

云南引种 9 个品种美国山核桃营养成分分析

徐 田, 耿树香

(云南省林业和草原科学院, 昆明 650201)

摘要:为探究云南引种美国山核桃品种之间的品质差异,为其深加工和品种选育奠定理论基础,选择 9 个有代表性的美国山核桃品种,测定其种仁的粗蛋白质、粗脂肪、维生素 E、微量元素含量和脂肪酸组成,并对各指标进行相关性分析。结果表明:9 个品种的美国山核桃种仁粗蛋白质含量在 4.37~7.96 g/100 g 之间,平均值为 5.88 g/100 g;粗脂肪含量在 53.21%~74.91% 之间,平均值为 65.90%;维生素 E 含量在 0.89~1.22 mg/g 之间,平均值为 1.04 mg/g;9 个品种美国山核桃种仁 Zn、Fe、Ca 含量平均值分别为 0.068、0.118、0.514 mg/g, Pb 含量平均值为 0.115 μ g/g, 低于国标限值;9 个品种美国山核桃种仁脂肪酸组成基本一致,主要为油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、亚麻酸等;相关性分析表明各指标间均存在不同程度的正相关或负相关。不同品种美国山核桃在基本营养成分、脂肪酸组成及微量元素含量方面各有侧重,在精深加工过程中需要根据成品、配料、加工工艺等有针对性地选择,在品种培育方面,也可以根据各品种特点进行定向培养。

关键词:美国山核桃;云南;品种;营养成分

中图分类号:TS222+.1;TS201.4 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)02-0142-05

Nutritional components analysis of 9 main varieties of *Carya illinoensis* introduced in Yunnan

XU Tian, GENG Shuxiang

(Yunnan Academy of Forestry and Grassland Sciences, Kunming 650201, China)

Abstract: In order to explore the quality differences among the main varieties of *Carya illinoensis* introduced in Yunnan, and lay a theoretical foundation for their further processing and variety breeding, 9 representative varieties of *Carya illinoensis* were selected, and the contents of crude protein, crude fat, vitamin E, microelements and fatty acid composition of the kernel were determined, and correlation analysis on various indicators was conducted. The results showed that the crude protein content of 9 varieties of *Carya illinoensis* was 4.37–7.96 g/100 g, with an average value of 5.88 g/100 g; the crude fat content was 53.21%–74.91%, with an average value of 65.90%; the content of vitamin E was 0.89–1.22 mg/g, with an average value of 1.04 mg/g. The average values of Zn, Fe and Ca contents were 0.068, 0.118 mg/g and 0.514 mg/g, respectively; the average value of Pb content was 0.115 μ g/g, lower than the national standard limit value. The fatty acids composition of 9 varieties of *Carya illinoensis* was basically the same, and the order of their contents was oleic acid, linoleic acid,

palmitic acid, stearic acid, linolenic acid, etc. Correlation analysis showed that there was varying degrees of positive or negative correlation between various indicators. Different varieties of *Carya illinoensis* have their own emphasis on basic nutritional composition, fatty acid composition, and microelements content. In the process of deep processing of *Carya illinoensis*, targeted selection of different varieties is required based on

收稿日期:2022-10-31;修回日期:2023-10-11

基金项目:云南省重大科技专项计划项目(202202AE090007);云南省林业和草原局科技创新补助项目(K202222022)

作者简介:徐 田(1981),女,助理研究员,硕士,研究方向为经济林、竹类植物培育及其产品加工(E-mail)57687535@qq.com。

通信作者:耿树香,研究员,博士(E-mail)1016430670@qq.com。

the finished product, ingredients, processing technology, etc. In terms of variety cultivation, targeted cultivation can also be carried out based on the characteristics of each variety.

Key words: *Carya illinoensis*; Yunnan; variety; nutritional component

美国山核桃 [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] 为胡桃目胡桃科山核桃属高大乔木, 高可达 50 m, 胸径可达 2 m, 5 月开花, 9—11 月果成熟^[1]。美国山核桃原产北美洲, 目前在多个国家有分布, 且在我国多个省份有栽培^[1-2]。美国山核桃种仁含有丰富的蛋白质、脂肪及维生素 E 等营养物质, 其油脂中不饱和脂肪酸含量高, 具有改善血脂、减少心脏疾病风险的功效^[3]。此外, 美国山核桃与黑樱桃、美国黑核桃并列为三大优质硬阔叶用材树种^[2]。发展美国山核桃对缓解我国耕地紧张, 增加木本油料产量, 丰富市场产品, 改善食物结构, 发展山区农村经济以及美化环境和增加生物多样性均具有重要意义^[4]。

美国山核桃分布于我国浙江、江苏和云南等 22 个省份^[2], 云南是较适宜美国山核桃种植的区域, 于 20 世纪六七十年代引种栽培并不断扩大栽培范围^[4-6]。目前对美国山核桃在引种表现、物候观测、栽培技术、果实发育等方面的研究已有报道^[6-8]; 张金丽等^[9]对美国山核桃中蛋白质、多糖和水分含量进行比较分析; 本课题组前期对云南核桃和美国山核桃营养成分进行了对比分析^[10], 但所涉及美国山核桃品种较少。对于林产品产业发展, 精深加工是产业转型升级的重要手段, 筛选适宜云南高原山地的美国山核桃品种是首要之举。因此, 本研究以引种到云南种植的 9 个品种美国山核桃为研究对象, 测定其种仁营养成分、微量元素和脂肪酸组成等指标, 并进行相关性分析, 以期为美国山核桃优良品种和精深加工的筛选提供理论依据, 为促进云南美国山核桃产业发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 原料与试剂

在云南引种栽培区选取‘荣光’‘贝克’‘塞浦路斯’‘抛尼’‘密西西比 10 号’‘金华’‘肖尼’‘卡多’‘绍兴’9 个美国山核桃品种, 选择长势一致、健康、青皮有 3/4 开裂的成熟果进行采摘, 采集的每份样品色泽和成熟度均一致, 去除青皮后于 40℃ 烘干。

硫酸、乙酸、浓硝酸、高氯酸为优级纯; 硫酸铜、硫酸钾、石油醚等为分析纯; Zn、Ca、Fe、Pb 标准溶液 (1 000 μg/mL), 国家标准物质研究中心, 使用时

采用二次去离子超纯水稀释至所需浓度; D-α-生育酚琥珀酸酯 (纯度 98%), 上海麦克林生化科技股份有限公司。

1.1.2 仪器与设备

电子天平, 上海精密仪器仪表有限公司; 2SA 型电热恒温鼓风干燥箱, 扬州鸿都电子有限公司; HH-S 数显恒温水浴锅, 金坛市医疗仪器厂; GC-14C 气相色谱仪, LC-20AT 高效液相色谱仪, 日本岛津有限公司; 索氏提取器, 上海丛释实业仪器有限公司; Cary-100 紫外-可见分光光度计、AA-240 原子吸收分光光度计, 美国瓦里安有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 指标测定

依据 GB 5009.5—2016 测定粗蛋白质含量; 依据 GB 5009.6—2016 测定粗脂肪含量; 依据 GB 5009.82—2016 测定维生素 E 含量 (以 α-生育酚计); 依据 GB 5009.168—2016 测定脂肪酸组成; 依据 GB 5009.14—2017 测定 Zn 含量; 依据 GB 5009.90—2016 测定 Fe 含量; 依据 GB 5009.92—2016 测定 Ca 含量; 依据 GB 5009.12—2017 测定 Pb 含量。

1.2.2 数据分析

用 Excel 2010 和 WPS 2016 整理数据, 用 SPSS 26.0 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 9 个品种美国山核桃种仁的基本营养成分

2.1.1 粗蛋白质含量

9 个品种美国山核桃种仁粗蛋白质含量如图 1 所示。

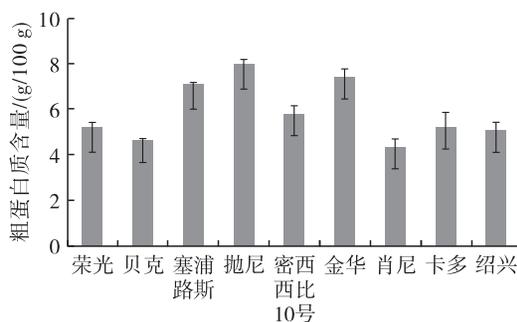


图 1 9 个品种美国山核桃种仁粗蛋白质含量

由图 1 可知, 9 个品种的美国山核桃种仁粗蛋白质含量在 4.37 ~ 7.96 g/100 g 之间, 平均值为

5.88 g/100 g, 变异系数为 22.09%, 其中‘抛尼’粗蛋白质含量最高, 为 7.96 g/100 g, ‘金华’次之, 为 7.48 g/100 g, ‘肖尼’最低, 为 4.37 g/100 g。

2.1.2 粗脂肪含量

9 个品种美国山核桃种仁粗脂肪含量如图 2 所示。

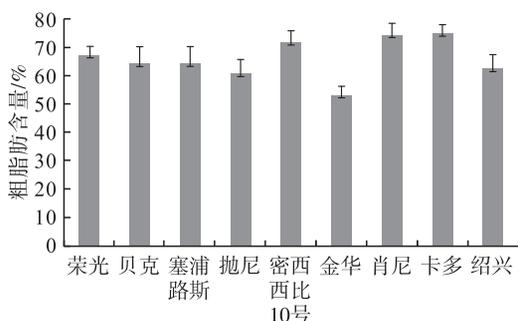


图 2 9 个品种美国山核桃种仁粗脂肪含量

由图 2 可知, 9 个品种美国山核桃种仁粗脂肪含量在 53.21% ~ 74.91% 之间, 平均值为 65.90%, 变异系数为 10.67%, 其中‘卡多’粗脂肪含量最高, 为 74.91%, ‘肖尼’次之, 为 74.37%, ‘金华’最低, 为 53.21%。

2.1.3 维生素 E 含量

9 个品种美国山核桃种仁维生素 E 含量如图 3 所示。

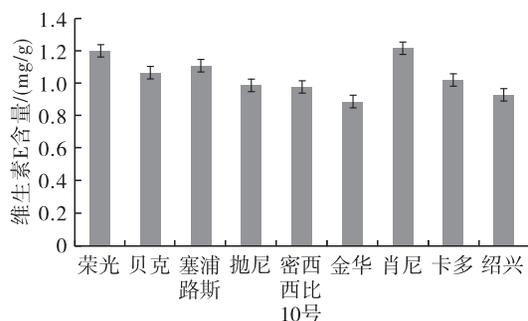


图 3 9 个品种美国山核桃种仁维生素 E 含量

由图 3 可知, 9 个品种美国山核桃种仁维生素 E 含量在 0.89 ~ 1.22 mg/g 之间, 平均值为 1.04 mg/g, 变异系数为 10.91%, 其中‘肖尼’维生素 E 含量最高, 为 1.22 mg/g, ‘荣光’次之, 为 1.20 mg/g, ‘金华’最低, 为 0.89 mg/g。

2.2 9 个品种美国山核桃种仁微量元素含量

Zn 是人体必需的微量金属元素, 也是人体内 RNA、DNA 及多种酶的重要组成成分, 与人的生存和健康密切相关^[11]。Fe 是人体内含量最高的必需微量营养元素, 是人体血红蛋白和肌红蛋白的组成部分, 参与人体氧的运输和储存, 还与多种酶的合成与活性密切相关^[11-12]。Ca 是人体中含量最丰富的

矿物质元素, 对人体生命起着至关重要的作用, 它是骨骼和牙齿主要成分, 参与神经肌肉的应激过程, 促进凝血酶的激活, 参与心肌的收缩与舒张过程, 调节多种酶活性^[13-14]。过量的 Pb 进入人体会损害器官并引发癌变, 并对骨骼发育造成很大影响^[15]。9 个品种美国山核桃种仁微量元素含量如图 4 所示。

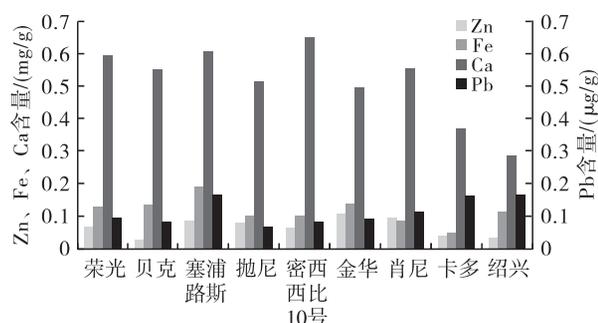


图 4 9 个品种美国山核桃种仁微量元素含量

由图 4 可知: 9 个品种美国山核桃种仁 Zn 含量平均值为 0.068 mg/g, 其中‘金华’最高, 为 0.109 mg/g, ‘贝克’最低, 为 0.029 mg/g, 变异系数为 41.16%; Fe 含量平均值为 0.118 mg/g, 其中‘塞浦路斯’最高, 为 0.192 mg/g, ‘卡多’最低, 为 0.051 mg/g, 变异系数为 33.30%; Ca 含量平均值为 0.514 mg/g, 其中‘密西西比 10 号’最高, 为 0.652 mg/g, ‘绍兴’最低, 为 0.287 mg/g, 变异系数为 22.8%; 9 个品种美国山核桃种仁 Pb 含量平均值为 0.115 μg/g, 其中‘绍兴’最高, 为 0.169 μg/g, ‘抛尼’最低, 为 0.065 μg/g, 变异系数为 35.36%。GB 2762—2022 中限定坚果类食物 Pb 含量不超过 0.2 μg/g, 9 个品种美国山核桃种仁均未超过国标限量。

2.3 9 个品种美国山核桃种仁脂肪酸组成

9 个品种美国山核桃种仁脂肪酸组成及相对含量见表 1。由表 1 可知, 除‘金华’未检测出月桂酸外, 9 个品种美国山核桃种仁中脂肪酸组成基本一致, 其含量由大到小顺序依次为油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、亚麻酸、花生一烯酸、花生酸、棕榈一烯酸、豆蔻酸、山萘酸、月桂酸。9 个品种美国山核桃种仁 $\omega-6$ 与 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸比例在 (14.7 ~ 25.2):1 之间; 9 个品种美国山核桃油酸相对含量为 63.838% ~ 77.516%, 变异系数 5.91%, ‘肖尼’‘卡多’油酸含量均超过 75%。自然条件下, 高油酸油脂氧化速率低, 理化性质稳定^[16], 因此美国山核桃油脂耐储存特点明显; 同时油酸具有选择性降低有害低密度脂蛋白胆固醇含量的作用^[16]。因此, 作为高油酸、耐储存油脂原料, 美国山核桃具有很大优势。

表1 9个品种美国山核桃种仁脂肪酸组成及相对含量

| 脂肪酸 | 荣光 | 贝克 | 塞浦路斯 | 抛尼 | 密西西比10号 | 金华 | 肖尼 | 卡多 | 绍兴 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 月桂酸(C12:0) | 0.005 | 0.005 | 0.038 | 0.008 | 0.004 | - | 0.011 | 0.005 | 0.003 |
| 豆蔻酸(C14:0) | 0.038 | 0.032 | 0.034 | 0.037 | 0.032 | 0.041 | 0.029 | 0.029 | 0.031 |
| 棕榈酸(C16:0) | 5.142 | 5.311 | 5.309 | 6.144 | 5.232 | 6.233 | 5.302 | 5.124 | 5.227 |
| 棕榈一烯酸(C16:1) | 0.082 | 0.089 | 0.111 | 0.112 | 0.080 | 0.126 | 0.093 | 0.102 | 0.085 |
| 硬脂酸(C18:0) | 2.152 | 2.157 | 2.223 | 1.803 | 2.368 | 1.888 | 2.160 | 2.078 | 2.080 |
| 油酸(C18:1) | 72.943 | 74.218 | 69.997 | 67.817 | 73.845 | 63.838 | 77.516 | 75.986 | 73.665 |
| 亚油酸(C18:2) | 18.005 | 17.020 | 21.054 | 22.824 | 17.233 | 26.347 | 13.656 | 15.447 | 17.577 |
| 亚麻酸(C18:3) | 1.222 | 0.769 | 0.861 | 0.906 | 0.825 | 1.190 | 0.878 | 0.873 | 0.947 |
| 花生酸(C20:0) | 0.114 | 0.119 | 0.114 | 0.102 | 0.110 | 0.106 | 0.106 | 0.112 | 0.108 |
| 花生一烯酸(C20:1) | 0.275 | 0.252 | 0.235 | 0.224 | 0.248 | 0.204 | 0.227 | 0.218 | 0.253 |
| 山嵛酸(C22:0) | 0.023 | 0.027 | 0.024 | 0.023 | 0.022 | 0.027 | 0.021 | 0.025 | 0.024 |
| 饱和脂肪酸(SFA) | 7.474 | 7.651 | 7.742 | 8.117 | 7.768 | 8.295 | 7.629 | 7.373 | 7.473 |
| 单不饱和脂肪酸(MUFA) | 73.300 | 74.559 | 70.343 | 68.153 | 74.173 | 64.168 | 77.836 | 76.306 | 74.003 |
| 多不饱和脂肪酸(PUFA) | 19.227 | 17.789 | 21.915 | 23.730 | 18.058 | 27.537 | 14.534 | 16.320 | 18.524 |
| $\omega-6$ PUFA/ $\omega-3$ PUFA | 14.7:1 | 22.1:1 | 24.5:1 | 25.2:1 | 20.9:1 | 22.1:1 | 15.6:1 | 17.7:1 | 18.6:1 |

注: -表示未检出

2.4 9个品种美国山核桃种仁的各项指标相关性分析

对9个品种美国山核桃种仁的月桂酸(X1)、豆蔻酸(X2)、棕榈酸(X3)、棕榈一烯酸(X4)、硬脂酸(X5)、油酸(X6)、亚油酸(X7)、亚麻酸(X8)、花生

酸(X9)、花生一烯酸(X10)、山嵛酸(X11)、粗脂肪(X12)、粗蛋白质(X13)、Zn含量(X14)、Fe含量(X15)、Ca含量(X16)16个指标进行相关性分析,结果如表2所示。

表2 9个品种美国山核桃种仁16个指标相关系数

| 项目 | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | X12 | X13 | X14 | X15 | X16 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|--------|--------|-----|
| X1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| X2 | -0.095 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| X3 | -0.169 | 0.708** | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| X4 | 0.244 | 0.516** | 0.780** | 1 | | | | | | | | | | | | |
| X5 | 0.280 | -0.520** | -0.810** | -0.685** | 1 | | | | | | | | | | | |
| X6 | -0.044 | -0.881** | -0.859** | -0.763** | 0.622** | 1 | | | | | | | | | | |
| X7 | 0.062 | 0.871** | 0.845** | 0.763** | -0.615** | -0.997** | 1 | | | | | | | | | |
| X8 | -0.283 | 0.726** | 0.310 | 0.216 | -0.361 | -0.471* | 0.458* | 1 | | | | | | | | |
| X9 | -0.188 | -0.189 | -0.543** | -0.338 | 0.504** | 0.307 | -0.292 | -0.174 | 1 | | | | | | | |
| X10 | -0.021 | -0.101 | -0.576** | -0.767** | 0.493** | 0.389* | -0.371 | 0.050 | 0.474* | 1 | | | | | | |
| X11 | -0.139 | 0.237 | 0.228 | 0.334 | -0.261 | -0.331 | 0.348 | -0.006 | 0.043 | -0.201 | 1 | | | | | |
| X12 | 0.070 | -0.783** | -0.760** | -0.586** | 0.625** | 0.891** | -0.810** | -0.430* | 0.199 | 0.208 | -0.451* | 1 | | | | |
| X13 | 0.248 | 0.689** | 0.791** | 0.768** | -0.558** | -0.885** | -0.890** | 0.237 | -0.395* | -0.450* | 0.100 | -0.647** | 1 | | | |
| X14 | 0.283 | 0.546** | 0.580** | 0.596** | -0.252 | -0.556** | 0.531** | 0.416* | -0.456* | -0.439* | -0.190 | -0.297 | 0.560** | 1 | | |
| X15 | -0.597** | 0.490** | 0.154 | 0.240 | 0.122 | -0.506** | 0.516** | 0.164 | 0.280 | 0.193 | 0.206 | -0.577** | 0.360 | 0.305 | 1 | |
| X16 | 0.349 | 0.264 | 0.012 | -0.083 | 0.431* | -0.088 | 0.076 | -0.034 | 0.192 | 0.194 | -0.227 | 0.115 | 0.147 | 0.449* | 0.422* | 1 |

注: *、**分别表示在 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 水平显著相关

由表2可知,美国山核桃种仁16个指标相互间均存在不同程度的正相关或负相关。棕榈酸与豆蔻酸呈显著正相关;棕榈一烯酸与豆蔻酸、棕榈酸呈显著正相关;硬脂酸与豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸呈显著负相关;油酸与豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸呈

显著负相关,与硬脂酸呈显著正相关;亚油酸与豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸呈显著正相关,与硬脂酸、油酸呈显著负相关;亚麻酸与豆蔻酸、亚油酸呈显著正相关,与油酸呈显著负相关;花生酸与硬脂酸呈显著正相关,与棕榈酸呈显著负相关;花生一烯酸与硬脂

酸、油酸、花生酸呈显著正相关,与棕榈酸、棕榈一烯酸呈显著负相关;粗脂肪与硬脂酸、油酸呈显著正相关,与豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸、亚油酸、亚麻酸、山嵛酸呈显著负相关;粗蛋白质与豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸呈显著正相关,与硬脂酸、油酸、亚油酸、花生酸、花生一烯酸、粗脂肪呈显著负相关;Zn含量与豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸、亚油酸、亚麻酸、粗蛋白质呈显著正相关,与油酸、花生酸、花生一烯酸呈显著负相关;Fe含量与豆蔻酸、亚油酸呈显著正相关,与月桂酸、油酸、粗脂肪呈显著负相关;Ca含量与硬脂酸、Zn含量、Fe含量呈显著正相关。

3 结论

9个品种的美国山核桃种仁粗蛋白质含量在4.37~7.96 g/100 g之间,平均值为5.88 g/100 g;粗脂肪含量在53.21%~74.91%之间,平均值为65.90%;维生素E含量在0.89~1.22 mg/g之间,平均值为1.04 mg/g;Zn、Fe、Ca含量平均值分别为0.068、0.118、0.514 mg/g,Pb含量平均值为0.115 μg/g,低于国标限量值。9个品种美国山核桃种仁中脂肪酸组成基本一致,主要由油酸、亚油酸、棕榈酸、硬脂酸、亚麻酸组成;相关性分析结果表明各指标相互间均存在不同程度的正相关或负相关。

不同品种美国山核桃在基本营养成分、脂肪酸组成及微量元素含量方面各有侧重,在精深加工过程中需要根据成品、配料、加工工艺等有针对性地选择不同品种。在品种培育方面,也可以根据各品种特点进行定向培养,为特定加工产品提供特定品种。另外,稳定性是评价油脂较为重要的指标,9个品种美国山核桃油脂中高油酸含量是其稳定性的基础,‘肖尼’‘卡多’油酸含量高于其他品种,可作为高油酸品种来培育或开发。

参考文献:

[1] 吴征镒. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1979.
[2] 陈雪. 薄壳山核桃耐淹特性研究[D]. 南京:南京林业大学,2021.

[3] 于敏,徐宏化,王正加,等. 薄壳山核桃油成分及抗氧化性研究[J]. 中国粮油学报,2016,31(9):86-90.
[4] 张日清,吕芳德,张勛,等. 美国山核桃在我国扩大引种的可行性分析[J]. 经济林研究,2005,23(4):1-10.
[5] 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.
[6] 王祖芳,任华东,邓学院,等. 富源县薄壳山核桃引种初报[J]. 林业调查规划,2020,45(4):144-148.
[7] 周文君,李俊,刘祥,等. 湖南省30个薄壳山核桃新品种经济性状比较分析[J]. 江西农业大学学报,2021,43(4):807-816.
[8] 许梦洋,贾晓东,罗会婷,等. 6个薄壳山核桃品种的果实发育过程及果实结构和性状变化[J]. 植物资源与环境学报,2020,29(2):46-54.
[9] 张金丽,李靖,单显志,等. 美国山核桃不同引种品种蛋白质和多糖含量比较分析[J]. 西部林业科学,2018,47(4):85-87.
[10] 耿树香,宁德鲁,李勇杰,等. 云南省主栽核桃与美国山核桃品种营养成分分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2017,41(6):193-198.
[11] 马彦平,石磊,何源. 微量元素铁、锰、硼、锌、铜、钼营养与人体健康[J]. 肥料与健康,2020,47(5):12-17.
[12] 宋仲容,王林. 论人体中的化学元素[J]. 九江师专学报,1995,14(5):37-41.
[13] 王海霞,曾庆南,程平,等. 7个雷竹类型(种源)竹笋营养及矿质元素含量分析[J]. 南方林业科学,2019,47(5):36-39.
[14] 孟惠平,李冬莉,杨延哲. 钙与人体健康[J]. 微量元素与健康研究,2010,27(5):65-67.
[15] 赵镇俊. 重金属铅的化学形态及其食品安全探析[J]. 现代食品,2018(23):49-50,54.
[16] 苏俏,杨永庆,李玉荣,等. 高油酸花生籽仁发育过程中脂肪酸动态变化分析[J]. 河北农业大学学报,2023,46(4):1-7.