

核桃仁种皮多酚对免疫抑制小鼠的调节作用

闫国培, 刘会平, 孙娜新, 闫哲贤, 史玉明, 姜洋, 袁晋芳

(食品营养与安全教育部重点实验室, 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 为了研究核桃仁种皮多酚对环磷酰胺 (CTX) 所致免疫低下模型小鼠的免疫调节功能, 通过腹腔注射环磷酰胺的方法建立免疫抑制小鼠模型, 将小鼠随机分为 5 组: 空白组、模型组、核桃仁种皮低、中、高剂量组, 研究不同灌胃剂量的核桃仁种皮多酚对免疫抑制小鼠的脏器指数、吞噬指数、血液中相关指标、免疫球蛋白 IgG、IgA、IgM 以及 LDH 和 ACP 酶活性的影响。研究结果表明核桃仁种皮多酚具有一定的提高免疫力的作用, 核桃仁种皮多酚能够改善试验小鼠的脏器指数, 提高碳廓清指数, 使淋巴细胞的增殖率提高, 在一定程度上维持免疫抑制小鼠的血液细胞分布平衡, 增加免疫抑制小鼠的免疫球蛋白含量, 增强 LDH 和 ACP 酶的活力, 维持免疫抑制小鼠生理指标的稳定性, 从而提高试验小鼠机体的免疫活性。

关键词: 核桃仁种皮; 多酚; 免疫功能

文章编号: 1673-9078(2017)8-24-29

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.8.005

Effect of Polyphenols from Walnut Kernel Pellicle on Immunosuppressed Mice

YAN Guo-pei, LIU Hui-ping, SUN Na-xin, YAN Zhe-xian, SHI Yu-ming, JIANG Yang, YUAN Jin-fang

(Key Laboratory of Food Nutrition and Safety Tianjin University of Science & Technology, Ministry of Education, College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University and Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: An immunosuppressed mouse model, established through intraperitoneal injection of specific pathogen-free mice with cyclophosphamide (CTX), was used to study the immunomodulatory effect of walnut kernel pellicle polyphenols (WKPs). The mice were randomly divided into five groups: normal group, model group, and low-dose (50 mg/kg), medium-dose (100 mg/kg), and high-dose (200 mg/kg) WKP groups. The effect of different doses of WKPs on the thymus and spleen indexes, phagocytic index, blood-related indicators, immunoglobulin (Ig) G, IgA, and IgM levels, and lactic dehydrogenase (LDH) and acid phosphatase (ACP) activities were investigated. Consequently, in the immunosuppressed mice, the WKPs had a definite effect on improving and enhancing immune functions, by improving the organ index, increasing the carbon clearance index, increasing the rate of lymphocyte proliferation, maintaining the balance of blood cell distribution to some extent, increasing the immunoglobulin content, enhancing the activities of LDH and ACP, and maintaining the stability of physiological indexes.

Key words: walnut kernel pellicle; polyphenols; immunological function

植物多酚广泛存在于植物体内, 尤其存在于植物的皮、叶、果实和根等部位, 是一类多酚类的化合物, 在植物体内的含量仅次于木质素、纤维素和半纤维素^[1-3]。目前, 国内外已从多领域、多角度对植物多酚进行了研究, 研究结果表明多酚类物质这一天然成分富有非常可观的应用前景^[3]。对多酚物质的研究和多酚化学发展方向的研究, 人们越来越关注植物多酚的生理活性, 有很多关于动物实验以及一些流行病学的报道中指出, 在预防疾病及抑制疾病方面, 补充一

收稿日期: 2016-12-15

作者简介: 闫国培 (1989-), 女, 硕士, 研究方向: 功能性食品

通讯作者: 刘会平 (1965-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 生物资源开发与功能性食品

定量的植物多酚具有明显的促进作用^[4]。对多酚类物质的研究和多酚化学发展方向的研究, 人们越来越关注植物多酚的生理活性, 有很多关于动物实验以及一些流行病学的报道中指出, 补充一定量的植物多酚具有明显的促进作用^[4]。核桃 (*Juglans regia* L.) 原产于中亚地区, 又常被称为胡桃、羌桃, 为胡桃科核桃属, 属多年生落叶乔木, 是世界上的主要干果^[5,6]。核桃仁含有丰富的蛋白质和脂肪等营养物质和钙、铁、锌等无机盐离子, 以及胡萝卜素、核黄素等各种维生素, 这些成分具有很高的营养价值和药用价值^[7,8]。报道表明, 多酚的多种有益于人类的生物活性受到了人们的广泛重视, 多酚具有抗衰老、抑菌、抗肿瘤和提高免疫力^[9-14]等多种生物学活性。植物多酚类物质对

于机体免疫力的提高有显著性作用。巨噬细胞能够吞噬外来细胞的入侵,它通过迁移或积累到外来杂质存在的位置发挥吞噬作用。与此同时,多酚类物质可以刺激吞噬细胞,使细胞免疫因子的产生有所增加,从而增强免疫力。国内外许多学者对植物多酚类化合物的生物活性及其作用靶点做了深入的研究^[15],为相关药物、保健品的开发提供了理论依据。日本 Haruyo Iwasawa 等人使用嗜中性粒-细胞累加的活性、巨噬细胞的形态学变化和激活细胞因子等评价了猕猴桃多酚的体外和体内免疫增效作用^[16]。胡兆君等报道,“亿福林”(主要成分为茶多酚),可以提高人体血清中免疫球蛋白的含量,尤其是 IgM 和 IgA 的含量^[17]。

核桃仁种皮中含有丰富的多酚等活性物质,其功能活性成分是目前研究的一大热点,关于核桃种皮多酚功能性的研究在国内外均有很多^[18,19]。Anderson 等^[20]在对核桃仁中多酚类物质进行了分析时主要借助了 LC-ELSD/MS 的方法,然后进行体外抗氧化实验,结果表明核桃仁种皮多酚对 2,2'-偶氮-2-咪基丙烷和 2,2'-Azobis hydrochloride 诱导的低密度脂蛋白的氧化的抑制率分别是 38% 和 87%;而对 Cu²⁺ 诱导的低密度脂蛋白氧化的抑制率分别是 84% 和 14%。周晔等^[21]在评定核桃种成分的抗氧化性能时,发现核桃仁种皮酚类物质的抗氧化性,比相同条件下的天然抗氧化剂 Vc 具有明显优势的地位。Carvalho 等^[22]在抗氧化性的研究中,发现核桃仁种皮多酚具有很好的抗氧化活性且对癌细胞具有很好的抑制效果。然而,核桃仁种皮多酚的免疫调节作用尚未得到充分的研究,本试验以核桃仁种皮为原料,以环磷酸胺建立免疫低下小鼠模型^[23],研究了核桃仁种皮多酚对小鼠免疫功能的影响,为核桃仁种皮的综合利用提供可靠的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

核桃购自于山西省吕梁市汾阳市市场,品种为山西纸皮核桃晋龙 1 号。无水乙醇、没食子酸、无水碳酸钠和福林酚试剂均为分析纯。

注射用环磷酸胺、免疫球蛋白 IgG 测定试剂盒(南京建成生物工程研究所);免疫球蛋白 IgA 测定试剂盒(南京建成生物工程研究所);免疫球蛋白 IgM 测定试剂盒(南京建成生物工程研究所);无水碳酸钠分析纯 AR(天津市北方天医化学试剂厂);印度墨汁(solarbio)。

JA2603B 型分析天平(上海精科实业有限公司);

BCD-216SDN 型海尔卧式冷冻柜;离心机(上海安亭科学仪器厂);UV-2000 型紫外可见分光光度计(尤尼科仪器有限公司);XFA 6030 系全自动动物血液分析仪。

1.2 动物

昆明小鼠,雌性,SPF 级,体重 20~22 g,由北京欧阳实验动物有限公司提供,试验动物质量合格证:SYXK(军)2012-0004。

1.3 动物分组与处理

SPF 级雌性昆明小鼠 50 只,体重 20~22 g。试验动物随机分为 5 组:空白对照组,环磷酸胺模型组,核桃仁种皮多酚低、中、高剂量组,每组 10 只。多酚组小鼠灌胃核桃仁种皮多酚,空白和模型组灌胃生理盐水。低、中、高剂量组分别用(50 mg/kg BW、100 mg/kg BW 和 200 mg/kg BW)核桃仁种皮多酚灌胃,空白和模型组灌胃等体积的生理盐水。除空白对照组外,其他各组于灌胃的第 1 d、3 d 和 5 d 腹腔注射环磷酸胺(80 mg/kg)建模。

1.4 试验方法

1.4.1 核桃仁种皮多酚的提取

核桃仁种皮预处理:选取优质的脱去外壳的核桃仁,用特制的复合盐(焦磷酸钠、三聚磷酸钠和柠檬酸钠按照 5:3:2 的比例进行复合)在 70~80 °C 条件下浸泡 8~15 min,然后手工剥取核桃仁种皮。先在 -80 °C 冰箱中预冻,再利用真空干燥机冷冻冻干。将核桃仁种皮粉碎后过 60 目筛,制成核桃仁种皮粉。

定量称量干燥后的核桃仁种皮粉,加入烧杯中,按 1:50 加入 70% 的乙醇,50 °C 下提取 50 min,提取混合液经 4000 r/min 离心分离后进行抽滤,真空浓缩,用旋转蒸发器将乙醇除去,然后再进行真空冷冻冻干,即得到核桃仁种皮多酚。

1.4.2 核桃仁种皮多酚得率的测定

$$\text{多酚提取得率(\%)} = \frac{A - 0.0423}{0.0817 \times m \times 10^6} \times 25 \times 100\%$$

式中: A 为样品的吸光值(nm); m 为样品的质量(g); 25 为多酚提取液总体积(mL)。

采用 Folin-酚试剂法测定,准确吸取样品液 0.1 mL,置于 25 mL 的容量瓶中,分别加入 1.25 mL Folin-Ciocalten 试剂,静置反应 5 min 后,将 6.25 mL、20% Na₂CO₃ 溶液加入,然后定容至 25 mL,室温环境下黑暗放置 90 min,同时做空白对照,在 764 nm 处的测定其吸光值。然后算出没食子酸相应的浓度,进

而得出多酚的得率。

1.4.3 胸腺、脾脏指数测定

各组小鼠结束灌胃 12 h 后, 称其体重, 颈椎脱臼处死。快速解剖, 摘取胸腺、脾脏吸干血迹称其湿重。

$$\text{胸腺(脾)指数} = \frac{\text{胸腺(脾)重量(mg)}}{\text{小鼠体重(g)}}$$

1.4.4 肝、脾巨噬细胞吞噬指数的测定

分组给药, 建模同 1.3。末次给药后 0.5 h, 于各组小鼠尾静脉注射 5 μL、4 倍稀释的印度墨汁, 分别在第 1(t₁)和第 5(t₅)分钟从小鼠眼眶静脉取血 20 μL, 加到 2 mL Na₂CO₃ 溶液 (1 g/L) 中摇匀, 于 680 nm 处用分光光度计测定 t₁ 和 t₅ 的吸光度值 (A₁ 和 A₅), 并计算廓清指数 κ, 并在小鼠处死后称其肝脏和脾脏的质量, 进而计算出吞噬指数 α。

$$\text{廓清指数 } \kappa = \frac{\log A_1 - \log A_5}{t_1 - t_5}$$

$$\text{吞噬指数 } \alpha = \frac{\text{体重重}}{(\text{肝重} + \text{脾重}) \times \kappa^{1/3}}$$

1.4.5 血液细胞指标检测

用蒸馏水配制浓度为 400 mg/mL 的 K₂EDTA 抗凝剂溶液。小鼠摘眼球后, 取血 50 μL 加入装有 3.5 μL 抗凝剂的离心管中, 立即上机, 检测小鼠血中红细胞 (RBC)、血红蛋白 (Hb)、白细胞 (WBC) 和血小板 (PLT) 含量。

1.4.6 血清 IgA、IgM 和 IgG 含量的测定

按试剂盒说明对小鼠血清 IgA、IgM 和 IgG 的含量进行测定。

1.4.7 对免疫抑制小鼠脾脏中乳酸脱氢酶 (LDH) 及酸性磷酸酶 (ACP) 活性测定

按试剂盒中的方法对小鼠脾脏中 LDH 及 ACP 活性进行测定。

1.4.8 数据处理

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学处理, 实验数据的结果以均数±标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示, 各组均数之间比较采用 One-way ANOVA 和组间多重比较, $p < 0.05$ 有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 核桃仁种皮多酚的得率

以没食子酸为标准测定核桃仁种皮中总酚含量。

采用了超声波辅助提取的方法, 操作相对简单、提取温度低、提取效率相对较高、提取物的性质稳定, 有效地缓解了传统提取方法中产品的安全性、提取的效率及提取时间较长等方面存在着诸多的缺点^[24]。经

计算核桃种皮粗提物的得率为 14.34%, 粗提物中核桃仁种皮多酚的含量为 19.10%。说明核桃仁种皮内多酚的含量丰富, 具有较高的开发价值。



图 1 核桃种皮多酚样品

Fig.1 WKP samples

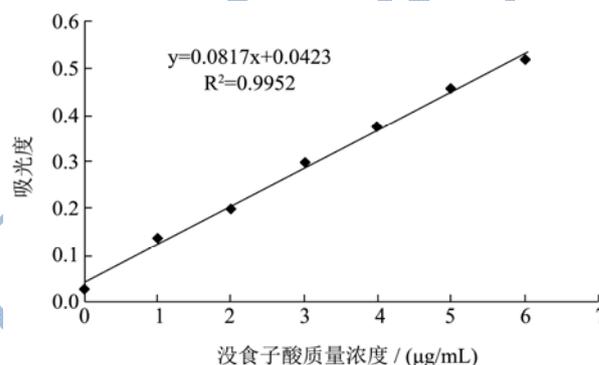


图 2 没食子酸标准曲线

Fig.2 Standard curve of gallic acid

2.2 对环磷酰胺所致免疫抑制小鼠胸腺指数和脾脏指数的影响

脾脏是机体免疫的中心, 存在许多具有免疫功能的细胞。胸腺是一种重要的细胞免疫器官, 产生 T 淋巴细胞, 分泌胸腺激素和激素样物质。这两个器官的形态和质量的变化反映了小鼠的免疫功能。

表 1 核桃仁种皮多酚对免疫抑制小鼠胸腺指数、脾脏指数的影响

Table 1 Effect of WKP on the thymus index and spleen index in immunosuppressed mice ($\bar{x} \pm s, n=10$)

组别	胸腺指数	脾脏指数
空白组	2.34±0.16	3.53±0.18
模型组	1.47±0.29*	2.34±0.17*
多酚低剂量组	1.74±0.10 [#]	2.53±0.13 [#]
多酚中剂量组	1.90±0.13 [#]	2.89±0.14 [#]
多酚高剂量组	2.01±0.11 [#]	3.01±0.08 [#]

注: *与空白组比较, #与模型组比较。

由表 1 可以看出, 与正常组小鼠比较, 模型组的脏器指数明显降低 ($p < 0.05$), 胸腺明显减少, 初步确

定免疫抑制模型建模成功。与模型组相比，低、中、高剂量组核桃仁种皮多酚均可以显著增加脏器指数 ($p<0.05$)，说明核桃仁种皮多酚可以在一定程度保护小鼠的免疫器官，增强小鼠的免疫活性。

2.3 对环磷酰胺所致免疫抑制小鼠肝、脾巨噬细胞吞噬指数的影响

表2 核桃仁种皮多酚对免疫抑制小鼠肝、脾脏巨噬细胞指数的影响

Table 2 Effect of WKP on the phagocytic ability of macrophages in liver and spleen of immunosuppressed mice ($\bar{x}\pm s, n=10$)

组别	廓清指数 κ	吞噬指数 α
空白组	0.062±0.003	6.007±0.121
模型组	0.028±0.005*	4.655±0.193*
低剂量组	0.047±0.002#	5.664±0.126#
中剂量组	0.047±0.001#	5.690±0.066#
高剂量组	0.059±0.004#	5.775±0.123#

注：*与空白组比较，#与模型组比较。

作为人体最重要的防御系统，单核巨噬细胞系统具有较强的吞噬异物颗粒或部分可溶性异物的能力，并且当自身体内产生某些有害物质时能迅速将其清除，当碳粒静脉注射入血液循环后，巨噬细胞吞噬作

用迅速，主要由肝和脾中的巨噬细胞吞噬。所以，它可以通过测量血液中碳粒子的消失率来反映单核巨噬细胞对外来物的吞噬功能。

由表2可知，模型组小鼠碳粒廓清指数较空白组小鼠显著下降 ($p<0.05$)，核桃仁种皮多酚组小鼠较模型组碳粒廓清指数显著上升 ($p<0.05$)，可明显提高环磷酰胺所致免疫抑制小鼠碳廓清能力，并呈现出对剂量的依赖性，说明核桃仁种皮多酚能够在一定程度上增强淋巴细胞的增殖率，使免疫抑制小鼠的免疫功能的到改善。

2.4 对环磷酰胺所致免疫抑制小鼠血液中相关指标的影响

血液在人体循环系统中不停地流动，主要参与机体的新陈代谢，对平衡内外环境有着十分重要的作用。

由表3可以得出，模型组小鼠的Hb、PLT、RBC和WBC较空白组显著性降低 ($p<0.05$)，说明试验小鼠的免疫器官受到破坏，免疫功能下降，模型建立成功，而核桃仁种皮多酚低、中、高剂量组较模型组又有显著性升高 ($p<0.05$)，并更接近空白组，说明核桃仁种皮多酚能在一定程度上维持免疫抑制小鼠的血液平衡，从而保持小鼠的机体健康。

表3 核桃仁种皮多酚对免疫抑制小鼠血液中相关指标的影响

Table 3 Effect of WKP on blood-related indicators in immunosuppressed mice ($n=10, \bar{x}\pm sd$)

组别	RBC/(10^{12} /L)	Hb/(g/L)	WBC/(10^9 /L)	PLT/(10^9 /L)
空白组	11.58±0.61	180.67±15.31	10.27±1.00	327.67±15.54
模型组	6.38±1.30*	66.00±5.29*	5.20±1.05*	209.33±21.73*
低剂量组	8.82±1.15#	91.00±14.11#	7.33±0.78#	253.00±9.85#
中剂量组	9.16±1.08#	112.67±10.02#	9.77±1.36#	265.67±13.05#
高剂量组	9.37±1.05#	127.67±10.26#	10.03±1.36#	291.33±11.93#

注：*与空白组比较，#与模型组比较。

表4 核桃仁种皮多酚对免疫抑制小鼠血清IgA、IgM和IgG含量的影响

Table 4 Effect of WKP on serum IgA, IgM, and IgG levels in immunosuppressed mice ($\bar{x}\pm s, n=10$)

组别	IgM(g/L)	IgA(g/L)	IgG(g/L)
空白组	0.43±0.01	0.222±0.01	4.33±0.099
模型组	0.11±0.02*	0.055±0.02*	3.13±0.23*
低剂量组	0.26±0.04#	0.14±0.02#	3.57±0.14#
中剂量组	0.33±0.029#	0.15±0.01#	3.82±0.07#
高剂量组	0.39±0.029#	0.19±0.01#	4.07±0.13#

注：*与空白组比较，#与模型组比较。

2.5 对环磷酰胺所致免疫抑制小鼠血清IgA、IgM和IgG含量的影响

IgA足以抵抗病原微生物，是通过粘膜感染的一道障碍。IgG免疫球蛋白是一种具有多种功能的免疫球蛋白，是人和动物血清中含量最高的免疫球蛋白。具有抗菌、抗病毒和抗毒素等免疫活性。IgM具有多种免疫活性，可以很好的杀灭细菌、激活吞噬细胞的活性，同时也可以抵抗病毒的入侵。

由表4可以得出，模型组小鼠免疫球蛋白IgA、

IgM 和 IgG 较空白组均有显著性降低 ($p<0.05$), 说明模型组小鼠体内特异性抗体分泌较少, 免疫功能受到限制, 而核桃仁种皮多酚低、中、高剂量组较模型组免疫球蛋白又有显著性增加 ($p<0.05$), 且呈现出剂量依赖性, 由此推测核桃仁种皮多酚能够刺激机体产生更多抗体, 引起小鼠机体的特异性体液免疫应答, 激发特异性抗体的大量产生, 从而增强小鼠的免疫功能。

2.6 脾脏中乳酸脱氢酶 (LDH) 及酸性磷酸酶

(ACP) 活性的影响

乳酸脱氢酶 (LDH) 广泛存在于机体的组织器官和巨噬细胞内, 是细胞内葡萄糖酵解所必需的酶, 可以催化乳酸脱氢转化为丙酮酸或丙酮酸还原为乳酸的功能。乳酸脱氢酶在巨噬细胞的作用中起着重要的作用, 是巨噬细胞活化的标志物之一。酸性磷酸酶 (ACP) 磷酸基团的转移和直接参与人体代谢, 主要分布在肝、脾、血红细胞、骨髓巨噬细胞被激活, 其程度和酸性磷酸酶活性水平成正比。

表5 核桃仁种皮多酚对免疫抑制小鼠血清 LDH 和 ACP 活性的影响

Table 5 Effect of WKP on serum LDH and ACP activities in immunosuppressed mice ($\bar{x}\pm s$, n=10)

组别	LDH/(U/g prot)	ACP/(U/g prot)
空白组	11220.43±214.54	190.54±25.18
模型组	7768.16±223.53*	113.56±6.25*
低剂量组	8922.00±409.09 [#]	158.71±38.31
中剂量组	9970.96±452.35 [#]	169.50±31.68 [#]
高剂量组	10764.09±88.67 [#]	183.16±15.54 [#]

注: *与空白组比较, #与模型组比较。

由表5可以看出, 与空白对照组相比较, 模型组小鼠 LDH 和 ACP 含量均有显著性降低 ($p<0.05$), 说明模型组小鼠机体的巨噬细胞活性受到限制, 免疫功能降低, 而核桃仁种皮多酚低、中、高剂量组较模型组 LDH 和 ACP 含量又有显著性增加 ($p<0.05$), 说明核桃仁种皮多酚可拮抗因引起的免疫抑制, 并对免疫抑制状态下小鼠脾脏 LDH 和 ACP 水平有显著影响, 它能明显提高小鼠 LDH 和免疫抑制引起的脾脏 ACP 水平, 这表明, 核桃仁中的多酚可通过提高激活的巨噬细胞, 提高机体的免疫功能。

3 结论

综上所述, 核桃仁种皮多酚具有一定的提高免疫力的作用, 核桃仁种皮多酚能够改善试验小鼠的脏器指数, 提高碳廓清指数, 使淋巴细胞的增值率提高,

在一定程度上维持免疫抑制小鼠的血液平衡, 增加免疫抑制小鼠的免疫球蛋白含量, 增强 LDH 和 ACP 酶的活力, 从而提高试验小鼠机体的免疫活性。

参考文献

- [1] 张力平,孙长霞,李俊清,等.植物多酚的研究现状及发展前景[J].林业科学,2005,41(6):157-162
ZHANG Li-ping, SUN Chang-xia, LI Jun-qing, et al. The present conditions and development trend of plant polyphenols research [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(6): 157-162
- [2] 李健,杨昌鹏,李群梅,等.植物多酚的应用研究进展[J].广西轻工业,2008,24(12):1-3
LI Jian, YANG Chang-peng, LI Qun-mei, et al. The advances in application of plant polyphenols research [J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2008, 24(12): 1-3
- [3] 李群梅,杨昌鹏,李健,等.植物多酚提取与分离方法的研究进展[J].保鲜与加工,2010,10(1):16-19
LI Qun-mei, YANG Chang-peng, LI Jian, et al. Research progress in methods for extraction and isolation of plant polyphenol [J]. Storage and Process, 2010, 10(1): 16-19
- [4] 张笑,李颖畅.植物多酚的抑菌活性及其在食品保鲜中的应用[J].食品安全质量检测学报,2013,3:769-773
ZHANG Xiao, LI Ying-chang. The antibacterial activity of plant polyphenols and its application in food preservation [J]. Journal of Safety and Quality, 2013, 3:769-773
- [5] 朱俊玲,郝利平,卢智.核桃的加工利用现状[J].食品工业,2003,3:47-49
ZHU Jun-ling, HAO Li-ping, LU Zhi. The present conditions and utilization of walnut [J]. The Food Industry, 2003, 3: 47-49
- [6] Mcgranahan G H, Leslie C A, Uratsu S L, et al. Agrobacterium-mediated transformation of walnut somatic embryos and regeneration of transgenic plants [J]. Nature Biotechnology, 1988, 6(7): 800-804
- [7] 陆俊,赵安琪,成策,等.核桃营养成分与生理活性及开发利用[J].食品与机械,2014,6:238-242
LU Jun, ZHAO An-qi, CHENG Ce, et al. Nutrient composition, physiological activity, and development and utilization on walnut [J]. Food and Machinery, 2014, 6: 238-242
- [8] Boyce A M. Bionomics of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa* [M]. University of California, 1934
- [9] 杨锦竹,曲晓宇,李东飞,等.蚊子草化学成分的研究[J].中国药物化学杂志,2010,20(4):307-309

- YANG Jin-zhu, QU Xiao-yu, LI Dong-fei, et al. Chemical constituents of *Filipendula palmate* maxim [J]. Chinese Journal of Medicinal Chemistry, 2010, 20(4): 307-309
- [10] 赵保路. 茶多酚保护脑神经防止帕金森病损伤作用及其分子机理[J]. 生物化学与生物物理进展, 2008, 35(7): 735-743
- ZHAO Bao-lu. Protective effect of tea polyphenols on brain injury induced by Parkinson's disease and its molecular mechanism [J]. Progress in Biochemistry and Biophysics, 2008, 35(7): 735-743
- [11] Silva E, Souza J, Rogez H, et al. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region [J]. Food Chemistry, 2007, 101(3): 1012-1018
- [12] Hatano T, Kusuda M, Inada K, et al. Effects of tannins and related polyphenols on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. Phytochemistry, 2005, 66(17): 2047-2055
- [13] Liu S, Lu H, Zhao Q, et al. Theaflavin derivatives in black tea and catechin derivatives in green tea inhibit HIV-1 entry by targeting gp41 [J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 2005, 1723(1): 270-281
- [14] Seeram N P, Adams L S, Henning S M, et al. In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice [J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2005, 16(6): 360-367
- [15] Singh Vohra B P, Sharma S P, Kansal V K. Maharishi amrit kalash rejuvenates ageing central nervous system's antioxidant defence system: an *in vivo* study [J]. Pharmacological Research, 1999, 40(6): 497-502
- [16] Iwasawa H, Morita E, Ueda H, et al. Influence of Kiwi fruit on immunity and its anti-oxidant effects in mice [J]. Food Science and Technology Research, 2010, 16(2): 135-142
- [17] Gokhale A B, Damre A S, Saraf M N. Investigations into the immunomodulatory activity of *Argyrea speciosa* [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2003, 84(1): 109-114
- [18] Gil M I, Ferreres F, Ortiz A, et al. Plant phenolic metabolites and floral origin of rosemary honey [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43(11): 2833-2838
- [19] Matsuki M. Regulation of plant phenolic synthesis: from biochemistry to ecology and evolution [J]. Australian Journal of Botany, 1996, 44(6): 613-634
- [20] Montserrat F, De La Torre R, Farr Albaladejo M, et al. Bioavailability and antioxidant effects of olive oil phenolic compounds in humans: a review [J]. Annali Dell'istituto Superiore Di Sanità, 2006, 43(4): 375-381
- [21] 周晔. 核桃内种皮多酚分析与抗氧化活性[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2013
- ZHOU Ye. Analysis of walnut pellicle polyphenols and antioxidant activities [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2013
- [22] Chirinos Rosana, Rogez Herv, Campos David, et al. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruby & Pave) tubers [J]. Separation and Purification Technology, 2007, 55(2): 217-225
- [23] 何慧, 潘育芳. 甘露聚糖肽片对小鼠单核吞噬细胞吞噬功能的影响[J]. 国际医药卫生导报, 2006, 12(11): 12-13
- HE Hui, PAN Yu-fang. Effects of mannate peptide tablets on phagocytosis of mononuclear phagocytes in mice [J]. International Medicine and Health Guidance News, 2006, 12(11): 12-13
- [24] 伊娟娟, 左丽丽, 王振宇. 植物多酚的分离纯化及抗氧化、降脂降糖功能研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(19): 391-395
- YI Juan-juan, ZUO Li-li, WANG Zhen-yu. Research of separation and purification of plant polyphenols and their antioxidant, lipid-lowering, hypoglycemic function [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(19): 391-395