

铁力木种仁营养成分分析

李洪果¹, 黎云睦², 田荣雄³, 骆相华³, 熊俊飞¹, 黄旭光¹, 刘世茂⁴

(1. 中国林业科学研究院 热带林业实验中心, 广西 崇左 532600; 2. 广西中医药研究院, 南宁 530022;

3. 凤山县林业局坡作种苗站, 广西 河池 547600; 4. 凤山县林业局, 广西 河池 547600)

摘要: 为了促进铁力木的开发利用, 以铁力木种仁为材料, 对其脂肪、水分、蛋白质、可溶性糖、氨基酸、矿物质元素、维生素以及铁力木种仁油的脂肪酸组成及含量进行了分析。结果表明: 铁力木种仁中脂肪、水分、蛋白质和可溶性糖的含量分别为 58.60、7.90、7.34 g/100 g 和 4.44 g/100 g; 铁力木种仁油中共检出 9 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 5 种, 含量为 32.64%, 不饱和脂肪酸 4 种, 含量为 66.76%, 4 种含量最高的脂肪酸分别为油酸(49.10%)、亚油酸(17.30%)、棕榈酸(15.80%)和硬脂酸(15.40%); 铁力木种仁中共检出 16 种氨基酸, 7 种必需氨基酸含量占总氨基酸含量的 39.48%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 65.24%, 必需氨基酸比值系数分(SRC)值为 51.78; 在检测的 9 种矿物质元素(铜、锌、铁、锰、钙、镁、磷、硒、钾)中, 常量元素和微量元素中含量最高的分别为钾和铁; 维生素 E 的含量为 10.57 mg/kg, 未检出维生素 A。综上, 铁力木种仁中油脂、微量营养成分等的种类和含量较为丰富, 可在开展动物食用安全性实验证实无毒后, 作为一种全新的坚果食品加以开发。

关键词: 铁力木; 种仁; 脂肪; 蛋白质; 矿物质元素; 脂肪酸; 氨基酸; 维生素 E; 维生素 A

中图分类号: TS222+.1; TQ646 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-7969(2023)05-0124-05

Analysis of nutrient components of *Mesua ferrea* L. seed kernel

LI Hongguo¹, LI Yunmu², TIAN Rongxiong³, LUO Xianghua³,

XIONG Junfei¹, HUANG Xuguang¹, LIU Shimao⁴

(1. Experimental Center of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Chongzuo 532600,

Guangxi, China; 2. Guangxi Institute of Chinese Medicine & Pharmaceutical Science, Nanning

530022, China; 3. Pozuo Seedling Station of Fengshan Forestry Bureau, Hechi 547600,

Guangxi, China; 4. Fengshan Forestry Bureau, Hechi 547600, Guangxi, China)

Abstract: In order to promote the development and utilization of *Mesua ferrea* L., the fat, moisture, protein, soluble sugar, amino acid, mineral element, and vitamin of *Mesua ferrea* L. seed kernel and fatty acid composition and content of the seed kernel oil were analyzed. The results showed that the contents of fat, moisture, protein and soluble sugar in *Mesua ferrea* L. seed kernel were 58.60, 7.90, 7.34 g/100 g and 4.44 g/100 g, respectively. Nine kinds of fatty acids were detected, of which five were saturated fatty acids, accounting for 32.64% of the total fatty acid content. There were four kinds of unsaturated fatty acids, accounting for 66.76% of the total fatty acid content. The four fatty acids with the highest content were oleic acid (49.10%), linoleic acid (17.30%), palmitic acid (15.80%) and stearic acid (15.40%). Sixteen kinds of amino acids were detected, and seven kinds of essential amino acids accounted for 39.48% of the total amino acids. The ratio of essential amino acids to non-essential amino acids was 65.24%, and the score of ratio coefficient of essential amino acids (SRC) was 51.78. Nine mineral elements (Cu,

收稿日期: 2022-02-16; 修回日期: 2023-02-08

基金项目: 广西自然科学基金面上项目(2020GXNSFAA 297261); 热林中心科学基金项目(RL-2017-02)

作者简介: 李洪果(1984), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事广西珍贵乡土阔叶树种遗传改良研究(E-mail) lihonguode@126.com。

and Se) were detected, and their contents were 12.50, 1.50, 1.50, 1.50, 1.50, 1.50, 1.50, 1.50, 1.50 mg/kg, respectively. Vitamin E content was 10.57 mg/kg, and Vitamin A was not detected. In summary, the types and contents of lipids, trace nutrients, etc. in *Mesua ferrea* L. seed kernel are relatively rich, and can be developed as a new type of nut food after safety experiments on animal feeding are confirmed to be non-toxic.

Zn, Fe, Mn, Ca, Mg, P, Sn, K) were detected, and the contents of K and Fe were the highest in macroelements and trace elements, respectively. The content of vitamins E was 10.57 mg/kg, and vitamins A was not detected. In conclusion, the types and contents of oil and trace nutrient in *Mesua ferrea* L. seed kernel are relatively rich, which can be developed as a new nut food after the safety test of animals proves that it is non-toxic.

Key words: *Mesua ferrea* L.; seed kernel; fat; protein; mineral element; fatty acid; amino acid; vitamin E; vitamin A

铁力木(*Mesua ferrea* L.),为藤黄科(Guttiferae)铁力木属(*Mesua*)热带常绿乔木,集珍贵用材、木本油料、优良药材和观赏树木等诸多用途于一身,为国家二级保护植物。长期以来,铁力木因材质硬重、强度大,被认为是世界上最重、最硬的木材之一,后发现其种子含油量较高,取其油作为寺院点佛灯之用,又逐渐成为傣族寺庙里必种的“五树”之一^[1]。铁力木原产印度、缅甸、越南、老挝等亚洲热带地区,我国云南、广西、广东等地均有引种,且栽培表现良好。铁力木生长缓慢,成熟时期长(50~100年),但开花结果较早,通常10~12年开花结果,也有文献记载7~8年即可开花结果^[2-3]。随着生物质能源成为热点,铁力木因其单株结实量大(50~100 kg)、含油量高(种仁含油量高达78.99%)^[2]而被广泛关注,国内外学者均将其视为具有开发潜力的“非粮”木本油料资源,其种仁油可用于制皂等工业领域^[4-6]。

随着科学技术的发展,一些原本作为“非食用”的木本油通过脱苦等加工工艺,逐渐成为高附加值的食用油或保健品用油,如利用山杏种仁制取可食用的杏仁油,利用文冠果种子制取食用油或提炼神经酸等^[7-8]。有关铁力木种仁含油量的报道较多,含油量低值在35%~50%之间^[4],高值在58%~75%之间^[5],也有报道其含油量达78.99%^[2,6],但报道中均未明确其检测种仁的成熟度、干湿度等信息,而这在木本粮油产量估值应用中极为重要。也有学者检测了铁力木种仁油的主要组成特性、热值、十六烷值和运动黏度等燃烧性能指标^[4]。然而,铁力木种仁的具体营养成分,如蛋白质及氨基酸种类和含量、糖分、维生素种类及含量、常量及微量元素含量等尚未见较为系统全面的报道。因此,本文对铁力木种仁的营养成分进行研究,探讨铁力木作为油源、药源或食品源植物的可能性,分析其开发潜力,以期对铁力木的进一步开发利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

铁力木种仁,为2021年11月上旬在广西凭祥

市中国林业科学研究院热带林业实验中心树木园16年树龄的铁力木树下收集的自然脱落的成熟果实经去除种皮后获得的新鲜种仁。

1.2 实验方法

1.2.1 理化指标的测定

委托农业农村部农产品质量监督检验测试中心(郑州)按国家相关技术标准对铁力木种仁的理化指标进行检测。其中:水分含量采用直接干燥法(GB 5009.3—2016 第一法)检测;脂肪含量采用索氏抽提法(GB 5009.6—2016 第一法)检测;蛋白质含量采用燃烧法(GB 5009.5—2016 第三法)检测,折算系数取6.25;可溶性糖含量采用铜还原-碘量法(GB/T 37493—2019)检测;氨基酸组成及含量采用茚三酮柱后衍生离子交换色谱法(GB 5009.124—2016)检测,未考虑色氨酸的测定;脂肪酸组成及含量采用碱水解法(GB 5009.168—2016 第三法)检测;维生素A和维生素E含量采用反相高效液相色谱法(GB 5009.82—2016)检测;铜、锌、铁、锰、钙、镁、磷、硒、钾等矿物质元素的含量均采用火焰原子吸收光谱法(分别为GB 5009.13—2017、GB 5009.14—2017、GB 5009.90—2016、GB 5009.242—2017、GB 5009.92—2016、GB 5009.241—2017、GB 5009.87—2016、GB 5009.93—2017、GB 5009.91—2017)检测。

1.2.2 蛋白质营养价值评价指标计算

参照文献[9],根据1973年世界卫生组织/联合国粮农组织(WHO/FAO)修订的理想蛋白质人体必需氨基酸模式谱计算铁力木种仁样品中的必需氨基酸相对含量(EAAV)、氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)和氨基酸比值系数分(SRC),计算公式分别见式(1)~式(4)。其中:RC值大于1,表示该氨基酸过剩,反之表示该氨基酸不足,RC值最小者为第一限制氨基酸^[10];SRC值越接近100,营养价值越高,反之营养价值越低^[10]。

$$V_{EAA} = C_{EAA} / T_{AA} \times 100\% \quad (1)$$

$$R_{AA} = V_{EAA}/V_{WHO} \quad (2)$$

$$R_C = R_{AA}/A_{RAA} \quad (3)$$

$$S_{RC} = 100 - C_V \times 100 \quad (4)$$

式中: V_{EAA} 为待测 EAAV 值; C_{EAA} 为待测必需氨基酸含量; T_{AA} 为样品总氨基酸含量; R_{AA} 为 RAA 值; V_{WHO} 为模式谱中待测氨基酸 EAAV 值; R_C 为 RC 值; A_{RAA} 为 RAA 的平均值; S_{RC} 为 SRC 值; C_V 为 RC 的变异系数。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分

铁力木种仁的基本营养成分及含量见表 1。

表 1 铁力木种仁基本营养成分及含量

成分	含量/(g/100 g)
水分	7.90 ± 0.02
脂肪	58.60 ± 1.25
蛋白质	7.34 ± 0.00
可溶性糖	4.44 ± 0.03

由表 1 可知,铁力木种仁中含量最多的为脂肪(58.60 g/100 g),与文献[5]记载的铁力木种仁 58% ~ 75% 的含油量一致,与久树种仁(59% ~ 72%)、小桐子种仁(50% ~ 60%)、蓖麻籽(46% ~ 55%)、无患子籽(51.8%)较为接近,高于辣木籽(33% ~ 41%)、紫荆木种仁(35% ~ 40%)、水黄皮籽(30% ~ 40%)等木本油料^[11]。可见,作为木本油料树种,铁力木种仁含油量高于大多数具有产业开发前景的油料植物的。一般而言,淀粉类种子含糖量较高(淀粉可以分解转化为糖),而油料种子往往含糖量较低。铁力木种仁的蛋白质含量和可溶性糖含量均较低,其蛋白质含量(7.34%)与大米的(7.40%)^[12]相当。

2.2 氨基酸组成及营养价值分析

铁力木种仁氨基酸组成及含量如表 2 所示。

由表 2 可知,铁力木种仁含有 16 种氨基酸,总氨基酸(TAA)含量为 6.94 g/100 g,7 种必需氨基酸(EAA)总含量为 2.74 g/100 g,9 种非必需氨基酸(NEAA)总含量为 4.20 g/100 g。铁力木种仁中必需氨基酸含量占总氨基酸含量的 39.48%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 65.24%,达到了 WHO/FAO 提出的理想蛋白质中必需氨基酸含量占总氨基酸含量的 40% 左右,理想蛋白质中必需氨基酸与非必需氨基酸的比值在 60% 以上的要求^[10]。铁力木种仁的 16 种氨基酸含量普遍较低,含量最高的谷氨酸也仅为 1.30 g/100 g,其余 15 种氨基酸含量均不超过 1 g/100 g。说明虽然铁力木种仁中氨基酸的比例较为理想,但考虑到其总量较低,并不适

宜作为补充人体氨基酸的食物源。

表 2 铁力木种仁氨基酸组成及含量

氨基酸	含量/(g/100 g)
天冬氨酸 Asp	0.75 ± 0.00
苏氨酸 Thr*	0.34 ± 0.00
丝氨酸 Ser	0.46 ± 0.01
谷氨酸 Glu	1.30 ± 0.01
甘氨酸 Gly	0.28 ± 0.00
丙氨酸 Ala	0.19 ± 0.01
缬氨酸 Val*	0.36 ± 0.01
蛋氨酸 Met*	0.02 ± 0.01
异亮氨酸 Ile*	0.32 ± 0.01
亮氨酸 Leu*	0.68 ± 0.02
酪氨酸 Tyr	0.09 ± 0.01
苯丙氨酸 Phe*	0.66 ± 0.02
赖氨酸 Lys*	0.36 ± 0.01
组氨酸 His	0.17 ± 0.01
精氨酸 Arg	0.82 ± 0.04
脯氨酸 Pro	0.14 ± 0.01
必需氨基酸(EAA)	2.74
非必需氨基酸(NEAA)	4.20
总氨基酸(TAA)	6.94

注:*表示必需氨基酸

根据表 2 数据,计算铁力木种仁的 EAAV、RAA、RC 和 SRC 值,结果如表 3 所示。

表 3 铁力木种仁氨基酸的 EAA、RAA、RC 和 SRC

氨基酸	含量/ (g/100 g)	EAAV/ %	WHO/ FAO 的	RAA	RC
			EAAV/ % ^[13]		
苏氨酸	0.34	4.90	4.00	1.23	1.12
缬氨酸	0.36	5.19	5.00	1.04	0.95
蛋氨酸	0.02	0.29	3.50	0.08	0.08
异亮氨酸	0.32	4.61	4.00	1.15	1.06
亮氨酸	0.68	9.80	7.00	1.40	1.28
苯丙氨酸 + 酪氨酸	0.74	10.81	6.00	1.80	1.65
赖氨酸	0.36	5.19	5.50	0.94	0.87
SRC			51.78		

注:由于苯丙氨酸在体内一般先转变为酪氨酸,故两者合并计算

由表 3 可知:铁力木种仁含有的必需氨基酸中,苏氨酸(Thr)、缬氨酸(Val)、异亮氨酸(Ile)RC 值接近 1,说明这 3 种氨基酸含量较为理想;亮氨酸(Leu)和苯丙氨酸 + 酪氨酸(Phe + Tyr)的 RC 值较高,分别为 1.28 和 1.65,表明此类氨基酸含量过剩;蛋氨酸(Met)的 RC 值仅为 0.08,说明该氨基酸严重缺乏,为第一限制氨基酸;铁力木种仁的 SRC 值为 51.78,说明其营养价值中等。

2.3 脂肪酸组成及含量

铁力木种仁油脂脂肪酸组成及含量见表4。

表4 铁力木种仁油脂脂肪酸组成及含量

脂肪酸	含量/%
棕榈酸(C16:0)	15.80 ± 0.05
棕榈油酸(C16:1n7c)	0.16 ± 0.00
硬脂酸(C18:0)	15.40 ± 0.00
油酸(C18:1n9c)	49.10 ± 0.00
亚油酸(C18:2n6c)	17.30 ± 0.00
花生酸(C20:0)	0.97 ± 0.00
花生一烯酸(C20:1)	0.20 ± 0.00
山嵛酸(C22:0)	0.32 ± 0.00
木焦油酸(C24:0)	0.15 ± 0.00
饱和脂肪酸	32.64
单不饱和脂肪酸	49.46
多不饱和脂肪酸	17.30

由表4可见,铁力木种仁油共检出9种脂肪酸,其中饱和脂肪酸5种,含量为32.64%,单不饱和脂肪酸3种(棕榈油酸、油酸、花生一烯酸),含量为49.46%,多不饱和脂肪酸1种(亚油酸),含量为17.30%。铁力木种仁油的脂肪酸种类较少,含量大于1%的有4种,分别为油酸(49.10%)、亚油酸(17.30%)、棕榈酸(15.80%)和硬脂酸(15.40%)。铁力木种仁油中油酸含量最高,其含量(49.10%)与松子(53.90%)相当,低于花生(59.00%)和腰果(57.80%),高于葵花籽(40.20%)和香榧籽(33.30%)等,铁力木种仁油中多不饱和脂肪酸含量(17.30%)与开心果(17.50%)相当,低于腰果(20.40%)、核桃(20.90%)、杏仁(21.60%)、松子(34.9%)、香榧籽(49.40%)和葵花籽(59.00%)等常见坚果及种子类食品^[14]。此外,铁力木种仁油仅含9种脂肪酸,含量最高的4种占97.60%,从加工、分离和纯化油品种类的角度看,似乎更加便利,说明铁力木种仁油具备作为食用油的加工潜力,适合作为油源植物开发利用。

2.4 矿物质元素和维生素含量

铁力木种仁的矿物质元素和维生素含量见表5。

由表5可知,铁力木种仁富含钾、钙、镁、磷等矿物质元素。常量元素中,含量最高的为钾元素(3390 mg/kg),其次分别为钙(1040 mg/kg)、镁(992 mg/kg)、磷(163 mg/kg)元素;微量元素中,含量最高的为铁元素(37.20 mg/kg),其次分别为锌(16.30 mg/kg)、锰(13.20 mg/kg)、铜(8.20 mg/kg)和硒(0.05 mg/kg)元素。矿物质元素是构成人体

组织和维持正常生理功能所必需的七大营养元素之一^[15-16],对生物体的代谢起着重要作用,有些是酶的活性因子,参与酶的激活调控,有些参与激素的生理调控,影响激素发挥作用^[15,17]。如:钾可以调节细胞内液的渗透压,对调节血压、维持神经和肌肉的兴奋性有重要作用^[18];钙、镁参与机体生理活动和物质能量代谢,摄取足够的钙可预防骨质疏松症和直肠癌,维持血压平衡^[19];镁则兼具调节神经和肌肉的功能,有助于防治中风、冠心病和糖尿病^[20]。由表5可知,铁力木种仁中含有10.57 mg/kg的维生素E,未检出维生素A。另外,铁力木种仁的口感测试表明,其入口清甜,类似花生或杏仁,入口久了舌根处有轻微苦味,无辛、酸、涩等刺激性或异常味道。因此,结合铁力木种仁所含微量营养成分的种类和含量看,可在开展动物食用安全性实验证实无毒后,作为一种全新的坚果食品加以开发。

表5 铁力木种仁的矿物质元素和维生素含量

项目	含量/(mg/kg)
铜*	8.20 ± 0.12
锌*	16.30 ± 0.00
铁*	37.20 ± 1.25
锰*	13.20 ± 0.00
硒*	0.05 ± 0.00
钾	3390.00 ± 0.00
钙	1040.00 ± 7.00
镁	992.00 ± 7.50
磷	163.00 ± 1.00
维生素A	未检出
α-维生素E	7.81 ± 0.06
β-维生素E	2.22 ± 0.05
γ-维生素E	0.54 ± 0.01
δ-维生素E	未检出

注:*为微量元素

3 结论

铁力木种仁中脂肪、水分、蛋白质和可溶性糖的含量分别为58.60、7.90、7.34 g/100 g和4.44 g/100 g。铁力木种仁油中检出9种脂肪酸,含量最高的脂肪酸分别为油酸(49.10%)、亚油酸(17.30%)、棕榈酸(15.80%)和硬脂酸(15.40%)。铁力木种仁中检出16种氨基酸,其中7种必需氨基酸含量占总氨基酸含量的39.48%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为65.24%,必需氨基酸比值系数分(SRC)值为51.78。铁力木种仁中检测了9种矿物质元素和2种维生素,常量元素和微量元素中含量最高的分别为钾(3390.00 mg/kg)和铁(37.20 mg/kg);维生素A未检出,维生素E的含量为10.57 mg/kg。

铁力木种仁中油脂、微量营养成分等的种类和含量较为丰富,可在开展动物食用安全性实验证实无毒后,作为一种全新的坚果食品加以开发。

参考文献:

- [1] 周亮, 吴姗, 李士娟. 热带芳香植物: 铁力木[J]. 园林, 2013, 256(8): 66-67.
- [2] 铁力木[J]. 云南林业科技, 1981, 11(2): 1-5, 95.
- [3] 胡建湘, 刘勖. 铁力木的引种栽培[J]. 亚热带植物科学, 2008, 37(4): 38-41.
- [4] 张赞齐, 贾黎明, 陈志钢, 等. “非粮”木本生物柴油新资源开发及生物柴油特性的比较分析[J]. 中国油脂, 2016, 41(12): 1-8.
- [5] GUI M M, LEE K T, BHATIA S. Feasibility of edible oil vs. non-edible oil vs. waste edible oil as biodiesel feedstock[J]. Energy, 2008, 33(11): 1646-1653.
- [6] 杨德军, 邱琼, 文进. 热带珍稀多用途树种铁力木育苗与造林[J]. 林业实用技术, 2008(6): 38-39.
- [7] 苗兴军. 山杏苦杏仁苷含量差异及苦杏仁油安全性评价[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [8] 尹丹丹, 李珊珊, 吴倩, 等. 我国6种主要木本油料作物的研究进展[J]. 植物学报, 2018, 53(1): 110-125.
- [9] 李洪果, 黎云睦, 黎云和, 等. 格木种子营养成分分析[J]. 林业科技通讯, 2020(3): 17-20.
- [10] 杨旭昆, 汪禄祥, 刘艳芳, 等. 7种云南野生食用菌的氨基酸组成比较分析及营养评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(10): 3912-3917.
- [11] BORUGADDA V B, GOUD V V. Biodiesel production from renewable feedstocks: status and opportunities[J]. Renew Sust Energy Rev, 2012, 16(7): 4763-4784.
- [12] 刘晶晶, 张楠楠, 王雪峰, 等. 不同产地血糯米的营养成分分析[J]. 食品科学, 2011, 32(20): 235-239.
- [13] WHO/FAO. Protein quality evaluation in human diets [R]. Rome: Food and Agriculture Organization, 1991.
- [14] 杨月欣. 中国食物成分表[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2004: 247-283.
- [15] 谭微, 李敏一, 郭丽艳, 等. 13种食用植物油中矿物质元素含量的研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(2): 146-149, 153.
- [16] 兴丽, 赵凤敏, 曹有福, 等. 不同产地亚麻籽矿物质元素及脂肪酸组成的主成分分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(9): 2538-2543.
- [17] 王春兰, 李文最, 肖明发, 等. 福州市售蔬菜和水果中13种矿质元素含量的测定与分析[J]. 广东微量元素科学, 2012, 19(7): 40-46.
- [18] 孟丹, 黄翠敏. 红枣中矿物质元素的测定[J]. 现代食品, 2017(10): 102-104.
- [19] 李臻, 赖富饶, 吴晖. 葛根的营养成分分析[J]. 现代食品科技, 2011, 27(8): 1010-1011.
- [20] 齐赛男, 贾桂云, 雷鹏, 等. 神果种子挥发油化学成分的气相色谱-质谱分析[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2012, 25(1): 73-76.
- [21] 杨天友, 杨传东, 卢志宏, 等. 武陵黄精营养成分分析[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(3): 155-158, 162.
- [22] 程国霞, 聂晓玲, 郭蓉, 等. 陕西汉中3种特种稻米营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2016, 38(1): 99-101.
- [23] 陈林玉, 宋乐园, 王云雨, 等. 红小米化学成分与营养成分分析[J]. 食品科学, 2021, 42(18): 218-224.
- [24] 陈笑言, 梁新红. 苹果渣营养成分分析[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2021, 49(5): 41-46.
- [25] 张深梅. 大别山核桃坚果表型和营养成分多样性分析[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2019.
- [26] 苏霁玲, 林昕, 杨宝钦, 等. 蒜头果种仁的营养成分分析[J]. 中国油脂, 2021, 46(12): 108-111.
- [27] 白希, 陈爽, 周灿兰, 等. 亚油酸分离纯化技术研究进展[J]. 中国油脂, 2022, 47(9): 122-128.
- [28] 王佳鸾, 赵俸艺, 张春红, 等. 鞣花酸提取、纯化及其生物活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(13): 416-424.
- [29] 王根宪, 董兆斌, 王英宏. 红仁核桃坚果经济性状与果实营养成分分析[J]. 西北园艺: 果树, 2021(5): 33-35.
- [30] 高磊, 李慧, 郑焕, 等. 果树中花色苷的生物合成及其调控机制研究进展[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(1): 258-267.

(上接第123页)

- [15] 苏为耿, 蒲成伟, 阚欢, 等. 云南6种核桃栽培品种果实特性与营养成分分析[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(4): 68-71.
- [16] 李善政, 李萍, 许佳旺, 等. 朗县核桃营养成分分析[J]. 高原农业, 2020, 4(4): 412-416.
- [17] 方贤胜, 吴涛, 肖良俊. 基于广泛靶向代谢组学的浅黄色和紫色核桃内种皮成分差异分析[J]. 食品科学, 2021, 42(12): 215-221.
- [18] 时羽杰, 邬晓勇, 糜加轩, 等. 核桃内种皮苦涩味品质代谢组学分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(6): 54-64.
- [19] 刘云, 赵平, 卞家亭, 等. 簇蕊金花茶叶片营养成分分析与评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(5): 146-154.
- [20] 耿树香, 宁德鲁, 李勇杰, 等. 云南省主栽核桃品种内种皮中多酚的检测分析[J]. 西部林业科学, 2016, 45(5): 124-127.
- [21] 位杰, 蒋媛, 林彩霞, 等. 6个库尔勒香梨品种果实矿物质元素与品质的相关性和通径分析[J]. 食品科学, 2019, 40(4): 259-265.
- [22] 郑敏, 王钊, 姜伟业, 等. 白玉豆的营养成分分析与评价[J]. 现代食品, 2021(20): 164-166.