

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.03.012

张晓庆, 李欣容, 贾敏, 等. 元宝枫籽油的制备、功效及其应用概述[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(3): 85-90.

ZHANG X Q, LI X R, JIA M, et al. A review of preparation, efficacy and application of acer truncatum seed oil[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(3): 85-90.

# 元宝枫籽油的制备、功效 及其应用概述

张晓庆<sup>1,2</sup>, 李欣容<sup>1,2</sup>, 贾敏<sup>2</sup>, 夏远军<sup>3</sup>, 徐同成<sup>1,2</sup>✉

1. 山东师范大学 生命科学学院, 山东 济南 250399;
2. 山东省农业科学院 农产品加工与营养研究所/山东省特殊医学用途配方食品工程技术研究中心/山东省农产品精深加工技术重点实验室/农业农村部新食品资源加工重点实验室, 山东 济南 250100;
3. 贵州合盛源农产开发有限公司, 贵州 六盘水 553599)

**摘要:** 元宝枫籽油作为我国的新资源食品, 因富含油酸、亚油酸和神经酸等成分, 营养价值与药用保健效果突出, 日益受到产业和消费者的重视。近年来, 元宝枫籽油新的制备和应用开发技术不断呈现, 其不仅被开发为食品, 相继出现了元宝枫籽油调味品、复合乳制品、压片糖果等, 还被应用到了日用化工、医疗保健等领域。综述了现有元宝枫籽油在制备、功效评价和产业应用方面的研究进展, 及发展中存在的问题, 并针对这些问题提出建议措施, 以期促进元宝枫籽油产业的高质量发展。

**关键词:** 元宝枫油; 制备工艺; 神经酸; 功效评价; 应用

中图分类号: TS224; S-3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)03-0085-06

## A Review of Preparation, Efficacy and Application of Acer Truncatum Seed Oil

ZHANG Xiao-qing<sup>1,2</sup>, LI Xin-rong<sup>1,2</sup>, JIA Min<sup>2</sup>, XIA Yuan-jun<sup>3</sup>, XU Tong-cheng<sup>1,2</sup>✉

1. College of Life Sciences, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250399, China; 2. Institute of Agro-Food Science and Technology, Shandong Academy of Agricultural Sciences/ Shandong Engineering Research Center of Food for Special Medical Purpose/Key Laboratory of Agro-Products Processing Technology of Shandong Province//Key Laboratory of Novel Food Resources Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Jinan, Shandong 250100, China; 3. Guizhou Heshengyuan Agricultural Production Development Co., LTD, Liupanshui, Guizhou 553599, China)

**Abstract:** As a new resource food in China, acer truncatum seed oil is rich in oleic acid, linoleic acid and neuroic acid and other components, and their nutritional value and medicinal health care effects are prominent, which has been increasingly valued by the industry and consumers. In recent years, the new preparation and application development technology of Acer truncatum seed oil has been continuously

收稿日期: 2022-12-13

基金项目: 贵州省农产品加工科技补短板项目; 济南市自主培养创新团队项目(2021GXRC025); 泰山学者特聘专家(黄凤洪)

Supported by: Guizhou Province Agricultural Products Processing Technology to Strengthen the Weak Board Project; Jinan Independent Innovation Team Project (No.2021GXRC025); Distinguished Expert of Taishan Scholars (Feng-Hong Huang)

作者简介: 张晓庆, 女, 1998年出生, 在读硕士生, 研究方向为粮油加工与特医食品创制。E-mail: xqzhang63@163.com.

通讯作者: 徐同成, 男, 1980年出生, 博士, 研究员, 研究方向为粮油加工与特医食品创制。E-mail: xtc@live.com.

presented. It has not only been developed for food, but also appeared successively in the flavoring of Acer truncatum seed oil, complex dairy products, tablet candy, etc. It has also been applied in the fields of daily chemical industry, medical care and so on. This paper reviewed the current research progress and the existing problems in the preparation, efficacy evaluation, industrial application and development, and putted forward some suggestions for these problems, which could promote the development and perfection of Acer truncatum seed oil industry.

**Key words:** acer truncatum seed oil; preparation technology; nervonic acid; efficacy evaluation; application

元宝枫属槭属植物，叶形秀丽，树姿优美，嫩叶为红色，具有很好的观赏与绿化价值，其环境适应能力强，在我国的华北、东北地区都可种植，是我国独有的集园林绿化和水土保持于一体的木本油料经济树种，元宝枫的翅果形状像“金元宝”，种仁产油量高，其脂肪酸组成及含量如表 1 所示，Qiao 等<sup>[1]</sup>对 14 个不同种源的元宝枫籽进行检测，发现其中的不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸之间的比例约为 10 : 1，亚油酸含量最高，其次是油酸，神经酸能达到 5.76%，神经酸具有显著的抗疲劳、抗衰老、降血脂功效，还可增强早产儿的智力，有利于大脑发育，此外，元宝枫种仁中还含有黄酮、维生素 E 等营养成分，黄酮类本身具有抗癌抗菌、抗氧化，调节免疫等功效，张玉伟等<sup>[2]</sup>对元宝枫种仁提取物的化学成分进行分析，鉴定发现提取的 12 种化合物中有 8 种为黄酮类物质，以槲皮素为主，元宝枫籽油中的维生素 E 含量远高于橄榄油和棕榈油，100 g 元宝枫油中含维 E 的量达 125.23 mg<sup>[3]</sup>，因此元宝枫籽仁作为一种优质油脂原料具有良好的发展前景，2011 年元宝枫籽油被我国卫生部批准为新资源食品，有关《元宝枫籽油》的国家标准也在 2019 年发布，这为元宝枫籽油市场的开拓及产业的发展奠定了基础。

表 1 元宝枫籽油的脂肪酸组成

Table1 The fatty acid composition of Acer truncatum seed oil %

脂肪酸组成	含量	脂肪酸组成	含量
棕榈酸	4.69	山嵛酸	—
硬脂酸	2.30	神经酸	5.76
油酸	25.19	花生二烯酸	—
亚油酸	32.97	亚麻酸	2.76
花生酸	—	棕榈油酸	—
芥酸	16.49	二十四碳烷酸	—
顺式-11-二十碳烯酸	7.90		

注：“—”表示含量低于 1.00%。

Note: “—” indicates less than 1.00%.

## 1 元宝枫籽油的制备

### 1.1 元宝枫翅果脱壳除杂

脱壳除杂是制油工艺的重要环节，为保障油脂的食用安全，元宝枫翅果需先选出树枝、干瘪粒、霉变粒后再用脱壳机进行脱壳，因为元宝枫翅果不规则，种仁和种皮结合紧密，而且种仁易碎，所以只有开发专用的全自动脱壳机才能提高脱壳效率、降低成本。

### 1.2 提取方法

元宝枫籽油的提取方法多种多样，主要包括压榨法、溶剂萃取、酶辅助提取及超临界流体萃取法、微波/超声波辅助提取等。

#### 1.2.1 压榨法

压榨是最常用的制油工艺，根据压榨时所用的温度分为热榨和冷榨，热榨温度一般高于 85 °C，油脂的营养成分会遭到破坏，低温压榨法可以克服高温产生的有害杂质，保持了原有的营养物质。徐明辉等<sup>[4]</sup>采用低温冷榨工艺制备了品质良好的元宝枫籽油；李代龙等<sup>[5]</sup>在 20~40 °C 的低温下压榨元宝枫籽油可使种仁出油率达到 40%~45%，该工艺简单灵活，适用范围广，但出油率低。

#### 1.2.2 溶剂浸提法

溶剂浸提法就是利用相似相溶的原理来提取油脂，魏明等<sup>[6]</sup>用石油醚、乙醚做浸提溶剂，制得了含油量 44.3% 的元宝枫籽油；周兵<sup>[7]</sup>用无水乙醇作为溶剂，将提取物洗脱、收集馏分，浓缩后得到黄色透明元宝枫籽油。该方法操作简单，加工成本低，提取率高，但生产的油中容易有溶剂残留，所以必须精炼除杂符合国家标准后才可食用。

#### 1.2.3 水酶法

水酶法在橄榄油、牡丹油、元宝枫籽油等的

提取方面已经有了一定的研究,徐丹<sup>[8]</sup>用水酶法提取元宝枫籽油,在最佳工艺条件下,即料液比 1:4,酶解温度 45 °C, pH 为 10 的情况下酶解 5 h,得到的出油率达 60.51%;成冉冉等<sup>[9]</sup>通过改变酶的添加量、添加比例等得到元宝枫籽油的提取率在 50%到 60%之间,油质较高;在研究酶类型对提取率的影响时发现戊聚糖酶的油脂提取率高于其他酶,复合酶制剂较单一酶制剂的提取效果更好<sup>[10]</sup>,这为油脂加工业的发展提供了宝贵参考。

#### 1.2.4 超临界萃取

超临界萃取法是指以超临界流体为溶剂通过改变压力和温度实现物质的分离,该方法提取率高,已制取了番茄籽油、沙棘油等多种油脂,周子煜<sup>[11]</sup>采用超临界 CO<sub>2</sub> 萃取技术,通过单因素实验和正交实验获得了最佳得率为 42.14%的元宝枫籽油,且符合国家一级油标准;该方法绿色、环保,而且提取后的原料,在结构、性能保持方面有突出的优势,可以满足人们后续开发利用的需要。

#### 1.2.5 超声辅助提取法

超声辅助提取法是利用震荡、热效应来溶出、提取物质,超声辅助可以促进油脂与溶剂混合,有利于提取,吴隆坤等<sup>[12]</sup>在 40 °C,料液比为 2:9 的情况下提取元宝枫籽油 60 min,得到的油脂出油率为 30.5%;闫莉华等<sup>[13]</sup>用超声辅助法提取元宝枫籽油,在超声功率 200 W、温度 25 °C、料液比 1:12 时,最佳平均提取率可达 32.83%,该方法提高了制油效率,但仍然具有不小的优化空间。

### 1.3 精炼

经提取得到的元宝枫籽油只是粗制油,还需进一步精炼,程敏<sup>[14]</sup>探究了元宝枫籽油精炼过程中的品质变化,发现虽然可使油脂酸值与过氧化值降低,但生育酚和植物甾醇在碱炼、脱色和脱臭工序中损失较大,要想有效除杂并较大保留元宝枫籽油中的有益成分,就需采用适度精炼工艺,储文宾等<sup>[15]</sup>用磷脂酶与氢氧化钠反应脱胶、分离膜脱色、分子蒸馏脱酸脱臭后获得符合国家标准元宝枫籽油,提高了产品率也适合工业化生产。

## 2 元宝枫籽油的功效评价

### 2.1 良好的抗癌及抗菌功效

黄酮与多酚类是生物活性物质,具有抗肿瘤、抗炎、缓解心血管压力等作用,杜振国等<sup>[16]</sup>检测出元宝枫籽中黄酮与多酚类物质丰富;在对元宝枫籽油的抑菌实验中发现其对多种腐败菌都有抑制作用<sup>[17]</sup>;王性炎等<sup>[3]</sup>研究表明,元宝枫籽油乳液可抑制 S180 肉瘤细胞的生长,而且与抗癌新药(环磷酰胺)作用相当,但毒性小;神经酸除了能够修复神经组织,也具有抗病毒功效,王珊珊等<sup>[18]</sup>研究显示,让艾滋病患者长期服用富含神经酸的“元宝枫饮品”,可起到一定的改善作用,可见元宝枫可为抗癌抗菌药物的开发提供新资源。

### 2.2 提高智力,修复神经组织

元宝枫籽油是目前市场上唯一含有神经酸的植物油,神经酸是大脑神经细胞的重要物质,对神经组织具有保护和修复的作用<sup>[19]</sup>,被誉为“脑黄金”,作为母乳的天然成分,很容易被人体吸收,可以促进婴儿的智力发育<sup>[20]</sup>;同时神经酸能预防如老年痴呆、脑梗、脑萎缩等多种老年人神经性疾病,对婴幼儿的智力发育也有重要作用<sup>[3]</sup>;周兵对制得的元宝枫籽油进行了功效评价发现能够显著地降低抑郁症模型小鼠的抑郁样行为<sup>[7]</sup>;Li 等<sup>[21]</sup>研究发现元宝枫籽油处理可激活 BDNF/TrkB 信号通路,提高突触后相关蛋白 PSD95、GluA1、NMDAR1 的表达,降低炎症因子 IL-1 $\beta$ 、TNF $\alpha$ 、IL-6 的 mRNA 水平,减轻神经衰弱,提高记忆力。

### 2.3 促进肠道健康

元宝枫籽油中的不饱和脂肪酸含量高于普通植物油如棕榈油、橄榄油等,多项研究表明,植物油脂能使血清中的总胆固醇、甘油三酯处于较低水平,同时提高高密度脂蛋白的含量,调节肠道菌群平衡。孙朋浩等<sup>[22]</sup>探究元宝枫籽对于小鼠肠道菌群组成结构的影响,与对照组相比,饲喂两周元宝枫籽油的实验小鼠中葡萄球菌属和放线杆菌门的丰度要低,说明元宝枫籽对肠道有害菌群有一定的抑制作用;梁婵华等<sup>[23]</sup>发现,元宝枫籽油能抑制脂多糖诱导肠道小鼠结肠组织上皮细胞凋亡并修复黏膜损伤;安玉红等<sup>[24]</sup>探讨元宝枫

籽油对高脂膳食小鼠肠道健康的影响,与模型组做对比,发现元宝枫籽油对因高脂膳食引起的小鼠脂代谢紊乱有改善作用并促进肠道健康,可见元宝枫籽油能改善机体肠道环境,对肠道菌群有调节作用。

## 2.4 降血脂,预防肥胖

元宝枫籽油中的神经酸具有抗衰老、降血脂的功效,在对连续 60 天高脂膳食小鼠进行元宝枫籽油干预后,其体质量、腰围、腹腔脂肪等都有所下降<sup>[24]</sup>; Yan 等<sup>[25]</sup>运用 Oil RedO 染色法观察元宝枫种皮对 3T3-L1 脂肪细胞分化和脂质积累的影响,发现其能有效减少甘油三酯液滴积聚,并在相对较高的浓度下显著减少了脂肪细胞的数量,这些结果为开发治疗肥胖症的元宝枫籽油产品提供了新的线索。

## 3 应用体系现状

### 3.1 食品领域

随着人们经济条件的改善,对高质量健康饮食的要求也越来越高,元宝枫籽油不仅富含不饱和脂肪酸、蛋白质、黄酮类等成分,还具有高钾低钠的特点,非常符合现代人的饮食标准,其丰富的不饱和脂肪酸和微量元素应用到食品领域可以突出食品的风味和营养,黄涛等<sup>[26]</sup>利用这一特点制成了元宝枫花椒调味油,不仅突出了花椒的香麻,而且作为以不饱和脂肪酸为主的食用油,具有突出的市场优势,深受大众喜爱;刘速速等<sup>[27]</sup>用元宝枫籽油制备了可用作调味品的抗氧化多肽,并通过单因素实验和正交实验对其氧化性进行测定,发现它在抗氧化食品领域具有很好的发展前景,王勇<sup>[28]</sup>用元宝枫籽油制成了压片糖果,一定程度上缓解了元宝枫油的酥香味,满足了在口感方面有高要求的人们,随着元宝枫产业链的深度发展,2017 年,美国食品药品监督管理局批准由中国提供原料,在美国生产元宝枫咖啡、元宝枫茶等产品,现已在美国上市,我国进入市场销售的主要还是以元宝枫油为主,未来期待有更多符合消费者需求的元宝枫食品问世。

### 3.2 化工领域

元宝枫籽油中的维生素 E 含量在天然植物油

中处于领先地位,能够提高皮肤的保水性能,减缓皮肤松弛,元宝枫籽油中的脂质与皮肤相似,可提供皮肤所需的几种必需脂肪酸,同时,神经酸能以载体的形式将水溶性维生素送到真皮层,因此成为了化妆品工业的优质原料,在国内外化妆品领域都颇受青睐,已经制成了“元宝美容霜”、“元宝洗面奶”等护肤产品<sup>[17]</sup>,白红进等<sup>[29]</sup>利用元宝枫籽油中的天然油脂及黑枸杞中的红色素制备了能够显著改善唇纹的防皴裂口红;宋相容等<sup>[30]</sup>发明了一种含元宝枫籽油的面膜精华液,不仅保湿补水还具有抗衰老修复的效果;另外,元宝枫种仁中含有较多的单宁,纯度高,与国外进口的单宁相比,质量更好,有望未来用作印刷工业的原料。

### 3.3 医疗保健领域

元宝枫籽油可较好地抑制肿瘤细胞生长,修复受损的神经组织,我国市场上已经出现了富含神经酸的元宝枫软胶囊、神经压片等,价格不高,但质量参差不齐,日本研发了神经酸纳豆激酶及神经酸认知胶囊,使其消费市场异常火爆,廖建春等<sup>[31]</sup>制备了一种改善神经的宝枫籽油复合纳米微囊粉,李岱龙等<sup>[32]</sup>将元宝枫籽油与改善胃肠道功能的低聚糖通过高压乳化技术制得了具有保健功效的复合元宝枫籽油乳液,提高了元宝枫籽油的可利用价值,但这些产品还需进一步实验才能上市,随着人们健康意识的增强,国内外对元宝枫籽油产品的需求将不断增加。

## 4 展望

### 4.1 发展中存在的问题

首先,元宝枫籽油在我国的发展起步较晚,很多基础性工作不足及技术体系设备不完善,如前期缺乏元宝枫种子专用的自动化除杂、脱壳、筛选设备,高效的提取和精炼工艺也还需进一步探索;其次,对于元宝枫籽油的功效评价中缺少深层次的研究机制,受个体差异的影响,其对神经系统以及代谢组织的功效有待进一步临床验证;元宝枫作为非传统的食用、药用树种,人们对其价值认知度不够,一些产品如微胶囊、乳制剂制备工艺还需优化,市场也缺乏对其产品的规

范标准, 出现了元宝枫籽油的假冒伪劣产品, 给消费者带来了伤害也影响了元宝枫籽油产业的健康发展。

#### 4.2 对元宝枫籽油产业的展望

应加大对元宝枫籽油开发经费投入, 提高科技创新力度, 加快技术改进和设备升级, 研制高效除杂脱壳设备和色选机, 为高质量生产元宝枫籽油提供基础; 通过动物试验进一步探究元宝枫籽油治疗帕金森、脑萎缩、老年痴呆等多种脑病及癌症的代谢机制, 并进行临床试验验证; 努力构建产、学、研相结合模式, 加快科技成果向市场经济价值转换, 在元宝枫产地培育龙头企业, 投入资金和技术支持, 引导企业发展; 企业可以创立专属的元宝枫品牌, 通过媒体广告、日常营销等模式向公众普及元宝枫籽油的功效价值, 提高消费者的接受程度, 开发更多符合消费需求的健康产品。

#### 参考文献:

- [1] QIAO Q, XUE W, FENG Z. Variability of seed oil content, fatty acid composition, and nervonic acid content in *Acer truncatum*, native to 14 regions of China[J]. *Grasas y Aceites*, 2018, 69(4): e274-e274.
- [2] 张玉伟, 李珊珊, 宋明杰, 等. 元宝枫种仁 70%乙醇提取物的化学成分分析[J]. *食品科学*, 2017, 38(24): 137-143.  
ZHANG Y W, LI S S, SONG M S J, et al. Chemical constituents Analysis of 70% ethanol extract from seed kernel of *Acer truncatum*[J]. *Food science*, 2017, 38(24): 137-143.
- [3] 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.  
WANG X Y, WANG S Q. New resource food- *Acer truncatum* seed oil[J]. *Chinese oil and grease*, 2011, 36(9): 56-59.
- [4] 徐明辉, 张骊, 陈东升, 等. 元宝枫籽油及神经酸制取工艺[J]. *粮食与食品工业*, 2017, 24(1): 41-43.  
XU M H, ZHANG L, CHEN D S, et al. Preparation technology of *Acer truncatum* seed oil and neuric acid[J]. *Grain and food industry*, 2017, 24(1): 41-43.
- [5] 李代龙. 元宝枫籽油生产技术创新研究与推广. 山东省, 山东瑞枫农林科技有限公司, 2019-05-25.  
LI D L. Research and popularization of *Acer truncatum* seed oil production technology innovation. Shandong province, Shandong Rui Feng Agriculture and Forestry Technology Co., LTD, 2019-05-25.
- [6] 魏明, 廖成华. 绵阳元宝枫种仁油脂成分分析研究[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(2): 127-128.  
WEI M, LIAO C H. Analysis on oil constituents of seed kernel of *Acer truncatum* in Mianyang[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2011, 32(2): 127-128.
- [7] 周兵. 一种元宝枫籽油的提取方法[P]. 广东省: CN111849610A, 2020-10-30.  
ZHOU B. A method for extracting seed oil from *Acer truncatum*[P]. Guangdong Province: CN111849610A, 2020-10-30.
- [8] 徐丹. 水酶法提取元宝枫种仁油研究[D]. 西北农林科技大学, 2016.  
XU D. Study on extraction of seed oil from *Acer truncatum* by aqueous enzyme[D]. Northwest A&F University, 2016.
- [9] 成冉冉. 水酶法提取元宝枫油的工艺研究[D]. 西北农林科技大学, 2018.  
CHENG R R. Study on the technology of extracting oil from *Acer truncatum* by aqueous enzyme[D]. Northwest A&F University, 2018.
- [10] HU X, WANG J, ZHANG W, et al. Aqueous enzymatic extraction and quality evaluation of *Acer truncatum* Bunge seed oil[J]. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 2022.
- [11] 周子煜. 元宝枫籽油超临界 CO<sub>2</sub> 萃取最佳工艺优化及其质量评价[J]. *食品科技*, 2021, 46(9): 156-160+168.  
ZHOU Z Y. Optimal process optimization and quality evaluation of supercritical CO<sub>2</sub> extraction for *Acer truncatum* seed oil[J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(9): 156-160+168.
- [12] 吴隆坤, 张雪萍, 贾有青, 等. 高含油元宝枫籽油的提取及理化性质研究[J]. *中国粮油学报*, 2020, 35(4): 66-70.  
WU Q K, ZHANG X P, JIA Y Q, et al. Study on the extraction and physicochemical properties of high oil content *Acer truncatum* seed oil[J]. *Chinese Journal of Grain and Oils*, 2020, 35(4): 66-70.
- [13] 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.  
YAN L H, CHEN D J, LI Q, et al. Ultrasonic extraction of *Acer truncatum* oil and analysis of neuric acid content before and after germination[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(16): 178-181+188.
- [14] 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.  
CHENG M. Effect of refining process on the quality of *Acer truncatum* seed oil[J]. *Chinese oil and grease*, 2021, 46(8): 16-19.
- [15] 储文宾, 邱明燕, 储亚稳, 等. 一种元宝枫籽油高效高产精制工艺[P]. 山东省: CN111778099A, 2020-10-16.  
CHU W B, QIU M Y, CHU Y W, et al. A high efficiency and high yield refining process for *Acer truncatum* seed oil[P]. Shandong province: CN111778099A, 2020-10-16.
- [16] 杜振国. 元宝枫翅果提取物生物活性的研究[D]. 天津科技大学, 2016.  
DU Z G. Study on bioactivity of samara extract from *Acer truncatum*[D]. Tianjin University of Science and Technology, 2016.

- [17] 王性炎. 化妆品工业的优质原料——元宝枫油[J]. 中国油脂, 2013, 38(7): 5-7.  
WANG X Y. High quality raw materials for the cosmetics industry- Acer truncatum seed oil[J]. Chinese oil and grease, 2013, 38(7): 5-7.
- [18] 王珊珊, 王晓玲, 李秋, 等. 中国西部特种食用油资源开发利用状况[C]//中国西部第六届营养与健康学术会议论文集. 2011: 310-317.  
WANG S S, WANG X L, LI Q, et al. Development and utilization of special edible oil resources in western China[C]// Proceedings of the sixth Academic Conference on Nutrition and Health in West China. 2011: 310-317.
- [19] YANG R N, ZHANG L X, LI P W, et al. A review of chemical composition and nutritional properties of minor vegetable oils in China[J]. Trends in Food Science & Technology, 2018, 74.
- [20] LI Q, CHEN J, YU X, et al. A mini review of nervonic acid: Source, production, and biological functions[J]. Food Chemistry, 2019, 301(C).
- [21] LI X, LI T, HONG X Y, et al. Acer truncatum seed oil alleviates learning and memory impairments of aging mice[J]. Front Cell Dev Biol, 2021, 14(9): 680386.
- [22] 孙朋浩, 薛玉环, 吴永继, 等. 元宝枫籽对小鼠肠道菌群生态的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(11): 184-193.  
SUN P H, XUE Y H, WU Y J, et al. Effects of maple seed of Acer truncatum on intestinal flora ecology of mice[J]. Food Science, 2020, 41(11): 184-193.
- [23] 梁婵华, 黄妍, 莫敏敏, 等. 元宝枫籽油改善脂多糖诱导的小鼠肠道炎症[J]. 现代食品科技, 2021, 37(10): 37-45+6.  
LIANG C H, HUANG Y, MO M M, et al. Acer truncatum seed oil improves lipopolysaccharide-induced intestinal inflammation in mice[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(10): 37-45+6.
- [24] 安玉红, 关天琪, 郭艳红, 等. 元宝枫籽油对高脂膳食小鼠肠道健康的影响[J/OL]. 中国油脂, 2022, 1-12.  
AN Y H, GUAN T Q, GUO Y H, et al. Effects of Acer truncatum seed Oil on intestinal health of high-fat diet mice[J/OL]. Chinese oil and grease, 2022, 1-12.
- [25] YAN L, FAN K, MA X F, et al. Inhibitory effect of acer truncatum bunge seed coat extract on fatty acid synthase, differentiation and lipid accumulation in 3T3-L1 adipocytes[J]. Molecules, 2022, 27(4): 1324.
- [26] 黄涛, 赵派青, 何春林, 等. 一种元宝枫花椒调味油及生产方法[P]. 贵州省: CN113115839A, 2021-07-16.  
HUANG T, ZHAO P Q, HE C L, et al. The invention discloses a flavoring oil for Acer truncatum prickly ash and a production method thereof[P]. Guizhou Province: CN113115839A, 2021-07-16.
- [27] 刘速速, 李文凯, 孙华, 等. 元宝枫籽多肽的制备及其抗氧化性的研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(8): 6-11.  
LIU S S, LI W K, SHUN H, et al. Study on the preparation and antioxidant activity of polypeptides from the seed of Acer Truncatum[J]. Chinese condiments, 2021, 46(8): 6-11.
- [28] 王勇. 一种元宝枫籽油压片糖果[P]. 江苏: CN108740256A, 2018-11-06.  
WANG Y. The invention relates to a kind of confectionery with oil pressure tablet of Acer Truncatum seed[P]. Jiangsu: CN108740256A, 2018-11-06.
- [29] 白红进, 张继文, 郑绍军, 等. 一种含有黑枸杞色素和元宝枫籽油的防皴裂口红及制备方法[P]. 新疆: CN108567726A, 2018-09-25.  
BAI H J, ZHANG J W, ZHENG S J, et al. The invention relates to an anti-chapping lipstick containing black wolfberry pigment and maple seed oil and a preparation method thereof[P]. Xinjiang: CN108567726A, 2018-09-25.
- [30] 宋相容, 谢永美, 张翔, 等. 一种含元宝枫籽油的面膜精华液组合物及其制备方法和在化妆品中的应用[P]. 广东省: CN112972304A, 2021-06-18.  
SONG X R, XIE Y M, ZHANG X, et al. The invention relates to a mask essence composition containing Acer truncatum seed oil and a preparation method thereof and its application in cosmetics[P]. Guangdong Province: CN112972304A, 2021-06-18.
- [31] 廖建春, 李嘉祺. 一种改善脑部神经的元宝枫籽油复合纳米微囊粉及其制备方法[P]. 浙江: CN108142950A, 2018-06-12.  
LIAO J C, LI J Q. The invention relates to a compound nano microcapsule powder of Acer truncatum seed oil for improving brain nerves and a preparation method thereof[P]. Zhejiang: CN108142950A, 2018-06-12.
- [32] 李岱龙, 舒庆艳, 王长勇, 等. 复合元宝枫籽油乳液及其制备方法与应用[P]. 北京市: CN114052087A, 2022-02-18.  
LI D L, SHU Q Y, WANG C Y, et al. Preparation method and application of the composite emulsion of Acer truncatum seed oil[P]. Beijing City: CN114052087A, 2022-02-18. 完