

四种山核桃种仁含油率及脂肪酸 组成比较分析

张鹏^{1,2}, 钟海雁^{1*}, 姚小华², 王开良², 王亚萍², 常君²

(1.中南林业科技大学, 湖南长沙 410000; 2.中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400)

摘要: 分析测定采集自浙江省余杭、建德、富阳, 以及安徽省宁国、金寨, 湖南省的4种山核桃果实含油率及其脂肪酸组成和含量。结果表明, 山核桃种仁含油率为以湖南山核桃为最高, 达63.88%; 浙江山核桃次之, 为62.72%; 最低的是大别山山核桃, 为51.00%。经一元方差分析得出4种山核桃含油率存在极显著差异($p < 0.05$)。山核桃脂肪酸主要由棕榈酸、硬脂酸、棕榈烯酸、油酸、亚油酸和顺-11-二十碳烯酸组成, 饱和脂肪酸含量最高的是湖南山核桃, 最低的是浙江山核桃; 单不饱和脂肪酸含量最高的是大别山山核桃, 最低的是美国山核桃; 不饱和脂肪酸含量最高的是美国山核桃, 最低的是大别山山核桃。

关键词: 山核桃; 含油率; 脂肪酸

中图分类号: S664.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)03-0499-06

Oil Yield and Fatty Acid Composition of Nuts of Four Species in *Carya* Family

ZHANG Peng^{1,2}, ZHONG Hai-yan^{1*}, YAO Xiao-hua²
WANG Kai-liang², WANG Ya-ping², CHANG Jun²

(1. Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410000, China; 2. The Research Institute of Subtropical Forestry of CAF, Fuyang 311400, China)

Abstract: Oil content and fatty acid composition were analysed using nuts of four species in *Carya* family from Yuhang, Jiande, Fuyang, Ningguo, Jinzhai and Hunan as materials. The results showed that the oil content in nut was the highest in *C. hunanensis*, 63.88%, followed by that in *C. cathayensis*, 62.72%, and that in *C. dabieshanensis* was the lowest, 51.00%. There was significant difference in oil content among the above four species ($p < 0.05$). The main fatty acids in these nut oil were palmitic acid, palmitoleic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid and arachidonic acid. The saturated fatty acid content was the highest in *C. hunanensis*, while that in *Carya cathayensis* was the lowest; the monounsaturated fatty acid content was the highest in *C. dabieshanensis*, and that in *C. illinoensis* was the lowest; polyunsaturated fatty acids level in *C. illinoensis* was the highest and that in *C. dabieshanensis* was the lowest.

Key words: *Carya* spp.; oil yield; fatty acid

山核桃隶属胡桃科(Juglandaceae)山核桃属(*Carya* Nutt), 全世界约18个种, 3个亚种, 主要分布于北美东部和亚洲东南部, 我国分布有5种, 分别是云南山核桃(*C. tonkinensis*)、贵州山核桃(*C.*

收稿日期: 2011-11-23 修回日期: 2012-02-13

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201204404)、浙江省省院合作项目(2011SY09)、中央公益性科研院所基本科研业务费专项资金(RISF6159)

作者简介: 张鹏(1987—), 女, 硕士生, 主要从事森林食品研究, E-mail: mingxiao750@163.com; *通讯作者, 钟海雁, 教授, 博士生导师, E-mail: zhonghaiyan631210@126.com.

kweichowensis Kuang et A.M.Lu)、湖南山核桃 (*C. hunanensis* Cheng et R.H.Chang)、浙江山核桃 (*C. cathayensis* Sarg)、大别山山核桃 (*C. dabieshanensis* M.C.Liu et Z.J.Li), 另有引进栽培 1 种: 薄壳山核桃 (*C. illinoensis* Koch) [1]。湖南山核桃 (*C. hunanensis* Cheng et R.H.Chang) 是山核桃属的重要树种, 主要分布在我国黔东南、湘西南和桂北地区 [2], 其果仁营养价值高, 富含必需脂肪酸及多种人体必需氨基酸, 可加工成各种糕点、休闲食品等。浙江山核桃核大, 壳薄, 品质好, 香脆可口。主要分布在浙江临安、淳安、桐庐、安吉, 安徽宁国等地 [3]。栽培最集中的是浙皖交界的天目山区, 其中以浙江临安的昌化最多。大别山山核桃果大、壳薄、出仁率和出油率高, 主产于皖西金寨和霍山 [4]。目前, 大别山山核桃绝大部分处于野生状态, 人工栽培很少且尚未结果。薄壳山核桃 (*Carya illinoensis*) 又名美国山核桃, 长山核桃, 是优良的材用和庭园绿化树种。薄壳山核桃原产于美国和墨西哥北部, 我国于 19 世纪末开始引种栽培 [5-6], 目前主要集中在江苏、浙江、云南、陕西、安徽、江西和湖南等地 [7]。薄壳山核桃坚果个头大 (80~100 粒/kg), 壳薄, 出仁率高 (50%~70%), 取仁容易, 产量高 (1 500~2 250 kg/hm²)。果仁色美味香, 无涩味, 营养丰富。目前对湖南山核桃研究主要是营养成分研究等 [1], 对浙江山核桃的研究主要集中在生物学特性、油脂提取以及营养价值方面 [8-10], 对大别山山核桃研究集中在生长特性、遗传结构、性状表型等方面 [11-12]。对于薄壳山核桃的研究目前主要集中在基础研究、繁殖与引种栽培、适生性、根系生长发育等方面 [13-15]。本研究通过对不同品种的山核桃含油率及脂肪酸成分进行比较, 以期能了解不同品种山核桃之间的差异, 为山核桃品种选优提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

山核桃果实来自 7 个产地。2010 年 9~12 月山核桃果实成熟期间, 分别采收自湖南 (湖南山核桃)、金寨 (大别山山核桃)、余杭 (美国山核桃)、富阳 (浙江山核桃)、建德 (浙江山核桃)、宁国 (浙江山核桃)、淳安 (浙江山核桃), 6 地地理概况见表 1。风干后测定山核桃种子含油率、脂肪酸成分等性状指标。

表 1 山核桃采样地地理、气候因子概况
Tab.1 Climate and soil characteristics in different collecting areas

地点 Planting area	经度 E	纬度 N	海拔/m Elevation	土壤 类型 Soil type	年平均气温 /°C Annual mean tempera- ture	1 月平均气 温/°C Mean temperature in January	7 月平均气温 /°C Mean temperature in July	年降雨量 /mm Annual average precipitation	年均相对湿 度/% Annual average relative humidity
淳安 Chun'an	119°20'	29°11'	172.2	红黄壤	17.0	3.8	28.2	1 430	76
富阳 Fuyang	120°09'	29°44'	11.0	红黄壤	16.1	3.8	28.6	1 453	69.6
湖南 Hunan	109°97'	27°56'	300	黄红壤	16.4	4.7	28.4	1 400	81
建德 Jiande	119°23'	29°28'	168	紫砂土	16.9	4.7	28.1	1 500	83
金寨 Jinzhai	116°111'	31°61'	500	黄壤	15.4	1.0	28.4	1 381	78
宁国 Ningguo	118°44'	30°56'	200	黄壤	15.4	2.7	28.1	1 400	78.5
余杭 Yuhang	119°58'	30°15'	50	黄红壤	15.6	5.4	29.0	1 478	82

1.2 主要仪器与试剂

GC-2010 型气相色谱测定仪 (日本岛津公司), B-811 型索氏抽提器, DHG-9146A 型烘箱, BSA224S-CW 型电子分析天平 (感量 0.000 1 g), 中药手提式粉碎机; 石油醚, 氢氧化钠, 甲醇, 氯化钾等均为化学纯; 分析所用的棕榈酸、棕榈烯酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、顺-11-二十碳烯酸脂肪酸标准样品购自美国 Sigma 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 山核桃油的提取 山核桃油的提取流程: 山核桃果实→破壳取仁→烘干→粉碎→索氏抽提(石油醚)→蒸发脱溶→粗山核桃油。

1.3.2 样品的前处理 取油样 100 mg 加入石油醚 2 mL 摇匀, 静置 10 min, 加 0.1 mol/L 的 KOH-CH₃OH 1 mL 摇匀, 静置 10 min, 加饱和氯化钾溶液定容 10 mL, 吸取上层清液进行测定。

1.3.3 脂肪酸测定 气相色谱条件: 色谱柱(30 m×0.32 mm×0.25 μm); 升温程序: 初始温度为 150 °C, 保持 1 min, 以 5 °C/min 升至 190 °C, 保持 20 min, 进样量 1 μL, 分流比 1:10; 柱流速 1 mL/min, 进样口温度 220 °C, 检测器温度为 220 °C。

2 结果与分析

2.1 不同种山核桃脂肪酸组成比较

2.1.1 不同种山核桃饱和脂肪酸含量及组成的比较 山核桃饱和脂肪酸由棕榈酸(16:0 Palmitic)和硬脂酸(18:0 Stearic)组成。由表 2 可见, 山核桃棕榈酸含量最高的产地是大别山山核桃, 为 4.96%, 最低的是浙江山核桃, 为 4.18%。方差分析表明, 大别山山核桃与浙江山核桃品种间的棕榈酸含量差异不显著 ($P<0.05$)。硬脂酸含量最高的是湖南山核桃, 为 3.48%, 最低的是大别山山核桃, 为 1.27%。方差分析表明, 湖南山核桃与大别山山核桃品种间的硬脂酸含量差异显著 ($P<0.05$)。饱和脂肪酸含量最高的是湖南山核桃, 为 7.92%, 最低的是浙江山核桃, 为 5.89%, 浙江山核桃与湖南山核桃品种间的饱和脂肪酸含量差异显著 ($P<0.05$)。具体情况见表 2、表 3。

表 2 不同种山核桃脂肪酸组成多重比较

Tab.2 Multiple Comparisons of Fatty Acids in four species in *Carya* family

品种 Planting Area	脂肪酸组成/% Fatty acid composition						
	棕榈酸 Palmitic acid	棕榈烯酸 Palmitoleic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linolei acid	亚麻酸 Linolenic acid	顺-11-二 十碳烯酸 Arachido nic acid
浙江山核桃 <i>C.cathayensis</i>	4.27±0.10 a	0.08±0.03a	1.62±0.19bc	67.65±2.63b	23.95±2.46 a	1.81±0.17a	0.12±0.02 b
湖南山核桃 <i>C.hunanensis</i>	4.44±0.22 a	0.08±0.08a	3.48±0.21a	66.35±1.71b	24.08±1.53 a	1.13±0.06b	0.07±0.06 b
大别山山核桃 <i>C.dabieshanensis</i>	4.96±0.18 a	0.05±0.04a	1.27±0.02c	79.56±0.24a	12.83±0.24 b	1.02±0.05b	0.13±0.03 b
美国山核桃 <i>C.illinoensis</i>	5.00±0.60 a	0.04±0.04a	1.98±0.36b	63.46±5.98b	26.31±5.72 a	1.34±0.27b	0.22±0.05 a
均值 Mean value	4.81±0.59	0.05±0.04	1.94±0.52	65.38±6.35	24.96±5.7 3	1.41±0.33	0.18±0.0 7
变异系数/% CV	12.05	80	26.89	9.70	22.96	23.06	37.42

同一列标注不同字母者差异显著(SNK 法多重比较, $P<0.05$)。Means indicated by different letters within same column are statistically significant (Student-Newman-Keuls's multiple range test, $P<0.05$).

2.1.2 不同种山核桃单不饱和脂肪酸含量及组成的比较 核桃单不饱和脂肪酸由棕榈烯酸(16:1Δ⁹c Palmitic)和油酸(18:1Δ⁹c Oleic)组成。由表 2 可见, 棕榈烯酸含量最高的是浙江山核桃和湖南山核桃, 为 0.08%, 最低的是美国山核桃, 为 0.04%, 3 种山核桃品种间的棕榈烯酸含量差异不显著。油酸含量最高的是大别山山核桃, 为 79.56%, 最低的是美国山核桃, 为 63.46%, 大别山山核桃和美国山核桃品种间的油酸含量差异显著 ($P<0.05$)。单不饱和脂肪酸含量最高的是大别山山核桃, 为 79.61%, 最低的是美国山核桃, 为 65.39%, 大别山山核桃和美国山核桃品种间的油酸含量差异显著 ($P<0.05$)。具体情况见表 2、表 3。

2.1.3 不同种山核桃多不饱和脂肪酸含量及组成的比较 山核桃多不饱和脂肪酸由亚油酸(18:2Δ⁹c, 12c linoleic)、亚麻酸(18:3Δ⁹c, 12c, 15c linolenic)和花生四烯酸(20:4~5c, 8c, 11c, 14c arachidoni)组成。由表 2 可知, 亚油酸含量最高的是美国山核桃, 为 26.31%, 含量最低的是大别山山核桃, 为 12.83%, 美国山核桃和大别山山核桃品种间亚油酸含量差异显著 ($P<0.05$)。亚麻酸含量最高的是浙江山核桃, 为 1.81%, 最低的是大别山山核桃, 为 1.02%, 浙江山核桃和大别山山核桃品种间的亚麻酸含量差异显著 ($P<0.05$)。花生四烯酸含量最高的是美国山核桃, 为 0.22%, 最低的是湖南山核桃, 为 0.07%, 美国山核桃和湖南山核桃产地间的花生四烯酸含量差异显著 ($P<0.05$)。多不饱和脂肪酸含量最高的是美

国山核桃, 为 25.92%, 最低的是大别山山核桃, 为 13.97%。具体情况见表 2、表 3。

2.1.4 不同种山核桃种仁含油率及脂肪酸组成类型比较 由表 3 可知, 湖南山核桃的总脂肪含量最高, 为 63.88%, 最低的是大别山山核桃, 为 51.00%, 方差分析结果表明, 大别山山核桃和湖南山核桃品种间的总脂肪含量差异显著 ($P<0.05$)。

表 3 不同种山核桃种仁含油率及脂肪酸组成类型比较

品种 Planting area	脂肪/% Fat	饱和脂肪酸 /% Saturated fatty acid	单不饱和脂肪酸/% Monounsaturated fatty acid	多不饱和脂肪酸/% Polyunsaturated fatty acid	不饱和脂肪酸/% Unsaturated fatty acid
浙江山核桃 <i>C.cathayensis</i>	62.72±1.79a	5.89±0.19c	67.72±2.64b	25.88±2.57a	93.62±0.55a
湖南山核桃 <i>C.hunanensis</i>	63.88±0.55a	7.92±0.12a	66.43±1.78b	25.27±1.64a	91.71±0.21b
大别山山核桃 <i>C.dabieshanensis</i>	51.00±0.70b	6.23±0.17c	79.61±0.21a	13.97±0.23b	93.59±0.02a
美国山核桃 <i>C.illinoensis</i>	53.04±1.82b	6.94±0.48b	65.39±4.70b	25.92±4.48a	91.31±0.40b
均值 Mean value	59.83±5.32	6.38±0.77	68.91±5.21	24.1±4.88	93.01±1.07
变异系数/% CV	8.89	12.14	7.56	20.28	1.15

同一行标注不同字母者差异显著(SNK 法多重比较, $P<0.05$)。Means indicated by different letters within same lines are statistically significant (Student-Newman-Keuls' s multiple range test, $P<0.05$)。

2.2 薄壳山核桃不同无性系种仁含油率及脂肪酸组成

从 1986 年开始, 中国林科院亚热带林业研究所所在亚热带各地建立试验点, 其中浙江省余杭区长乐林场西山基地是最早开始薄壳山核桃新一代品种材料引进嫁接、栽培地之一。试验点内共收集了 93 个无性系, 本试验随机选择了 23 个无性系作为研究对象。23 个薄壳山核桃无性系核仁(干核仁)平均含油率为 56.70%, 最高是无性系 30 号(65.40%), 最低是无性系 44 号(45.36%), 变异系数为 9.25%, 其中干仁含油率在 60%以上有 4 个无性系, 介于 50%与 60%之间有 17 个无性系, 其余 2 个无性系都在 50%以下。

薄壳山核桃脂肪酸主要由饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸组成, 共检测分析出 7 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 2 种, 包括棕榈酸和硬脂酸; 不饱和脂肪酸 5 种, 包括棕榈烯酸、油酸、亚油酸和顺-11-二十碳烯酸。从表 2 可以看出, 各脂肪酸组成变异系数顺序为: 棕榈烯酸>顺-11-二十碳烯酸>亚油酸>亚麻酸>硬脂酸>油酸>棕榈酸。薄壳山核桃平均饱和脂肪酸为 6.80%, 变异系数为 7.66%, 其组成中, 平均棕榈酸为 4.88%, 最高为无性系 7 号(6.11%), 最低为无性系 41 号(4.03%), 变异系数为 10.92%; 平均硬脂酸为 1.92%, 最高为无性系 20 号(2.56%), 最低为无性系 3 号(1.31%), 变异系数为 17.33%。23 个薄壳山核桃无性系的平均不饱和脂肪酸为 91.40%, 变异系数为 1.43%, 在不饱和脂肪酸组成中, 油酸含量最高, 其次是亚油酸、棕榈酸、亚麻酸、顺-11-二十碳烯酸, 含量最低的是棕榈烯酸。其中平均油酸为 62.19%, 最高为无性系 21 号(70.72%), 最低为无性系 7 号(41.40%), 变异系数为 11.04%; 平均亚油酸为 27.57%, 最高为无性系 7 号(47.07%), 最低为无性系 41 号(19.39%), 变异系数为 23.79%; 平均亚麻酸为 1.39%, 最高为无性系 41 号(2.13%), 最低为无性系 26 号(0.87%), 变异系数为 22.72%; 平均顺-11-二十碳烯酸为 0.20%, 最高为无性系 41 号(0.40%), 最低为无性系 7 号(0.15%), 变异系数为 24.29%; 平均棕榈烯酸为 0.05%, 最高为无性系 21 号(0.12%), 其中没检测出棕榈烯酸的有无性系 30 号、31 号、33 号、35 号、42 号、48 号, 变异系数为 75.36%。

2.3 不同采样地浙江山核桃含油率及脂肪酸组成

在浙江山核桃中共检测分析出 7 种脂肪酸, 从表 5 可以看出, 各脂肪酸组成变异系数大小顺序为: 棕榈烯酸、顺-11-二十碳烯酸、硬脂酸、亚油酸、亚麻酸、油酸、棕榈酸。浙江山核桃平均饱和脂肪酸为 6.19%, 其组成成分中, 棕榈酸平均含量为 4.37%, 最高为采自淳安(4.40%), 建德(4.40%)的山核桃样品, 最低为富阳山核桃样品(4.30%), 变异系数为 2.33%; 硬脂酸平均含量为 1.82%, 最高为富阳山核桃样品(2.00%), 最低为淳安山核桃样品(1.66%), 变异系数为 11.80%。4 个产地浙江山核桃平均不饱和脂肪酸为 92.9%, 在不饱和脂肪酸组成中, 油酸含量最高, 其次是亚油酸、棕榈酸、亚麻

酸、顺-11-二十碳烯酸,含量最低的是棕榈烯酸。油酸平均含量为 66.92%,最高为富阳样品(69.09%),最低为宁国样品(62.98%),变异系数为 3.89%;亚油酸平均含量为 23.84%,宁国样品(27.58%)最高,富阳样品(21.71%)最低,变异系数为 10.27%;亚麻酸平均含量为 1.81%,最高为宁国样品(2.01%),最低为富阳样品(1.60%),变异系数为 9.10%;平均顺-11-二十碳烯酸为 0.22%,最高为建德样品(0.33%),最低为淳安样品(0.14%),变异系数为 14.55%;平均棕榈烯酸为 0.11%,各个产地间棕榈烯酸含量变化不大,变异系数仅为 2.33%。从上述数据中可知,脂肪酸含量差异是有规律的,饱和脂肪酸含量随着纬度增加而减少;单不饱和脂肪酸含量和多不饱和脂肪酸含量随着纬度增加而增加,随着经度增加而减少。

表4 余杭长乐林场薄壳山核桃种仁含油率及脂肪酸组成

Tab.4 Oil content and fatty acid composition in *C. illinoensis* Koch from Changle forestry centre

无性系 号 NO. of clone	含油率 (干仁) Oil content of /%	脂肪酸组成/% Fatty acid composition						
		棕榈酸 Palmitic acid	棕榈烯酸 Palmitoleic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	顺-11-二十 碳烯酸 Arachidonic acid
Y1	54.45	4.81	0.08	2.14	65.31	24.52	1.19	0.21
Y3	53.68	5.09	0.06	1.31	60.09	30.50	1.20	0.17
Y7	50.98	6.11	0.09	1.42	41.40	47.07	1.94	0.15
Y11	55.52	5.80	0.08	1.72	64.61	25.19	1.04	0.22
Y12	56.88	5.03	0.09	1.78	65.27	24.52	1.30	0.21
Y19	61.51	4.86	0.07	2.19	57.27	32.24	1.40	0.16
Y20	51.72	5.80	0.09	2.56	60.21	28.03	1.42	0.19
Y21	51.19	4.09	0.12	2.16	70.72	19.63	1.41	0.20
Y22	57.41	4.97	0.07	1.66	54.62	35.18	1.64	0.16
Y26	63.39	4.73	0.05	1.42	68.44	22.80	0.87	0.20
Y29	59.31	4.98	0.05	1.80	63.66	27.37	1.19	0.20
Y30	65.40	4.55	0	2.06	67.15	23.54	1.19	0.17
Y31	59.71	5.01	0	1.78	56.02	33.70	1.71	0.17
Y33	58.52	4.29	0	2.27	63.80	26.39	1.44	0.16
Y34	54.76	4.25	0.05	1.76	66.44	24.37	1.23	0.20
Y35	59.33	4.98	0	1.82	68.80	21.42	1.27	0.22
Y37	58.03	5.02	0.07	1.98	60.64	29.48	1.46	0.20
Y41	59.02	4.03	0	1.99	64.38	19.39	2.13	0.40
Y42	57.83	4.73	0	2.21	65.35	24.55	1.49	0.21
Y44	45.36	5.26	0.07	1.75	48.43	40.16	2.01	0.18
Y46	64.97	5.05	0.05	1.65	66.23	25.74	1.05	0.22
Y47	59.20	4.32	0.05	2.54	65.85	24.20	1.14	0.22
Y48	45.93	4.46	0	2.15	65.71	24.19	1.30	0.20
均值 Mean value	56.70	4.88	0.05	1.92	62.19	27.57	1.39	0.20
变异 幅度	45.36~65.40	4.03~6.11	0~0.12	1.31~2.56	41.40~70.72	19.39~47.07	0.87~2.13	0.15~0.40
变异 系数 CV/%	9.25	10.92	75.36	17.33	11.04	23.79	22.72	24.29

3 结论

(1)不同种山核桃含油率存在显著差异。以湖南山核桃为最高,达 63.88%;浙江山核桃次之,为

62.72%；最低的是大别山山核桃，为51.00%；薄壳山核桃含油率大多在50%~60%。

(2)在4个种山核桃脂肪酸检测出饱和脂肪酸2种，不饱和脂肪酸5种。不同种山核桃脂肪酸组成变异系数大小顺序不尽相同，种间油酸的变异最小。

表5 浙江山核桃含油率及脂肪酸组成
Tab.5 Oil content and fatty acid composition in *C. cathayensis* Sarg

产地 NO. of clone	含油率 (干仁) Oil content of/%	脂肪酸组成 Fatty acid composition/%						
		棕榈酸 Palmitic acid	棕榈烯酸 Palmitoleic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linolei acid	亚麻酸 Linolenic acid	顺-11-二十 碳烯酸 Arachidonic acid
淳安 Chun'an	62.83	4.40	0.10	1.66	67.56	23.43	1.89	0.14
富阳 Fuyang	63.98	4.30	0.12	2.00	69.09	21.71	1.60	0.22
建德 Jiande	63.88	4.40	0.12	1.80	68.06	22.63	1.76	0.33
宁国 Ningguo	63.53	4.39	0.10	1.84	62.98	27.58	2.01	0.17
均值 Mean value	63.56	4.37	0.11	1.82	66.92	23.84	1.81	0.22
变异 幅度	61.55~65.37	4.09~4.42	0.04~0.12	1.37~1.97	62.46~70.14	21.53~28.76	1.46~2.04	0.10~0.16
变异系 数/% CV	1.72	2.33	36.08	11.80	3.89	10.27	9.10	14.55

(3) 山核桃饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸含量随着纬度增加而减少，多不饱和脂肪酸含量随着纬度增加而增加，随着经度增加而减少。不同产地山核桃脂肪酸组成变异系数大小顺序也不尽相同，变异系数大小顺序为：棕榈烯酸、顺-11-二十碳烯酸、硬脂酸、亚麻酸、亚油酸、棕榈酸、油酸。

参考文献

- [1] 吕芳德,黄菁.山核桃属植物研究进展[J].经济林研究,2005,23(2):72-75.
- [2] 樊卫国,安华明,龙令炉,等.野生湖南山核桃的营养成分研究[J].中国野生植物资源,2007,26(5):64-65.
- [3] 吕惠进,刘伯根.浙西皖南山核桃资源及其开发利用[J].生态经济,2005(5):97-101.
- [4] 王正加,黄有军,郭传友,等.大别山山核桃种群遗传多样性研究[J].植物生态学报,2006,30(3):534-538.
- [5] 胡芳名,谭晓风,刘惠民,等.中国主要经济树种栽培与利用[M].北京:中国林业出版社,2006:66-71.
- [6] 姚小华,王开良,任华东,等.薄壳山核桃优新品种和无性系开花物候特性研究[J].江西农业大学学报,2004,26(5):675-680.
- [7] 侯冬培,习学良,石卓功.我国薄壳山核桃研究概况[J].山东林业科技,2007,36(4):53-55.
- [8] 章亭洲.山核桃的营养、生物学特性及开发利用现状[J].食品发酵与工业,2006,32(4):90-93.
- [9] 周先锋,徐迎碧,殷彪,等.山核桃种仁油脂提取研究[J].粮油加工,2005,36(7):48-57.
- [10] 钱新标,徐温新.山核桃果仁微量元素分析初报[J].浙江林学院学报,2009,26(4):515-515.
- [11] 郭传友,黄坚钦,王正加.大别山山核桃天然群体遗传结构的初步分析[J].激光生物学报,2007,16(5):589-594.
- [12] 郭传友,黄坚钦,王正加.大别山山核桃果实品质与土壤性质的相关分析[J].经济林研究,2006,24(4):19-22.
- [13] 常君,杨水平,姚小华,等.美国山核桃果实性状变异规律研究[J].林业科学研究,2008,21(1):44-48.
- [14] 李川,姚小华,王开良,等.12个薄壳山核桃无性系果(核)性状以及产量的比较[J].西南大学学报:自然科学版,2011,33(6):1-5.
- [15] 常君,姚小华,王开良,等.不同无性系美国山核桃种子对其苗木根系生长影响的研究[J].西南师范大学学报:自然科学版,2009,34(1):109-114.