

## 不同种源地香叶树籽的油脂含量及脂肪酸组成分析

游惠明<sup>1,2</sup>, 杨金德<sup>3</sup>, 康永武<sup>4</sup>, 李建民<sup>1,2</sup>, 范辉华<sup>1,2</sup>, 苏良佺<sup>1,2</sup>, 尤龙辉<sup>5</sup>, 曾桂华<sup>6</sup>

(1. 福建省林业科学研究院, 福州 350012; 2. 福建省森林培育与林产品加工利用重点实验室, 福州 350012;

3. 沙县金德苗木有限公司, 福建 沙县 365504; 4. 沙县林业科技推广中心, 福建 沙县 365599;

5. 福州市林业局自然保护地规划发展中心, 福州 350007; 6. 福建农林大学 林学院, 福州 350002)

**摘要:**为探明不同种源地香叶树作为油料树种的开发价值, 采集了全国 6 省 20 县市的香叶树果实, 对香叶树全果、果肉及籽的油脂含量及脂肪酸组成进行了分析, 并采用 ward 法对不同种源地香叶树籽脂肪酸进行了聚类分析。结果表明: 香叶树全果、果肉以及籽的平均油脂含量分别为 43.31%、42.38% 及 46.12%; 全果脂肪酸组成以月桂酸、油酸和癸酸为主; 果肉油以油酸和棕榈酸为主; 而籽油则以月桂酸和癸酸为主, 月桂酸含量为 53.20%~70.30%, 月桂酸和癸酸总含量达 76.40%~90.10%; 聚类分析将不同种源地香叶树分为 3 大类, 云南省、贵州省及广西省的香叶树属低月桂酸类型, 福建省、江西省及湖南省的香叶树属中高月桂酸型。香叶树可作为生产中碳链脂肪酸的新晋树种, 福建省的香叶树籽油脂含量高, 且籽油中月桂酸含量高, 作为中碳链脂肪酸的原料地具有明显的开发优势。

**关键词:** 香叶树籽; 油脂; 脂肪酸; 中碳链脂肪酸; 聚类分析

中图分类号: TS222; TS227

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2021)06-0098-04

### Oil content of *Lindera communis* Hemsl. seed from different provenances and its oil fatty acid composition

YOU Huiming<sup>1,2</sup>, YANG Jinde<sup>3</sup>, KANG Yongwu<sup>4</sup>, LI Jianmin<sup>1,2</sup>,  
FAN Huihua<sup>1,2</sup>, SU Liangquan<sup>1,2</sup>, YOU Longhui<sup>5</sup>, ZENG Guihua<sup>6</sup>

(1. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, China; 2. Fujian Provincial Key Laboratory of Forest Silviculture and Forest Product Processing Utilization, Fuzhou 350012, China; 3. Shaxian Jinde Seedlings Ltd., Shaxian 365504, Fujian, China; 4. Shaxian Extension Center of Forestry Science, Shaxian 365599, Fujian, China;

5. Planning and Development Center of Nature Reserves of Fuzhou Forestry Bureau, Fuzhou 350007, China; 6. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** In order to investigate the development value as oil tree species of *Lindera communis* Hemsl. from different provenances, the fruits of *Lindera communis* Hemsl. were collected from 20 counties and cities in 6 provinces across China, and the oil content and fatty acid composition of the whole fruit, pulp and seed were analyzed. In addition, the ward method was used for cluster analysis on the fatty acid composition of the seed oil. The results showed that the average oil contents of the whole fruit, pulp and seed of *Lindera communis* Hemsl. were 43.31%, 42.38% and 46.12%, respectively. The fatty acid composition of the whole fruit oil was dominated by lauric acid, oleic acid and capric acid; the pulp oil

was mainly composed of oleic acid and palmitic acid; while the seed oil was dominated by lauric acid and capric acid, with the content of lauric acid ranging from 53.20% to 70.30% and the total content of lauric acid and capric acid reaching 76.40%~90.10%. The cluster analysis divided the *Lindera communis* Hemsl. into three categories,

收稿日期: 2020-07-31; 修回日期: 2021-02-08

基金项目: 福建省种业创新与产业化工程(2017—2020年)——特色树种香叶树、半枫荷种质创新与产业化工程项目(ZYCX-LY-2017002); 福建省林业科学研究项目(闽林科[2017]3号)

作者简介: 游惠明(1984), 女, 工程师, 博士, 主要从事森林培育、湿地生态与森林生态方面的研究(E-mail) youhuiming@126.com。

with those in Yunnan, Guizhou and Guangxi provinces being of the low lauric acid type, and those in Fujian, Jiangxi and Hunan provinces being of the medium – high lauric acid type. *Lindera communis* Hemsl. could be used as a new tree species for the production of medium – carbon chain fatty acids. The *Lindera communis* Hemsl. in Fujian province had obvious development advantages for medium – carbon chain fatty acids for its high oil content in seed and high lauric acid content in the seed oil.

**Key words:** *Lindera communis* Hemsl. seed; oil; fatty acid; medium – carbon chain fatty acid; cluster analysis

香叶树(*Lindera communis* Hemsl.)为樟科山胡椒属常绿小乔木,属亚热带常绿树种,广泛分布于我国陕西、甘肃、湖南、湖北、江西、浙江、福建、台湾、广东、广西、云南、贵州及四川等省区,在70~2100 m海拔均有分布。香叶树是目前市场上新晋的多用途树种,兼具绿化、油用及药用等多种用途<sup>[1-3]</sup>。目前有关香叶树的研究主要集中于群落特征<sup>[4-5]</sup>、育苗技术<sup>[6-8]</sup>、种子油脂<sup>[9]</sup>及材性特征<sup>[10]</sup>等方面,有关种子油脂方面的研究多集中于云南省腾冲地区,目前尚未见有关不同种源地香叶树油脂特征的研究报道。香叶树在营养保健及生物柴油开发方面具有重要开发前景<sup>[9,11]</sup>,不同地域香叶树果油脂含量及脂肪酸组分存在差异,开展不同种源地香叶树籽的油脂含量及脂肪酸组成的研究,可为高含油高品质香叶树良种的选择提供参考依据。因此,本研究采集了全国6省20县市的香叶树果实,通过油脂提取与脂肪酸组成分析,探讨不同种源地香叶树籽脂肪酸组分特征,以期为进一步保护和开发利用香叶树资源提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

香叶树果实,采集于云南、贵州、广西、湖南、江西及福建等6省20县市,包括云南腾冲,贵州荔波,广西的西乡塘、八步及富川,湖南新宁,江西遂川,福建的南靖、永泰、永定、顺昌、永春、德化、永安、沙县、大田、泰宁、三元、明溪及将乐等地。试验样品均储存于4℃冰箱中。石油醚(60~90℃)、盐酸、硫酸氢钠、氯化钠、氢氧化钠、氢氧化钾、乙醇等为分析纯;甲醇、异辛烷、正庚烷为色谱纯。

7890A气相色谱仪,美国Agilent公司;BS 224S型电子分析天平;XMTD-8222鼓风干燥箱;DK-98-II A电热恒温水浴锅。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 香叶树果实的预处理

将香叶树果实样品分为两部分,一部分为果实

样,一部分手工剥下果肉,得到果肉样和籽样。

#### 1.2.2 油脂含量及脂肪酸的测定

油脂含量的测定参照GB/T 14488.1—2008《植物油料含油量测定》;油脂脂肪酸测定参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定》。

#### 1.2.3 数据处理

采用Excel及Origin2018软件进行数据统计分析与作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 香叶树果实不同部位油脂主要脂肪酸组成及含量

经分析,香叶树果实中果肉及籽的平均比例为0.42:0.58,香叶树全果、果肉以及籽的平均油脂含量分别为43.31%、42.38%及46.12%。对香叶树果实不同部位油脂主要脂肪酸组成及含量进行测定,结果见表1。

表1 香叶树果实不同部位油脂主要脂肪酸组成及含量

脂肪酸	全果		果肉		籽	
	平均值	变异系数	平均值	变异系数	平均值	变异系数
癸酸	11.10	0.42	0.69	3.33	19.81	0.13
月桂酸	32.11	0.42	2.08	2.44	63.48	0.08
豆蔻酸	0.94	0.35	0.06	2.68	1.56	0.35
棕榈酸	10.23	0.44	15.99	0.19	2.20	0.41
棕榈烯酸	3.43	0.49	5.78	0.28	0.52	0.66
硬脂酸	1.65	0.65	3.44	0.40	0.51	0.45
油酸	22.37	0.44	43.29	0.18	7.06	0.26
亚油酸	7.32	0.35	8.78	0.36	2.80	0.16
α-亚麻酸	0.81	0.30	1.31	0.40	0.37	0.21
其他	9.67	0.33	18.57	0.16	1.53	0.50

由表1可见,香叶树全果油以月桂酸、油酸、癸酸为主,平均含量分别为32.11%、22.37%及11.10%,各脂肪酸组分的变异系数为0.30%~0.65%,呈现中等程度变异;果肉油以油酸、棕榈酸为主,平均含量分别为43.29%和15.99%,各脂肪酸组分的变异系数为0.16%~3.33%,癸酸、月桂酸与豆蔻酸含量的变异系数均大于1,变异程度较大;籽油以中碳链

脂肪酸月桂酸和癸酸为主,平均含量分别为 63.48% 和 19.81%,各脂肪酸含量由高到低的顺序为月桂酸 > 癸酸 > 油酸 > 亚油酸 > 棕榈酸 > 豆蔻酸 > 棕榈烯酸 > 硬脂酸 >  $\alpha$ -亚麻酸,各脂肪酸组分的变异系数为 0.08% ~ 0.66%,癸酸和月桂酸含量的变异系数均小于 0.2%,变异程度较小,尤其月桂酸含量变异系数小于 0.1%,属弱变异。香叶树果实不同部位油脂脂肪酸组分的变异程度由大到小为果肉 > 全果 > 籽。香叶树籽油主要脂肪酸组分的变异程度较小,明显小于全果油和果肉油,且籽油的脂肪酸组成中癸酸及月桂酸含量明显大于其他部位油脂,因此下文重点讨论不同种源地香叶树籽的油脂含量及脂肪酸组成。

## 2.2 不同种源地香叶树籽的油脂含量(见表 2)与脂肪酸组成(见表 3)

由表 2 可见,全国 6 省 20 县市香叶树籽的油脂含量在 41.75% ~ 51.37% 之间,福建省香叶树籽的平均油脂含量为 47.40%,福建省外为 43.73%。总体上,不同县市间香叶树籽的油脂含量差异显著。

相同种源地香叶树籽的油脂含量的变异系数均较小。香叶树籽油脂含量排名前三的为福建省的三元、永春及南靖,油脂含量均大于 50%,其他地区香叶树籽油脂含量从大到小顺序为泰宁 > 大田 > 明溪 > 顺昌 > 将乐 > 遂川 > 永定 > 德化 > 八步 ≈ 沙县 > 富川 > 永安 > 腾冲 > 荔波 > 永泰 > 西乡塘 > 新宁。

表 2 不同种源地香叶树籽的油脂含量 %

种源地	含量	变异系数	种源地	含量	变异系数
永泰	42.62d	0.05	顺昌	47.54abcd	0.03
永定	45.94bcd	0.07	三元	51.37a	0.02
永安	43.90d	0.04	永春	51.29a	-
新宁	41.75d	-	南靖	50.79a	0.12
沙县	44.65cd	0.07	明溪	48.37abcd	0.13
大田	48.75abc	0.02	荔波	43.10d	0.05
腾冲	43.53d	0.05	将乐	46.68bcd	0.01
德化	44.99cd	0.04	西乡塘	42.59d	0.02
泰宁	49.38ab	0.12	八步	44.65cd	0.06
遂川	46.33bcd	0.06	富川	44.14d	0.04

注:不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同

表 3 不同种源地香叶树籽油主要脂肪酸组成及含量 %

种源地	癸酸	月桂酸	豆蔻酸	棕榈酸	棕榈烯酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	$\alpha$ -亚麻酸
西乡塘	24.95a	56.20ef	0.00e	3.00bc	0.83bc	0.26cd	7.95abcde	3.18bcd	0.26de
富川	24.70a	55.80ef	0.00e	3.54ab	0.97abc	0.23cd	7.60abcde	3.32bc	0.25e
腾冲	23.80a	56.53def	1.67cd	2.98bc	1.03ab	0.29cd	7.43abcdef	3.38b	0.31cde
八步	23.70a	53.20f	0.00e	4.36a	1.27a	0.28cd	8.70abc	4.05a	0.31cde
荔波	21.20b	57.10def	1.84abc	3.62ab	1.22a	0.74ab	8.35abc	3.30bc	0.37bcde
德化	21.05b	68.15ab	1.77bcd	1.11e	0.16de	0.29bcd	4.18fgh	2.35efghi	0.31de
永春	20.80bc	69.10ab	1.82bc	1.03e	0.15de	0.23cd	3.33h	2.67cdef	0.30de
大田	20.50bc	69.60a	1.86abc	0.93e	0.13e	0.24cd	3.71fgh	2.32fghi	0.28de
明溪	19.63bed	65.23abc	1.75bcd	1.75cde	0.38de	0.46bcd	6.72bcdefgh	2.51efghi	0.36bcde
永泰	19.50bed	65.90ab	1.72bcd	1.72de	0.51cde	0.45bcd	5.97cdefgh	2.20fghi	0.28de
遂川	18.87cde	67.80ab	1.73bcd	1.36de	0.22de	0.39bcd	5.70cdefgh	2.58cdefghi	0.45abc
永安	18.50de	62.70bcde	1.68cd	2.44bcd	0.36de	0.65abc	9.06ab	2.86bcde	0.38bcde
新宁	18.30de	70.30a	2.00a	1.34de	0.16de	0.50bcd	4.58efgh	2.02gi	0.35cde
泰宁	18.25de	65.50ab	1.78bcd	1.89cde	0.39de	0.67abc	7.25abcdefg	2.66cdefg	0.39bcd
三元	18.10de	65.30ab	1.78bcd	1.98cde	0.37de	0.67abc	7.48abcdef	2.64cdefgh	0.39bcd
顺昌	18.05de	65.65ab	1.80bc	1.89cde	0.38de	0.67abc	7.36abcdefg	2.62cdefghi	0.39bcd
永定	17.87de	63.17bc	1.66cd	2.60bcd	0.57cd	0.61abcd	8.21abcd	2.84bcdef	0.43abc
沙县	17.70de	66.55ab	1.92ab	1.91cde	0.33de	0.60abcd	7.02abcdefgh	2.49efghi	0.36bcde
将乐	17.40de	63.10bcd	1.73bcd	2.42bcde	0.54cde	0.85a	8.70abc	2.99bcde	0.46ab
南靖	16.90e	59.50cde	1.54d	3.28abc	0.88bc	0.92a	10.10a	3.25bc	0.53a

由表 3 可见:我国 6 省 20 县市香叶树籽油脂肪酸主要为 C10 ~ C18 脂肪酸,总体上,不同种源地间脂肪酸组成差异显著,其中饱和脂肪酸含量达 81.54% ~ 93.13%,不同种源地饱和脂肪酸含量由大到小为大田 > 永春 > 新宁 > 德化 > 遂川 > 永泰 > 明溪 > 沙县 > 泰宁 > 顺昌 > 三元 > 永安 > 永定 > 将乐 > 腾冲 > 荔波 > 西乡塘 > 富川 > 南靖 > 八步;不饱和脂肪酸含量在 6.44% ~ 14.76% 之间,不同种

源地不饱和脂肪酸含量由大到小为南靖 > 八步 > 荔波 > 将乐 > 永安 > 西乡塘 > 腾冲 > 富川 > 永定 > 三元 > 顺昌 > 泰宁 > 沙县 > 明溪 > 永泰 > 遂川 > 新宁 > 德化 > 永春 > 大田。香叶树籽油主要脂肪酸成分为月桂酸,含量高达 53.20% ~ 70.30%,占饱和脂肪酸的 65% ~ 76%,其中,腾冲、西乡塘、富川、八步及荔波这 5 县市的月桂酸占饱和脂肪酸的 65% ~ 68%,低于 70%,而其他县市的占比为 72% ~ 76%;

其次是癸酸,含量在 16.90% ~ 24.95%,腾冲、西乡塘、富川、八步及荔波的癸酸含量排名前五,与月桂酸含量排名相反。香叶树籽油豆蔻酸含量为 0% ~ 2.00%,其中广西 3 个县市的未检出豆蔻酸。香叶树籽油棕榈酸含量为 0.93% ~ 4.36%,棕榈烯酸含量为 0.13% ~ 1.27%,硬脂酸含量为 0.23% ~ 0.92%,油酸含量为 3.33% ~ 10.10%,亚油酸含量为 2.02% ~ 4.05%, $\alpha$ -亚麻酸含量为 0.25% ~ 0.53%。月桂酸与癸酸属中碳链脂肪酸,中碳链脂肪酸易于消化吸收与代谢分解,被广泛应用于食品、医药、化工等领域,用作减肥食品、食品乳化剂、运动演艺食品、术后患者或代谢不良患者的有效能源、婴幼儿食品添加剂等<sup>[12-13]</sup>。目前,我国中碳链甘油三酯的制取原料主要来源于椰子油,但椰子油在我国产量较少,主要依靠进口。椰子油的月桂酸含量可达 45% ~ 50%,癸酸含量小于 10%。本研究中香叶树籽油的月桂酸含量可达 53.20% ~ 70.30%,癸酸含量为 16.90% ~ 24.95%,二者的总含量达 76.40% ~ 90.10%。与椰子油相比,香叶树籽油的月桂酸和癸酸含量更高。樟科的樟树籽油及山苍子核仁油也是当前中碳链甘油三酯的制取原料<sup>[13]</sup>,与这二者相比,香叶树籽油的油脂含量更高。因此,作为生产中碳链脂肪酸的新晋树种,香叶树具有明显优势,前景广阔。

### 2.3 聚类分析

以欧式距离为测量准则,采用 ward 法对 20 县市香叶树籽油脂脂肪酸进行聚类分析,结果见图 1。

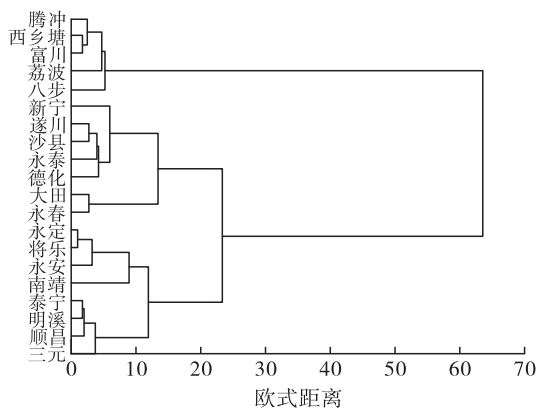


图 1 不同种源地香叶树籽油脂脂肪酸聚类分析

由图 1 可见,在欧式距离为 20 时,可分为 3 个类群:类群 1 为腾冲、西乡塘、富川、荔波及八步,主要来自云南、贵州及广西省,这 5 县市的癸酸含量排名前五,而月桂酸含量(53.20% ~ 57.10%)及月桂酸在饱和脂肪酸中占比排名倒五;类群 2 为新宁、遂川、沙县、永泰、德化、大田及永春,该类群的饱和脂肪酸含量与月桂酸含量均较高,高于其他县市,月桂酸含量为 65.90% ~ 70.30%;类群 3 为永定、将乐、

永安、南靖、泰宁、明溪、顺昌及三元,均来自福建,其脂肪酸组分含量居于前二者间。聚类结果与月桂酸含量的种源地分布规律相仿,因此将 3 类群归类为:类群 1 低月桂酸型,类群 2 高月桂酸型,类群 3 中月桂酸型。聚类分析显示,福建、湖南及江西地区香叶树属中高月桂酸型,其中福建地处沿海地区交通更为便利,福建作为制取中碳链甘油三酯的原料地,具有显著的开发优势。

### 3 结论

不同种源地(我国 6 省 20 县市)香叶树籽的油脂含量在 41.75% ~ 51.37% 之间,香叶树籽油中共鉴定出 9 种主要脂肪酸,包括 5 种饱和脂肪酸(81.54% ~ 93.13%)和 4 种不饱和脂肪酸(6.44% ~ 14.76%),含量较高的脂肪酸有月桂酸(53.20% ~ 70.30%)、癸酸(16.90% ~ 24.95%)及油酸(3.33% ~ 10.10%)。香叶树籽油脂脂肪酸主要由 C10 ~ C18 组成,中碳链脂肪酸月桂酸和癸酸总含量达 76.40% ~ 90.10%,且这两种脂肪酸的变异系数小(<0.2%),可考虑将香叶树作为生产中碳链脂肪酸的新晋树种。福建地区交通便利,区域内香叶树籽油脂含量高,籽油中月桂酸含量高,作为制取中碳链甘油三酯的原料地,具有显著的开发优势。

### 参考文献:

- [1] 萧正春,张卫明,张广伦,等. 燃油植物香叶树的开发利用与栽培[J]. 中国野生植物资源,2007,26(6):9-12.
- [2] 谢令菊. 腾冲县香叶树产业发展现状与对策[J]. 林业调查规划,2014,39(4):128-134.
- [3] 游惠明,丁秘. 保护开发新晋多用途树种——香叶树[J]. 福建林业,2017(4):23.
- [4] 谢双喜,彭贵. 贵州喀斯特山地灌丛香叶树群落及种群结构的初步研究[J]. 中南林业调查规划,2002,21(1):56-62.
- [5] 刘春华. 香叶树人工林与天然林群落特征及生长过程比较[J]. 西南林学院学报,2006,26(1):10-13.
- [6] 康永武. 香叶树一年生苗苗高地径生长量变化分析[J]. 亚热带植物科学,2013,42(3):219-222.
- [7] 余新林,陆阳. 香叶树育苗和森林恢复试验[J]. 林业调查规划,2015,40(1):138-141,153.
- [8] 胡丹. 香叶树播种芽苗移栽试验[J]. 安徽农学通报,2016,22(13):105-107.
- [9] 罗凡,费学谦,车运舒,等. 香叶树挥发油、油脂等主要成分分析[J]. 林业科学研究,2015,28(2):284-288.
- [10] 苏素霞. 人工林香叶树木材物理性质的研究[J]. 广东林业科技,2010,26(6):28-30.
- [11] 董树斌,张志翔,黄佳聪. 香叶树作为生物柴油原料树种的研究现状及其开发前景[J]. 中国农业大学学报,2014,19(6):95-101.
- [12] 周飞,王建宇,白雪斐,等. 中长碳链甘油三酯的研究进展[J]. 中国油脂,2018,43(7):67-81.
- [13] 李振华,温强,戴小英,等. 樟树资源利用现状与展望[J]. 江西林业科技,2007(6):30-36.