

不同产地美藤果油品质及抗氧化活性的对比

牛延菲^{1,2}, 闫佳¹, 徐怡², 吴春华¹

(1. 西南林业大学 化学与工程学院, 昆明 650224; 2. 云南省药物研究所, 昆明 650111)

摘要:以酸值、过氧化值、碘值、皂化值、脂肪酸组成、22种无机元素含量为品质评价指标,以DPPH自由基清除率为抗氧化活性评价指标,对比研究中国云南普洱、中国云南西双版纳、泰国、秘鲁4个不同产地美藤果油的品质和抗氧化活性。结果表明:中国云南普洱、中国云南西双版纳、泰国、秘鲁的美藤果油酸值(KOH)分别为0.98、0.84、1.02、1.15 mg/g,过氧化值分别为0.07、0.06、0.10、0.11 g/100 g,碘值(I)分别为194、190、191、194 g/100 g,皂化值(KOH)分别为192、190、194、193 mg/g,均在我国粮食行业标准LS/T 3264—2019规定的范围内;不同产地美藤果油主要脂肪酸组成均为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸,其中亚麻酸含量最高,亚油酸含量次之,不饱和脂肪酸含量达91%以上;不同产地美藤果油中Al、Co、Ni、As、Mo、Ag、Cd、Sb、Ba、Hg、Tl、Pb重金属元素含量极低,均含对人体有益的Na、Mg、K、Ca、Mn、Zn元素,产地为中国云南普洱的美藤果油含有较高的Fe元素;当美藤果油质量浓度为25 mg/mL时,4个产地的美藤果油DPPH自由基清除率均大于80%,其中中国云南普洱的美藤果油DPPH自由基清除率最高。

关键词:美藤果油;理化性质;脂肪酸组成;无机元素;抗氧化活性

中图分类号:TS225.1;TS201.2 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)07-0109-05

Comparison of quality and antioxidant activity of Sacha inchi oil from different producing areas

NIU Yanfei^{1,2}, YAN Jia¹, XU Yi², WU Chunhua¹

(1. School of Chemistry and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;
2. Yunnan Institute of Materia Medica, Kunming 650111, China)

Abstract: With acid value, peroxide value, iodine value, saponification value, fatty acid composition, and 22 kinds of inorganic element contents as quality evaluation indicators, and DPPH free radical scavenging rate as an antioxidant activity evaluation indicator, the quality and antioxidant activity of Sacha inchi oils from Pu'er, Yunnan, China, Xishuangbanna, Yunnan, China, Thailand and Peru were compared. The results showed that the acid values of Sacha inchi oils from Pu'er, Yunnan, China, Xishuangbanna, Yunnan, China, Thailand and Peru were 0.98, 0.84, 1.02, 1.15 mgKOH/g respectively, the peroxide values were 0.07, 0.06, 0.10, 0.11 g/100 g respectively, the iodine values were 194, 190, 191, 194 g/100 g respectively, and the saponification values were 192, 190, 194, 193 mgKOH/g respectively, and all of these were within the scope of the food industry standard LS/T 3264 - 2019. The main fatty acid compositions of Sacha inchi oil were palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid. The contents of linolenic acid were the highest, followed by the linoleic acid. The contents of unsaturated fatty acids were more than 91%. The contents of heavy metal elements

收稿日期:2021-02-19;修回日期:2021-04-30

基金项目:国家重点研发计划——中医药现代化研究(2017YFC1702506)

作者简介:牛延菲(1984),女,高级工程师,硕士,研究方向为天然产物研究及利用(E-mail)12563503@qq.com。

通信作者:吴春华,教授(E-mail)kmwuchunhua@163.com。

including Al, Co, Ni, As, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Hg, Tl, Pb in Sacha inchi oils from different producing areas were extremely low, and they all contained Na, Mg, K, Ca, Mn, Zn inorganic elements. The Sacha inchi oil from Pu'er, Yunnan, China contained higher Fe elements.

When the mass concentration was 25 mg/mL, the DPPH free radical scavenging rates of Sacha inchi oil from the four producing areas were all above 80%, and the DPPH free radical scavenging rate of Sacha inchi oil from Pu'er, Yunnan, China was the highest.

Key words: Sacha inchi oil; physicochemical property; fatty acid composition; inorganic element; antioxidant activity

美藤果 (*Plukenetia volubilis* L.), 大戟科多年生木质藤本植物, 又名印加果、南美油藤、印加花生、星油藤等, 原生长于南美洲安第斯山脉地区热带雨林^[1-3], 2006 年被中国科学院西双版纳热带植物园引种成功。美藤果是一种优良的油料植物, 其种子含有丰富的油脂、蛋白质、矿物质及维生素^[4]。

美藤果油是以美藤果种子为原料, 制得的淡黄色透明油状液体, 具有辅助降血脂^[5]、抗氧化^[6]、提高免疫力^[7]、抑菌^[8]等多种功效, 其于 2013 年被我国批准为新资源食品。美藤果油中脂肪酸主要由棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸组成, 以不饱和脂肪酸为主, 亚油酸和亚麻酸等人体必需脂肪酸含量较高, 可作为天然亚麻酸的良好来源^[1,9-10]。美藤果油中还含有生育酚、多酚、黄酮、甾醇、胡萝卜素等多种活性成分, 较高的活性成分除增强油脂的稳定性之外, 也是美藤果油具有降血脂以及抗氧化等功效的物质基础。

目前, 有关美藤果油的研究主要集中在提取、化学成分、氧化稳定性、药效方面。除化学成分外, 无机元素与植物药理功效亦密切相关, 研究无机元素含量对于阐明传统的药理、毒理, 进一步开发药用资源具有重要的价值。为研究产地对美藤果油品质和抗氧化活性的影响, 本研究以酸值、过氧化值、碘值、皂化值、脂肪酸组成、22 种无机元素含量为品质评价指标, 以 DPPH 自由基清除率为抗氧化活性评价指标, 对比研究中国云南普洱、中国云南西双版纳、泰国、秘鲁 4 个不同产地美藤果油的品质和抗氧化活性, 以期为深度开发利用美藤果资源奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

美藤果油(压榨油), 分别购自西双版纳印奇生物资源开发有限公司(产地中国云南西双版纳)、普洱联众生物资源开发有限公司(产地中国云南普洱)、优恩比国际贸易有限公司(产地泰国)、Amazon Health Products S. A. C(产地秘鲁)。

棕榈酸甲酯、硬脂酸甲酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯对照品, Cato Research Chemicals Inc.; Na、Mg、Al、K、Ca、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Mo、Ag、Cd、Sb、Ba、Tl、Pb 混合标准溶液, 美国 Agilent 公司; Hg、Au 单元素标准溶液, 国家钢铁材料测试中心钢铁研究总院; Sc、Ge、In、Bi 混合标准溶液, 美国 Agilent 公司; Li、Y、Co、Bi 调谐液, 美国 Agilent 公司; N,N-二苯基苦味苯肼(DPPH, 分析纯), 美国 Sigma 公司; 冰乙酸、三氯甲烷、碘化钾、硫代硫酸钠、石油醚、淀粉、高锰酸钾、盐酸、氢氧化钾、乙醇、酚酞、正己烷、二甲基亚砜(DMSO), 均为分析纯; 硝酸为 UPS 级; 重铬酸钾为基准试剂。

1.1.2 仪器与设备

Agilent7890A-5975C 气相色谱-质谱联用仪、Agilent7890B 气相色谱仪、Agilent 7700X 电感耦合等离子体光谱仪; Evolution 300 紫外可见分光光度计; HH-6 数显恒温水浴锅; AB204-N 电子天平、AG285 电子天平; XW-80A 涡旋混合器; TD4 低速离心机; Advantage 10 Milli-Q 超纯水发生器。

1.2 实验方法

1.2.1 美藤果油理化性质分析

酸值测定参照 GB 5009.229-2016, 过氧化值测定参照 GB 5009.227-2016, 碘值测定参照 GB/T 5532-2008, 皂化值测定参照 GB/T 5534-2008。

1.2.2 美藤果油脂肪酸组成及含量测定

美藤果油脂肪酸组及含量测定参照 GB 28404-2012。采用 GC-MS 对脂肪酸定性, GC 对脂肪酸定量。

1.2.2.1 对照品溶液制备

取适量棕榈酸甲酯、硬脂酸甲酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯对照品, 加正己烷制成 0.4 mg/mL 的棕榈酸甲酯、硬脂酸甲酯、油酸甲酯、亚油酸甲酯、亚麻酸甲酯混合溶液。

1.2.2.2 供试品溶液制备

精密称定 0.04~0.10 g 美藤果油至 25 mL 容量瓶中, 加入 5 mL 正己烷轻摇溶解, 并用正己烷定容至刻度, 摇匀。吸取待测液 2.0 mL 至 10 mL 具塞刻度试管中, 加入 2.0 mL 氢氧化钾甲醇溶液, 立即

移至涡旋混合器上振荡混合 5 min,静置 5 min,加入 6 mL 超纯水,上下振摇 30 s,静置分层后,吸取下层液体弃去,再反复用少量超纯水进行洗涤,并用吸管弃去水层,直至洗至中性,待分析。

1.2.2.3 GC-MS 条件

GC 条件:DB-17 MS 毛细管柱(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm);升温程序为初始温度 180 °C,以 10.0 °C/min 升至 220 °C,以 8.0 °C/min 升至 250 °C,保持 13.0 min;恒流模式,流量 1.0 mL/min,平均流速 24 cm/s;进样量 1.0 μL;进样口温度 250 °C;分流比 20:1。

MS 条件:EI 电离模式,离子源温度 230 °C,电子倍增管电压 1 913.0 V,电子能量 70.0 eV,离子传输管温度 250 °C,质量扫描范围(*m/z*)30 ~ 550。

1.2.2.4 GC 条件

Agilent HP-INNOWax 毛细管色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm),FID 检测器温度 270 °C,其余同 1.2.2.3 中 GC 条件。

1.2.3 无机元素含量测定

参考文献[11-14],采用微波消解法、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)内标法同时测定美藤果油中 Na、Mg、Al、K、Ca、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Mo、Ag、Cd、Sb、Ba、Hg、Tl、Pb 22 种无机元素。

1.2.3.1 仪器条件

使用质量浓度为 1 mg/L 的调谐液(Li、Y、Co、Bi)调谐,使 ICP-MS 的各项参数均达到要求,即仪器射频功率 1 500 ~ 1 700 W、等离子体气流速 15.0 L/min、辅助气流速 1.0 L/min、载气流速 0.8 ~ 1.1 L/min、耐盐型雾化器温度 2 °C、蠕动泵稳定时间 35 s。

1.2.3.2 样品消解

称取样品约 0.2 g 置于消解罐内,加 8 mL UPS 级硝酸,加入 100 μL Au 单元素标准溶液(质量浓度 10 μg/L),混匀,过夜。置于高通量密闭微波消解仪内进行消解,消解程序为:50% 的功率,以 5 °C/min 速率自室温加热至 90 °C,保持 10 min;100% 的功率,以 3 °C/min 速率加热至 125 °C,保持 15 min;100% 的功率,以 3 °C/min 速率加热至 180 °C,保持 30 min。待消解结束,冷却,放气,将溶液由消解罐转移至 50 mL 容量瓶中,用超纯水定容,摇匀,离心,取上清液。使用同法制备空白溶液。

1.2.3.3 标准溶液的制备

精密量取多元素混合标准溶液适量,用 10% 的硝酸进行稀释,配制成系列标准混合溶液,其中:Na、Mg、K、Ca、Fe 元素的质量浓度为 8 000、16 000、24 000、32 000、40 000 μg/L;Al、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、

Zn、As、Se、Mo、Ag、Cd、Sb、Ba、Tl、Pb 元素的质量浓度为 80、160、240、320、400 μg/L;Hg 元素的质量浓度为 8、16、24、32、40 μg/L。

1.2.3.4 内标溶液的制备

精密量取 Sc、Ge、In、Bi 混合标准溶液适量,用水稀释制成各元素质量浓度均为 1 μg/mL 的混合溶液。

1.2.3.5 样品测定

测定时选取的同位素为²³Na、²⁴Mg、²⁷Al、³⁹K、⁴⁰Ca、⁵²Cr、⁵⁵Mn、⁵⁶Fe、⁵⁹Co、⁶⁰Ni、⁶³Cu、⁶⁶Zn、⁷⁵As、⁷⁸Se、⁹⁵Mo、¹⁰⁷Ag、¹¹¹Cd、¹²¹Sb、¹³⁷Ba、²⁰²Hg、²⁰⁵Tl 和²⁰⁸Pb,其中²³Na、²⁴Mg、²⁷Al、³⁹K、⁴⁰Ca、⁵²Cr、⁵⁵Mn、⁵⁶Fe 以⁴⁵Sc 作为内标,⁵⁹Co、⁶⁰Ni、⁶³Cu、⁶⁶Zn、⁷⁵As、⁷⁸Se 以⁷²Ge 作为内标,⁹⁵Mo、¹⁰⁷Ag、¹¹¹Cd、¹²¹Sb、¹³⁷Ba 以¹¹⁵In 作为内标,²⁰²Hg、²⁰⁵Tl 和²⁰⁸Pb 以²⁰⁹Bi 作为内标。以各元素与内标元素计数值的比率值为纵坐标,元素质量浓度为横坐标,绘制标准曲线。从标准曲线计算得各元素相应的质量浓度,同时扣除空白溶液的干扰。

1.2.4 DPPH 自由基清除能力测定

DPPH 自由基清除能力测定参考文献[15-17]的方法并加以改进。将 DPPH 溶于 DMSO 中,配制成 100 μg/mL 的 DPPH 工作液。精密称定样品适量于 25 mL 容量瓶中,用 DMSO 溶解并定容,摇匀,过滤,制成质量浓度为 50 mg/mL 的样品溶液。再精密吸取样品溶液适量,用 DMSO 逐级稀释得系列质量浓度的样品溶液,精密量取系列质量浓度的样品溶液各 1 mL,分别加入 100 μg/mL 的 DPPH 工作液 1 mL,以 DMSO 为空白,在 517 nm 波长下测定其吸光度(A_p),同时测定 1 mL DPPH 工作液与 1 mL DMSO 的吸光度(A_{max}),按照下式计算 DPPH 自由基清除率(γ)。

$$\gamma = (A_{max} - A_p) / A_{max} \times 100\% \quad (1)$$

2 结果与分析

2.1 美藤果油的理化性质

不同产地美藤果油的理化性质见表 1。

表 1 不同产地美藤果油的理化性质

| 产地 | 酸值(KOH)/ (mg/g) | 过氧化值/ (g/100 g) | 碘值(I)/ (g/100 g) | 皂化值(KOH)/ (mg/g) |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 中国云南普洱 | 0.98 | 0.07 | 194 | 192 |
| 中国云南西双版纳 | 0.84 | 0.06 | 190 | 190 |
| 泰国 | 1.02 | 0.10 | 191 | 194 |
| 秘鲁 | 1.15 | 0.11 | 194 | 193 |

由表 1 可知,不同产地美藤果油的酸值、过氧化值均较低,不同产地美藤果油碘值(I)均较高,达 190 g/100 g 以上,表明美藤果油不饱和脂肪酸含量较高。不同产地美藤果油酸值、过氧化值、碘值、皂

化值均在我国粮食行业标准 LS/T 3264—2019《美藤果油》规定的范围内。

2.2 美藤果油的脂肪酸组成及含量

2.2.1 美藤果油脂肪酸的定性分析

取美藤果油脂肪酸甲酯化物,用气相色谱-质谱联用仪进行分析,得总离子流图。以中国云南普洱的美藤果油为例,其总离子流图见图1。针对不同产地美藤果油的质谱图,利用 NIST08 库进行检索,确定不同产地的美藤果油主要脂肪酸组成为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸。

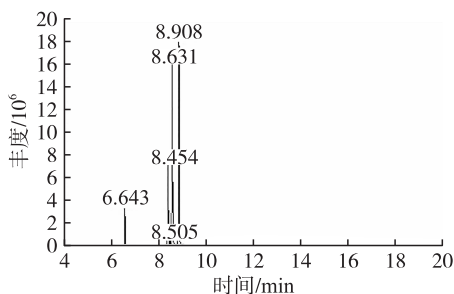


图1 美藤果油的总离子流图

2.2.2 美藤果油的脂肪酸组成及含量

不同产地美藤果油的脂肪酸组成及含量见表2。由表2可知,美藤果油中脂肪酸主要有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸。不同产地美藤果油中亚麻酸含量均最高,占总脂肪酸的43.63%~47.15%;亚油酸含量次之,占总脂肪酸的34.40%~38.05%;亚油酸和亚麻酸作为人体不可缺少的由膳食补充的多不饱和脂肪酸,占总脂肪酸的80.98%~84.51%;不饱和脂肪酸含量达91%以上。

表2 不同产地美藤果油的脂肪酸组成及含量 %

| 脂肪酸 | 中国云南普洱 | 中国云南西双版纳 | 泰国 | 秘鲁 |
|---------|--------|----------|-------|-------|
| 棕榈酸 | 3.78 | 4.18 | 4.41 | 4.12 |
| 硬脂酸 | 2.80 | 3.39 | 3.54 | 3.21 |
| 油酸 | 7.95 | 9.00 | 10.13 | 10.57 |
| 亚油酸 | 37.40 | 38.05 | 37.35 | 34.40 |
| 亚麻酸 | 47.11 | 44.84 | 43.63 | 47.15 |
| 饱和脂肪酸 | 6.58 | 7.57 | 7.95 | 7.33 |
| 不饱和脂肪酸 | 92.46 | 91.89 | 91.11 | 92.12 |
| 单不饱和脂肪酸 | 7.95 | 9.00 | 10.13 | 10.57 |
| 多不饱和脂肪酸 | 84.51 | 82.89 | 80.98 | 81.55 |

2.3 美藤果油的无机元素含量

不同产地美藤果油的22种无机元素含量见表3。由表3可知:不同产地美藤果油中Al、Co、Ni、As、Mo、Ag、Cd、Sb、Ba、Hg、Tl、Pb重金属元素含量极低;不同产地美藤果油中均含有对人体有益的Na、Mg、K、Ca、Mn、Zn元素,其中产地为泰国的美藤果油上述有益元素含量最高。此外,产地为中国云南

普洱的美藤果油含有较高的对人体有益的Fe元素。

表3 不同产地美藤果油的无机元素

| 元素 | 含量(n=3) | | | mg/kg |
|----|---------|----------|--------|--------|
| | 中国云南普洱 | 中国云南西双版纳 | 泰国 | |
| Na | 60.48 | 57.09 | 141.98 | 63.93 |
| Mg | 4.82 | 3.00 | 18.05 | 5.87 |
| Al | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| K | 71.63 | 74.04 | 114.17 | 100.31 |
| Ca | 1.90 | 0.08 | 12.38 | 0.00 |
| Cr | 0.10 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |
| Mn | 0.23 | 0.19 | 0.26 | 0.22 |
| Fe | 54.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Co | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ni | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cu | 0.20 | 0.23 | 0.40 | 0.31 |
| Zn | 7.48 | 5.36 | 8.31 | 4.72 |
| As | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Se | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ag | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cd | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02 |
| Sb | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ba | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Hg | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Tl | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pb | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.00 |

2.4 美藤果油的DPPH自由基清除率

不同产地、不同质量浓度美藤果油的DPPH自由基清除率如图2所示。

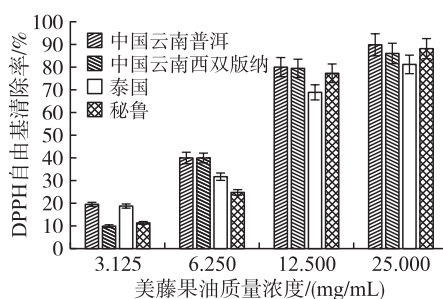


图2 不同产地美藤果油的DPPH自由基清除率

由图2可知,随美藤果油质量浓度增高,DPPH自由基清除率增加,当质量浓度为25 mg/mL时,4个产地的美藤果油DPPH自由基清除率均大于80%,显示出较强的抗氧化能力,这与文献报道的美藤果油含有丰富的维生素E、甾醇、多酚等内源性抗氧化成分一致。产地为中国云南普洱的美藤果油表现出较其他产地更佳的抗氧化能力。

3 结论

(1)不同产地美藤果油的酸值、过氧化值较低,

碘值(I)较高,达 190 g/100 g 以上,表明美藤果油不饱和脂肪酸含量较高。不同产地美藤果油酸值、过氧化值、碘值、皂化值均符合我国粮食行业标准 LS/T 3264—2019《美藤果油》的规定。

(2)美藤果油主要脂肪酸为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸。不同产地美藤果油中亚麻酸含量均最高,亚油酸含量次之,不饱和脂肪酸含量达 91% 以上。

(3)不同产地美藤果油中 Al、Co、Ni、As、Mo、Ag、Cd、Sb、Ba、Hg、Tl、Pb 重金属元素含量极低。不同产地美藤果油中均含有对人体有益的 Na、Mg、K、Ca、Mn、Zn 元素,其中产地为泰国的美藤果油上述有益元素含量最高。此外,产地为中国云南普洱的美藤果油含有较高的对人体有益的 Fe 元素。

(4)当美藤果油质量浓度为 25 mg/mL 时,4 个产地美藤果油的 DPPH 自由基清除率均大于 80%,显示出较强的抗氧化能力。产地为中国云南普洱的美藤果油表现出较其他产地更佳的抗氧化能力。

参考文献:

- [1] 蔡志全,杨清,唐寿贤,等. 木本油料作物星油藤种子营养价值的评价[J]. 营养学报, 2011, 33(2): 193 - 195.
- [2] CAI Z Q. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) plants [J]. Ind Crops Prod, 2011, 34(1): 1235 - 1237.
- [3] 刘玉兰,安柯静,胡爱鹏,等. 美藤果及其果油品质[J]. 食品科学, 2018, 39(3): 193 - 199.
- [4] 蔡志全. 特种木本油料作物星油藤的研究进展[J]. 中国油脂, 2011, 36(10): 1 - 6.
- [5] 李伟,王林元,王景霞,等. 美藤果油对高脂血症大鼠血脂的影响及对血管内皮细胞的保护作用[J]. 世界中医药, 2015(8): 1227 - 1230.
- [6] 吴俏瑾,张嘉怡,杜冰,等. 适宜提取方法提高美藤果油提取率及油品质[J]. 农业工程学报, 2015, 31(21): 277 - 284.
- [7] 李慧,金红,王晔,等. 美藤果油增强免疫力的试验研究[J]. 现代食品, 2016(16): 98 - 100.
- [8] GONZALEA A G, BELKHELFA H, HADDIOUI H L, et al. Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.), effect on adherence of staphylococcus aureus to human skin explant and keratinocytes in vitro [J]. J Ethnopharmacol, 2015, 171: 330 - 334.
- [9] 杨金,李庆华,李娟,等. 南美油藤油的脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2013, 38(5): 88 - 90.
- [10] 张思佳,黄璐,熊周权,等. 美藤果油研究进展[J]. 粮食与油脂, 2013(6): 4 - 6.
- [11] 赵一懿,郭洪祝,傅欣彤,等. 基于 ICP - MS 法分析银杏叶系列品种中 25 种无机元素[J]. 中草药, 2017, 48(10): 1991 - 1997.
- [12] 易远红,蒋东旭,杜明胜. ICP - MS 法同时测定不同产地细辛药材中 6 种重金属及聚类分析[J]. 西北药学杂志, 2020, 35(1): 32 - 37.
- [13] 张卫佳,陈家树,蒋其斌. 川产道地药材的重金属含量测定与分析[J]. 西北药学杂志, 2010, 25(2): 104 - 105.
- [14] 张平,马潇,张明童,等. ICP - MS 分析不同产地侧柏叶中 18 种重金属及微量元素[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(7): 75 - 81.
- [15] 李孟秋,翟俊乐,田欢,等. 黄秋葵提取物体外抗氧化活性的研究[J]. 中国食品添加剂, 2015(10): 65 - 69.
- [16] JOSE A L, CONCEPTIN S M, FULGENCIO S C. Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels [J]. J Agric Food Chem, 1998, 46: 2694 - 2697.
- [17] 郑大贵,叶青,叶红德. DPPH · 法评价 V_C、异 V_C 及其衍生物的抗氧化能力[J]. 食品工业科技, 2008, 29(4): 113 - 116.
- (上接第 108 页)
- [3] 王湘南,陈永忠,伍利奇,等. 油茶种子含油率和脂肪酸组成研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2008(3): 11 - 17.
- [4] 原姣姣,王成章,陈虹霞,等. 不同品种油茶籽的含油率和脂肪酸组成分析研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(1): 75 - 79.
- [5] 李文林,黄凤洪,王利宾. 油茶籽加工和综合利用研究进展[J]. 中国油脂, 2011, 36(11): 55 - 57.
- [6] 罗晓岚,朱文鑫. 油茶籽油加工和油茶资源综合利用[J]. 中国油脂, 2010, 35(9): 13 - 17.
- [7] 周雷. 高档化妆品用茶油的制备及其性能研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2017.
- [8] 李梦丹,杨伊磊,陈力力,等. 油茶籽粕的综合利用[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(1): 11 - 14.
- [9] 陈娟. 油茶籽资源深度利用技术研究[D]. 广州:华南理工大学, 2014.
- [10] 胡尧超. 油茶籽粕发酵酒精工艺的研究[D]. 长沙:湖南农业大学, 2014.
- [11] 沈善登,周丽凤. 油茶籽综合利用关键技术探讨[J]. 中国油脂, 2012, 37(7): 67 - 70.
- [12] 覃佐东,谢吉勇,黄生辉,等. 油茶壳综合利用研究进展[J]. 生物加工过程, 2016, 14(5): 74 - 78.