

10 个不同品种的薄壳山核桃脂肪含量及脂肪酸组成分析

俞春莲¹, 王正加¹, 夏国华¹, 黄坚钦¹, 刘力²

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 理学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 以 10 个不同品种薄壳山核桃 *Carya illinoensis* 为试材, 采用气相色谱法, 测定不同品种的薄壳山核桃的脂肪相对含量及脂肪酸组成成分。测定结果表明: 核桃仁中的脂肪相对含量为 69.11%~78.19%, 出仁率为 36.79%~59.47%, 脂肪中不饱和脂肪酸 > 90.00%, 其中以油酸最高, 其次是亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、亚麻酸、花生酸, 且油酸和亚油酸存在极显著负相关关系 ($P < 0.01$), 不同品种的薄壳山核桃油脂脂肪酸组成相同, 但脂肪酸相对含量有显著差异 ($P < 0.05$), 其单不饱和脂肪酸(油酸)相对含量为 73.01%~58.76%; 多不饱和脂肪酸以亚油酸为主, 相对含量为 32.20%~19.69%, 且出油率与出仁率呈极显著的正相关关系 ($P < 0.01$), 同出籽率和果皮厚度没有明显的关系。图 3 表 3 参 12

关键词: 植物学; 薄壳山核桃; 品种; 脂肪酸; 气相色谱法

中图分类号: S718.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2013)05-0714-05

Fat content and fatty acid composition of ten *Carya illinoensis* cultivars

YU Chunlian¹, WANG Zhengjia¹, XIA Guohua¹, HUANG Jianqin¹, LIU Li²

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Science, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: This work analyzed the fat composition and the fatty acid composition of ten *Carya illinoensis* (pecan) cultivars by using gas chromatography and a correlation analysis. Results showed that fat content between 69.11%~78.19% for all pecan kernels, including palmitic (C16:0), stearic (C18:0), oleic (C18:1), linoleic (C18:2), linolenic (C18:3), arachidic (C20:0). And kernel content of the seed ranged from 36.79%~59.49%. Fatty acid content was greater than 90.00% with oleic and linoleic percentages having a significant negative correlation ($r = -0.994\ 2$, $P < 0.01$). For pecan oils, the correlation analysis showed significant differences ($P < 0.05$) in the fatty acid contents. The mono unsaturated fatty acid (MUFA) content of the fat was 73.01%~58.76%; the polyunsaturated fatty acid (PUFA) content was 32.20%~19.69%. Also, oil yield and shelling percentage had a significant positive correlation ($r = 0.674\ 0$, $P < 0.01$); whereas, rate of seed and peel thickness was not significant. [Ch, 3 fig. 3 tab. 12 ref.]

Key words: botany; *Carya illinoensis* (pecan); cultivars; fatty acids; gas chromatography

薄壳山核桃 *Carya illinoensis*, 又名美国山核桃, 长山核桃, 原产北美大陆的美国和墨西哥北部, 是世界著名的优良干果油料树种^[1]。薄壳山核桃容易繁殖, 可嫁接、根插和枝插, 适宜在中国南方引种栽培^[2]。其坚果壳薄, 出仁率高, 果仁肥厚味美、无涩味, 在胡桃果树中品质最佳, 果仁油脂质量分数高达 $700\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 油脂中不饱和脂肪酸高达 $940\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 优于茶油 ($910\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) 和核桃油 ($890\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[3]; 由于不饱和脂肪酸可以降低血液中胆固醇和甘油三酯, 调节心脏功能, 降低血液黏稠度, 增加记忆力和思维能力^[4], 有利于人体健康, 因此薄壳山核桃油脂是一种珍贵的营养保健油。且各类脂肪酸在人体代谢

收稿日期: 2012-10-08; 修回日期: 2012-12-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30872047); 浙江省重大科技项目(2011C14010); 浙江省林业厅资助项目(2010B09); 杭州市科技局资助项目(20110332H21)

作者简介: 俞春莲, 从事经济林产品分析研究。E-mail: 540511537@qq.com。通信作者: 刘力, 教授, 从事林产化学与利用等研究。E-mail: Liuli582003@yahoo.com.cn

中都具有十分重要的生理作用，由于结构不同，功能也不大一样。单不饱和脂肪酸对心脑血管疾病有很强的预防作用，多不饱和脂肪酸能维持和促进机体正常生长发育^[5-6]，品种间单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量差异很大，因而有可能通过品种选育，开发功能性的薄壳山核桃品种。近年来，浙江农林大学、中国科学院植物研究所、中国林业科学研究院以及云南省林业科学研究院等单位积极开展薄壳山核桃引种、育种与推广栽培^[7]。浙江农林大学从 1978 年开始在浙皖等地引种了多个薄壳山核桃品种，通过引种和栽培实践，证明浙皖地区是薄壳山核桃的适生区。但要在浙皖山区大力发展薄壳山核桃，形成薄壳山核桃产业，首先要选育出优良品种进行繁育。为了选择在浙皖山区等地适生的优良品种，本实验对 10 个薄壳山核桃后代果实品质重要指标脂肪含量和脂肪酸组成进行了测定，为进一步研究和开发薄壳山核桃提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

样品采自浙江省和安徽省，共 10 个品种的薄壳山核桃果实(ZL18, ZL57, ZL58, ZL59, ZL60, ZL61 为薄壳山核桃嫁接品种；ZL5, ZL32, ZL63, ZL23 为薄壳山核桃实生品种)，样品具体见表 1。试验于 2010 及 2011 年 9 月末至 10 月初薄壳山核桃成熟期(果壳开裂时)进行采摘，各采 5 株，每树按东南西北 4 个方向在树冠外侧平均采样，采集健康饱满、无病虫害的 30 个果实样品。薄壳山核桃果实采回后将果皮剥去，取出果仁均匀混合并放入冰箱冷冻保存。测定时，将果仁放入 65 ℃烘箱烘干，粉碎供分析用。使用岛津公司生产的 GC-2014 型气相色谱仪，AccuStandard 公司生产的 AOCs007 脂肪酸标准品。

1.2 方法

1.2.1 粗脂肪测定 粗脂肪测定按照 GB/T 14488.1-2008 索氏抽提法进行测定，抽提剂用石油醚。

1.2.2 脂肪酸测定 索氏抽提法提取的薄壳山核桃油按(GB/T 17376-2008)酯交换法进行甲酯化，酯化完全后取 2 μL 注入色谱柱进行分析。气相色谱条件：毛细管色谱 (30 m×0.32 mm×0.25 μm)柱；FID 检测器；进样器温度为 235 ℃；检测器温度为 240 ℃；升程序升温：初始温度为 150 ℃，保持 2 min，5 ℃·min⁻¹ 升至 200 ℃，保持 10 min，2.5 ℃·min⁻¹ 升至 240 ℃，保持 10 min；载气：氮气；分流比：40：1；用面积归一化法定量。

1.3 数据分析

采用 SPSS 16.0 对不同品种薄壳山核桃的脂肪酸、果实性状等指标进行多重比较(采用 SNK)、相关性分析。运用 Excel 2003 对果实出仁率、粗脂肪相对含量等指标进行数据分析。

表 1 试验样品具体情况
Table 1 Experimental sample situation

样品号	品种	采样地点	采样时间/(年-月)
ZL5	‘常山 5 号’	浙江省常山油茶所	2010-09
ZL32	‘校内 1 号’	浙江农林大学校内	2010-09
ZL63	‘黄山 1 号’	安徽省黄山市	2010-09
ZL18	‘金华 1 号’	浙江省余杭长乐林场	2010-09
ZL23	‘横路’	浙江省临安横路武村	2010-09
ZL57	‘马旱’	浙江省新昌县	2011-10
ZL58	‘威斯顿’	浙江省新昌县	2011-10
ZL59	‘肖尼’	浙江省新昌县	2011-10
ZL60	‘特加斯’	浙江省新昌县	2011-10
ZL61	‘抛尼’	浙江省新昌县	2011-10

2 结果与分析

2.1 薄壳山核桃出仁率比较

对薄壳山核桃样品进行鲜果质量、果皮厚度、仁质量等的测定，并计算出仁率。其经济性状主要包括籽质量、仁质量、出仁率等，分析比较 10 个品种薄壳山核桃的出仁率。

由图 1 可以看出：10 个薄壳山核桃出仁率最高的是‘威斯顿’，高达 59.47%；最低的为‘特加斯’，只有 36.79%。仅考虑出仁率的高低，若引种‘威斯顿’则果实的产量将会提高，相对其他品种有优势。10 个品种的薄壳山核桃出仁率的平均值为 47.01%，且经方差分析不同品种间的出仁率存在显著差异($P<0.05$)。

2.2 薄壳山核桃粗脂肪相对含量比较

2.2.1 不同品种的粗脂肪相对含量比较 由图 2 可见：10 个品种的薄壳山核桃中粗脂肪相对含量的平均值为 71.78%，其中校内 1 号的最高达 78.41%，最低的品种为‘特加斯’，为 69.11%，但 10 个品种油脂相对含量均较高；在浙江新昌采集的 5 个品种的薄壳山核桃(‘威斯顿’‘抛尼’‘肖尼’‘特加斯’‘马早’)粗脂肪平均相对含量为 70.73%，极差为 3.76%，其余不同地点采集的 5 个品种薄壳山核桃粗脂肪相对含量平均为 72.84%，极差为 8.04%。经 t 检验，2 组数据并无明显差异，说明地理位置对粗脂肪相对含量无明显的影

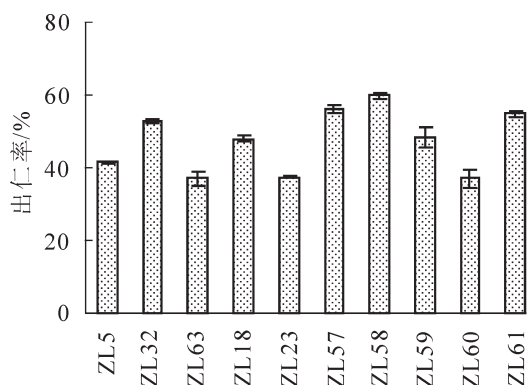


图 1 10 个不同品种薄壳山核桃的出仁率比较

Figure 1 Kernel ratio in different pecans

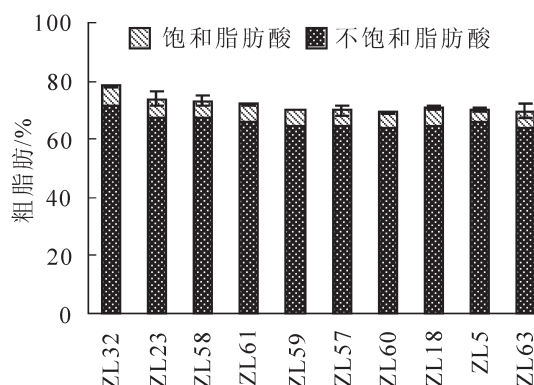


图 2 不同品种薄壳山核桃粗脂肪相对含量比较

Figure 2 Fatty acid composition of different pecans

2.2.2 不同品种薄壳山核桃中不饱和脂肪酸相对含量的比较 在 10 个不同品种薄壳山核桃油脂中主要检测出 6 种脂肪酸，不饱和脂肪酸有油酸、亚油酸、亚麻酸，饱和脂肪酸有棕榈酸、硬脂酸、花生酸。由图 2 可见，10 个不同品种不饱和脂肪酸(UFA)相对含量最高的为‘校内 1 号’(71.94%)，总不饱和脂肪酸相对含量的平均值高达 91.88%；饱和脂肪酸(SFA)相对相对含量最高的为横路(6.65%)，总饱和脂肪酸相对含量的平均值低于 8.12%。

2.3 不同品种间各种脂肪酸的比较

2.3.1 不同品种薄壳山核桃脂肪酸相对含量及组成的比较 10 个不同品种的薄壳山核桃中脂肪酸检测结果表 2，其脂肪酸组成一致，有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸、花生酸共 6 种脂肪酸，薄壳山核桃脂肪酸中油酸和亚油酸占 90%以上，以油酸(C18:1)相对含量最高。

10 个品种油酸相对含量的平均值为 64.81%；油酸最高的是‘常山 5 号’，油酸相对含量为 73.01%，最

表 2 不同品种薄壳山核桃油脂中脂肪酸相对含量差异比较

Table 2 Fatty acid composition of different pecans

编号	脂肪酸相对含量/%					
	棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	花生酸
ZL5	3.84 ± 0.04 e	1.80 ± 0.04 c	73.01 ± 0.09 a	19.69 ± 0.06 g	1.44 ± 0.05 a	0.22 ± 0.02 cde
ZL32	6.16 ± 0.02 bc	1.82 ± 0.02 c	70.57 ± 0.01 b	20.77 ± 0.09 f	0.41 ± 0.01 e	0.27 ± 0.04 a
ZL63	6.74 ± 0.05 a	2.10 ± 0.03 b	62.34 ± 0.06 e	28.01 ± 0.14 c	0.57 ± 0.03 d	0.24 ± 0.02 abc
ZL18	6.72 ± 0.03 a	1.89 ± 0.04 c	59.83 ± 0.27 f	30.23 ± 0.38 b	1.14 ± 0.10 b	0.18 ± 0.02 e
ZL23	6.58 ± 0.04 a	2.27 ± 0.13 a	62.35 ± 0.09 e	28.00 ± 0.10 c	0.57 ± 0.01 d	0.25 ± 0.00 abc
ZL57	5.99 ± 0.01 c	1.61 ± 0.00 d	65.04 ± 0.72 d	25.96 ± 0.71 d	1.18 ± 0.02 b	0.22 ± 0.00 cde
ZL58	6.08 ± 0.16 bc	1.89 ± 0.04 c	65.03 ± 0.24 d	25.71 ± 0.13 d	1.07 ± 0.01 b	0.23 ± 0.02 abc
ZL59	6.21 ± 0.02 b	1.42 ± 0.01 e	58.76 ± 0.17 g	32.20 ± 0.14 a	1.22 ± 0.02 b	0.19 ± 0.00 deb
ZL60	6.28 ± 0.21 b	1.63 ± 0.03 d	63.83 ± 1.47 d	26.85 ± 1.54 cd	1.16 ± 0.18 b	0.22 ± 0.00 cde
ZL61	5.72 ± 0.11 d	2.14 ± 0.03 b	67.36 ± 0.68 c	23.65 ± 0.59 e	0.87 ± 0.03 c	0.27 ± 0.00 ab

说明：同一列肩标不同字母者差异显著($P < 0.05$)。

低的为‘金华 1 号’(59.83%)和‘黄山 1 号’(62.34%)。10 个不同品种间油酸相对含量差异显著($P<0.05$)；含量其次的脂肪酸为亚油酸(C18:2)，相对含量的平均值为 26.11%，最高的‘金华 1 号’的亚油酸相对含量为 30.23%，显著高于‘常山 1 号’(19.69%)和‘校内 1 号’(20.77%)($P<0.05$)；油酸、亚油酸相对含量在 10 个不同品种间存在显著差异($P<0.05$)，但这 2 种不同脂肪酸之间存在极显著的负相关关系 ($P<0.01$)，而且这 2 种碳链为 18 的脂肪酸总量的相对含量基本不变。

2.3.2 不同品种薄壳山核桃单不饱和与多不饱和脂肪酸比较 组成薄壳山核桃不饱和脂肪酸的有 1 个单不饱和脂肪酸由油酸(C18:1)，2 个多不饱和脂肪酸亚油酸(C18:2)和亚麻酸(C18:3)。由图 3 可见：10 个不同品种单不饱和脂肪酸(油酸)相对含量为 73.01%~58.76%；多不饱和脂肪酸以亚油酸为主，相对含量为 32.20%~19.69%，亚麻酸相对含量较少，最高的是‘常山 5 号’，为 1.44%，最低的‘校内 1 号’，仅为 0.41%，品种间单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸相对含量差异很大。

2.4 不同品种间的主要经济性状相关性分析

表 3 中对果皮厚度和出仁率、出籽率、出油率进行了相关性分析，结果表明，出油率与出仁率存在极显著的正相关关系($P<0.01$)；同出籽率和果皮厚度没有明显的关系。果皮厚度与出籽率和出仁率都呈显著负相关关系($P<0.05$)。

表 3 不同品种薄壳山核桃经济性状的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of different pecans

项目	出籽率	果皮厚度	出仁率	出油率
出籽率	1			
果皮厚度	-0.476*	1		
出仁率	0.155	-0.499*	1	
出油率	-0.231	-0.349	0.674**	1

说明：* 为 0.05 水平上显著性相关(t 检验)；** 为 0.01 水平上显著性相关(t 检验)。

3 讨论

有关薄壳山核桃的引种、经济性状、脂肪酸分析研究报道很多，其薄壳山核桃油脂中脂肪酸的组成很一致，主要含有棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和花生酸^[8-10]，与本研究结果一致。各类脂肪酸在人体代谢中都具有十分重要的生理作用，结构不同，功能也不一样。如单不饱和脂肪酸对心脑血管疾病有很强的预防作用，而‘常山 5 号’的单不饱和脂肪酸相对含量最高为 73.01%，多不饱和脂肪酸维持和促进机体正常生长发育、在防治冠心病、糖尿病等疾病中起着重要作用。‘肖尼’的多不饱和脂肪酸相对含量最高，为 33.42%，因此，从营养学观念出发，如果单一开发某一功能，则应优先开发这 2 个品种的薄壳山核桃。以上实验中得到 10 个不同品种的薄壳山核桃油酸和亚油酸两者之和总相对含量占 90%以上，两者之间存在极显著差异($P<0.01$)和极显著负相关关系($r=-0.994\ 2$, $P<0.01$)，而且这 2 种碳链为 18 的脂肪酸总量的相对含量基本不变，是否是不同品种间脂肪酸脱氢能力不同，使只有 1 个不饱和和键油酸和有 2 个不饱和键亚油酸比例不同，有待进一步研究，但脂肪酸相对含量可能受环境、基因等因素影响^[11]，且品种间单不饱和与多不饱和脂肪酸相对含量差异较大。赵书刚等^[12]研究表明，核桃营养品质与耐储性主要受油脂中脂肪酸相对含量和种类的影响，其中亚油酸、亚麻酸相对含量越高，典价越高，油脂越不稳定，越易氧化变质。因此，研究不同品种薄壳山核桃脂肪酸组成与相对含量对其充

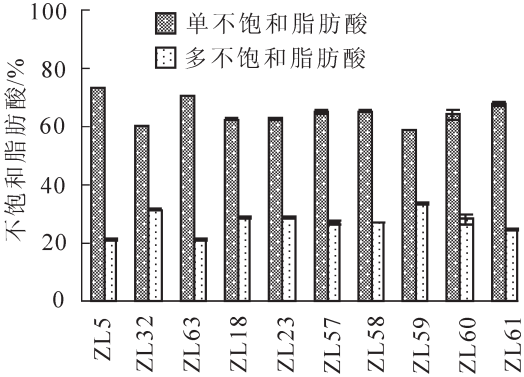


图 3 不同品种的薄壳山核桃单不饱和与多不饱和脂肪酸相对含量比较

Figure 3 Monounsaturated and polyunsaturated fatty acid content of different pecans

分利用其营养价值、指导生产实践有积极作用, 且对薄壳山核桃育种有一定指导意义。

参考文献:

- [1] 吴文龙, 闫连飞. 薄壳山核桃的引种栽培术[J]. 江苏林业科技, 2003, **30**(1): 11 – 13.
WU Wenlong, LÜ Lianfei. Cultivation of *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch as an exotic species cultivation[J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2003, **30**(1): 11 – 13.
- [2] 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.
YAO Xiaohua, WANG Kailiang, REN Huadong, *et al.* A study on flowering phenology of *Carya illinoensis* new varieties and clones in east China [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2004, **26**(5): 675 – 680.
- [3] 王海燕, 李睿. 功能性不饱和脂肪酸研究进展[J]. 肉类研究, 2010(12): 45 – 46.
WANG Haiyan, LI Rui. The research advance in polyunsaturated fatty acid [J]. *Meat Res*, 2010(12): 45 – 46.
- [4] 林小明, 李勇. 高级营养学[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2008: 16 – 33.
- [5] 张美莉. 食品功能成分的制备及其作用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 180 – 182.
- [6] 张日清, 李江, 吕芳德, 等. 我国引种美国山核桃历程及资源现状研究[J]. 经济林研究, 2003, **21**(4): 107 – 109.
ZHANG Riqing, LI Jiang, LÜ Fangde, *et al.* Historical survey of the introduced pecan tree in China: distribution and resource estimate [J]. *Nonword For Res*, 2003, **21**(4): 107 – 109.
- [7] 张日清, 吕芳德, 何方. 美国山核桃及其在我国的适应性研究[J]. 江苏林业科技, 2001, **28**(4): 45 – 47.
ZHANG Riqing, LÜ Fangde, HE Fang. The pecan tree and its adaptability in China [J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2001, **28**(4): 45 – 47.
- [8] 习学良, 范志运, 邹伟烈, 等. 10 个美国山核桃品种的引种研究初报[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23**(4): 382–387.
XI Xueliang, FAN Zhiyuan, ZOU Weilie, *et al.* Introduction of ten *Carya illinoensis* cultivars [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23**(4): 382 – 387.
- [9] PEREIRA J A, OLIVERIRA I, SOUSA A, *et al.* Bioactive properties and chemical composition of six walnut cultivars [J]. *Food Chem Toxicol*, 2008, **46**: 2103 – 2111.
- [10] OZRENK K, JAVIDIPOUR I, YARILGAC T, *et al.* Fatty acids, tocopherols, selenium and total carotene of pistachios (*P. vera* L.) from Diyarbakir (Southeastern Turkey) and walnuts (*J. regia* L.) from Erzincan (Eastern Turkey) [J]. *Food Sci Technol Int*, 2012, **18**: 55 – 62.
- [11] SAVAGE G P, DUTTA P C, MCNEIL D L. Fatty acid and to copherol contents and oxidative stability of walnut oils [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1999, **76**(9): 1059 – 1063.
- [12] 赵书岗, 赵悦平, 王红霞, 等. 核桃油脂理化特性与脂肪酸成分的研究[J]. 中国粮油学报, 2008, **23**(2): 85 – 88.
ZHAO Shugang, ZHAO Yueping, WANG Hongxia, *et al.* Physical/chemical characteristics and fatty acid composition of walnut oil [J]. *J Chin Cereals & Oils Assoc*, 2008, **23**(2): 85 – 88.