

GC-MS 法结合酸酯化预处理测定 不同地区油茶籽油脂肪酸含量

唐旭晓, 张应中, 王静*, 张盟雨, 徐煲铎

(广东省森林培育与保护利用重点实验室, 广东省林业科学研究院, 广东广州 510520)

摘要: 该研究在比较酸酯化和碱酯化预处理方法基础上, 采用气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 技术, 对湖南、广东、江西、云南、广西、海南 6 个地区油茶籽油的脂肪酸种类、相对含量和比例进行了分析。结果显示, 除油酸、芥酸、二十三碳酸和二十四碳烯酸外, 酸酯化和碱酯化法处理后检测出的其他脂肪酸之间均存在显著差异 ($p < 0.05$), 且酸酯化法更适合茶油脂肪酸检测。茶油中肉豆蔻酸、十七酸、亚麻酸、花生酸、芥酸和二十四碳烯酸的最高含量均来自于湖南茶油样品, 分别为 0.10%、0.11%、0.20%、0.09%、0.17% 和 0.07%; 棕榈烯酸含量最高的是广东茶油样品, 为 0.12%; 棕榈酸含量最高的是广西茶油样品, 为 12.97%; 亚油酸含量最高的样品产自江西, 达 15.58%; 硬脂酸和油酸含量最高的样品均源自于海南, 分别为 3.74% 和 73.70%。油茶籽油在不同的产地其营养特性各不相同, 广东和江西茶油的多不饱和脂肪酸含量最高, 分别为 15.33% 和 15.67%; 云南茶油脂肪酸总不饱和程度最高, 达 85.74%; 湖南和海南茶油稳定性较好, 易于保存。该研究为了解我国油茶各主产区的茶油营养价值差异提供理论依据和参考信息。

关键词: 油茶籽油; 不同产区; 酸酯化预处理; 脂肪酸

文章编号: 1673-9078(2021)12-286-293

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.12.0410

Determination of Fatty Acid Content of *Camellia* Seeds Oil in Different Regions by GC-MS Combined with Acid Methyl Esterification Pretreatment

TANG Xuxiao, ZHANG Yingzhong, WANG Jing*, ZHANG Mengyu, XU Baohua

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization, Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Based on the comparison of acid esterification and alkali esterification pretreatments, the main kinds, relative contents and proportions of fatty acids of *Camellia oleifera* seeds oil from Hunan, Guangdong, Jiangxi, Yunnan, Guangxi and Hainan were analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that except for oleic acid, pentadecanoic acid, erucic acid, tricosanoic acid and tetracosanoic acid, there were significant differences in other fatty acids compared by esterification and alkali esterification pretreatments ($p < 0.05$). And the acid esterification method was more suitable for the detection of fatty acids in *Camellia* oil. The highest contents of myristic acid, heptadecanoic acid, linolenic acid, arachidonic acid, erucic acid and tetracosanoic acid in *Camellia* oil were from Hunan, which were 0.10%, 0.11%, 0.20%, 0.09%, 0.17%, and 0.07%, respectively. The highest content of palmitoleic acid was from Guangdong, which was 0.12%. The highest content of palmitic acid was from Guangxi, which was 12.97%. The highest content of linoleic acid was from Jiangxi, which was 15.58%. The highest contents of stearic acid and oleic acid were both from Hainan, which were 3.74% and 73.70%, respectively. *Camellia*

引文格式:

唐旭晓,张应中,王静,等. GC-MS 法结合酸酯化预处理测定不同地区油茶籽油脂肪酸含量[J].现代食品科技,2021,37(12):286-293

TANG Xuxiao, ZHANG Yingzhong, WANG Jing, et al. Determination of fatty acid content of *Camellia* seeds oil in different regions by GC-MS combined with acid methyl esterification pretreatment [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(12): 286-293

收稿日期: 2021-04-14

基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2018KJCX036); 科技部科技基础资源调查专项 (2019FY100801-01)

作者简介: 唐旭晓 (1995-), 女, 助理工程师, 研究方向: 非木质林产品质量控制, E-mail: 1416533853@qq.com

通讯作者: 王静 (1986-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 植物活性物质开发与利用, E-mail: wangjing.1024@163.com

oleifera seeds oil has different nutritional characteristics in different producing areas. *Camellia* oils from Guangdong and Jiangxi had the highest polyunsaturated fatty acid contents, which were 15.33 % and 15.67 %, respectively; *Camellia* oils from Yunnan had the 85.74% total unsaturated fatty acids. *Camellia* oils from Hunan and Hainan were stable and easy to preserve. This study provides theoretical basis and reference information for understanding the nutritional value difference of *Camellia oleifera* in the main producing areas of China.

Key words: *Camellia oleifera* seeds oil; different regions; acid methyl esterification pretreatment; fatty acids

油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 属山茶科山茶属, 在我国已有两千多年的栽培和利用历史^[1], 广泛分布于南方大部分省份的丘陵地区, 与核桃、乌桕和油桐并称为我国四大木本油料树种, 与油棕、油橄榄和椰子并称为世界四大木本油料树种^[2]。油茶籽油 (*C. oleifera* seeds oil), 简称茶油, 是油茶成熟种子中提取的我国特有的木本食用油脂^[3], 具有延缓动脉粥样硬化^[4]、预防心血管疾病、保肝凉血、抗氧化、抗肿瘤、降血压等保健功能^[5-9], 有“长寿油”之称。

脂肪酸的构成(种类、含量和比例等)是衡量油脂品质的重要指标, 很大程度上决定了食用油的营养价值^[10], 茶油中的脂肪酸易受产地、品种、加工工艺、贮藏条件等影响, 进而影响茶油品质和营养。油茶种植因受土壤、气候、海拔等影响, 使得不同产地的茶油营养价值各不相同。近几年, 对不同地区中茶油营养成分的差异性研究越来越关注。叶敏倩等^[11]对湖北、江西、浙江、湖南等地茶油中甾醇、角鲨烯、生育酚、脂肪酸等主要特征组分进行了分析, 结果表明湖南茶油具有较高的特征组分。王亚萍等^[12]对江西、湖南、福建、四川等地油茶籽中脂肪酸进行了差异性分析, 在检测出的 10 种脂肪酸中饱和脂肪酸含量差异显著, 不饱和脂肪酸含量差异不显著。何小三等^[13]对江西省 36 个地区茶油进行分析, 指出 9 种脂肪酸各组分间具有极显著的相关性。王召滢等^[14]对江西省内 30 个地区茶油脂肪酸进行指纹图谱分析, 检测出 9 种共有脂肪酸, 绘制了茶油脂肪酸组成谱系图。杨凯等^[15]对浙江、湖南、广西、江西等地茶油脂肪酸进行分析, 共检测出 8 种脂肪酸, 指出江西茶油品质最高。因此, 分析不同地区茶油的脂肪酸组成及含量差异, 有利于更全面地了解各地区茶油的特色营养。

脂肪酸测定常用的预处理方法有酯化法、三氟化硼法、三甲基氢氧化硫法和三甲基硅重氮甲烷法等^[16-19]。在选择酯化预处理方法中, 需根据测定目标脂肪酸进行选择, 不同方法中脂肪酸甲酯化程度不同, 使测得的脂肪酸构成各不相同, 甚至差异较大^[16-18]。范亚苇等^[17]比较了酸酯化、碱酯化和三甲基硅重氮甲烷法, 结果表明三种方法检测出脂肪酸含量分别为 64.13%、72.37%和 82.47%。寇秀颖等^[18]对酸酯化和碱酯化方法进行了比较, 结果表明这两种方法检测出

脂肪酸含量分别为 63.28%和 3.26%。本研究在比较酸酯化和碱酯化方法基础上, 采用气相色谱-质谱联用技术, 分析湖南、广东、江西、海南、广西和云南 6 个地区茶油的脂肪酸含量差异, 以期探讨各地区油茶特征品质提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 原料

油茶籽分别采集于湖南、广东、江西、海南、广西和云南共 6 个不同省份, 样品编号和样品来源见表 1。各地区油茶籽经 75 °C 烘干、恒重后, 使用榨油机 180 °C 控温、螺旋压榨成油茶籽油。

表 1 油茶籽样品信息表

Table 1 Sample information table of *Camellia oleifera* Abel.

样品编号	样品来源	品种
湖南 1	湖南省攸县卓联种养专业合作社	普通油茶
广东 2	广东省韶关市曲江国有小坑林场	普通油茶
江西 3	江西省宜春市袁州区油茶局	普通油茶
海南 4	海南省海口市东山金茂苗木有限公司	高州油茶
广西 5	广西壮族自治区林业科学研究院	普通油茶
云南 6	云南省林业和草原科学院油茶研究所	普通油茶

1.2 试剂

石油醚、二甲苯、氢氧化钾、乙醇、正己烷、无水硫酸钠, 分析纯, 天津大茂化学试剂厂; 硫酸, 分析纯, 广州化学试剂厂; 甲醇, 色谱纯, Mreda Technology inc, USA。

1.3 主要仪器设备

QP2020 型气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS), 岛津色谱仪器有限公司; SH-Rxi-5Sil MS 毛细管柱, 上海安谱实验科技股份有限公司; AR423CN 型分析天平, 奥豪斯仪器 (常州) 有限公司; HWS-26 型电热恒温水浴锅, 上海洪纪仪器设备有限公司; BOZY-01G 型家用榨油机, 乐清市韩皇电器科技有限公司。

1.4 试验方法

1.4.1 碱酯化法

准确称取 0.1 g 油样, 与 2 mL 1:1 二甲苯-石油醚混合溶液充分溶解后, 边摇晃边加入 4 mL 0.4 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液, 振摇至溶液澄清后用蒸馏水定容至 20 mL。再次振荡混匀, 静置分层, 取上清液加入几滴无水乙醇使其迅速澄清, 加入少许无水硫酸钠后, 静置吸取上清液进行 GC-MS 分析。

1.4.2 酸酯化法

准确称取 0.1 g 油样, 加入 2 mL 1%硫酸-甲醇溶液, 于 70 °C 水浴中加热 60 min 后取出。再加入 2 mL 正己烷, 并用蒸馏水定容至 10 mL, 静置分层, 取上清进行 GC-MS 分析。

1.4.3 GC-MS 分析条件

GC 柱箱温度 100 °C, 进样口温度 250 °C, 进样方式为分流, 进样量 1 μ L。流量控制方式为压力, 压力 73.0 kpa, 总流量 24.0 mL/min, 柱流量 1.00 mL/min, 线速度 37.2 cm/sec, 吹扫流量 3.0 mL/min, 分流比 20。MS 离子源温度 230 °C、接口温度 280 °C、溶剂延迟

时间 3 min。总程序时间为 45 min, 温度先升至 100 °C, 保持 2 min, 然后以 10 °C/min 的速率升至 200 °C, 保持 5 min, 再以 5 °C/min 的速率升至 250 °C, 保持 8 min, 最后以 10 °C/min 的速率升至 280 °C, 保持 7 min。

1.4.4 数据处理

检测结果采用 GC-MS 分析软件进行分析, 脂肪酸甲酯经计算机检索与计算机标准谱图库美国国家标准技术研究所 (National Institute of Standards and Technology, NIST05) 检索对比, 结合各种脂肪酸标样保留时间的对比确定脂肪酸的组成, 根据面积归一化法计算脂肪酸的相对含量。每个样品三平行。使用 SPSS Statistics 17.0 进行方差分析及多重比较, 并采用 Excel 2019 软件作图。

2 结果与讨论

2.1 两种甲酯化处理方法的对比

表 2 两种甲酯化方法处理茶油获得的脂肪酸含量及其差异性分析

Table 2 Analysis of contents and significant differences in fatty acids by two methyl esterification methods

编号	脂肪酸组分	脂肪酸含量%		标准差	自由度	t 值	p 值
		碱酯化法	酸酯化法				
1	辛酸 C8:0	0.02±0.00	0.05±0.00	0.01	2	-8.00	0.02
2	十三烷酸 C13:0	0.003±0.00	0.04±0.01	0.01	2	-13.00	0.01
3	肉豆蔻酸 C14:0	0.14±0.00	0.10±0.00	0.01	2	11.00	0.01
4	十五烷酸 C15:0	0.04±0.00	0.02±0.00	0.01	2	5.00	0.04
5	棕榈酸 C16:0	15.24±0.09	12.92±0.01	0.13	2	33.51	0.001
6	棕榈烯酸 C16:1	0.24±0.00	0.09±0.00	0.01	2	47.00	0.000
7	十七酸 C17:0	0.24±0.00	0.11±0.01	0.01	2	40.00	0.001
8	亚油酸 C18:2	4.77±0.33	10.36±0.02	0.32	2	-30.00	0.001
9	油酸 C18:1	72.98±0.26	73.29±0.10	0.34	2	-1.59	0.25
10	硬脂酸 C18:0	4.89±0.01	2.47±0.01	0.01	2	419.17	0.000
11	亚麻酸 C18:3	0.37±0.01	0.20±0.05	0.04	2	7.00	0.02
12	花生酸 C20:0	0.24±0.00	0.09±0.02	0.02	2	10.75	0.01
13	芥酸 C22:1	0.19±0.02	0.17±0.00	0.02	2	2.00	0.18
14	二十四碳烯酸 C24:1	0.30±0.24	0.07±0.01	0.24	2	1.63	0.24
15	二十二碳酸 C22:0	0.06±0.02	ND	0.02	2	4.72	0.04
16	二十三碳酸 C23:0	0.15±0.23	ND	0.23	2	1.15	0.37
17	二十四碳酸 C24:0	0.14±0.01	ND	0.01	2	41.00	0.001

注: ND 表示未检出。

分别采用碱酯化法和酸酯化法对茶油样品进行甲酯化处理, 经检测分析, 获得各脂肪酸的 GC-MS 色谱图 (见图 1)。由图 1 可知, 两种预处理方法获得的茶油脂肪酸质谱图存在差异。碱法催化效率较高, 使得碱甲酯化法检测的 GC-MS 色谱响应面积更大, 但酸法甲酯化色谱峰重叠较少、脂肪酸检测效果更好,

适合脂肪酸含量高的油脂, 与刘华甯等^[9]报道相符。其原因可能是, 酸酯化法能够检测游离型和甘油三酯型两种脂肪酸, 碱酯化法则不适合游离型脂肪酸甲酯的制备^[17-18]。本研究采用的两种甲酯化预处理方法获得的茶油脂肪酸含量差异性分析如表 2 所示。

油酸 (C18:1)、亚油酸 (C18:2)、棕榈酸 (C16:0)、

硬脂酸 (C18:0) 和亚麻酸 (C18:3) 为茶油主要脂肪酸, 两种方法处理后 GC-MS 检测到总相对含量均在 98% 以上。

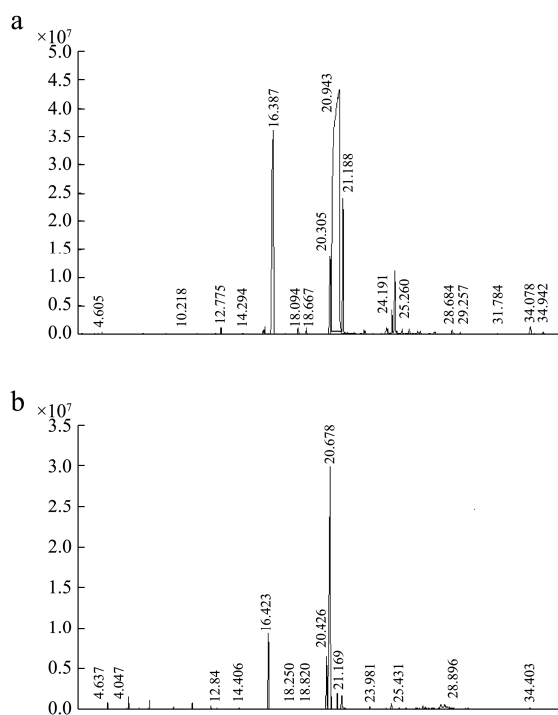


图 1 两种甲酯化法预处理茶油获得的脂肪酸 GC-MS 图

Fig.1 GC-MS spectra of fatty acids by two methyl esterification methods

注: a: 碱酯化法; b: 酸酯化法。

本研究采用气相色谱-质谱联用技术, 酸酯化法处理茶油样品, 可检测出辛酸(C8:0)、十三烷酸(C13:0)、肉豆蔻酸 (C14:0) 等 14 种脂肪酸, 碱酯化法则多检测出二十二碳酸 (C22:0)、二十三碳酸 (C23:0) 和二十四碳酸 (C24:0), 比气相色谱法^[11-15]检测更多脂肪酸组分。除油酸 (C18:1)、芥酸 (C22:1)、二十三碳酸 (C23:0) 和二十四碳烯酸 (C24:1), 该两种方法预处理检测出的 13 种脂肪酸存在显著差异 ($p < 0.05$)。

相同的 GC-MS 检测条件下, 酸酯化法处理后检测的亚油酸相对含量 (10.36%) 明显高于碱酯化法 (4.77%)。原因可能是, 油酸、亚油酸结构相似, 且其热不稳定^[17], 使得碱酯化法的亚油酸甲酯色谱峰 (保留时间 20.305 min) 受油酸甲酯 (保留时间 20.943 min) 影响 (图 1), 其相对含量误差较大。酸酯化方法可充分甲酯化各脂肪酸, 综上所述, 检测出的亚油酸色谱峰则相对独立 (保留时间 20.426 min)。因此,

酸酯化法预处理茶油样品更有利于脂肪酸的测定。

2.2 不同地区茶油主要脂肪酸组成及含量分析

比较两种甲酯化法预处理茶油样品后, 确定采用酸酯化法对 6 个种源地区的茶油样品进行处理, 经 GC-MS 分析, 得出茶油主要脂肪酸的总离子流色谱图 (见图 2), 计算各主要脂肪酸的相对含量并进行差异性分析 (见表 3)。

由图 2 可知, 不同产地茶油的脂肪酸组成种类相仿, 主要脂肪酸包括肉豆蔻酸 (C14:0)、棕榈酸 (C16:0)、棕榈烯酸 (C16:1)、十七酸 (C17:0)、硬脂酸 (C18:0)、油酸 (C18:1)、亚油酸 (C18:2)、亚麻酸 (C18:3)、花生酸 (C20:0)、芥酸 (22:1)、二十四碳烯酸 (24:1) 等。

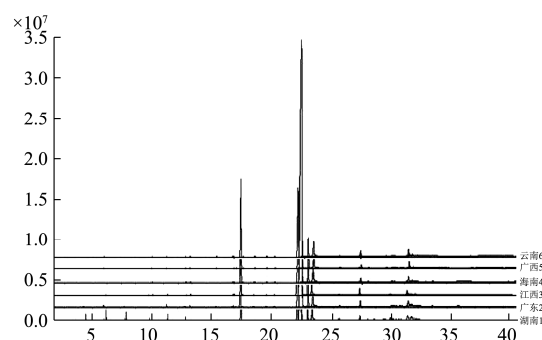


图 2 六个地区茶油脂肪酸的 GC-MS 代表性总离子流色谱图

Fig.2 Total ion current chromatograms of volatile components of *Camellia* oil from different regions

由表 3 可知, 不同茶油主要脂肪酸相对含量存在差异 ($p < 0.05$)。六个地区中肉豆蔻酸、十七酸、花生酸、芥酸和二十四碳烯酸相对含量最高的茶油样品均是湖南 1, 分别为 0.10%、0.11%、0.09%、0.17%和 0.07%; 云南 6 茶油的肉豆蔻酸和棕榈酸相对含量则最低, 分别为 0.05%和 11.63%。各地区茶油的十七酸含量差异较小, 范围在 0.09%~0.11%之间; 广西 5 茶油棕榈酸含量最高, 为 12.97%, 海南 4 茶油的芥酸含量最低, 为 0.03%; 海南 4 和广西 5 茶油均未检出二十四碳烯酸, 其棕榈烯酸含量最低, 均为 0.08%, 海南 4 茶油的硬脂酸相对含量最高, 为 3.74%; 广东 2 茶油的棕榈烯酸含量则最高, 为 0.12%, 硬脂酸的含量则最低, 为 2.43%。

表 3 六个地区茶油主要脂肪酸含量及差异性分析

Table 3 Main fatty acids contents and differences analysis of *Camellia* oil in different regions

样品编号	脂肪酸含量/%					
	肉豆蔻酸 C14:0	棕榈酸 C16:0	棕榈烯酸 C16:1	十七酸 C17:0	硬脂酸 C18:0	油酸 C18:1
湖南 1	0.10±0.00 ^a	12.92±0.01 ^a	0.09±0.00 ^{cd}	0.11±0.01 ^a	2.47±0.01 ^c	73.29±0.10 ^b
广东 2	0.08±0.00 ^b	12.38±0.12 ^c	0.12±0.01 ^a	0.09±0.00 ^b	2.43±0.03 ^d	69.37±0.30 ^e
江西 3	0.09±0.00 ^b	12.74±0.09 ^b	0.10±0.00 ^{bc}	0.10±0.00 ^b	2.47±0.02 ^c	68.67±0.13 ^f
海南 4	0.06±0.00 ^c	12.96±0.00 ^a	0.08±0.01 ^d	0.09±0.00 ^b	3.74±0.01 ^a	73.70±0.04 ^a
广西 5	0.08±0.00 ^b	12.97±0.12 ^a	0.08±0.00 ^e	0.09±0.00 ^b	3.60±0.01 ^b	69.87±0.18 ^d
云南 6	0.05±0.00 ^c	11.63±0.03 ^d	0.10±0.00 ^b	0.09±0.00 ^b	2.45±0.01 ^{cd}	71.61±0.08 ^c
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	<0.001	<0.001

样品编号	脂肪酸含量/%					
	亚油酸 C18:2	亚麻酸 C18:3	花生酸 C20:0	芥酸 C22:1	二十四碳烯酸 C24:1	其他
湖南 1	10.36±0.02 ^e	0.20±0.05 ^a	0.09±0.02 ^a	0.17±0.00 ^a	0.07±0.01 ^a	0.12±0.01 ^a
广东 2	15.21±0.17 ^b	0.12±0.02 ^b	0.03±0.00 ^{bc}	0.04±0.01 ^b	0.04±0.04 ^a	0.01±0.00 ^c
江西 3	15.58±0.08 ^a	0.09±0.01 ^{bc}	0.01±0.02 ^{bc}	0.09±0.04 ^b	0.05±0.01 ^a	0.01±0.00 ^c
海南 4	9.29±0.01 ^f	ND ^e	0.02±0.03 ^c	0.03±0.01 ^b	ND ^b	0.02±0.03 ^c
广西 5	13.16±0.09 ^d	0.04±0.00 ^d	0.04±0.03 ^b	0.04±0.06 ^b	ND ^b	0.05±0.01 ^b
云南 6	13.83±0.06 ^c	0.07±0.01 ^{cd}	0.03±0.00 ^b	0.09±0.02 ^b	0.04±0.03 ^{ab}	0.003±0.00 ^c
P 值	<0.001	<0.001	0.001	0.003	0.01	<0.001

注: ND 表示未检出, 同列字母不同表示差异显著。

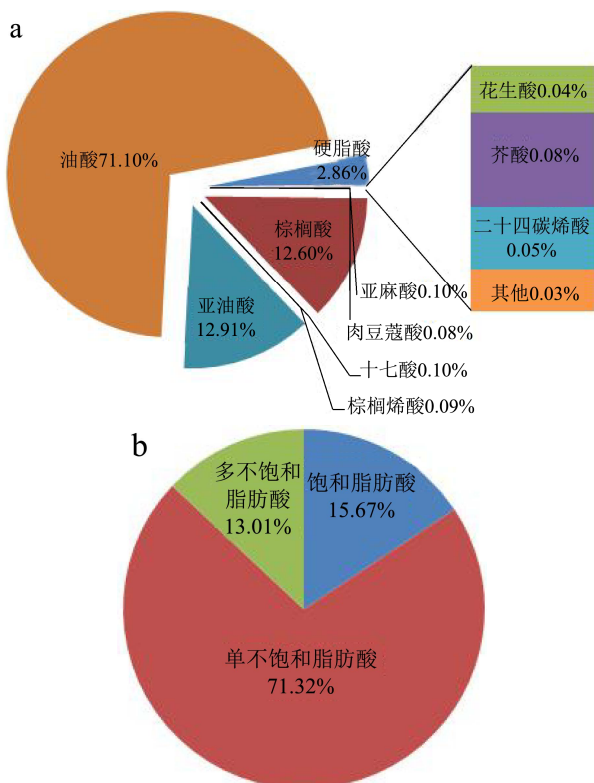


图 3 六个地区茶油各脂肪酸平均含量

Fig.3 Average content of each fatty acid of *Camellia* oil in six regions

海南 4 茶油的油酸含量最高, 达 73.70%, 其次为来源于湖南 1 的茶油, 油酸含量为 73.29%±0.10%, 江

西 3 茶油的油酸含量相对最低, 为 68.67%。广东 2 和江西 3 两地茶油的亚油酸含量最高, 分别为 15.21%和 15.58%, 其他四个地区茶油的亚油酸含量均低于 14%, 海南 4 含量最低, 仅为 9.29%。除了海南 4 地区, 亚麻酸在其他五个产地的茶油中均有检出, 此检出的亚麻酸为 ω -3 不饱和脂肪酸家族中的 α -亚麻酸, 在体内可转化为 DHA、DPA、EPA 等, 是影响大脑和脑神经中思维力和记忆力的重要营养成分^[20-21], 其中湖南 1 茶油亚麻酸含量最高, 为 0.20%。

由 6 个地区的茶油检测平均结果显示 (图 3a), 各类脂肪酸含量由多到少顺序依次为油酸 (71.10%)、亚油酸 (12.91%)、棕榈酸 (12.60%)、硬脂酸 (2.86%)、亚麻酸 (0.10%)、十七酸 (0.10%)、棕榈烯酸 (0.09%)、肉豆蔻酸 (0.08%)、芥酸 (0.08%)、二十四碳烯酸 (0.05%)、花生酸 (0.04%) 和其他脂肪酸 (0.03%)。其中油酸作为易被人体吸收的单不饱和脂肪酸, 在 6 个产地茶油的平均含量高达 71.10%, 因其具有降低血清总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇, 且能减少心血管疾病风险的功效, 被誉为“安全脂肪酸”^[22]。亚油酸作为人体必需脂肪酸, 是人体合成花生四烯酸的前体物质, 在茶油中含量达 12.91%。油酸和亚油酸总相对含量达 84.01%, 是茶油中最主要的两个脂肪酸, 因此高含量的油酸和亚油酸常被视为衡量茶油高品质的重要标准。

由图 3b 可知, 茶油中 84.33%的脂肪酸为不饱和

脂肪酸。饱和脂肪酸主要由棕榈酸(12.60%)、硬脂酸(2.86%)、十七酸(0.10%)、肉豆蔻酸(0.08%)、花生酸(0.04%)等组成,相对含量为15.67%,因此棕榈酸是饱和脂肪酸的主要成分。单不饱和脂肪酸主要由油酸(71.10%)、棕榈烯酸(0.09%)、芥酸(0.08%)、二十四碳烯酸(0.05%)等组成,相对含量为71.32%,因此油酸是单不饱和脂肪酸的主要成分。多不饱和脂肪酸主要由亚油酸(12.91%)、亚麻酸(0.10%)组成,相对含量为13.01%,因此亚油酸是多不饱和脂肪酸的主要成分。

2.3 不同地区茶油饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量对比

比较不同地区茶油主要脂肪酸相对含量差异性分析基础上,进一步对比分析不同地区茶油饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和总不饱和脂肪酸的相对含量,结果如图4所示。

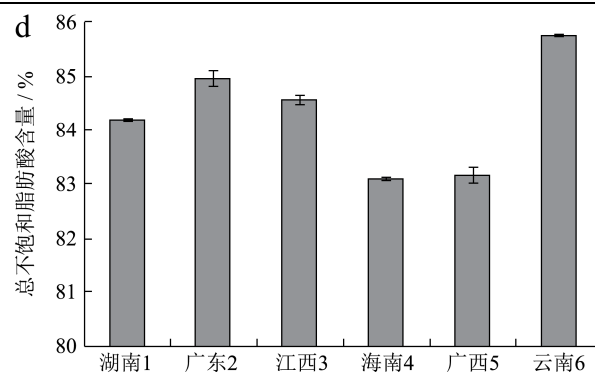
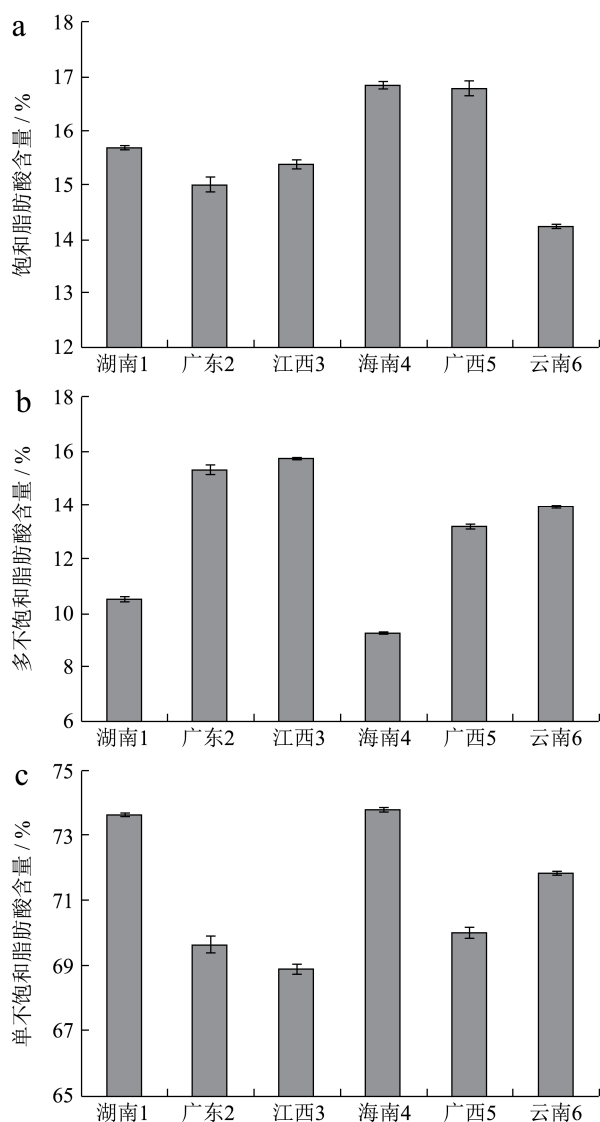


图4 六个地区茶油饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸含量比较

Fig.4 Comparison of saturated fatty acids and unsaturated fatty acids of *Camellia* oil in six regions

由图4可知,6个地区茶油中,饱和脂肪酸相对含量最高的地区是海南4和广西5,分别为16.87%和16.78%,含量最低的地区是云南6,为14.26%。多不饱和脂肪酸相对含量均高于9.00%,范围是9.29%~15.67%,最高来自于广东2和江西3的茶油样品,最低源自海南4的茶油样品,符合世界卫生组织(WHO)推荐的保健型营养油脂中人体必需脂肪酸亚油酸等多不饱和脂肪酸含量高于8.0%的要求^[23]。单不饱和脂肪酸相对含量最高地区是湖南1和海南4,分别为73.62%和73.81%,江西3的茶油样品相对含量最低,为68.91%。总不饱和脂肪酸是茶油脂肪酸的主要成分,相对含量均在83%以上,其中云南6茶油的脂肪酸不饱和程度最高,达85.74%。

植物油中单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸的比值越高越有利于油脂的稳定^[24],本研究中6个地区的茶油单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸的比值分别为7:1(湖南1)、5:1(广东2)、4:1(江西3)、8:1(海南4)、5:1(广西5)、5:1(云南6),其中湖南1和海南4最高,说明这两个地区的茶油稳定性较好,易于保存。

4 结论

酸酯化和碱酯化预处理油茶籽油样品后,经GC-MS分析,存在显著性差异,且酸酯化处理更利于茶油脂肪酸的分离检测,本色谱技术结合酯化条件可检测出更多脂肪酸组分。湖南、广东、江西、海南、广西、云南6个地区茶油不饱和脂肪酸含量均在83%以上,普遍具有优良的品质和较高的营养价值,各脂肪酸含量由高到低依次为油酸>亚油酸>棕榈酸>硬脂酸>亚麻酸>十七酸>棕榈烯酸>肉豆蔻酸>芥酸>二十四碳烯酸>花生酸,油酸和亚油酸总平均含量高达84.01%。但受地理气候环境等影响,脂肪酸相对含量各有特点和优势。云南茶油的脂肪酸在6个地区中不

饱和程度最高, 广东和江西茶油的多不饱和脂肪酸含量较高, 湖南和海南茶油稳定性较好。

致谢

本研究诚挚感谢广西壮族自治区林科院油茶所陈国臣所长、云南省林业和草原科学院油茶研究所陈福所长、海南省海口市东金山茂苗木有限公司陈有师董事长、广东省韶关市曲江国有小坑林场梁瑞友副场长、江西省宜春市袁州区林业(油茶)局李铁明副局长、湖南省攸县卓联种养专业合作社法人代表荣军等提供的油茶样品和大力支持。

参考文献

- [1] LUAN Fei, ZENG Jiuseng, YANG Yan, et al. Recent advances in *Camellia oleifera* Abel: a review of nutritional constituents, biofunctional properties, and potential industrial applications [J]. *Journal of Functional Foods*, 2020, 75: 1-31
- [2] 陈欢, 罗昭标, 冯小艳, 等. 油茶籽油脂脂肪酸含量、分析检测方法及其分子生物学研究进展[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(10): 345-349, 354
CHEN Huan, LUO Zhaobiao, FENG Xiaoyan, et al. Research progress on fatty acid contents, analytical methods and molecular biology of *Camellia oleifera* seed oil [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(10): 345-349, 354
- [3] HE Junhua, WU Xuehui, ZHOU Yue, et al. Effects of different preheat treatments on volatile compounds of camellia (*Camellia oleifera* Abel.) seed oil and formation mechanism of key aroma compounds [J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2021, 45(3): 1-18
- [4] 陈梅芳, 顾景范, 孙明堂, 等. 茶油延缓动脉粥样硬化形成及其机理的探讨[J]. *营养学报*, 1996, 1: 13-19
CHEN Meifang, GU Jingfan, SUN Mingtang, et al. Effect of tea seed oil on the atheromatic formation and its mechanism [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 1996, 1: 13-19
- [5] 许俊道. 茶油保健功能与开发前景[J]. *中国果菜*, 2018, 38(10): 41-43
XU Jundao. Health care function and development prospect of *Camellia* oil [J]. *China Fruit & Vegetable*, 2018, 38(10): 41-43
- [6] CHOU Tingyi, LU Yifa, Inbaraj Baskaran Stephen, et al. Camelia oil and soybean *Camellia* oil blend enhance antioxidant activity and cardiovascular protection in hamsters [J]. *Nutrition*, 2018, 51-52: 86-94
- [7] Lee Soon young, Bae Chun sik, Seo Nam sook, et al. *Camellia japonica* oil suppressed asthma occurrence via GATA-3 & IL-4 pathway and its effective and major component is oleic acid [J]. *Phytomedicine*, 2019, 57: 84-94
- [8] GUO Lina, GUO Yiting, WU Ping, et al. *Camellia* oil lowering blood pressure in spontaneously hypertension rats [J]. *Journal of Functional Foods*, 2020, 70: 1-7
- [9] Chiang Shenshih, Chen Leshu, Chu Chenyeon. Active food ingredients production from cold pressed processing residues of *Camellia oleifera* and *Camellia sinensis* seeds for regulation of blood pressure and vascular function [J]. *Chemosphere*, 2020, 129267: 1-11
- [10] Haddada Faouzia M, Krichène Dhouha, Manai Hédia, et al. Analytical evaluation of six monovarietal virgin olive oils from northern Tunisia [J]. *John Wiley & Sons, Ltd*, 2008, 110(10): 905-913
- [11] 叶敏倩, 吴峰华, 芮鸿飞, 等. 不同产地油茶籽油主要特征组分分析[J]. *食品科学*, 2020, 41(20): 222-226
YE Minqian, WU Fenghua, Rui Hongfei, et al. Comparative analysis of major characteristic components of tea seed oils (*Camellia oleifera* Abel.) from different geographic regions [J]. *Food Science*, 2020, 41(20): 222-226
- [12] 王亚萍, 费学谦, 姚小华, 等. 不同产地油茶籽脂肪酸及甘油三酯的主成分分析和聚类分析[J/OL]. *中国油脂*: 1-13 [2021-08-26]. <https://doi.org/10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.2021.01.100>.
WANG Yaping, FEI Xueqian, YAO Xiaohua, et al. Principal component analysis and cluster analysis of fatty acids and triglycerides in camellia seeds from different origins [J/OL]. *China oils and Fats*: 1-13 [2021-08-26]. <https://doi.org/10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.2021.01.100>.
- [13] 何小三, 曹冰, 符树根, 等. 江西不同地区茶油脂肪酸含量比较研究[J]. *南方林业科学*, 2018, 46(4): 6-9, 14
HE Xiaosan, CAO Bing, FU Shugen, et al. Comparative of fatty acid content of camellia oil from different areas in Jiangxi province [J]. *South China Forestry Science*, 2018, 46(4): 6-9, 14
- [14] 王召滢, 桂丽静, 曹冰, 等. 茶油中脂肪酸指纹图谱的分析与评价[J]. *南方林业科学*, 2020, 48(2): 8-12
WANG Zhaoying, GUI Lijing, CAO Bing, et al. Analysis and evaluation of fatty acid fingerprints in *Camellia* oil [J]. *South China Forestry Science*, 2020, 48(2): 8-12
- [15] 杨凯. 不同来源油茶籽油的品质分析与比较研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013
YANG Kai. Quality analysis and comparative study of *Camellia* seed oil from different sources [D]. Zhejiang

- Agriculture and Forestry University, 2013
- [16] 黄兵兵. 茶叶籽油脂脂肪酸组成分析及其主要不饱和脂肪酸分离及转化研究[D]. 厦门: 华侨大学, 2015
HUANG Bingbing. Tea seed oil fatty acids analysis and its major unsaturated fatty acids separation and conversion [D]. Xiamen: Huaqiao University, 2015
- [17] 范亚苇, 邓泽元, 余永红, 等. 不同脂肪酸甲酯化方法对共轭亚油酸分析的影响[J]. 中国油脂, 2007, 1: 52-55
FAN Yawei, DENG Zeyuan, YU Yonghong, et al. Effect of fatty acid methyl esterification methods on analysis of conjugated linoleic acids [J]. China Oils and Fats, 2007, 1: 52-55
- [18] 寇秀颖, 于国萍. 脂肪和脂肪酸甲酯化方法的研究[J]. 食品研究与开发, 2005, 2: 46-47
KOU Xiuying, YU Guoping. Research of the method of fat and fatty acid methyl esterification [J]. Food Research and Development, 2005, 2: 46-47
- [19] 刘华龢, 黄传庆, 周春卡, 等. 茶油脂肪酸甲酯的制备工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(1): 66-69
LIU Huanai, HUANG Chuanqing, ZHOU Chunka, et al. Study on the preparation technology of fatty acid methyl ester in tea oil [J]. Cereal and Fats, 2021, 34(1): 66-69
- [20] 鲍建民. 多不饱和脂肪酸的生理功能及安全性[J]. 中国食物与营养, 2006, 1: 45-46
BAO Jianmin. Physiological function and safety of polyunsaturated fatty acids [J]. Food and Nutrition in China, 2006, 1: 45-46
- [21] 王亚瑞. 小品种食用油的脂肪酸营养功能[J]. 粮食与食品工业, 2013, 20(1): 39-42
WANG Yarui. Small variety of fatty acids nutritional function in edible oil [J]. Cereal and Food Industry, 2013, 20(1): 39-42
- [22] 任小娜, 曾俊, 周茜, 等. 新疆 4 种典型木本油料油脂脂肪酸和甘三酯组成分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(12): 119-121
REN Xiaona, ZENG Jun, ZHOU Qian, et al. Fatty acid and triglyceride compositions of four typical woody oils in Xinjiang [J]. China Oils and Fats, 2018, 43(12): 119-121
- [23] 常亚丽, 黄双杰, 刘威, 等. 光山县长林系列油茶良种茶籽脂肪含量和脂肪酸组成分析[J]. 现代食品科技, 2019, 35(9): 311-316
CHANG Yali, HUANG Shuangjie, LIU Wei, et al. Fatty content and fatty acid composition of Changlin varieties of *Camellia oleifera* in Guangshan [J]. Modern Food Science and Technology, 2019, 35(9): 311-316
- [24] Aguilera M Paz, Beltrán Gabriel, Ortega Domingo, et al. Characterisation of virgin olive oil of Italian olive cultivars: 'Frantoio' and 'Leccino', grown in Andalusia [J]. Food Chemistry, 2004, 89(3): 387-391

(上接第 103 页)

- [20] 牛芸民. 若干重要微量元素元素的生物化学功能及其与人体健康的关系[J]. 微量元素与健康研究, 2014, 31(2): 78-80
NIU Yunmin. A number of important biochemical function of trace metal elements and its relationship to human health [J]. Studies of Trace Elements and Health, 2014, 31(2): 78-80
- [21] Shu C H, Lin K J. Effects of aeration rate on the production of ergosterol and blazeispirol A by *Agaricus blazei* in batch cultures [J]. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2011, 42(2): 212-216
- [22] Huoliang C, Ying J, Junjie L, et al. Antioxidant activities of polysaccharides from *Lentinus edodes* and their significance for disease prevention [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2012, 50(1): 214-218
- [23] Cannas A. Energy and protein requirements [J]. Dairy sheep nutrition, 2004, 31
- [24] 陈巧玲, 李忠海, 陈素琼. 5 种地产食用菌氨基酸组成比较及营养评价[J]. 食品与机械, 2014, 6: 43-46
CHEN Qiaoling, LI Zhonghai, CHEN Suqiong. Analysis of amino acid composition and nutritional evaluation in five local edible fungus [J]. Food & Machinery, 2014, 6: 43-46