

网络出版时间:2019-01-14 09:36

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2019.07.014

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20190114.0935.028.html>

不同生长期铁核桃雄花的营养价值及 抗氧化能力

陈 静,王长雷,张文娥,潘学军

(贵州大学 贵州省果树工程技术研究中心,贵州 贵阳 550025)

【摘 要】【目的】对不同生长期铁核桃雄花的营养价值和抗氧化能力进行分析,为铁核桃雄花资源的开发利用提供参考。【方法】以‘黔核 7 号’铁核桃盛果期(36 年)和初果期(4 年)的雄花为试材,测定其干物质、粗蛋白、脂肪、可溶性糖、淀粉、粗纤维、灰分含量和可利用能量等 8 种常规营养成分指标及 P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn、B 等 9 种矿物质元素含量,分析其氨基酸组成及抗坏血酸、总酚、总黄酮等 3 种抗氧化活性物质含量和抗氧化能力(DPPH 自由基清除能力和 Fe 离子还原能力)。【结果】不同生长期铁核桃雄花营养成分及抗氧化能力明显不同,随着生长期的延长,盛果期铁核桃雄花中的干物质、粗蛋白、脂肪、可溶性糖、淀粉、可利用能量等常规营养成分含量增加,与初果期雄花差异显著,其中脂肪含量(135.9 g/kg)较初果期雄花高近 50%。盛果期铁核桃雄花的 K、Zn 含量显著高于初果期雄花,但 Fe、Mn、Cu 含量及抗坏血酸、总酚、总黄酮含量和抗氧化能力均显著低于初果期雄花。铁核桃雄花中富含 17 种氨基酸,其中包括 9 种人体必需氨基酸,盛果期铁核桃雄花中的总氨基酸、必需氨基酸含量均明显高于初果期雄花。【结论】盛果期和初果期‘黔核 7 号’雄花可分别作为常规产品和保健型产品进行开发利用。

【关键词】 铁核桃;核桃雄花;核桃营养;抗氧化能力

【中图分类号】 S664.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2019)07-0102-07

Nutritional value and antioxidant activity of walnut (*Juglans sigillata*) male flowers at different growing periods

CHEN Jing, WANG Changlei, ZHANG Wene, PAN Xuejun

(Guizhou Engineering Research Center for Fruit Crops, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract:【Objective】The nutritional value and antioxidant activity of walnut male flowers in different growing periods were analyzed to provide reference for development and utilization of walnut male flower resources.【Method】The contents of 8 conventional nutrients including dry matter, crude protein, fat, soluble sugar, starch, crude fiber, ash content and available energy, as well as 9 mineral elements including P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn and B of walnut male flowers of ‘Qianhe-7’ (*Juglans sigillata*) harvested at full fruit period (FFP, about 36 years old) and primary fruit period (PFP, about 4 years old) were determined. The composition of amino acids, as well as contents of 3 antioxidant activity substances including ascorbic acid, total phenols and total flavonoids and antioxidant capacities (DPPH free radical scavenging ability and FRAP iron reduction ability) were also analyzed.【Result】The nutritional components and antioxidant capacities of walnut male flowers in different growing periods were significantly different. Con-

【收稿日期】 2018-04-27

【基金项目】 贵州省高层次创新型人才培养项目(黔科合人才(2016)4038);贵州省生物学一流学科建设项目(GNYL[2017]009)

【作者简介】 陈 静(1992—),女,贵州六盘水人,在读硕士,主要从事果树种质资源与生物技术育种研究。

E-mail: 393057375@qq.com

【通信作者】 张文娥(1976—),女,山东沂水人,教授,博士,硕士生导师,主要从事园艺植物种质资源生理生态评价及栽培研究。

E-mail: wezhang@gzu.edu.cn

ventional nutrient contents, such as dry matter, crude protein, fat, soluble sugar, starch and available energy of walnut male flowers in FFP were significantly higher than those in PFP. Especially the fat content in FFP was 50% higher than that in PFP. The contents of K and Zn in FFP were significantly higher than those in PFP, but the contents of Fe, Mn, Cu, ascorbic acid, total phenols, and total flavonoids as well as antioxidant activities in FFP were significantly lower than those in PFP. Walnut male flowers were rich in 17 amino acids, including 9 essential amino acids. The contents of total amino acid and essential amino acid of walnut male flowers in FFP were higher than those in PFP. 【Conclusion】 The walnut male flowers of ‘Qianhe-7’ in FFP and PFP can developed as conventional products and health products, respectively.

Key words: *Juglans sigillata*; walnut male flowers; walnut nutrition; antioxidant activity

园艺产品的营养品质是品种遗传特性和外界环境因素综合作用的结果,其中发育阶段是影响品质的重要内在因素。棕色双孢蘑菇在正常采收期总酚含量最高, DPPH·、羟基自由基清除率和还原力最强,若采收过早或过迟,则产品的抗氧化活性都会降低^[1]。铁观音中的茶多酚、茶氨酸、咖啡碱含量随树龄的增加呈上升趋势^[2]。树龄可明显影响富士苹果的可溶性固形物含量, 21~25 年生果树的可溶性固形物含量最高,可滴定酸含量随树龄增长呈现先增大后减小的变化趋势,不同树龄苹果的钙含量差异不显著^[3]。葡萄中的单宁、总酚和可滴定酸含量随树龄的增加而降低,而可溶性固形物含量和糖酸比则随树龄的增加而升高^[4]。树龄小的空心李果实单果质量、果实横径和 Vc 含量较高,树龄大的总糖含量较高,而可食率、酸度和可溶性固形物含量在不同树龄间无差异^[5]。冷虹^[6]研究表明,18 年椪柑的可溶性固形物含量和固酸比显著低于其他树龄,可滴定酸含量显著高于其他树龄;38 年生椪柑果实 Vc 含量显著低于 5,13 和 18 年生树。树龄 100 年的白果水分、脂肪及多糖含量均较高^[7]。随着树龄的增加,油茶果平均果径与单果质量均明显增加^[8],叶片可溶性糖含量明显上升,50 年树龄的游离脯氨酸含量也随树龄增加而上升^[9]。6 年树龄油橄榄叶片中的羟基酚类含量明显高于 18 年以上树龄^[10],而 3 年生小树叶片中黄酮和多酚的含量则明显高于 20 年生大树^[11]。

铁核桃是一种重要的干果,不仅果仁营养丰富,而且其雄花也是一种特色蔬菜,又名长寿菜、龙须菜^[12]。在铁核桃盛产区百姓有采摘鲜嫩核桃雄花炒菜食用的风俗,所制作菜肴气味清香、口感鲜嫩涩,也有在泡制腌菜时加入少量新鲜干净的铁核桃花用于保鲜的报道^[13]。铁核桃雄花富含碳水化合物、蛋白质、矿质营养、Vc、酚类及黄酮类物质等多种营养成分,尤其以多酚类及黄酮类物质含量丰

富^[12],其中多酚类物质具有较强的抗紫外线、抗氧化和清除自由基等能力^[14],因此铁核桃雄花是一种天然的营养保健食品资源^[15]。目前对铁核桃雄花的营养价值及加工方法等方面的研究较为深入^[16-17],但关于发育时期对铁核桃雄花营养价值及抗氧化能力的影响尚未见报道,致使铁核桃雄花产品加工过程中原料采摘环节缺乏统一的要求和标准,限制了产品的开发进程。为此,本研究以不同树龄‘黔核 7 号’铁核桃雄花为试材,分析不同生长期铁核桃雄花营养成分及抗氧化活性的差异,以期为其雄花的合理利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

铁核桃雄花采自贵州省毕节市赫章县核桃产区,以盛果期(树龄 36 年,FFP)和初果期(高接后 4 年,PFP)的‘黔核 7 号’铁核桃为试材,采集盛花期铁核桃雄花花序,装入冰盒带回实验室,流水清洗,蒸馏水冲洗 3 遍,沥干明水,装入干净的搪瓷盘中,置恒温干燥箱内于 60℃烘至恒质量,装入密封袋中备用。

1.2 主要试剂

乙醇、辛醇、高氯酸、硼酸、蒽酮、偏磷酸、偏钒酸、草酸、姜黄素、氯化锶及溴甲酚绿等,购自国药集团化学试剂有限公司;2,4,6-三吡啶基三嗪(TPTZ)、福林肖卡试剂、氨基酸标准品及矿质营养元素标品等,购自美国 Sigma 公司;没食子酸和芦丁,购自瑞士 Fluka 公司;1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),购自日本 Wako 公司。以上试剂中未特别说明的均为分析纯。

1.3 仪器设备

SX2-2.5-12 型马弗炉,上海沪粤明科学仪器有限公司;TAS-990 原子吸收分光光度计,北京普析通用仪器有限公司;SZF-06A 粗脂肪测定仪、

索氏提取仪,上海新嘉电子有限公司;A-300 氨基酸分析仪,德国曼默博尔公司;LC-15C 高效液相色谱仪、UV-2550 紫外可见分光光度计,日本岛津公司;AKSW-24 纯水仪,台湾艾柯成都康宁实验专用纯水设备厂;D-37520 Osterode 冷冻离心机,德国 thermo electron GMBH 公司。

1.4 试验方法

1.4.1 常规营养成分含量测定 粗蛋白含量采取半微量凯氏法测定;灰分含量采取马福炉灰化法测定;脂肪含量采用索氏提取法测定;可溶性糖含量采取蒽酮比色法测定;淀粉含量采用酸解法测定;粗纤维含量采取称重法测定;水分含量采用恒温烘干法测定。以上指标含量均以每千克干花中的待测物质质量表示,单位为 g/kg。干物质=总质量-水分含量,以每千克鲜花的干物质质量表示,单位为 g/kg;可利用能量=17×粗蛋白+37×脂肪+17×碳水化合物+8×粗纤维含量,单位为 kJ/kg。

1.4.2 矿质元素含量测定 磷、钾、钙、镁、铁、锰、铜、锌和硼等 9 种矿质元素含量采用原子吸收分光光度计测定。磷、钾、钙和镁单位为 g/kg,铁、锰、铜、锌和硼单位为 mg/kg。

1.4.3 氨基酸含量测定 天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸、精氨酸和脯氨酸等 17 种氨基酸含量采用氨基酸自动分析仪测定,单位为 g/kg。

1.4.4 抗氧化活性测定 抗坏血酸含量采用液相色谱法^[18]测定,以每千克鲜花中的抗坏血酸质量表示,单位为 g/kg;总酚含量采用福林-肖卡比色法测定,以每千克干花中的总酚质量表示,单位为 g/kg;总黄酮含量采用硝酸铝比色法测定,以每千克干花中的总黄酮质量表示,单位为 g/kg。

(1)样品提取液的制备。称取雄花样品 0.5 g,加体积分数 50% 甲醇(10 mL)后于 50 ℃ 下以 40 kHz 超声波辅助提取 40 min,8 000 r/min 离心 10

min,取上清液,定容至 50 mL 摇匀,用于抗氧化活性测定试验。

(2)DPPH 自由基清除能力。参照 Motamed 等^[19]的方法,提取液用量、显色体积略加改动。取 DPPH 溶液 2 mL 至小试管中,加样品提取液 10 μL,再加体积分数 95% 乙醇 990 μL,充分混合,静置 30 min 后,测吸光度值 OD₅₁₇。以 DPPH 溶液代替样品提取液,加体积分数 95% 乙醇 1 mL,充分混合,于 517 nm 处测吸光度值 OD₀(多为 0.7~0.9)。计算清除率,公式为:

清除率=(OD₀ - OD₅₁₇)/OD₀ × 100 %。

(3)FRAP 铁离子还原能力。参照 Hatamnia 等^[20]的方法进行,其原理为 Fe³⁺-TPTZ 可被样品中的还原物质还原为二价铁形式,从而呈现出明显的蓝色,且在 593 nm 处具有最大光吸收,因此可以根据吸光度计算样品的抗氧化活性。称取 0.062 6 g Trolox 标准品用无水乙醇定容到 25 mL,浓度至 10 mmol/L。分别取稀释至 0.8,1.6,2.4,3.2,4.0,4.8 和 5.6 mmol/L 的 Trolox 标准溶液,于 593 nm 处测 OD 值,绘制标准曲线。

取雄花样品提取液 0.3 mL,加 2.7 mL 预热至 37 ℃ 的 FRAP 工作液,摇匀后放置 10 min,于 593 nm 处测其吸光度值,以无水乙醇代替样品提取液作为空白对照。根据所得吸光值,换算为 Trolox (mmol/L)的抗氧化能力,用来表征样品的还原能力。

1.5 数据处理

用 Excel 2003 对试验数据进行整理和作图,采用 DPS v7.05 分析软件对试验数据进行方差分析和相关性分析,采用邓肯式新复极差法进行方差分析与多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同生长期铁核桃雄花营养成分

不同生长期铁核桃雄花的营养成分见表 1。

表 1 不同生长时期铁核桃雄花营养成分比较

Table 1 Comparison of compositions of walnut male flowers in different growing periods

生长时期 Growing period	干物质/ (g · kg ⁻¹) Dry matter	粗蛋白/ (g · kg ⁻¹) Crude protein	灰分/ (g · kg ⁻¹) Ash	脂肪/ (g · kg ⁻¹) Fat	可溶性糖/ (g · kg ⁻¹) Total sugar	淀粉/ (g · kg ⁻¹) Starch	粗纤维/ (g · kg ⁻¹) Crude fiber	可利用能量/ (kJ · kg ⁻¹) Available energy
初期果 PFP	124.3±10.1 b	204.2±3.5 b	83.1±5.8 a	69.2±2.3 b	100.9±2.3 b	11.6±0.2 b	171.2±1.1 a	16 760.3±164.9 b
盛果期 FFP	143.2±10.2 a	238.1±3.7 a	90.2±4.1 a	135.9±6.0 a	125.9±2.3 a	15.0±0.1 a	168.9±0.3 a	17 388.2±399.7 a

注:结果以“平均值±标准差”(n=3)表示,采用新复极差测验进行多重比较,同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。
Note:Results are “mean±standard” deviation (n=3),and Duncan test was used for multiple comparison. Different lowercase letters indicate significant difference(P<0.05). The same below.

由表 1 可知,不同生长时期铁核桃雄花的营养成分含量存在一定的差异。盛果期铁核桃雄花中干物质、粗蛋白、脂肪、可溶性糖及淀粉等营养物质的含量以及可利用能量显著高于初果期铁核桃雄花,其中脂肪含量(135.9 g/kg)高出初果期铁核桃雄花脂肪含量近 50%,不同生长时期铁核桃雄花中的粗纤维和灰分含量无显著差异。原因可能是由于盛果期树势趋于稳定,树体养分分配趋于平衡,枝叶的新陈代谢能力较强^[3],各种营养物质的合成能力也较强,源库之间的物质转运迅速。

表 2 不同生长时期铁核桃雄花矿质营养成分的比较

Table 2 Comparison of mineral nutrition of walnut male flowers in different growing periods

生长时期 Growing period	磷/ (g·kg ⁻¹) Phosphorus	钾/ (g·kg ⁻¹) Potassium	钙/ (g·kg ⁻¹) Calcium	镁/ (g·kg ⁻¹) Magnesium	铁/ (mg·kg ⁻¹) Iron	锰/ (mg·kg ⁻¹) Manganese	铜/ (mg·kg ⁻¹) Copper	锌/ (mg·kg ⁻¹) Zinc	硼/ (mg·kg ⁻¹) Boron
初果期 PFP	7.3±0.4 a	26.5±0.6 b	3.3±0.3 a	2.9±0 a	488.9±1.5 a	232.6±2.6 a	31.1±0.5 a	57.1±4.2 b	29.1±1.1 a
盛果期 FFP	5.6±0.4 a	30.2±1.0 a	2.9±0.1 a	3.0±0 a	360.7±2.2 b	120.5±1.7 b	25.3±0.4 b	64.6±2.8 a	30.0±1.8 a

2.3 不同生长时期铁核桃雄花中氨基酸含量

表 3 显示,初果期和盛果期铁核桃雄花中均含有 17 种氨基酸,其中包括 9 种人体必需氨基酸(包括半必需氨基酸 Arg 和 His,色氨酸(Try)因盐酸水解时被破坏而未检出),且必需氨基酸含量均超过氨基酸总量的 40%,其中初果期为 41.2%,盛果期为 42.8%。在各氨基酸组分中,具有健脑益智作用的 Glu 含量最高,平均含量为 13.6 g/kg,具有缓解疲劳作用的 Asp、必需氨基酸中的 Leu 和 Val、脂肪族氨基酸中的 Ala 和 Gly 以及杂环亚氨基酸 Pro 含量也较高。不同生长时期铁核桃雄花中的氨基酸总量

2.2 不同生长时期铁核桃雄花中矿质营养成分

由表 2 可以看出,不同生长时期的铁核桃雄花中大量元素、微量元素含量存在一定差异。盛果期铁核桃雄花的 Fe、Mn 和 Cu 含量显著低于初果期,但 K 和 Zn 含量显著高于初果期;P、Ca、Mg 和 B 含量在不同发育阶段差异不显著。植物正常生长离不开各种营养元素,树种和生长阶段不同,对每种营养元素的需要量也有差异,这些矿质营养元素含量不同可能是不同生长时期的树体对各矿质元素吸收能力有别而致,并进一步影响树体器官中矿物质的含量^[21]。

及各种氨基酸含量存在一定差异。盛果期铁核桃树上的雄花中总氨基酸(127.8 g/kg)、必需氨基酸含量(54.7 g/kg)及 Ala、Val、Met 和 Leu 含量均高于初果期铁核桃雄花,但初果期雄花中的 Glu、Asp 和 Gly 含量显著高于盛果期雄花。树体不同的氮素吸收能力和碳素合成能力是导致其不同生长发育阶段氨基酸含量差异的主要原因^[22-23],盛果期树体的氮素营养吸收能力强于初果期,光合能力也较强,这为氨基酸的合成奠定了基础,有利于蛋白质在各器官的积累。

表 3 不同生长时期铁核桃雄花中氨基酸含量的比较

Table 3 Comparison of contents of amino acids of walnut male flowers in different growing periods g/kg

生长时期 Growing period	天冬氨酸 Asp	苏氨酸 ^z Thr	丝氨酸 Ser	谷氨酸 Glu	甘氨酸 Gly	丙氨酸 Ala	半胱氨酸 Cys
初果期 PFP	14.3±1.3 a	6.1±0.4 a	8.0±0.2 a	14.9±0.4 a	11.6±0.6 a	8.8±0.6 b	0.7±0.1 a
盛果期 FFP	10.8±0.8 b	5.2±0.8 a	7.2±0.2 b	12.3±1.4 b	9.1±0.2 b	12.0±0.4 a	0.6±0.1 a
生长时期 Growing period	缬氨酸 ^z Val	蛋氨酸 ^z Met	异亮氨酸 ^z Ile	亮氨酸 ^z Leu	酪氨酸 Tyr	苯丙氨酸 ^z Phe	组氨酸 ^z His
初果期 PFP	7.1±0.2 b	0.5±0.1 b	4.6±0.5 a	8.4±0.9 b	3.4±1.2 a	3.2±0.9 a	2.8±0.2 a
盛果期 FFP	9.0±0.2 a	1.3±0.3 a	5.5±0.4 a	11.2±0.9 a	3.0±0.2 a	4.3±1.1 a	3.0±0.3 a
生长时期 Growing period	赖氨酸 ^z Lys	精氨酸 ^z Arg	脯氨酸 Pro	必需氨基酸 EAA	总氨基酸 TAA	色氨酸 Trp	
初果期 PFP	5.8±0.5 a	7.7±1.3 a	8.9±0.9 a	45.4±4.9 a	110.1±9.8 b	—	
盛果期 FFP	5.8±0.3 a	8.3±0.5 a	12.2±2.2 a	54.7±4.1 a	127.8±3.7 a	—	

注:“z”表示此氨基酸为必需氨基酸;“—”表示未检出。
Note:“z” indicates essential amino acid;“—” indicates not detected.

2.4 不同生长时期铁核桃雄花中生物活性成分含量及抗氧化活性

表 4 显示,铁核桃雄花中富含抗坏血酸(1.0~1.3 g/kg)、总酚(36.2~42.8 g/kg)、总黄酮(31.5~36.5 g/kg)等生物活性物质,并具有较强的

DPPH 自由基清除能力(清除率为 86.6%~88.7%)和 FRAP 铁离子还原能力(37.9~43.8 mmol/L);且初果期铁核桃雄花中的抗坏血酸、总酚和总黄酮含量显著高于盛果期铁核桃雄花。黄酮类化合物亦被称为维生素 P,常与抗坏血酸(维生

素 C) 伴存, 属植物次级代谢产物^[24]。初果期铁核桃的营养生长强于生殖生长, 因此利于次级代谢产

物的积累^[24], 这是初果期铁核桃雄花抗氧化活性显著高于盛果期的主要原因^[25]。

表 4 不同生长时期铁核桃雄花的生物活性物质含量及抗氧化活性

生长时期 Growing period	抗坏血酸/(g·kg ⁻¹) Ascorbic acid	总酚/(g·kg ⁻¹) Total phenols	总黄酮/(g·kg ⁻¹) Total flavonoid	DPPH 清除率/% Inhibition rate of DPPH	FRAP/ (mmol·L ⁻¹)
初果期 FFP	1.3±0.1 a	42.8±1.1 a	36.5±0.7 a	88.7±0.4 a	43.8±0.9 a
盛果期 FFP	1.0±0.1 b	36.2±1.0 b	31.5±0.2 b	86.6±0.5 b	37.9±1.2 b

3 讨论与结论

众多研究表明, 茶叶^[9,26]、葡萄^[27]等园艺产品中可溶性糖含量随树龄的增长会明显升高, 骏枣中蛋白质含量也随树龄的增加呈上升趋势^[28], 盛果期白果中的脂肪及多糖含量较高^[7]。本研究发现, 铁核桃雄花中的脂肪、粗蛋白、可溶性糖含量及淀粉等营养物质含量也表现为盛果期显著高于初果期。这些营养物质积累的前体物质多为碳水化合物, 盛果期果树生长旺盛, 光合作用强, 有助于树体营养物质的积累、转化与运输, 从而促进了糖及蛋白等营养物质的积累。研究发现, 不同树龄骏枣中的灰分含量差异不显著^[28], 本研究结论与之相符。有研究表明, 生长时期不同会影响矿质元素的含量, 如初果期葡萄果实 Fe、Mn 和 Cu 含量高于盛果期, 但两个时期的 Ca 和 Mg 含量则无差异^[27]; 椴柑中的 K 含量随树龄的增长而升高^[6]。本研究中, 盛果期铁核桃雄花中的 Fe、Mn 和 Cu 含量显著低于初果期雄花, 而 K、Zn 含量显著高于初果期雄花, P、Ca、Mg 和 B 含量与初果期雄花无明显差异, 这一结果基本与葡萄和椴柑的变化规律一致, 说明不同生长时期的树体对矿质营养的选择吸收存在差异。

氨基酸的含量和种类是衡量园艺产品品质的重要指标。本研究发现, 生长时期对铁核桃雄花中的氨基酸组成无明显影响, 但在氨基酸总量及单种氨基酸含量上存在差异。盛果期铁核桃雄花中的总氨基酸及 Ala、Val、Met 和 Leu 含量均显著高于初果期雄花, Glu、Tsp 和 Gly 含量反之。叶江华等^[29]对不同树龄茶树叶片中氨基酸含量的分析表明, 游离氨基酸中的必需氨基酸随着树龄的增长表现出先上升后下降的变化规律, 而 6、9 和 15 年茶树中的非必需氨基酸含量差异不显著。但石玉涛等^[26]发现, 水仙茶叶中的游离氨基酸含量随着树龄的增长而逐渐降低。

本研究发现, 铁核桃雄花中的多酚类物质及其抗氧化能力随树龄的增长而降低, 这与许多研究结论相一致。如姜文广等^[4]研究表明, 蛇龙珠成熟过

程中果皮总酚含量随树龄的增加而降低; 高彩霞等^[11]也发现, 3 年生油橄榄小树中黄酮和多酚的含量均明显高于 20 年生大树; 石玉涛等^[26]在水仙茶上的研究也得到了类似结果。但王晓红等^[30]发现, 银杏叶中黄酮类物质的含量随着树体生长年限的增加呈逐步上升趋势, 这进一步说明不同种类园艺作物多酚类物质的积累规律存在差异。

综上可知, 盛果期铁核桃雄花的常规营养成分、矿质营养及氨基酸含量高于初果期雄花, 且此时期花量大, 原料丰富, 可作为食用花产品加工的主要采集时期; 而初果期雄花生物活性物质含量高, 抗氧化能力较强, 作为保健功能食品的开发潜力更大。

[参考文献]

[1] 金群力, 张作法, 范丽军, 等. 棕色双孢蘑菇子实体不同生长阶段抗氧化活性比较 [J]. 浙江农业学报, 2016, 28(5): 797-801.
Jin Q L, Zhang Z F, Fan L J, et al. Comparison of antioxidant activity of the extracts from the fruiting body of brown *Agaricus bisporus* at different growth stages [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2016, 28(5): 797-801.

[2] 王海斌, 叶江华, 陈晓婷, 等. 不同树龄铁观音茶树的浓香型茶叶品质比较分析 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(10): 230-232.
Wang H B, Ye J H, Chen X T, et al. Comparative analysis on the quality of Luzhou Guanyin tea varieties of different ages [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2016, 44(10): 230-232.

[3] 李 鹏, 王益权, 梁化学. 渭北不同树龄苹果品质因子分析与综合评价 [J]. 食品科学, 2016, 37(3): 49-54.
Li P, Wang Y Q, Liang H X. Comprehensive evaluation of fruit quality factors of apple trees at different ages in main growing regions to the north of the Weihe River in Shaanxi province [J]. Food Science, 2016, 37(3): 49-54.

[4] 姜文广, 李记明, 于 英, 等. 不同树龄对蛇龙珠葡萄果实品质的影响 [J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2013(1): 20-23.
Jiang W G, Li J M, Yu Y, et al. Effect of different vine ages on berry quality of Cabernet Gernischet during ripening [J]. Chinese and Foreign Grape and Wines, 2013(1): 20-23.

[5] 王东辉, 田国政, 刘永清. 不同树龄空心李的果实品质比较 [J]. 浙江林业科技, 2005, 25(2): 29-31.
Wang D H, Tian G Z, Liu Y Q. Comparison of fruit quality of different aged *Prunus salicina* [J]. Jour of Zhejiang For Sci & Tech, 2005, 25(2): 29-31.

- [6] 冷 虹. 树龄对椪柑果实品质、土壤-树体营养的影响及其关系 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
Leng H. Effect of tree age on fruit quality of ponkan mandarin, soil-tree nutrient and its relationship [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2015.
- [7] 贾自力, 杨勤兵, 李淑媛. 不同树龄白果中营养成分的比较分析 [J]. 中国食物与营养, 2010(7): 72-75.
Jia Z L, Yang Q B, Li S Y. Study on contents and functional characteristics of mineral elements in pumpkin [J]. Food and Nutrition in China, 2010(7): 72-75.
- [8] 陈亨业, 陈晓园, 梁增瑞, 等. 树龄及采摘时间对高州油茶经济指标及其茶油品质的影响 [J]. 中国粮油学报, 2013, 28(12): 78-81.
Chen H Y, Chen X Y, Liang Z R, et al. The influences of tree-age and picking time on the economic indexes and the seed oil quality of *Camellia gauchowensis* [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(12): 78-81.
- [9] 文 佳, 张诚诚, 胡娟娟, 等. 不同树龄油茶枝叶主要化学成分分析 [J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(10): 82-85.
Wen J, Zhang C C, Hu J J, et al. Chemical composition of shoots and leaves in different age *Camellia oleifera* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2013, 41(10): 82-85.
- [10] 叶建中, 王成章, 陈虹霞, 等. 油橄榄叶中羟基酪醇的含量变化规律研究 [J]. 林产化学与工业, 2011, 31(2): 69-74.
Ye J Z, Wang C Z, Chen H X, et al. Variation rule of hydroxytyrosol content in olive leaves [J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2011, 31(2): 69-74.
- [11] 高彩霞, 王成章, 陈文英, 等. 油橄榄叶中多酚和黄酮的含量分析 [J]. 生物质化学工程, 2006, 40(4): 4-6.
Gao C X, Wang C Z, Chen W Y, et al. Analysis of the contents of polyphenols and flavonoids in olive leaf [J]. Biomass Chemical Engineering, 2006, 40(4): 4-6.
- [12] Wang C, Zhang W, Pan X. Nutritional quality of the walnut male inflorescences at four flowering stages [J]. Journal of Food & Nutrition Research, 2014, 2(8): 457-464.
- [13] 杨金枝, 陈锦屏. 核桃资源的综合开发利用 [J]. 食品与药品, 2007, 9(4): 71-73.
Yang J Z, Chen J P. Present situation and prospect on comprehensive development of walnut resources [J]. Food and Drug, 2007, 9(4): 71-73.
- [14] Ebrahimzadeh M A, Nabavi S F, Nabavi S M. Antihemolytic activity and mineral contents of *Juglans regia* L. flowers [J]. European Review for Medical & Pharmacological Sciences, 2013, 17(14): 1881-1883.
- [15] 韩本勇, 任 英. 核桃花的开发利用研究 [J]. 民营科技, 2014(8): 240.
Han B Y, Ren Y. The development and utilization of walnut flower research [J]. Private Science and Technology, 2014(8): 240.
- [16] 罗蔚萍. 薄壳山核桃雄花序营养成份分析 [D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015.
Luo W P. Analysis of nutrition in *Carya illonensis* staminate inflorescence [D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2015.
- [17] 张文娥, 王长雷, 李 雪, 等. 漂烫对铁核桃雄花序营养成分及抗氧化活性的影响 [J]. 食品科学, 2017, 38(18): 99-105.
Zhang W E, Wang C L, Li X, et al. Effects of blanching time on nutritional quality and antioxidant activities of walnut (*Juglans sigillata*) male inflorescences [J]. Food Science, 2017, 38(18): 99-105.
- [18] Wang X M, Zhang J, Wu L H, et al. Amini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China [J]. Food Chemistry, 2014, 151(20): 279-285.
- [19] Motamed S M, Naghibi F. Antioxidant activity of some edible plants of the Turkmen Sahra region in northern Iran [J]. Food Chemistry, 2010, 119(4): 1637-1642.
- [20] Hatamnia A A, Abbaspour N, Darvishzadeh R. Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of bene (*Pistacia atlantica* subsp. *Kurdica*) fruits [J]. Food Chemistry, 2014, 145(7): 306-311.
- [21] 冯美利, 李 杰, 孙程旭, 等. 不同树龄油棕营养元素含量及其年变化研究 [J]. 热带农业科学, 2012, 32(10): 6-9.
Feng M L, Li J, Sun C X, et al. Contents of nutrient elements and yearly changes in oil palms of different ages [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2012, 32(10): 6-9.
- [22] Ruan J, Haerdter R, Gerendás J. Impact of nitrogen supply on carbon/nitrogen allocation: a case study on amino acids and catechins in green tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] plants [J]. Plant Biology, 2010, 12(5): 724-734.
- [23] 杨亦扬, 马立锋, 黎星辉, 等. 氮素水平对茶树新梢叶片代谢谱及其昼夜变化的影响 [J]. 茶叶科学, 2013, 33(6): 491-499.
Yang Y Y, Ma L F, Li X H, et al. Metabonomic analysis on the effects of different nitrogen application rates and light/dark change on metabolism in tea leaves [J]. Journal of Tea Science, 2013, 33(6): 491-499.
- [24] 刘胜洪, 梁佳勇, 陈金爱, 等. 银杏不同性别、树龄、树冠部位的叶片黄酮含量比较 [J]. 湖北农业科学, 2011, 50(6): 1169-1171.
Liu S H, Liang J Y, Chen J A, et al. Effects of gender, tree age and crown area on flavonoids content in *Ginkgo biloba* leaves [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2011, 50(6): 1169-1171.
- [25] 徐宏化, 程 慧, 王正加, 等. 美国山核桃总多酚与总黄酮含量及抗氧化活性 [J]. 核农学报, 2016, 30(1): 72-78.
Xu H H, Cheng H, Wang Z J, et al. The study of total polyphenols, total flavonoids and antioxidant capacity in pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] kernerls [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2016, 30(1): 72-78.
- [26] 石玉涛, 林小娥, 郑淑琳, 等. 不同树龄武夷水仙茶多糖抗氧化活性研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2014(11): 116-120.
Shi Y T, Lin X E, Zheng S L, et al. Study on antioxidant activity of tea polysaccharides of *C. sinensis* cv. Fujian-shuixian with different ages [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2014(11): 116-120.
- [27] 克热曼·赛米, 岳朝阳, 巴哈尔古丽, 等. 不同立地条件下‘木

纳格’葡萄果实品质和矿质元素含量 [J]. 北方园艺, 2016 (18):9-13.

Kereman S M, Yue Z Y, Bahaerguli, et al. Fruit quality and mineral elements of ‘Munake’ vineyards under different site condition [J]. Northern Horticulture, 2016(18):9-13.

[28] 闫慧洁, 韩占江, 张艳波. 阿拉尔垦区不同树龄骏枣果实品质的比较 [J]. 食品科技, 2016, 41(5):40-43.

Yan H J, Han Z J, Zhang Y B. Comparison on fruit quality of jujube under different tree-age in Alar reclamation area [J]. Food Science and Technology, 2016, 41(5):40-43.

[29] 叶江华, 王海斌, 贾小丽, 等. 不同树龄茶树叶片氨基酸含量变化分析 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55(20):5355-5358.

Ye J H, Wang H B, Jia X L, et al. Analysis of the changes of amino acid content in leaves of different age tea [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2016, 55(20):5355-5358.

[30] 王晓红, 孙延龙, 李 万, 等. 产地和生长年限对银杏叶中多糖和黄酮含量的影响 [J]. 中药材, 2016, 39(6):1341-1342.

Wang X H, Sun Y L, Li W, et al. Effects of origin and growth years on the content of polysaccharides and flavonoids in *Ginkgo biloba* leaves [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2016, 39(6):1341-1342.

(上接第 101 页)

[20] 周长勇, 张秀清, 尹旭彬. 番茄嫁接苗与自根苗的对比试验 [J]. 中国蔬菜, 2001(4):32-33.

Zhou C Y, Zhang X Q, Yin X B. Comparative experiment between grafted and self-rooted tomato seedlings [J]. China Vegetables, 2001(4):32-33.

[21] 朱 进, 别之龙, 徐 容, 等. 不同砧木嫁接对黄瓜生长、产量和品质的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2006, 26(6):668-671.

Zhu J, Bie Z L, Xu R, et al. Effects of different rootstocks on the growth, yield and quality of cucumber fruits [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2006, 26(6):668-671.

[22] 王 强, 帕提古丽, 张常荣, 等. 不同砧木嫁接对辣椒光合特性及叶绿素荧光参数的影响 [J]. 新疆农业科学, 2015, 52(4):660-666.

Wang Q, Pati G L, Zhang C R, et al. Influence of different rootstock grafting on photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in chilli pepper [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2015, 52(4):660-666.

[23] 郑阳霞, 李焕秀, 严泽生. 嫁接对茄子光合特性的影响 [J]. 中国蔬菜, 2009(16):56-60.

Zheng Y X, Li H X, Yan Z S. Effects of grafting on photosynthetic characteristics of eggplants [J]. China Vegetables, 2009 (16):56-60.

[24] 曹云娥, 李建设, 罗爱华, 等. 不同砧木嫁接对辣椒生长及生理的影响 [J]. 北方园艺, 2012(12):42-44.

Cao Y E, Li J S, Luo A H, et al. Effect of grafting with different rootstock on growth and physiological index of chili [J]. Northern Horticulture, 2012(12):42-44.

[25] 崔洪宇, 周保利, 吴 波. 嫁接甜瓜生育及光合特性的研究 [J]. 天津农业科学, 2007, 13(2):32-34.

Cui H Y, Zhou B L, Wu B. Study on growth and photosynthesis characteristics of grafted melon [J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2007, 13(2):32-34.