

山核桃仁多酚组分分析及抗氧化研究

陈杭君¹ 李兴飞^{1,2} 郜海燕¹ 房祥军

(1. 浙江省农业科学院食品科学研究所,浙江 杭州 310021; 2. 浙江师范大学化学与生命科学学院,浙江 金华 321004)

摘要:以山核桃仁多酚为原料,通过酸水解分析仁多酚内可能含有的有机酸成分,结果表明,仁多酚干物质经脱糖苷之后,可以形成自由的酚酸,检测到没食子酸及绿原酸含量分别为 $18.2\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 及 $246.7\text{mg}/\text{g}$ 干物质;同时山核桃仁多酚干物质进行体外抗氧化分析表明,仁多酚具有较高的抗氧化活性,对 DPPH 自由基和 $\cdot\text{OH}$ 自由基清除率较高,其抗氧化能力一定范围内与 VC 及 BHA 相当。

关键词:山核桃;仁多酚物质;抗氧化分析;水解实验;高效液相色谱

THE ANALYSIS OF CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF PHENOLIC COMPOUNDS FROM CARYA (*CARYA CATHAYENSIS*) KERNEL

CHEN Hang-jun¹ LI Xing-fei^{1,2} GAO Hai-yan¹ FANG Xiang-jun¹

(1. Food Science Institute, Zhejiang Academy of Agricultural Science, Hangzhou, Zhejiang 310021;

2 College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004)

Abstract: The composition of phenolic acids from the acidic hydrolysis of polyphenols of *Carya cathayensis* kernel was analyzed. Several free phenolic acids had been found from polyphenols of *Carya cathayensis* kernel after the removal of sugars. Among them, contents of gallic acid and chlorogenic acid were $18.2\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ and $246.7\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ of dry matter, respectively. In vitro antioxidant activity assessment showed that the polyphenols of *Carya cathayensis* kernel had high antioxidant activity. The scavenging capacities of these polyphenols for DPPH and $\cdot\text{OH}$ free radicals were comparable to those of VC and BHA.

Key words: *Carya cathayensis*; kernel polyphenols; antioxidant analysis; hydrolysis experiment; HPLC

山核桃 (*Carya cathayensis*) 属于胡桃科 (*Juglandaceae*) 山核桃属 (*Carya Nutt.*), 是浙江省天目山一带重要的栽培树种之一^[1]。山核桃具有重要的营养保健和临床药用功能,其种仁、外果皮、根、叶都可入药^[2]。山核桃仁富含多种营养成分,总蛋白平均含量为 11.3% ^[3],氨基酸平均含量为 11.8% ^[4];油脂平均含量超过 60% ,其中单不饱和脂肪酸含量超过 90% ,可以显著降低低密度脂蛋白 (LDL) 水平,预防心脑血管疾病^[5]。

多酚物质是山核桃仁中的重要抗氧化物质之一,

房祥军等^[6]研究表明,山核桃仁内多酚含量可达 4.71% 。植物多酚被证实具有抗胁迫、紫外辐射及清除自由基、镇痛等多种抗氧化活性^[7,8]。目前,关于核桃多酚研究已经趋于成熟,而同属胡桃科的山核桃仁多酚组分分析及抗氧化活性研究较少。Anderson 采用 LC-ELSD/MS 方法对核桃仁中多酚类物质进行分析表明核桃仁中含有鞣花酸单体、聚合鞣花单宁和其他的酚酸类物质^[9]。Toshiyuki 等利用反相色谱技术 (RP-HPLC) 结合核磁共振 (NMR), 从核桃仁正丁醇提取物鉴定出 Glansrin A ~ C 3 种鞣花酸单宁和 12 种已知单

收稿日期:2012-07-04 接受日期:2012-08-22

基金项目:浙江省重大科技专项重点农业项目(2009C12033),省自然科学基金项目(Y2101447),省公益性项目(2011C22061)

作者简介:陈杭君(1976-),男,浙江东阳人,副研究员,在职博士,研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail:spshangjun@sina.com

通讯作者:郜海燕(1958-),女,浙江杭州人,研究员,博士,研究方向为食品物流与质量控制。E-mail:spsghy@163.com

宁^[10]。Fukuda 等^[11]研究表明核桃仁的正丁醇提取物含有多种酚类物质,可以显著抑制 DPPH 自由基,并增强超氧化物歧化酶(SOD)的活性。因此,笔者希望借助一些试验手段对山核桃仁提取物进行多酚组分进行分析,同时对其体外抗氧化活性做出初步评价。

1 材料与方法

1.1 原料

生山核桃:2010 年 10 月采摘于浙江临安昌化镇天目山,摘取已经成熟但尚未落地的果实,于 3h 内运回实验室冷库,挑选成熟度、色泽、大小基本一致的果实,剥取外蒲壳,并于阴凉处通风阴干,取核桃仁统一粉碎过 100 目筛,装入封口袋,保存于 -20℃,备用。

山核桃仁多酚样品制备:将粉碎过的山核桃仁粉末,按照如下试验条件浸提多酚:70% 乙醇、料液比($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)1:20,50℃ 回流提取 3h。回收浸提液,得山核桃仁多酚提取液,40℃ 条件下,真空旋转浓缩,并低温冷冻干燥,制成山核桃仁多酚干样,以没食子酸为指标,采用 Folin-Ciocalteu 法^[12]计算多酚含量,确定多酚含量为 27.02%。超氧阴离子及羟基自由基指标测定均为制备的山核桃仁多酚样品。

1.2 主要试剂

钨酸钠、钼酸钠、硫酸锂、磷酸、盐酸、过氧化氢、水杨酸、BHA、VC、单宁酸及没食子酸等为国产分析纯;绿原酸、咖啡酸、对香豆酸、阿魏酸等标准品及连苯三酚、DPPH 自由基等均购自 Sigma 公司;羟基自由基试剂盒,购于南京建成科技有限公司。

1.3 主要仪器与设备

GBC Cintra 20 紫外-可见分光光度计,澳大利亚 GBC 公司;DK-8D 电热恒温水槽,上海精宏实验设备有限公司;MR23i 冷冻离心机,法国 JOUAN 公司;低温冷冻干燥机,美国 labconco 公司;Agilent-1200 高效液相色谱仪,美国安捷伦仪器公司。

1.4 方法

1.4.1 仁多酚的水解试验 山核桃仁多酚水解试验方法参考高荣海等^[13],略有改变。样品供试液制备:准确称取 1.00g 山核桃仁多酚样品,加入蒸馏水 1L,配制成浓度为 $1\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的多酚溶液。分别吸取上述溶液各 1mL,置于 10mL 玻璃管中,然后加入 $3\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 盐酸-甲醇溶液(甲醇体积浓度为 80%)定容至 10ml,密闭,在 70℃ 条件下反应 4h。水解后溶液摇匀,稀释 1 倍,过 $0.45\mu\text{m}$ 微孔滤膜后 HPLC 分析糖苷水解情况。

1.4.2 酚酸高效液相色谱(HPLC)分析 根据液相色谱条件对多种常见酚酸进行上样分析,经紫外检测器测定,通过与标准品比较定量、定性。其中 7 种酚酸标准品分别为没食子酸、绿原酸、咖啡酸、香草酸、对香豆酸、阿魏酸、香豆素。

HPLC 条件如下:

色谱柱:Eclipse XDB-C18(250 × 4.6mm 5 μm);

流动相:A: 甲醇,B: 0.5% H_3PO_4 - 水,

梯度洗脱:0 ~ 30min(A): 0% ~ 100%; 30 ~ 40min:100% ~ 0%。

柱温:30℃;流速:1 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$;进样量:20 μL ;

检测波长:254nm;分析时间:40min。

1.4.2.1 没食子酸及绿原酸标准曲线制作 准确称取标准品没食子酸及绿原酸 0.02g 置于 100mL 容量瓶中,用甲醇定容至刻度,制得没食子酸及绿原酸标准储备液($0.20\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)。用移液管分别取没食子酸及绿原酸标准储备液 5、10、15、20、25mL,用无水甲醇定容至 50ml 容量瓶中,得 0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的标准溶液,分别取各标准溶液进样 20 μL ,测定其峰面积。根据标准品的浓度(X)和峰面积(Y)可得回归方程:没食子酸: $Y' = 28030X' + 10.18$ ($R^2 = 0.9998$, $n = 5$);绿原酸: $Y = 17099X + 0.49$ ($R^2 = 0.9999$, $n = 5$),线性范围为 0.02 ~ 0.10 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

1.4.2.2 水解后没食子酸及绿原酸含量的计算

$$\text{酚酸含量 } M(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}) = (A - B) / K \times V / W$$

式中:A 为没食子酸或绿原酸峰面积(mAU);K 为相应标准曲线斜率($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 峰面积);B 为相应标准曲线截距;V 为相应样品溶液体积(ml);W 为样品重量(g)。

1.4.3 DPPH 自由基清除能力测定 试验参考 Vatterm 等^[14]的实验方法,略有修改。

将山核桃仁多酚用无水乙醇配制成不同质量浓度的溶液。取 0.1ml 各浓度溶液加入 3.9mL $6 \times 10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ DPPH (乙醇配制),充分混匀,37℃ 水浴 60min,以无水乙醇为空白,测定 A_{517} ,标为 A_i ;取 3.9mL DPPH,加入 0.1mL 乙醇,测定 A_{517} ,标为 A_c 。

$$\text{清除率 } K(\%) = [(A_c - A_i) / A_c] \times 100$$

1.4.4 超氧阴离子($\text{O}_2^{\cdot-}$)清除能力的测定 采用邻苯三酚自氧化法,参考张晓璐等^[15]实验方法,略有修改。25℃ 恒温条件下,在 10mL 容量瓶中依次加入 pH 为 8.3 的 $0.05\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Tris-HCl 溶液 5.0mL,加不同浓度的样品液 0.5mL,加入蒸馏水 3.3mL,加入 $2\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 邻苯三酚 0.2mL,总体积为 9mL。以二次蒸馏水作对照,邻苯三酚最后加入,迅速混匀后,测定

A_{322} , 每隔 1min 测 1 次, 直到反应后 5min, 求斜率 V 。VC 和 BHA 做样品对照。

$$\text{清除率 } K(\%) = (V_s - V) / V_s \times 100$$

式中: V_s 为 0.5mL 蒸馏水与反应体系反应的速率; V 为 0.5ml 样品液与反应体系反应的速率。

1.4.5 羟基自由基($\cdot\text{OH}$)清除能力的测定 本试验采用羟基自由基试剂盒的方法测定。原理: Fenton 反应是最常见的产生羟基自由基的化学反应, H_2O_2 的量与 Fenton 产生的 $\cdot\text{OH}$ 量成正比, 当给予电子受体后, 用 griess 试剂显色, 形成红色物质, 其呈色与 $\cdot\text{OH}$ 的多少成正比关系。

$$\text{清除率 } K_1(\%) = (\text{OD}_1 - \text{OD}_2) / \text{OD}_1 \times 100$$

式中: OD_1 为对照管吸光度; OD_2 为样品管吸光度

1.5 数据统计

所有试验均重复 3 次, 结果所列数据是 3 次重复的平均值。采用 SPSS 13.0 对数据进行处理, 试验数据采用 ANOVA 进行邓肯氏多重差异分析 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 山核桃仁多酚水解试验

图 1 为水解试验前仁多酚 HPLC 图谱, 图 2-A 为水解后仁多酚 HPLC 图谱。对比分析可知, 山核桃仁多酚经盐酸-甲醇水解后产生了几种新物质。对比没食子酸(图 2-B)及绿原酸(图 2-C)标准品的 HPLC 图谱以及有关参考文献的数据, 可以初步确定在水解后产生了酚酸苷元——没食子酸及绿原酸(保留时间为 5.872、10.964min 的组分)。对水解后这 2 种酚酸进行定量测定, 依据 1.4.2.1 及 1.4.2.2 计算方法, 测得

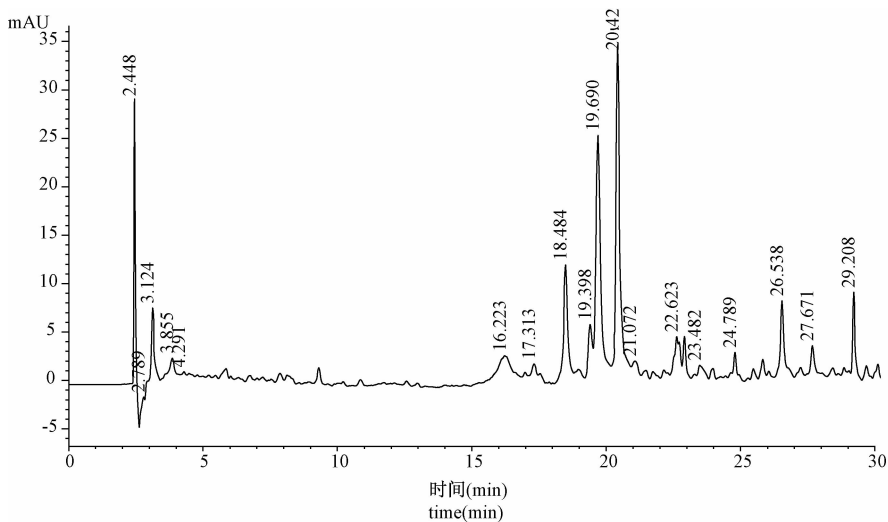


图 1 山核桃仁多酚水解前 HPLC 图谱

Fig. 1 HPLC chromatogram of polyphenols from *Carya cathayensis* kernel

含量分别为 $18.20\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $246.7\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 干物质。图 2-D 为标准品单宁酸 HPLC 图谱, 单宁酸组分主要有 3 个吸收峰, 分别为峰 1 (18.557min)、峰 2 (19.687min)、峰 3 (20.399min); 参照单宁酸图谱及有关文献^[16]数据, 可以初步确定山核桃仁多酚在水解前后均含有单宁酸组分, 水解前如图 1 (18.375、19.507、20.192min 的组分), 水解后如图 2 - A (18.469、19.655、20.379min 组分), 证明山核桃仁多酚含有较多的单宁酸物质。对于其他几种常见酚酸进行 HPLC 分析, 在本试验条件下, 结合表 1 对应的保留时间, 在水解试验前后, 并没有检测出咖啡酸、香草酸、对香豆酸、阿魏酸、香豆素等这 5 种常见酚酸的存在。

表 1 几种常见酚酸的保留时间

Table 1 Retention time of different phenolic acids

标准品 Standard sample	时间 Time (min)
没食子酸	5.822
绿原酸	10.97
咖啡酸	12.522
香草酸	12.56
对香豆酸	15.464
阿魏酸	16.054
香豆素	17.485

2.2 DPPH 自由基清除率

以 VC 及 BHA 作为对照物, 对山核桃仁多酚进行清除 DPPH 自由基分析, 结果如图 3 所示: 仁多酚在 $10\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的物质浓度下, 其对 DPPH 自由基最高清除率为 74.22%, 低于 BHA (84.45%) 及 VC (90.41%)。通过 SPSS 数据分析, 得到仁多酚对 DPPH 自由基 IC_{50} 值如表 2 所示, 试验结果表明: 山核

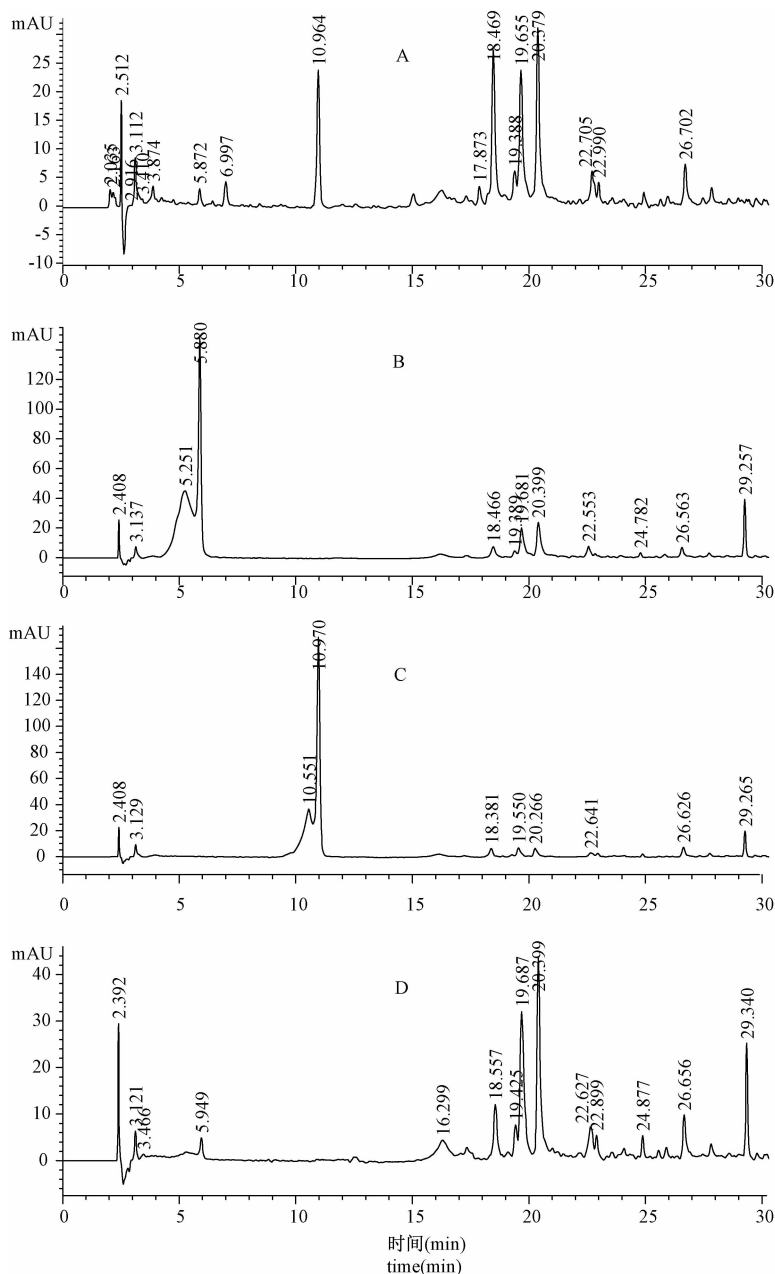


图 2 山核桃仁多酚水解物及标准样品 HPLC 图谱

Fig. 2 HPLC chromatogram of polyphenols de-glucosidase hydrolyzate from *Carya cathayensis* kernel and standard samples

A: 仁多酚水解物; B: 没食子酸; C: 绿原酸; D: 单宁酸

A: Polyphenols de-glucosidase hydrolyzate from *Carya cathayensis* kernel;

B: Gallic acid; C: Chlorogenic acid; D: Tannin

桃仁多酚半抑制浓度低于 VC, 此浓度下 DPPH 法体外抗氧化能力大小依次为: BHA > 仁多酚 > VC, 表明仁多酚具有较强的抗氧化活性, 但在试验范围浓度内最高清除率不如 VC。

表 2 山核桃仁多酚对 DPPH 自由基的 IC_{50} 值
Table 2 IC_{50} values of *Carya cathayensis* polyphenols on DPPH radical

样品 (Standard sample)	$IC_{50}/(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$
仁多酚	2.426
BHA	2.091
VC	3.690

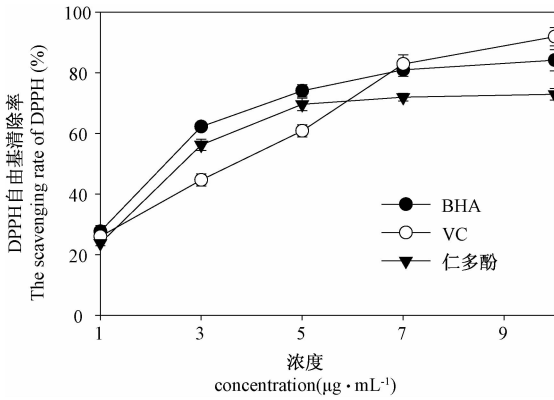


图3 不同浓度山核桃仁多酚对DPPH自由基清除率

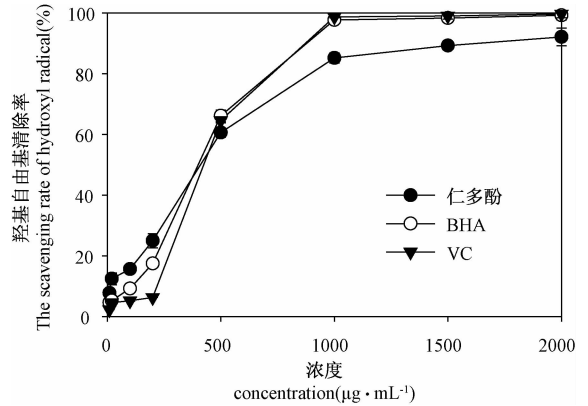
Fig.3 The scavenging rate of DPPH radical with different concentrations of polyphenols from *Carya cathayensis* kernel

图5 不同浓度山核桃仁多酚对羟基自由基清除率

Fig.5 The scavenging rate of hydroxyl radical with different concentrations of polyphenols from *Carya cathayensis* kernel

2.3 超氧阴离子(O₂^{-·})清除率

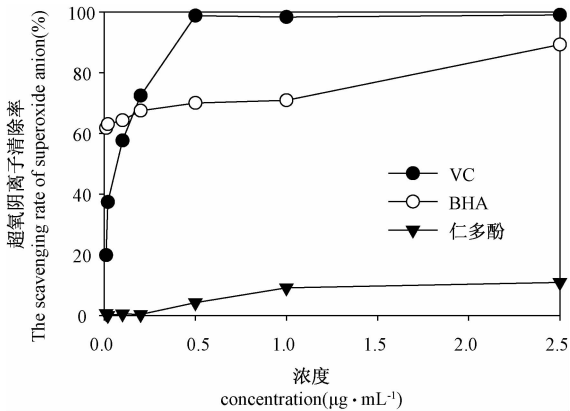


图4 不同浓度山核桃仁多酚对超氧阴离子的清除率

Fig.4 The scavenging rate of superoxide anion with different concentrations of polyphenols from *Carya cathayensis* kernel

由图4可知,山核桃仁多酚对邻苯三酚自氧化产生的超氧阴离子清除活性极低,与VC及BHA相比,在最高浓度 $2.5\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 下,仁多酚对 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 的清除率均不足20%,远远低于VC及BHA。试验表明,仁多酚对邻苯三酚自氧化产生的超氧阴离子体系抗氧化能力较差,在 $0 \sim 2.5\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度范围内山核桃仁多酚对超氧阴离子的清除能力较弱。

2.4 羟基自由基(·OH)清除率

羟基自由基是比较难以清除的自由基,许多抗氧化剂对羟基自由基清除率较差,房祥军等^[17]研究已经指出山核桃仁具有强抗氧化活性,对羟基自由基清除率强。由图5可知,山核桃仁多酚在浓度 $1000\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时清除率为87.20%;在最高浓度 $2000\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,山核桃仁多酚对羟基自由基清除率达到92.13%,略低于BHA及VC;结合表3的 IC_{50} 值可知,山核桃仁

多酚与VC及BHA之间差距较小,表明山核桃仁多酚具有作为清除羟基自由基抗氧化剂的潜力。

表3 山核桃仁多酚对·OH自由基的 IC_{50} 值Table 3 IC_{50} values of *Carya cathayensis* polyphenols on hydroxyl radical

样品 (Standard sample)	$\text{IC}_{50}/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$
仁多酚	440.957
BHA	421.875
VC	435.827

3 讨论

山核桃仁多酚是山核桃内的主要抗氧化物质之一,其具有一般植物多酚的性质,都在一定程度酯化成胶质和各种聚糖或者耦合连接到细胞壁多聚糖形成各种聚合物^[18]。在核桃仁多酚的研究中,王克建等^[19]利用高效液相色谱-电喷雾质谱(HPLC-SI-MS)分析,表明多酚类物质有鞣花酰基葡萄糖4种异构体、橡-酰基葡萄糖2种异构体、二鞣花酰基葡萄糖2种异构体、二没食子酰基葡萄糖2种异构体、鞣花酰基和橡-酰基葡萄糖3种异构体。许多报道已经指出核桃多酚内含有复杂多酚物质,而作为核桃属的山核桃多酚组分报道却较少。山核桃仁多酚经过HPLC分析后,从色谱峰的数目可以推断大概含有10种以上物质;根据单宁酸标准品的图谱,本试验研究初步推断单宁酸化合物的存在,与核桃多酚报道具有一致性^[19];同时在水解实验前后均被检测到,表明鞣质即单宁类物质是山核桃仁多酚主要的组成部分,但具体的多酚结构组成有待进一步研究。山核桃多酚经过盐酸-甲醇水解

后,发现新产生了几种游离酸,对常见的几种酚酸进行上样比对分析,检测到没食子酸及绿原酸,利用外标法测定其含量分别为 $18.2\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 及 $246.7\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 干物质。对于其它几种常见酚酸,例如咖啡酸、阿魏酸等,在试验中未被检出。酸水解试验表明,山核桃仁多酚主要是以酚酸通过糖苷键形成结合物存在于山核桃仁细胞中,而其中没食子酸及绿原酸是主要的糖配基之一。

植物多酚是植物细胞内的重要植物色素、抗氧化剂及具有多种功能的保护因子,具有防紫外辐射、抗胁迫等作用^[8]。Zhu 等^[20] 研究山核桃仁提取物具有较强的抗氧化性能,其中就含有重要抗氧化物质多酚;在本试验中针对性的提取山核桃仁多酚,其同样表现出较强的体外抗氧化活性,山核桃仁多酚对 DPPH 自由基清除率高,在 $10\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的物质浓度下清除率为 74.22%,在半抑制浓度下活性高于 VC 对照品;山核桃仁多酚同样对羟基自由基具有较高的清除率,在 $2000\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度时清除率为 92.13%,与 VC 及 BHA 相当;而山核桃仁多酚对邻苯三酚自氧化体系产生的超氧阴离子清除作用较差,在 $0\sim 2.5\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度范围内最高清除率不足 20%,低于相当量的 VC 及 BHA,这与韦红霞等^[21] 指出核桃仁清除超氧阴离子能力不超过 30% 的研究相吻合,山核桃仁多酚可能同样不是通过此途径进行抗氧化作用。

本试验初步研究了山核桃仁多酚的组成成分,发现其与同属核桃存在很多一致性,但是具体多酚种类及含量差异性仍有待继续研究。山核桃仁是一种优良的营养物质,其在体外的抗氧化试验结果表明山核桃仁多酚具有一定的抗氧化活性,是一种天然抗氧化物质。笔者希望今后可以结合体内抗氧化试验进一步分析山核桃仁多酚的抗氧化活性,全面研究评价山核桃仁多酚。

4 结论

山核桃仁多酚物质是山核桃内的主要抗氧化物质之一,本研究发现通过酸水解新产生了几种游离酸,通过 HPLC 分析推断出存在没食子酸及绿原酸,测定含量分别为 $18.2\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 及 $246.7\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 干物质。单宁酸在水解试验前后均被检测到。

山核桃多酚物质具有很好的体外抗氧化活性,表现为山核桃仁多酚在半抑制浓度下对 DPPH 自由基清除率高于对照品 VC;对羟基自由基具有较高的清除率,与 VC 及 BHA 相当;而山核桃仁多酚对邻苯三酚

自氧化体系产生的超氧阴离子清除作用较差,远低于相当量的 VC 及 BHA。以上抗氧化试验表明,山核桃仁多酚是较好的抗氧化物质,山核桃仁可以成为天然抗氧化物质的来源。

参考文献:

- [1] 艾呈祥,李翠学,陈相艳,刘庆忠. 我国山核桃属植物资源[J]. 落叶果树,2006,20(4):23-24
- [2] 姚焕英,唐静成,张鞍灵,胥耀平. 核桃属植物化学成分及生物活性研究[J]. 西北植物学报,2003,23(9):1650-1655
- [3] 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
- [4] 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
- [5] 陆浩,杨会芳,毕艳兰,梁少华,梅建华. 山核桃油的理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂,2010,35(5):73-76
- [6] 房祥军,郝海燕,陈抗君. 正交试验法优化山核桃仁中总多酚的提取工艺参数研究[J]. 中国食品学报,2009,9(1):153-157
- [7] Beckman C H. Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants[J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2000, 57(3):101-110
- [8] Shahidi F, Naczk M. Phenolics in Food and Nutraceuticals: Sources, Applications and Health Effects[M]. CRC Press, Boca Ra-ton, FL, 2004
- [9] Anderson K J, Teuber S S, Gobeille, et al. Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation[J]. Nutrition, 2001, 31(1):2837-2842
- [10] Toshiyuki F, Hideyuki I, Takashi Y. Antioxidative polyphenols from walnuts (*Juglans regia* L)[J]. Phytochemistry, 2003, 63(1):795-801
- [11] Fukuda T, Ito H, Yoshida T. Antioxidative polyphenols from walnuts (*Juglans regia* L)[J]. Phytochemistry, 2003, 63(1):795-801
- [12] Danny K A, Yun J, Diane M B, et al. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry strawberry and corn grown using conventional organic and sustainable agricultural practices[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(1):1237-1241
- [13] 高荣海,郑艳,刘长江. 大豆异黄酮糖苷酸法水解工艺的研究[J]. 粮食加工,2008,33(1):54-56
- [14] Vatter D A, Lin Y T, Labbe R G, et al. Phenolic antioxidant mobilization in cranberry pomace by solid-state bio-processing using food grade fungus *Lentinus edodes* and effect on antimicrobial activity against select food-borne pathogens[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2004, 5(1):81-91
- [15] 张晓璐,徐凯宏. 山楂叶总黄酮清除 DPPH 和超氧阴离子自由基的活性研究[J]. 林业科技,2008,33(5):51-54
- [16] Pezet R, Perret C, Tabacchi R. Analysis of oligomeric and polymeric tannins of grape berries by liquid chromatography/electrospray ionization multiple-stage tandem mass spectrometry[J].

Mass Spectrom, 2001,7(1):419-426

- [17] 房祥军, 郝海燕, 陈杭君. 山核桃加工、贮藏前后总多酚含量及其抗氧化活性的变化[J]. 食品科学, 2011, 32(5):104-106
- [18] Marian N, Fereidoon S. Extraction and analysis of phenolics in food [J]. Journal of Chromatography A, 2004, 1054: 95-111
- [19] 王克建, 郝艳宾, 齐建勋, 胡小松. 红色核桃仁种皮提取物紫外-可见光谱和质谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(6):

1668-1671

- [20] Zhu C G, Deng X Y, Shi F. Evaluation of the antioxidant activity of Chinese Hickory (*Carya cathayensis*) kernel ethanol extraction [J]. African Journal of Biotechnology, 2008, 7(13):2169-2173
- [21] 韦红霞, 韦英群, 张树球, 韦惊肢, 莫翠新, 唐一衡, 李震. 核桃仁抗超氧阴离子自由基能力的研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2003, 12(17):1823-182



《核农学报》2013 年广告火热招商中……



核农学报

JOURNAL OF NUCLEAR AGRICULTURAL SCIENCES

《核农学报》由农业部主管, 中国农业科学院农产品加工研究所和中国原子能农学会主办, 国内食品辐照加工、诱变育种研究领域唯一的学术期刊。近年在农产品加工工艺、食品科学领域的影响力不断攀升, 获得广泛认可。

《核农学报》为月刊, 大 16 开, 年发行量两万余册。受众针对性强, 主要包括农业部、中国农业科学院、国防科工局相关领导, 全国各

原子能利用研究机构、农产品加工院所、高校相关院系领导、科研人员、食品加工企业经理人, 各地食品安全测试、评估类重点实验平台及辐照中心等。

本刊接收核技术、生物技术、农业技术、农产品加工、食品科学、有机农业、辐照加工等领域的技术、产品、著作、仪器、检测服务及单位、个人介绍方面的广告。2013 最低广告价格如下, 软硬广告均同:

广告位置	尺寸	期价(元)	广告形式	文件形式	系列报价
封二	全版	3500/期	铜版纸, 彩色印刷	平面设计及文字	议价
封三	全版	3500/期	铜版纸, 彩色印刷	平面设计及文字	议价
封底	全版	3500/期	铜版纸, 彩色印刷	平面设计及文字	议价
封面扉页	全版	2500/期	铜版纸, 彩色印刷	平面设计及文字	议价
封底扉页	全版	2000/期	铜版纸, 彩色印刷	平面设计及文字	议价
内页	全版	1200/期	胶版纸, 彩色印刷	平面设计及文字	9 折
内页	1/2 版	400/期	胶版纸, 黑白印刷	平面设计及文字	9 折
内页	全版	700/期	铜版纸, 黑白印刷	平面设计及文字	9 折

备注: 广告定稿最迟于预订刊期出版前 30 个工作日提供出版单位。