mg/kg)	1.31 ± 0.13	Zn/(mg/kg)	12.59 ± 0.22

由表 5 可知,常量元素中,钾含量最高,钠含量最低,呈现高钾低钠的特点。而且黑老虎种子中富含钙、镁、磷矿质元素。微量元素中,锰含量显著高于

铁、锌含量,且铁(46.05 mg/kg)、锌(12.59 mg/kg)和硒含量(1.72  $\mu$ g/100 g)不同于贵州省产的<sup>[11]</sup>黑老虎籽的铁(42.6 mg/kg)、锌(5.77 mg/kg)和硒含量(3.29  $\mu$ g/100g),这可能与黑老虎的产地和种植环境相关。

### 3 结论

广西黑老虎种子的营养成分丰富,富含油脂,且脂肪酸组成丰富,不饱和脂肪酸占总脂肪酸的 81.89%,其中  $\omega$ 6 型亚油酸是构成多不饱和脂肪酸的主要成分。黑老虎种子中氨基酸种类齐全,必需氨基酸组成比较平衡,特别是水解氨基酸中的药用氨基酸占氨基酸总量的 65.89%。黑老虎种子富含挥发油,共鉴定出 25 种挥发性成分。此外,黑老虎种子中还含有丰富的矿质元素。因此,黑老虎种子具有营养和药用价值,极具开发价值。

## 参考文献:

- [1] 杨能英, 何风雷, 彭富全, 等. HPLC同时测定黑老虎中3个木脂素类化合物的含量[J]. 中国现代中药, 2018, 20(7): 807-810, 820.
- [2] LIU Y B, YANG Y P, TASNEEM S, et al. Lignans from Tujia ethnomedicine Heilaohu: chemical characterization and evaluation of their cytotoxicity and antioxidant activities [J]. *Molecules*, 2018, 23(9): 2147-2157.
- [3] HUANG S Z, DUAN L P, WANG H, et al. Two new AChE inhibitors isolated from Li Folk Herb Heilaohu "*Kadsura coccinea*" stems [J]. *Molecules*, 2019, 24(19): 3628-3634.
- [4] YANG Y P, LIU Y B, DANİYAL M, et al. New lignans from roots of *Kadsura coccinea* [J/OL]. *Fitoterapia*, 2019, 139: 104368 [2021-01-17]. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2019.104368>.
- [5] 王来友, 王风云, 何琳, 等. 壮药黑老虎根提取物对大鼠非酒精性脂肪肝病的作用及机制[J]. 广东药学院学报, 2015, 31(6): 772-775.
- [6] 杨艳, 高渐飞. 冷饭团不同部位挥发性成分及抗氧化活性分析[J]. 广西植物, 2018, 38(7): 943-952.
- [7] 李亚军, 黄国保, 全海燕, 等. 黑老虎叶总黄酮提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 广西植物, 2020, 40(9): 1381-1388.
- [8] 廖苏奇, 王丽军, 夏祥华, 等. 黑老虎茎叶营养成分检测及评价[J]. 食品工业科技, 2021, 42(5): 289-294.
- [9] 邹建文, 饶红欣, 罗先权, 等. 黑老虎果实的加工特性与营养成分[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2019, 45(6): 679-684.
- [10] 高渐飞, 杨艳, 周玮. 冷饭团果实挥发性成分鉴定与分析[J]. 中国南方果树, 2017, 46(6): 76-80.
- [11] 谢玮, 杨涛, 赵雯霖. 黑老虎籽功能成分分析及其应用前景展望[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(12): 1-5.
- [12] LONG H R, GU X Y, ZHU Z J, et al. Effects of bottom sediment on the accumulation of nutrients in the edible green seaweed *Caulerpa lentillifera* (sea grapes) [J]. *J Appl Phycol*, 2020, 32(1): 705-716.
- [13] GAO J, LIN L Z, SUN B G, et al. A comparison study on polysaccharides extracted from *Laminaria japonica* using different methods: structural characterization and bile acid-binding capacity [J]. *Food Funct*, 2017, 8(9): 3043-3052.
- [14] 孔浩, 郭庆梅, 郭新苗, 等. 柱前衍生高效液相色谱法测定瓜蒌皮中游离氨基酸含量[J]. 山东中医药大学学报, 2014, 38(3): 254-256.
- [15] 杨月欣. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009: 4-11.
- [16] 王瑞, 孙长霞, 卢树昌. 几种作物中脂肪酸含量的分析研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(10): 5322-5323.
- [17] 李鸿飞, 张凤雪, 李柯翱, 等. 黄精膏中水溶性总糖与多糖的测定[J]. 西部中医药, 2015, 28(1): 16-18.
- [18] YU Y, SHEN M Y, SONG Q Q, et al. Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: a review [J]. *Carbohydr Polym*, 2018, 183: 91-101.
- [19] SUN H Y, LI C Y, NI Y J, et al. Ultrasonic/microwave-assisted extraction of polysaccharides from *Camptotheca acuminata* fruits and its antitumor activity [J]. *Carbohydr Polym*, 2019, 206: 557-564.
- [20] 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.
- [21] FIDAN H, STANKOV S, PETKOVA N, et al. Evaluation of chemical composition, antioxidant potential and functional properties of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds [J]. *J Food Sci Technol*, 2020, 57(7): 2404-2413.
- [22] 李子璇, 秦公伟, 江海, 等. 3种干果中脂肪酸的组成及其分析比较[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(12): 137-140.
- [23] 陈雪, 梁克红, 王靖, 等. 膳食中多不饱和脂肪酸对心血管疾病防治研究进展[J]. 中国油脂, 2020, 45(10): 87-94.
- [24] 王齐, 朱伟伟, 苏丹, 等. 蒲桃中氨基酸组成与含量对其营养与风味的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 204-207.
- [25] 鲁敏, 安华明, 赵小红. 无籽刺梨与刺梨果实中氨基酸分析[J]. 食品科学, 2015, 36(14): 118-121.
- [26] 王天泽, 谭佳, 杜文斌, 等. 北京油鸡鸡汤滋味物质分析[J]. 食品科学, 2020, 41(8): 159-164.
- [27] 唐成林, 杨斌, 陶光灿, 等. 八月瓜果实营养成分分析和评价[J]. 食品工业科技, 2021, 42(3): 299-303.
- [28] FAO/WHO. Protein quality evaluation, report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation [R]. Maryland: FAO Food and Nutrition Paper, 1991.
- [29] CHEUNG P C K. Chemical evaluation of some lesser known edible mushroom mycelia produced in submerged culture from soy milk waste [J]. *Food Chem*, 1997, 60(1): 61-65.
- [30] 高观世, 张陶, 吴素蕊, 等. 食用菌蛋白质评价及品种间氨基酸互补性分析[J]. 中国食用菌, 2012, 31(1): 35-38.
- [31] YIN C P, SUN F F, RAO Q, et al. Chemical compositions and antimicrobial activities of the essential oil from *Pterocarya stenoptera* C. DC [J]. *Nat Prod Res*, 2020, 34(19): 2828-2831.