果 树 学 报 2020,37(11):1694-1700
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20200111

山核桃与大别山山核桃种仁营养成分比较分析

王江铭[1],饶 盈[2],郑永明[3],朱先富[4],黄坚钦[1],夏国华[1*]

([1]浙江农林大学,浙江临安 311300;[2]浙江省杭州市临安区天目山林场,浙江临安 311311;
[3]浙江省杭州市临安区林业局,浙江临安 311300;[4]金寨县富东生态农业开发有限公司,安徽金寨 237341)

摘 要:【目的】比较山核桃与大别山山核桃种仁一般营养成分、功能性成分、氨基酸、脂肪酸以及矿质元素含量的差异。**【方法】**对两种坚果种仁51种营养成分进行测定分析。**【结果】**山核桃与大别山山核桃种仁γ维生素E、单宁、角鲨烯、棕榈酸、Na和Zn含量存在极显著差异($p<0.01$);脂肪、天冬氨酸、苏氨酸、甘氨酸、胱氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、硬脂酸、亚麻酸、K、Ca和Mg含量存在显著差异($p<0.05$);其余营养成分无显著差异。**【结论】**山核桃种仁蛋白质、淀粉、α维生素E、氨基酸、多不饱和脂肪酸和矿质元素含量较高,单宁含量低;大别山山核桃种仁脂肪、可溶性糖、γ维生素E、总酚、角鲨烯和单不饱和脂肪酸含量较高,且变异丰富。

关键词:山核桃;大别山山核桃;种仁;营养成分

中图分类号:S664.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-9980(2020)11-1694-07

Comparative analysis of kernel nutrients between *Carya cathayensis* and *Carya dabieshanensis*

WANG Jiangming[1], RAO Ying[2], ZHENG Yongming[3], ZHU Xianfu[4], HUANG Jianqin[1], XIA Guohua[1*]

(*[1]Zhejiang Agriculture and Forestry University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; [2]Tianmushan Forest Farm of Lin'an District, Lin'an 311311, Zhejiang, China; [3]Forestry Bureau of Lin'an Distinct, Lin'an 311300, Zhejiang, China; [4]Jinzhai Fudong Ecologyl Agricultural Development Co., Ltd., Jinzhai 237341, Anhui, China*)

Abstract:【Objective**】** *Carya cathayensis* is an important economic and oil crop. Its kernel is rich in protein, fat, fatty acid, minerals and other nutrients, and thus has a high nutritional value. The kernel of *C. dabieshanensis* has high oleic acid and linoleic acid and low palmitic acid. At present, there is no systematic analysis of nutritional components in the two species. This study aims to provide the basic information about the nutritional components in the kernels of the two species, which is important for cross breeding and nutritional quality evaluation.**【**Methods**】**In Hangzhou city, Zhejiang province and Lu'an city, Anhui province, the main producing areas of *C. cathayensis* and *C. dabieshanensis*, respectively, 40 plants with strong growth were selected, and 5.0 kg fruit from each tree were sampled. The nut were dried and the shell was removed. The contents of general nutrients, functional components, amino acids, fatty acids and mineral elements in the kernels were determined and analyzed. Protein content was determined by spectrophotometry. Amino acid was determined with an amino acid analyzer. The contents of K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn and B were determined with atomic absorption spectrophotometry. The content of fat was determined with the Soxhlet extractor method and fatty acids using the internal standard method. Tannin was quantified with spectrophotometry method. Starch and soluble sugars were determined by anthranone colorimetry. Squalene was determined with gas chromatography and vitamin E with high performance liquid chromatography. Data were expressed as X±SE (mean ± standard

收稿日期:2020-04-13 接受日期:2020-07-01

基金项目:国家林业和草原局植物新品种测试指南(2016-LY-101);浙江省科技厅科技援助项(2020C26007);浙江省农业(果品)新品种选育重大科技专项(2016C02052-13);安徽省科技厅长三角科技创新联合攻关专项(202004G01020005)

作者简介:王江铭,男,在读硕士研究生,研究方向:植物资源利用。Tel:13065580625,E-mail:497409327@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel:13516725263,E-mail:zjfc_ghxia@126.com

error), and MS Excel 2016 software was used to draw the tables. Data analysis were performed using SPSS 25.0.【Results】(1) Fat content in *C. dabieshanensis* was significantly higher than in *C. cathayensis* ($p < 0.05$), and there was no significant difference in the contents of protein, starch and soluble sugars. (2) The contents of γ vitamin E, tannin and squalene in *C. dabieshanensis* were extremely significantly higher than in *C. cathayensis (*$p < 0.01$), and there was no significant difference in the contents of α vitamin E and total phenols. (3) The contents of total amino acids, essential amino acids and delicious amino acids in *C. cathayensis* were extremely significant higher than those in *C. dabieshanensis (*$p < 0.01$). Aspartic acid, threonine, glycine, cystine, valine, isoleucine, leucine and lysine were all significantly higher in *C. cathayensis* than in *C. dabieshanensis (*$p < 0.05$), and there was no significant difference in serine, glutamic alanine, methionine, tyrosine, phenylalanine, histidine, arginine and proline. (4) Monounsaturated fatty acids in *C. dabieshanensis* were significantly higher than in *C. cathayensis* ($p < 0.05$), while polyunsaturated fatty acids were the opposite, and there was no significant difference in total amount of unsaturated fatty acids and saturated fatty acids. Palmitic acid content in *C. dabieshanensis* was extremely significant higher than in *C. cathayensis (*$p < 0.01$); the stearic acid and linolenic acid in *C. cathayensis* were significantly higher than in *C. dabieshanensis (*$p < 0.05$), and there was no significant difference in arachidonic acid, palmitoleic acid, methyl *cis*-11-eicosenoate, oleic acid and linoleic acid. (5) The content of Zn in *C. dabieshanensis* was extremely significantly higher than in *C. cathayensis* ($p < 0.01$), and the content of Na in *C. cathayensis* was significantly higher than in *C. dabieshanensis* ($p < 0.05$). The contents of K, Ca and Mg were significantly higher in *C. cathayensis* ($p < 0.05$), and there was no significant difference in Fe, Cu, Mn, P and B.【Conclusion】The contents of protein, starch, α vitamin E, amino acid, polyunsaturated fatty acid and mineral element were higher but the content of tannin was lower in *C. cathayensis;* the contents of fat, soluble sugars, γ vitamin E, total phenol, squalene and monounsaturated fatty acid in *C. dabieshanensis* were higher with great variation. Therefore, *C. dabieshanensis* has a greater potential for breeding.

Key words: *Carya cathayensis; Carya dabieshanensis;* Kernel; Nutrients

山核桃（*Carya cathayensis*）和大别山山核桃（*C. dabieshanensis*）属胡桃科（Juglandaceae）山核桃属（*Carya* Nutt.）。山核桃主要分布在浙皖交界天目山区，包括临安、淳安、安吉、宁国、绩溪、歙县等县。种仁富含蛋白质、矿质元素、可溶性糖、脂肪及脂肪酸等营养成分[1-3]，其中的不饱和脂肪酸质量分数比被称为“液体黄金”的食用橄榄油还要高[4]，此外还含有多种对人体有益的必需氨基酸等，具有较好的营养、保健和药用价值[5]。大别山山核桃主要分布在皖湘豫三省交界的大别山山区，包括金寨、罗田、商城等县。种仁具有高油酸、高亚油酸、低棕榈酸的特点[6]。

目前对山核桃和大别山山核桃品质的研究集中在坚果表型、氨基酸成分和脂肪酸成分等方面[7-10]。张鹏等[11]对 4 种山核桃种仁的含油率、脂肪酸组成及含量进行了比较分析，但未研究种仁的其他营养成分。周红等[12]研究了新疆野核桃内 10 种不同果实类型的营养成分。刘力等[13]研究了山核桃种仁蛋白质及氨基酸含量，李财运等[14]用不同浓度的硒处理薄壳山核桃果实，测定其对果实品质的影响，但在营养成分对比分析方面两者没有进行系统性的研究。笔者对山核桃和大别山山核桃种仁一般营养成分、功能性成分、氨基酸、脂肪酸以及矿质元素含量等 51 种营养成分进行了测定和比较研究，旨在为两种山核桃种仁营养成分提供基本资料，同时为山核桃杂交育种、亲本选择和营养品质评价等提供科学依据。

1　材料和方法

1.1　材料

山核桃的取样地位于浙江省杭州市临安区（30°20′N，119°70′E）、淳安县（29°11′N，119°20′E）和安吉县（30°38′N，119°34′E）。大别山山核桃的取样地位于安徽省六安市金寨县（31°10′N，115°30′E）。在山

核桃和大别山山核桃的取样地内分别挑选40株树龄50 a(年)、生长健壮、无病虫害、光照充足的优良实生母树。在9月上旬采集充分成熟的果实,每株采集果实约为5.0 kg,用塑料网兜包装,在运输过程中随时通风、翻动,防止堆积发热霉变。带回实验室后风干并脱去果皮,取出种仁用于营养成分测定。

1.2 测定方法

试验按照国家标准方法进行测定:蛋白质含量测定参照GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》;氨基酸含量测定参照GB 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》[15];钙、钾、镁、锰、硼、铁、铜、锌、磷和钠含量测定参照GB 5009.268-2016《食品中多元素的测定》[16];脂肪含量测定参照GB 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》[17];脂肪酸含量测定参照GB 5009.168-2016《食品中脂肪酸的测定》[18];单宁含量测定参照NY/T 1600-2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定分光光度法》;总酚含量测定采用张春江等[19]的方法;淀粉和可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;角鲨烯含量测定参照LS/T 6120-2017《粮油检验植物油中角鲨烯的测定气相色谱法》;维生素E含量测定参照GB 5009.82-2016《食品中维生素A、D、E的测定》。

1.3 数据处理方法

数据采用Excel 2016软件进行计算和分析,百分比经反正弦平方根转化后用SPSS 25.0软件进行t检验。

2 结果与分析

2.1 山核桃与大别山山核桃种仁一般营养成分含量比较分析

两种山核桃种仁一般营养成分中(表1),山核桃变异较丰富,变异系数以淀粉最高(CV=52.80%),可溶性糖次之(CV=17.43%),脂肪含量变异系数最低(CV < 5%)。两种种仁的脂肪含量达到显著性差异(p < 0.05),其余成分无显著性差异。大别山山核桃种仁脂肪含量为67.07%,比山核桃高3.92%。

表1 山核桃与大别山山核桃种仁一般营养成分含量

Table 1 General nutrient contents in *C. cathayensis* and *C. dabieshanensis* %

指标 Index	山核桃 *C. cathayensis*	大别山山核桃 *C. dabieshanensis*
蛋白质 Protein	9.14±0.85	7.85±1.13
脂肪 Fat	64.54±2.03	67.07±2.80*
淀粉 Starch	4.11±2.17	3.01±0.84
可溶性糖 Soluble sugar	5.68±0.99	5.98±0.93

注:*和**分别表示差异显著(p < 0.05)和差异极显著(p < 0.01)。下同。

Note: * and ** mean significant difference at p < 0.05 and p < 0.01, respectively. The same below.

2.2 山核桃与大别山山核桃种仁功能性成分含量比较分析

两种山核桃种仁功能性成分中(表2),大别山山核桃变异较丰富,变异系数以角鲨烯最高(CV=28.99%),α维生素E次之(CV=27.08%)。两种种仁的γ维生素E、单宁和角鲨烯含量达到极显著性差异(p < 0.01),其余无显著性差异。大别山山核桃种仁γ维生素E、单宁和角鲨烯含量分别为267.60 mg·kg^{-1}、37 403.78 mg·kg^{-1}和312.63 mg·kg^{-1},比山核桃分别高10.81%、35.42%和95.06%。

表2 山核桃与大别山山核桃种仁功能性成分含量

Table 2 Functional components in *C. cathayensis* and *C. dabieshanensis* (mg·kg^{-1})

指标 Index	山核桃 *C. cathayensis*	大别山山核桃 *C. dabieshanensis*
α维生素E α vitamin E	13.50±1.90	9.60±2.60
γ维生素E γ vitamin E	241.50±20.20	267.60±48.70**
总酚 Total phenol	53 647.98±12 171.75	58 665.75±11 250.70
单宁 Tannin	27 620.73±4 450.34	37 403.78±7 200.88**
角鲨烯 Squalene	160.27±19.99	312.63±90.66**

2.3 山核桃与大别山山核桃种仁氨基酸含量比较分析

两种山核桃种仁氨基酸含量中(表3),大别山山核桃变异较丰富,变异系数以蛋氨酸最高(CV=28.57%),胱氨酸次之(CV=26.32%)。氨基酸总量(TAA)、必需氨基酸含量(EAA)和呈味氨基酸(DAA)达到极显著性差异(p < 0.01);天冬氨酸、苏氨酸、甘氨酸、胱氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸含量达到显著性差异(p < 0.05),其余均无显著性差异。山核桃种仁中TAA、EAA和DAA含量分别为9.35%、2.84%和3.69%,比大别山山核桃分别高27.21%、28.51%和26.80%。山核桃种仁中天冬氨酸、苏氨酸、甘氨酸、胱氨酸含量分别为0.87%、0.32%、0.45%和0.21%,比大别山山核桃分别高27.28%、23.07%、24.32%和10.52%;缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸和赖氨酸含量分别为0.44%、0.37%、0.64%和0.44%,比大别山山核桃分别高25.71%、

表 3　山核桃与大别山山核桃种仁氨基酸含量

Table 3　Amino acids in *C. cathayensis* and *C. dabieshanensis*　%

指标 Index	山核桃 *C. cathayensis*	大别山山核桃 *C. dabieshanensis*
天冬氨酸 Asp	0.87±0.08*	0.70±0.13
△苏氨酸 Thr	0.32±0.03*	0.26±0.05
丝氨酸 Ser	0.47±0.04	0.38±0.07
谷氨酸 Glu	1.92±0.21	1.48±0.32
甘氨酸 Gly	0.46±0.04*	0.37±0.07
丙氨酸 Ala	0.44±0.04	0.36±0.07
胱氨酸 Cys	0.21±0.04*	0.19±0.05
△缬氨酸 Val	0.44±0.04*	0.35±0.07
△蛋氨酸 Met	0.11±0.02	0.07±0.02
△异亮氨酸 Ile	0.37±0.03*	0.28±0.06
△亮氨酸 Leu	0.64±0.06*	0.51±0.10
酪氨酸 Tyr	0.30±0.04	0.23±0.05
△苯基丙氨酸 Phe	0.52±0.05	0.40±0.07
△赖氨酸 Lys	0.44±0.03*	0.34±0.05
组氨酸 His	0.24±0.02	0.18±0.03
精氨酸 Arg	1.19±0.14	0.95±0.21
脯氨酸 Pro	0.41±0.04	0.30±0.05
呈味氨基酸 DAA	3.69±0.37**	2.91±0.59
必需氨基酸 EAA	2.84±0.26**	2.21±0.42
氨基酸总量 TAA	9.35±0.95**	7.35±1.47

注：△为人体必需氨基酸。

Note: △ is the essential amino acid for human body.

32.14%、25.49%和29.41%。

2.4　山核桃与大别山山核桃种仁脂肪酸含量比较分析

两种山核桃种仁脂肪酸含量中（表4），大别山山核桃以亚油酸含量变异系数最高（*CV*=27.06%），山核桃以硬脂酸含量最高（*CV*=25.00%），棕榈酸含量最为稳定（*CV*=2.85%）。棕榈酸含量达到极显著性差异（$p < 0.01$）；多不饱和脂肪酸（PUFA）、单不饱和脂肪酸（MUFA）、硬脂酸和亚麻酸含量达到显著性差异（$p < 0.05$），其余无显著性差异。大别山山核桃种仁棕榈酸含量为5.86%，比山核桃高出19.35%。大别山山核桃种仁单不饱和脂肪酸为76.57%，比山核桃分别高出17.17%。山核桃种仁多不饱和脂肪酸含量为27.06%，比大别山山核桃高76.40%。山核桃种仁硬脂酸、和亚麻酸含量分别为2.32%和1.91%，比大别山山核桃分别高26.09%和60.50%。

表 4　山核桃与大别山山核桃种仁脂肪酸含量

Table 4　Fatty acids in *C. cathayensis* and *C. dabieshanensis*　%

指标 Index	山核桃 *C. cathayensis*	大别山山核桃 *C. dabieshanensis*
棕榈酸 C16:0	4.91±0.14	5.86±0.33**
硬脂酸 C18:0	2.32±0.58*	1.84±0.11
花生酸 C20:0	0.14±0.02	0.16±0.01
棕榈烯酸 C16:1	0.18±0.04	0.18±0.03
油酸 C18:1	65.17±4.34	76.39±4.21
亚油酸 C18:2	25.15±4.32	14.15±3.83
亚麻酸 C18:3	1.91±0.21*	1.19±0.24
顺-11-二十碳烯酸 C20:1	0.22±0.02	0.23±0.02
单不饱和脂肪酸 Monounsaturated fatty acids	65.35±4.38	76.57±4.24*
多不饱和脂肪酸 Polyunsaturated fatty acids	27.06±4.53*	15.34±4.07
饱和脂肪酸 Saturated fatty acids	7.37±0.93	7.86±0.45
不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acids	92.63±8.93	92.14±8.33

2.5　山核桃与大别山山核桃种仁矿质元素含量比较分析

两种山核桃种仁矿质元素含量中（表5），山核桃以Mn含量变异系数最高（*CV*=35.51%），大别山山核桃以Na含量最高（*CV*=35.04）。Na和Zn含量达到极显著性差异（$p < 0.01$），K、Ca和Mg含量达到显著性差异（$p < 0.05$），其余无显著性差异。山核桃种仁Na含量为7.11 mg·kg^{-1}，比大别山山核桃高14.30%。大别山山核桃种仁Zn含量为52.52 mg·kg^{-1}，比山核桃高1.41%。山核桃种仁K、Ca和Mg含量分别为3 235.48 mg·kg^{-1}、1 804.60 mg·kg^{-1}和1 405.03 mg·kg^{-1}，比大别山山核桃分别高11.00%、51.55%和6.10%。

表 5　山核桃与大别山山核桃种仁矿质元素含量

Table 5　Mineral contents in *C. cathayensis* and *C. dabieshanensis*　（mg·kg^{-1}）

指标 Index	山核桃 *C. cathayensis*	大别山山核桃 *C. dabieshanensis*
钾 K	3 235.48±421.80*	2 914.80±661.99
钙 Ca	1 804.60±234.04*	1 190.78±159.61
钠 Na	7.11±1.02**	6.22±2.18
镁 Mg	1 405.03±167.56*	1 324.30±223.58
铁 Fe	37.54±4.77	22.45±5.41
锌 Zn	51.79±6.66	52.52±11.98**
铜 Cu	10.49±1.98	11.68±1.89
锰 Mn	94.98±33.73	113.53±31.81
磷 P	2 814.18±264.49	2 393.80±247.40
硼 B	14.46±3.25	11.84±2.55

3 讨 论

坚果种仁内一般营养成分主要为蛋白质、脂肪、淀粉及可溶性糖。本研究发现，山核桃和大别山山核桃种仁中一般营养成分含量较高的是脂肪，其次是蛋白质和可溶性糖，淀粉含量相对较低，这与榛子[20]、杏仁[21]、腰果[22]等的营养成分类似。其中大别山山核桃种仁脂肪含量（67.07%）高于山核桃（64.54%），两者虽然相差较小（3.92%），但由于脂肪含量在山核桃和大别山山核桃种仁中非常稳定，变异系数分别为3.14%和4.17%，统计学上达到显著性水平。这与何国庆等[23]对山核桃的研究结果类似。而山核桃与大别山山核桃种仁蛋白质、淀粉和可溶性糖含量变异系数较大，所以差异不显著。由于山核桃和大别山山核桃都是天然实生繁殖群体，不同的单株间具有不同的基因型，受这些基因型差异的制约，不能够真实反映出两个群体间的差异。但是这些变异性较大的性状的存在，从另一方面说明大别山山核桃群体在选择育种方面具有较大的潜力。

种仁功能性成分包括维生素E、酚类化合物、单宁等[24]。单宁是导致种仁涩口的主要物质，其含量的高低直接影响着山核桃仁的风味，在食品工业有很高的应用价值[25]。目前已有学者对单宁和果实涩味关系进行了系统性的研究[26]，为今后的果实脱涩技术提供了理论支撑。本研究发现，山核桃和大别山山核桃种仁中功能性成分主要为维生素E、总酚、单宁和角鲨烯，大别山山核桃种仁γ维生素E、单宁和角鲨烯含量极显著高于山核桃，α维生素E和总酚含量无显著性差异。角鲨烯具有广泛的生物活性，对心血管具有保护作用，因此被广泛利用于医药领域[27]。以往角鲨烯的提取来源主要为深海鲨鱼，因野生鲨鱼来源有限，研究者逐渐将研究重点转向植物。研究发现大别山山核桃角鲨烯含量较高（312.63 $mg \cdot kg^{-1}$），远高于南瓜籽（30.00 $mg \cdot kg^{-1}$）[28]等种子，这为角鲨烯的提取提供了重要的种质资源。

本研究发现两种山核桃种仁中含量最多的矿质元素是K，含量最低的元素是Na，测定结果与李新委等[29]的研究结果基本一致。山核桃仁属于高钾低钠型食品。除此之外，含量较多的元素还有Ca和Mg，Ca是构成人体骨骼的主要元素，可以促进身体的新陈代谢；Mg负责调节神经系统，对于维持正常肌肉收缩有着重要作用。可见山核桃是人体必需矿质元素的来源食品。

山核桃种仁中含17种氨基酸，包含人体8种必需氨基酸中的7种。山核桃和大别山山核桃种仁的EAA/TAA的值分别为30.37%、30.07%，这与WHO/FAO规定的标准（40.00%）[30]差距较小。呈味氨基酸是评价植物味道的重要指标，主要包括天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸。山核桃和大别山山核桃种仁DAA/TAA的值分别为39.47%和39.59%，其中谷氨酸所占含量最高，分别占52.03%和50.86%。在人体所必需的氨基酸中，山核桃种仁亮氨酸含量最高，苯基丙氨酸次之，分别为0.64%和0.52%，比大别山山核桃分别高出25.49%和30.00%。必需氨基酸中的赖氨酸是肝和胆的组成成分，能够促进脂肪代谢，防止细胞退化等；蛋氨酸具有促进脾脏、胰脏及淋巴的作用；异亮氨酸参与胸腺、脾脏及脑下腺的调节与代谢；天冬氨酸具有抗疲劳、降血压等作用；精氨酸具有促进生长发育和增强细胞免疫力等作用[31-33]，因此青少年食用适量的山核桃仁有利于生长发育。

山核桃种仁中具有丰富的饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。不饱和脂肪酸是大脑组织细胞的主要结构脂肪，具有预防心血管疾病和改善内分泌等作用[34]。山核桃种仁中的脂肪酸营养价值主要取决于单不饱和脂肪酸（油酸）的含量，山核桃与大别山山核桃的不饱和脂肪酸含量平均值为92.63%和92.14%，高于南疆杏仁85.50%的平均脂肪酸含量[35]。根据本试验对山核桃和大别山山核桃种仁脂肪酸组成结构分析认为，两种坚果种仁的脂肪酸组成成分及含量与当前国际公认的高档植物油相当，因此，山核桃和大别山山核桃均可作为优质食用植物油资源予以开发。

4 结 论

山核桃种仁蛋白质、淀粉、氨基酸、多不饱和脂肪酸和矿质元素含量较高，单宁含量低；大别山山核桃种仁脂肪、可溶性糖、γ维生素E、总酚、角鲨烯和单不饱和脂肪酸含量较高并且变异丰富，良种选育的潜力更大。

参考文献 References：

[1] 常君，任华东，姚小华，王开良，周燕，周振琪 . 山核桃不同无性系果实性状及营养成分分析[J]. 林业科学研究，2017，30

(1)：166-173.
CHANG Jun，REN Huadong，YAO Xiaohua，WANG Kailiang，ZHOU Yan，ZHOU Zhenqi. Nut fruit characteristics and nutrients of *Carya cathayensis* clones[J]. Forest Research，2017，30(1)：166-173.

[2] 夏玉洁，姚小华，任华东，王开良，常君，傅松玲，滕建华，邵慰忠 .22 个山核桃无性系果实营养成分的比较分析[J]. 中国粮油学报，2018，33(4)：49-55.
XIA Yujie，YAO Xiaohua，REN Huadong，WANG Kailiang，CHANG Jun，FU Songling，TENG Jianhua，SHAO Weizhong. Comparative analysis of the nutritional components of 22 *Carya cathayensis* clones[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association，2018，33(4)：49-55.

[3] 钱新标，徐温新，张圆圆，窦春英，叶正钱 . 山核桃果仁微量元素分析初报[J]. 浙江林学院学报，2009，26(4)：511-515.
QIAN Xinbiao，XU Wenxin，ZHANG Yuanyuan，DOU Chunying，YE Zhengqian. Trace elements in kernels of Chinese hickory (*Carya cathayensis*) grown in limestone and non-limestone soils[J]. Journal of Zhejiang Forestry College，2009，26(4)：511-515.

[4] 章亭洲 . 山核桃的营养、生物学特性及开发利用现状[J]. 食品与发酵工业，2006，32(4)：90-93.
ZHANG Tingzhou. Nutrition，biological characteristics，development and utilization of *Carya cathayensis*[J]. Food and Fermentation Industries，2006，32(4)：90-93.

[5] 程晓建，黄坚钦，郑炳松，叶正希 . 山核桃研究进展[J]. 浙江林业科技，2002，22(3)：19-23.
CHENG Xiaojian，HUANG Jianqin，ZHENG Bingsong，YE Zhengxi. Research progress of *Carya cathayensis*[J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology，2002，22(3)：19-23.

[6] 夏国华，朱先富，俞春莲，代英超，王正加，黄坚钦，刘力 . 不同地理种源大别山山核桃坚果表型性状和脂肪酸组分分析[J]. 果树学报，2014，31(3)：370-377.
XIA Guohua，ZHU Xianfu，YU Chunlian，DAI Yingchao，WANG Zhengjia，HUANG Jianqin，LIU Li.Variability of phenotypic characters and fatty acid composition of endemic hickory nuts (*Carya dabieshanensis*) from different geographical provenances[J]. Journal of Fruit Science，2014，31(3)：370-377.

[7] 常君，任华东，姚小华，王开良，滕建华，周建光，周燕，傅国林 . 山核桃不同无性系脂肪酸及氨基酸组成分析[J]. 中南林业科技大学学报，2018，38(4)：20-26.
CHANG Jun，REN Huadong，YAO Xiaohua，WANG Kailiang，TENG Jianhua，ZHOU Jianguang，ZHOU Yan，FU Guolin. Analysis of fatty acids and amino acid composition in *Carya cathayensis* clones[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology，2018，38(4)：20-26.

[8] 周先锋，徐迎碧，殷彪，郭玲，陈红梅，丁之恩 . 山核桃种仁油脂提取研究[J]. 粮油加工与食品机械，2005，1(7)：48-50.
ZHOU Xianfeng，XU Yingbi，YIN Biao，GUO Ling，CHEN Hongmei，DING Zhien. Study on the extraction of oil from *Carya cathayensis* kernel[J]. Cereals and Oils Processing，2005，1(7)：48-50.

[9] 余兆硕，丁宏武，唐琦，沈旭，蒲灵操，麻成金 . 山核桃油提取工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 农产品加工，2016，1(2)：19-23.
YU Zhaoshuo，DING Hongwu，TANG Qi，SHEN Xu，PU Lingcao，MA Chengjin. Optimization of extraction process of *Carya cathayensis* oil and analysis of fatty acid composition[J]. Farm Products Processing，2016，1(2)：19-23.

[10] 郭传友，黄坚钦，王正加，方炎明 . 大别山山核桃天然群体种实性状表型多样性[J]. 经济林研究，2007，25(3)：15-18.
GUO Chuanyou，HUANG Jianqin，WANG Zhengjia，FANG Yanming. Phenotypic diversity of fruit characters in *Carya dabieshanensis*[J]. Nonwood Forest Research，2007，25(3)：15-18.

[11] 张鹏，钟海雁，姚小华，王开良，王亚萍，常君 . 四种山核桃种仁含油率及脂肪酸组成比较分析[J]. 江西农业大学学报，2012，34(3)：499-504.
ZHANG Peng，ZHONG Haiyan，YAO Xiaohua，WANG Kailiang，WANG Yaping，CHANG Jun. Oil yield and fatty acid composition of nuts of four species in *Carya* family[J].Acta Agriculturae Universitis Jiangxiensis，2012，34(3)：499-504.

[12] 周红，张萍，李彦荣 . 新疆野核桃坚果营养成分测定及分析[J]. 果树学报，2019，36(5)：621-628.
ZHOU Hong，ZHANG Ping，LI Yanrong. Analysis of nutritive components of different types of Xinjiang wild walnuts[J]. Journal of Fruit Science，2019，36(5)：621-628.

[13] 刘力，龚宁，夏国华，吕健全，黄坚钦 . 山核桃种仁蛋白质及氨基酸成分含量的变异分析[J]. 林业科学研究，2006，19(3)：376-378.
LIU Li，GONG Ning，XIA Guohua，LÜ Jianquan，HUANG Jianqin. Analysis on the protein and amino acids contents in hickory (*Carya cathayensis* Sarg.) kernel and their variations[J]. Forest Research，2006，19(3)：376-378.

[14] 李财运，胡旭雅，倪钟涛，曾皓，李阳，王正加 . 硒处理对薄壳山核桃果实品质及矿质元素积累的影响[J]. 果树学报，2018，35(10)：1235-1243.
LI Caiyun，HU Xuya，NI Zhongtao，ZENG Hao，LI Yang，WANG Zhengjia. Effects of selenium treatment on the accumulation of mineral elements and nut quality in pecan[J]. Journal of Fruit Science，2018，35(10)：1235-1243.

[15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 . 食品安全国家标准：食品中氨基酸的测定：GB 5009.124-2016[S]. 北京：中国标准出版社，2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard: Determination of amino acids in foods：GB 5009.124-2016[S]. Beijing：China Standards Press，2017.

[16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 . 食品安全国家标准：食品中多元素的测定：GB 5009.268-2016[S]. 北京：中国标准出版社，2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China.National food safety standard: Determination of Multielement in foods：GB 5009.268- 2016[S]. Beijing：China Standards Press，2017.

[17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 . 食品安全国家标准：食品中脂肪的测定：GB5009.6-2016[S]. 北京：中国标准出版社，2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard: Determination of fat in foods：GB5009.6-2016 [S]. Beijing：China Standards Press，2017.

[18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会 . 食品安全国家

标准：食品中脂肪酸的测定：GB 5009.168-2016[S]. 北京：中国标准出版社，2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard: Determination of fatty acids in foods：GB 5009.168-2016[S]. Beijing：China Standards Press，2017.

[19] 张春江，吕飞杰，台建祥，王祝年，付勤 . 槟榔果及其制品中总酚和单宁含量的测定[J]. 食品研究与开发，2008，29(6)：119-121.
ZHANG Chunjiang，LÜ Feijie，TAI Jianxiang，WANG Zhunian，FU Qin. Quantitative determination of total phenolics and tannin in areca nut and its products[J]. Food Research and Development，2008，29(6)：119-121.

[20] 席海源，张明丽，梁锁兴，侯东梅，王文平 . 榛子新品种粗脂肪与蛋白质含量比较研究[J]. 陕西林业科技，2017(4)：4-6.
XI Haiyuan，ZHANG Mingli，LIANG Suoxing，HOU Dongmei，WANG Wenping. Rude fat and protein comparison among the new varieties of hazelnut[J]. Shaanxi Forest Science and Technology，2017(4)：4-6.

[21] 冯小雨，刘敏，葛红娟，宋春梅 . 杏仁营养成分分析[J]. 吉林医药学院学报，2016，37(2)：86-88.
FENG Xiaoyu，LIU Min，GE Hongjuan，SONG Chunmei. Analysis of nutritional components of almond[J]. Journal of Jilin Medical College，2016，37(2)：86-88.

[22] 钟俊桢，顿儒艳，黄宗兰，刘伟，刘成梅 . 腰果蛋白的提取工艺条件优化[J]. 食品科学，2014，35(16)：18-22.
ZHONG Junzhen，DUN Ruyan，HUANG Zonglan，LIU Wei，LIU Chengmei. Optimizing the extraction of protein from cashew nuts[J]. Food Science，2014，35(16)：18-22.

[23] 何国庆，俞春莲，饶盈，章富阳，沈晓飞，黄坚钦，刘力，夏国华 . 山核桃果实成熟过程中矿质元素及脂肪酸组分变化[J]. 浙江农林大学学报，2019，36(6)：1208-1216.
HE Guoqing，YU Chunlian，RAO Ying，ZHANG Fuyang，SHEN Xiaofei，HUANG Jianqin，LIU Li，XIA Guohua. Dynamic changes in composition of mineral elements and fatty acids for hickory nuts (*Carya cathayensis*) during maturity[J]. Journal of Zhejiang A & F University，2019，36(6)：1208-1216.

[24] 徐宏化 . 不同薄壳山核桃无性系中功能性成分分析[D]. 临安：浙江农林大学，2015.
XU Honghua. Analysis of functional components of different Pecan (*Carya illinoinensis*) clones[D]. Lin'an：Zhejiang Agriculture and Forestry University，2015.

[25] WANG J，LI X，GAO L. Study on extraction process of tannins from *Semen cuscutae* and their anti-papilloma activity[J]. African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicines，2013，10(3)：469-474.

[26] 黄海娜，程大伟，顾红，张洋，郭西智，陈锦永 . 植物单宁细胞研究进展[J]. 江苏农业科学，2019，47(4)：29-33.
HUANG Haina，CHENG Dawei，GU Hong，ZHANG Yang，GUO Xizhi，CHEN Jinyong. Research progress of plant tannin cells[J]. Jiangsu Agricultural Sciences，2019，47(4)：29-33.

[27] 李颂，刘洋，王春玲 . 角鲨烯的健康功效及应用[J]. 食品研究与开发，2016，37(14)：206-209.
LI Song，LIU Yang，WANG Chunling. The health benefits and application of squalene[J]. Food Research and Development，2016，37(14)：206-209.

[28] 刘纯友，马美湖，靳国锋，耿放，王庆玲，孙术国 . 角鲨烯及其生物活性研究进展[J]. 中国食品学报，2015，15(5)：147-156.
LIU Chunyou，MA Meihu，JIN Guofeng，GENG Fang，WANG Qingling，SUN Shuguo. Research process on squalene and bioactivities[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology，2015，15(5)：147-156.

[29] 李新委，谢世友，马燕 . 山核桃营养价值与种植经济效益分析[J]. 农学学报，2015，5(2)：51-56.
LI Xinwei，XIE Shiyou，MA Yan. Analysis of pecan nutritional value and planting economic benefit[J]. Journal of Agriculture，2015，5(2)：51-56.

[30] PELLET P L，YOUNG V R. Nutritional evaluation of protein foods[J]. Food & Nutrition，1980，1：4.

[31] 王冀平，李亚南，马建伟 . 山核桃仁中主要营养成分的研究[J]. 食品科学，1998，19(4)：44-46.
WANG Jiping，LI Yanan，MA Jianwei. Study on the main nutrients in *Carya cathayensis* kernel[J]. Food Science，1998，19(4)：44-46.

[32] 王小生 . 必需氨基酸对人体健康的影响[J]. 中国食物与营养，2005，1(7)：48-49.
WANG Xiaosheng. Effects of essential amino acids on human health[J]. Food and Nutrition in China，2005，1(7)：48-49.

[33] INGO B，STEFAN G，PETER L，KURT H，GERALD B. Novel insights into the functional role of three protein arginine methyltransferases in *Aspergillus nidulans*[J]. Fungal Genetics and Biology，2010，47(6)：551-561.

[34] 沈建福，肖仁显，陈中海，陈秋平 . 冷榨山核桃油的理化性质及氧化稳定性研究[J]. 中国粮油学报，2012，27(4)：64-67.
SHEN Jianfu，XIAO Xianren，CHEN Zhonghai，CHEN Qiuping. Study on the physicochemical properties and oxidative stability of cold-pressed *Carya cathayensis* sarg oil[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association，2012，27(4)：64-67.

[35] 孙家正，张大海，张艳敏，焦娟，王娜，田长平，陈学森 . 南疆栽培杏品种杏仁油脂肪酸组成及其遗传多样性[J]. 园艺学报，2011，38(2)：251-256.
SUN Jiazheng，ZHANG Dahai，ZHANG Yanmin，JIAO Juan，WANG Na，TIAN Changping，CHEN Xuesen. Genetic diversity and constituents of fatty acid in almond oil in southern Xinjiang apricot cultivars[J]. Acta Horticulturae Sinica，2011，38(2)：251-256.