

石榴皮多酚体外抗脂质过氧化作用研究

梁俊¹, 李建科^{*1}, 赵伟¹, 刘迎利²

(1. 陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062; 2. 陕西师范大学 附属医院, 陕西 西安 710062)

摘要: 为研究石榴皮多酚的抗脂质过氧化作用及起关键作用的成分, 采用 3 个脂质过氧化研究体系, 即卵黄体系、低密度脂蛋白体系和大鼠肝脏匀浆体系, 利用硫代巴比妥酸法测定了石榴皮多酚纯化物、安石榴苷标准品和鞣花酸标准品对体外金属离子诱导性脂质过氧化的抑制作用。结果表明: 安石榴苷、鞣花酸和石榴皮多酚纯化物均能有效抑制体外金属离子诱导的脂质过氧化, 并且具有良好的剂量效应关系, 其抗脂质过氧化的能力强弱顺序依次是: 安石榴苷 > 鞣花酸 > 石榴皮多酚纯化物 > 茶多酚, 说明安石榴苷是石榴皮多酚中抗脂质过氧化的关键物质。

关键词: 石榴皮多酚; 安石榴苷; 鞣花酸; 脂质过氧化

中图分类号: S 665.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)02-159-07

Effect of Pomegranate Peel Polyphenols on Lipid Peroxidation in Vitro

LIANG Jun¹, LI Jian-ke^{*1}, ZHAO Wei¹, LIU Ying-li²

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. Shaanxi Normal University Affiliated Hospital, Xi'an 710062, China)

Abstract: The purpose of this manuscript is to study the inhibitory effect of the pomegranate peel polyphenols on the peroxidation of poly unsaturated fatty acid and to identify the key composition. For this, three classical anti-lipid peroxidation model, namely yolk system, low density lipoprotein system and rat liver homogenate system were used to investigate the effect of the purified pomegranate peel polyphenols (PPPs), Punicalagin and ellagic acid (EA) on the antioxidant activity. Results showed that PPPs exhibited a good protection against metal ions-induced lipid peroxidation in vitro in a dose-dependent s. In addition, the trend in anti-lipid peroxidation activity was Punicalagin > EA > PPPs, from this we can concluded that Punicalagin the key anti-lipid peroxidation component in pomegranate peel polyphenol mixtures.

Key words: pomegranate peel polyphenol, Punicalagin, ellagic acid, lipid peroxidation

石榴皮多酚(PPPs)是一类具有多酚羟基化合物的总称, 具有抑制炎症发生、防癌抑癌^[1]、抗氧化和清除自由基^[2]、降血脂^[3]、降血压和预防心脑血管

管疾病等多种生理和药理活性^[4]。近年来, 大量的研究都从抗氧化和抗脂质过氧化的角度来解释石榴多酚降血脂和胆固醇机制, 如周本宏^[5]研究了石

收稿日期: 2011-09-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171677); 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2009ZDKG-05); 西安市科技攻关项目(NC09056)。

* 通讯作者: 李建科(1960-), 男, 陕西扶风人, 工学博士, 教授, 主要从事食品营养与安全研究。E-mail: jiankel@snnu.edu.cn

榴皮粗提物对红细胞膜脂质过氧化的影响,结果显示石榴皮对自由基引起的细胞膜脂质过氧化损伤有保护作用。Aviram, M^[6]研究了石榴汁多酚对巨噬细胞引发的低密度脂蛋白(Low Density Lipoprotein, LDL)过氧化修饰的影响,结果显示石榴多酚能够抑制巨噬细胞介导的LDL的过氧化修饰作用,有效阻止巨噬细胞的泡沫化,进而防止动脉粥样硬化(AS)的发生。杨丽娜等人^[7]研究石榴多酚对小鼠急性肝损伤的保护作用,发现石榴多酚能够降低丙二醛含量,升高超氧化物歧化酶活性,对肝损伤具有一定的保护作用,并推与石榴多酚的抗脂质过氧化作用有关,但其发挥抗脂质过氧化的有效成分还有待进一步研究。目前对石榴皮多酚生物活性的研究,主要集中在多酚混合物的活性。赵艳红等人^[2]研究了石榴皮多酚纯化方法及纯化物的抗氧化活性,发现安石榴苷(Punicalagin)是石榴多酚的主要成分,并且石榴多酚的抗氧化活性与提取物中的多酚含量有关,特别是安石榴苷的含量,推测安石榴苷是石榴多酚抗氧化活性的主要成分。Mar Larrosa^[8]等研究却认为来自不同植物中的鞣花单宁(如安石榴苷)并不能被人体直接吸收,安石榴苷的抗癌作用主要取决于它的水解产物鞣花酸(Ellagic Acid)。安石榴苷和鞣花酸的结构如图1所示。因此,对石榴皮多酚成分进行活性表征的研究在目前看来是非常必要的。

作者设计了石榴皮多酚纯化物、安石榴苷标品及鞣花酸标品的分组实验,从还原力和抑制脂质过氧化的角度入手对石榴皮多酚的体外抗脂质过氧化进行了全面的研究,力图探究石榴皮多酚抑制脂质过氧化的能力及作用的主要成分,以指导石榴多酚在治疗AS等疾病中的开发应用。

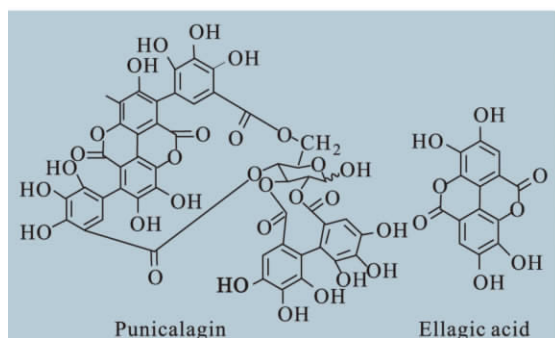


图1 安石榴苷和鞣花酸的化学结构^[9]

Fig. 1 Chemical structure of Punicalagin and EA

1 材料与方法

1.1 实验材料、仪器和试剂

实验材料:健康人血清:陕西师范大学校医院提供,经体检认定为健康人群;鸡蛋:市售;大鼠:雄性SD大鼠,西安交通大学医学医学院实验动物中心提供。

主要仪器:HP70AT 冷冻超速离心机:Hitachi日立公司产品;Kjeltec 2300 全自动凯氏定氮仪:瑞典福斯公司产品;2000 型紫外-可见分光光度计:尤尼柯上海仪器公司产品;TDL-4 离心机:上海安亭科学仪器厂产品;精密微量移液器(0.5~10 μ L, 10~100 μ L, 100~1000 μ L):德国 Eppendorf 公司产品;KQ3200DE 型数控超声波清洗器:昆山市超声仪器有限公司产品;HHW-21CU-600 电热恒温水槽:上海福玛实验设备有限公司产品。

主要试剂:安石榴苷标品(纯度 $\geq 96\%$)、鞣花酸标品(纯度 $\geq 95\%$)、茶多酚(纯度 $\geq 96\%$):西安森博试剂有限公司,低温、避光、隔氧存放;石榴皮多酚纯化物,作者所在实验室制备,经测定总多酚质量分数80%,安石榴苷质量分数55%;硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA),三氯乙酸(trichloroacetic acid, TCA)、硫酸铜和硫化亚铁 除注明外,所用试剂均为分析纯。

1.2 实验方法

1.2.1 石榴皮多酚总还原能力的测定 采用普鲁士兰法,略作改动^[9]。取1 mL 试样,加 pH 6.6 的磷酸盐缓冲液 2.5 mL 和质量分数1%铁氰化钾($K_3Fe(CN)_6$)溶液 2.5 mL,混合后在50 $^{\circ}C$ 静置20 min,加入质量分数10%三氯乙酸溶液 2.5 mL 混匀,取混合液 2.5 mL,加入 2.5 mL 蒸馏水和质量分数0.1%氯化铁溶液 0.5 mL,混匀,静置10 min,在波长700 nm处测定吸光值A。同时设置空白对照(以蒸馏水代替样品溶液),再以相同浓度的茶多酚作阳性对照,总抗氧化能力可以用 ΔA 来表示: $\Delta A = A - A_0$ 。

1.2.2 石榴皮多酚对体外 Cu^{2+} 诱导的人低密度脂蛋白(Low Density Lipoprotein, LDL)脂质过氧化的抑制作用

1) LDL 的分离及保存 参照文献^[10],采用一次性密度梯度超速离心法分离 LDL 并利用凯氏

定氮测其蛋白含量为 2.549 6 mg/mL,将收集到的 LDL 溶液装入透析带中,用透析液(称取 KCl 0.20 g、 KH_2PO_4 0.20 g、NaCl 8 g、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1.56 g 加蒸馏水定容至 1L)于 4 °C 透析 48 h 以除去 KBr,每天换液 4 次;然后用 0.01 mol/L pH 7.4 PBS 透析 48 h 除去 EDTA,每天换液 4 次。最后用 0.45 μm 一次性滤器过滤除菌,避光保存于 4 °C 待用。

2) 石榴皮多酚对体外 Cu^{2+} 诱导的 LDL 氧化抑制作用的影响^[11] 取 6 支带塞试管,各管均加入等量的 LDL,LDL(终质量浓度 1 mg/mL)中加入安石榴苷标准溶液、鞣花酸标准溶液和石榴皮多酚纯化物溶液,使其终浓度分别为 1、2.5、5、10、20、40 mg/L,各组中依次加入 CuSO_4 溶液(终浓度 5 $\mu\text{mol/L}$),37 °C 温浴 4 h,加入 10 g/L 的 EDTA 10 μL 终止氧化反应,测过氧化脂质含量。同时设模型对照管(加入同等体积的 LDL 和 CuSO_4 溶液)和空白对照管(只加 LDL,不加 CuSO_4 溶液),以等浓度的茶多酚作阳性对照。

3) 过氧化脂质含量测定 LDL 过氧化脂质含量测定用 TBARS 反应比色法。取终止反应的反应液 1 mL,置于带塞的试管中,然后加入质量分数 10% 的三氯乙酸(TCA)1 mL,混匀后静置 10 min 沉淀蛋白质,然后加入质量分数 0.67% 硫代巴比妥酸(TBA)1 mL,充分混匀后沸水水浴 15 min,室温冷却,用力震荡有色溶液,1 min 后转入离心管中,于 4 000 r/min 离心 10 min,缓慢吸取上清液,于波长 532 nm 处比色测吸光值 A 计算抑制率:

$$\text{抑制率}(\%) = (A_{\text{模型}} - A_{\text{实验}}) / (A_{\text{模型}} - A_{\text{空白}})$$

1.2.3 石榴皮多酚对鸡蛋卵磷脂脂质过氧化的抑制作用^[12]

1) 卵黄悬液的制备 新鲜鸡蛋去卵清,卵黄用等体积的 pH 7.4、0.1 mol/L 的磷酸缓冲液(PBS)配制成 1:1 的悬液,磁力搅拌 10 min,再用 PBS 稀释成 1:25 的卵黄悬液,置于 4 °C 冰箱待用。

2) 石榴皮多酚对 Fe^{2+} 诱导的卵黄脂蛋白过氧化的抑制作用:取带塞试管 5 支,各管均加入蛋黄悬液 0.2 mL,然后依次加入 1 mL 的不同浓度的安石榴苷标准溶液、鞣花酸标准溶液和石榴皮多酚纯化物溶液,使其在各管中的终浓度分别为 20、40、60、80、100 mg/L,然后加入 25 mmol/L 的 FeSO_4 溶液 0.2 mL,最后用 PBS(pH 7.45)定容到 2 mL,

混匀后置于 37 °C 下温浴 30 min,取反应液 1 mL 按 1.2.2.3 的方法测定 TBARS 含量,并计算其抑制率。模型管加等体积的蛋黄悬液,用等体积的蒸馏水代替药物;空白管不加 FeSO_4 ;茶多酚作阳性对照。

1.2.4 石榴皮多酚对大鼠肝组织匀浆脂质过氧化的抑制作用^[13]

1) 大鼠肝脏匀浆的制备 取正常昆明种小鼠禁食过夜,次日处死。迅速取出肝脏,置 4 °C 生理盐水中反复漂洗去除血液,同时剔除脂肪及结缔组织,用滤纸吸干水分,称重。然后剪碎,在冰浴条件下将已剥离处理好的脏器定量置于匀浆器中,用生理盐水制成质量分数 10% 的组织匀浆。以 3 000 r/min 在 4 °C 中离心 10 min,取上清液待用。

2) 石榴皮多酚对 Fe^{2+} 诱导的大鼠肝匀浆脂质过氧化的抑制作用:取 1 mL 肝脏匀浆于带塞试管中,分别加入不同浓度的安石榴苷标准溶液、鞣花酸标准溶液和石榴皮多酚纯化物溶液 1 mL,然后依次加入 25 mmol/L 的 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 100 μL 启动诱导反应,以零管为空白对照,在 37 °C 水浴恒温振荡反应 1 h 后,取 1 mL 反应液按 1.2.2.3 的方法测定其 TBARS 水平,计算其抑制率。

1.2.5 数据处理 以上各实验组均重复 3 次,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,SPSS 统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 石榴皮多酚总还原能力的测定

安石榴苷、鞣花酸和石榴皮多酚纯化物在不同浓度下的总还原能力见图 2,剂量相关性见表 1。

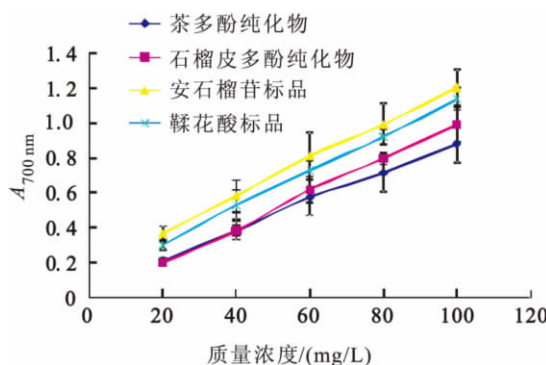


图 2 石榴皮多酚的还原能力
Fig. 2 Reduction ability of PPPs

由图 2 可以看出,不同样品的总还原能力强弱趋势表现为:安石榴苷标准品>鞣花酸标准品>石榴皮

多酚纯化物>茶多酚,并且表现出一定的剂量相关性,由表 1 可见各组线性关系表现良好。

表 1 石榴皮多酚总还原能力与质量浓度之间的线性关系

Tab. 1 Linear relationship between the reduction ability and PPPs concentration

样品	质量浓度/ (mg/L)	线性方程	R^2
石榴皮多酚纯化物	20~100	$Y=0.009\ 9x+0.004\ 3$	0.998\ 2
安石榴苷标准品	20~100	$Y=0.104\ 0x+0.165\ 8$	0.998\ 9
鞣花酸标准品	20~100	$Y=0.103\ 0x+0.106\ 1$	0.999\ 2
茶多酚	20~100	$Y=0.008\ 3x+0.059\ 1$	0.997\ 8

2.2 石榴皮多酚对人低密度脂蛋白脂质过氧化的抑制能力

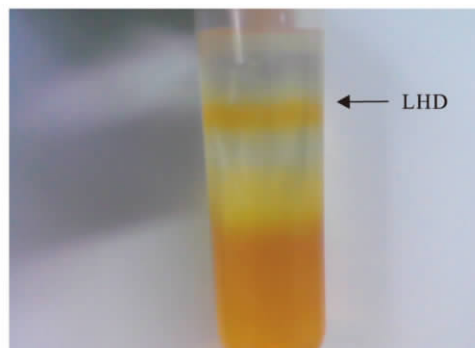
利用等密度梯度离心对人血清低密度脂蛋白的分离效果见图 3,不同浓度的样品对体外 Cu^{2+} 诱导的 LDL 氧化修饰的抑制作用见图 4。

由图 3 可知,利用超速离心分离低密度脂蛋白具有较良好的分离效果。由图 4 可以看出,安石榴苷、鞣花酸和石榴皮多酚纯化物对 Cu^{2+} 诱导的 LDL 的脂质过氧化在一定的范围内均有较好的抑制作用,并且抑制作用与其质量浓度存在剂量效应

关系,即在一定质量浓度范围内线性关系良好,但当质量浓度超过 20 mg/L 后,样品对 LDL 脂质过氧化的抑制作用趋于稳定。从图中可以看出个样品在在质量浓度为 40 mg/L 时,其抑制作用均趋于最大,此时安石榴苷标品溶液,鞣花酸标品溶液,石榴皮多酚纯化物溶液及茶多酚溶液的抑制率分别是 94.61%、92.46%、87.07%、85.19%,总的抗 LDL 脂质过氧化能力趋势为:安石榴苷>鞣花酸>石榴皮多酚纯化物>茶多酚。



(A) 离心前



(B) 离心后

图 3 一次性密度梯度超速离心分离低密度脂蛋白示意图, (A) 图为离心前, (B) 图为离心后, 箭头所指的部分为低密度脂蛋白

Fig. 3 Photo of LDL separation by one-step density gradient ultracentrifugation

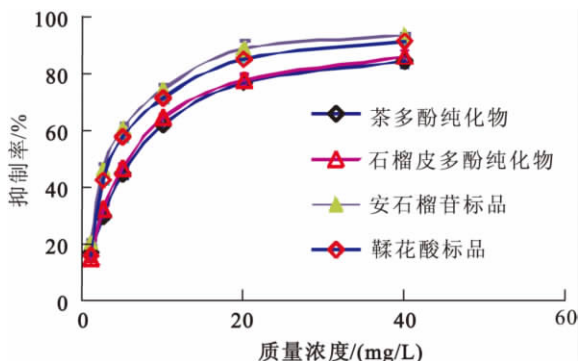


图 4 不同质量浓度的石榴皮多酚对体外 Cu^{2+} 诱导的 LDL 脂质过氧化的抑制作用

Fig. 4 Effect of PPPs concentration on the LDL oxidation in vitro

duced by Cu^{2+} in vitro

2.3 石榴皮多酚对蛋黄卵磷脂脂质过氧化的抑制作用

各石榴皮多酚溶液在不同质量浓度下对蛋黄卵磷脂脂质过氧化的抑制率见图 5,不同样品的抗脂质过氧化能力与质量浓度的线性关系见表 2。

从图 5 可见,以茶多酚为对照,测定了不同质量浓度的样品对鸡蛋卵磷脂对脂质过氧化的抑制作用,其抗脂质过氧化作用的强弱趋势为:安石榴苷标品>鞣花酸标品>石榴皮多酚纯化物>茶多酚,并且表现出一定的剂量相关性。由表 2 可见各

组线性关系表现良好。

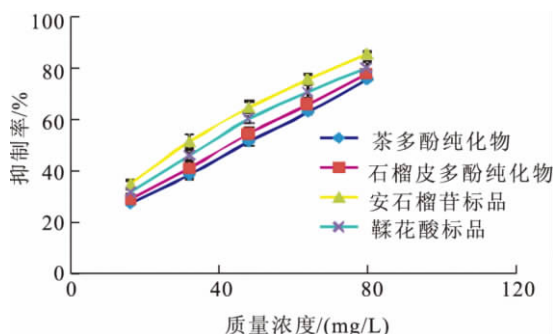


图5 不同质量浓度的石榴皮多酚对鸡蛋卵磷脂不饱和脂肪酸的脂质过氧化的抑制

Fig. 5 Effect of PPPs concentration on the peoxidation of Poly Unsaturated fatty acid from yolk

表2 石榴皮多酚抗脂质过氧化能力与质量浓度之间的线性关系

Tab. 2 Linear equation for lipid peroxidation versus concentration of PPPs

样品	质量浓度/ (mg/L)	线性方程	R^2
石榴皮多酚纯化物	20~100	$Y=0.006\ 2x+0.163\ 7$	0.999\ 3
安石榴苷标准品	20~100	$Y=0.006\ 3x+0.244\ 7$	0.998\ 3
鞣花酸标准品	20~100	$Y=0.006\ 1x+0.210\ 1$	0.992\ 9
茶多酚	20~100	$Y=0.006\ 1x+0.145\ 8$	0.999\ 6

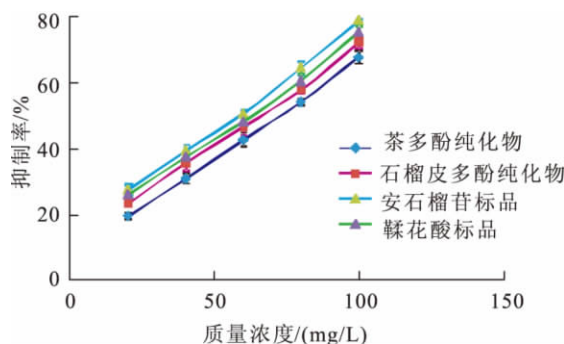


图6 不同质量浓度的样品对 Fe^{2+} 诱导的大鼠肝脏匀浆脂质过氧化的抑制作用

Fig. 6 Dose dependence of inhibitory effect of PPPs against Fe^{2+} induced lipid peroxidation in liver homogenate

2.5 石榴皮多酚抗脂质过氧化机理的探讨

多不饱和脂肪酸(RH)在有氧气、自由基、金属离子如 Fe^{2+} 、 Cu^{2+} 等因素存在下,可先形成烷自由基($R\cdot$),而后形成烷过氧基($ROO\cdot$), $ROO\cdot$ 再与 RH 形成脂质过氧化物(MAD 和 LPO),形成的

2.4 石榴皮多酚对大鼠肝脏脂质过氧化的抑制作用

不同质量浓度的石榴皮多酚对体外 Fe^{2+} 诱导的大鼠肝脏匀浆脂质过氧化修饰的抑制作用见图6,不同样品的抗诱导性肝脏匀浆脂质过氧化能力与质量浓度的线性关系见表3。

由图6可见,石榴皮多酚对大鼠肝脏匀浆的脂质过氧化均有较好的抑制作用,其效价均高于等质量浓度的茶多酚,其活性强弱趋势为:安石榴苷>鞣花酸>石榴皮多酚纯化物>茶多酚,其对 Fe^{2+} 诱导的大鼠肝脏脂质过氧化的 IC_{50} 分别为 57.45, 61.69, 65.96, 72.68 mg/L,表明石榴皮多酚的肝脏脂质过氧化的抑制作用可能会对肝脏起到一定的保护作用。由表3可见各组线性关系表现良好。

脂质过氧化物可导致膜结构被破坏,功能丧失,参与并促进动脉粥样硬化的进程。

石榴皮多酚是具有多羟基的酚类化合物,羟基数目和位置决定了其抗氧化活性,其可能的抗脂质过氧化机理为^[16-18]:1)具有螯合金属离子的能力:与金属离子的结合形成一种非活性复合物从而降低金属离子的催化活力,进而降低金属离子引发的氧化还原反应,从而在 Fe^{2+} 诱导的肝匀浆和 Cu^{2+} 诱导的低密度脂蛋白过氧化修饰中起到有效防止。2)具有邻二羟基基团的酚类抗氧化剂,在抗氧化过程中会产生稳定性很好的醌类物质,既可以抑制磷脂过氧化,也可抑制水溶性自由基产生剂引发的脂质过氧化,从而表现出对鸡蛋卵磷脂过氧化修饰的抑制作用。3)较强的还原能力:对 Fe^{3+} 的还原能力较强反映其较强的预防性抗氧化功能,所以对 Fe^{2+} 诱导的肝脏匀浆具较好的抑制作用。

表 3 不同浓度的样品抗 Fe^{2+} 诱导的大鼠肝脏匀浆脂质过氧化能力与浓度之间的线性关系Tab. 3 Linear equation for inhibitory ability of PPPs against Fe^{2+} induced lipid peroxidation in liver homogenate versus concentration of PPPs

样品	质量浓度/ (mg/L)	线性方程	R^2
石榴皮多酚纯化物	20~100	$Y=0.5996x+10.895$	0.9974
安石榴苷标准品	20~100	$Y=0.6378x+13.654$	0.9973
鞣花酸标准品	20~100	$Y=0.6093x+12.733$	0.9958
茶多酚	20~100	$Y=0.5967x+6.973$	0.9988

3 结 语

1) 石榴皮多酚具有较好的还原能力, 具有剂量相关性, 其还原能力大小为, 安石榴苷标准品 > 鞣花酸标准品 > 石榴皮多酚纯化物 > 茶多酚。

2) 石榴皮多酚对金属离子催化的鸡蛋卵磷脂,

血清 LDL, 大鼠肝匀浆的脂质过氧化均有较好的抑制效果, 并在一定的范围呈现浓度依赖关系。

3) 从 3 个体系来看, 不同样品对脂质过氧化抑制能力总趋势为: 安石榴苷标准品 > 鞣花酸标准品 > 石榴皮多酚纯化物, 说明在石榴皮多酚中起抗脂质氧化的主要成分是安石榴苷。

参考文献(References):

- [1] 杨建宇, 陈韵, 郑春兰, 等. 石榴的生物活性及其抗炎和抗肿瘤作用[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2008, 30 (S1): 430—438.
YANG Jian-Yu, CHEN Yun, ZHANG Chun-Lan, et al. The Chemistry of Punica granatum and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer[J]. *Journal of Yunnan University: Natural Science*, 2008, 30 (S1): 430—438. (in Chinese)
- [2] 赵艳红, 李建科, 李国荣. 石榴皮多酚纯化及其抗氧化活性表征 [J]. 食品科学, 2010, 11(31): 25—28.
ZHAO Yan-hong, LI Jian-ke, LI Guo-rong. Purification with macroporous adsorbent resins and in vitro antioxidant evaluation of pomegranate peel polyphenols[J]. *Food Science*, 2010, 11(31): 25—28. (in Chinese)
- [3] 程霜, 郭长江, 杨继军, 等. 石榴皮多酚提取物降血脂效果的实验研究[J]. 解放军预防医学杂志, 2005, 3(23): 160—163.
CHENG Shuang, GUO Chang-Jiang, YANG Ji-Jun, et al. Experimental study on hypolipidemic effect of polyphenolic extract from pomegranate peel[J]. *Journal of Preventive Medicine of Chinese of Peoples Liberation Army*, 2005, 3(23): 160—163. (in Chinese)
- [4] Julie Jurenka, MT (ASCP). Therapeutic applications of pomegranate [J]. *Alternative Medicine Review*, 2008, 13(2): 128—144.
- [5] 周本宏, 王慧媛, 冯琪, 等. 石榴皮对红细胞膜脂质过氧化的保护作用[J]. 广东药学院学报, 2007, 5 (23): 527—549.
ZHOU Ben-hong, WANG Hui-yuan, FENG-qi, et al. The protective effect of pomegranate pericarps (*Punica granatum* L.) on erythrocyte membrane lipid peroxidation[J]. *Journal of Guangdong College of Pharmacy*, 2007, 5 (23): 527—549. (in Chinese)
- [6] Bianca Fuhrman, Nina Volkova, Michael Aviram, et al. Pomegranate juice inhibits oxidized LDL uptake and cholesterol biosynthesis in macrophages [J]. *Nutritional Biochemistry*, 2005, 16: 570—576.
- [7] 杨丽娜, 林茜, 付中喜, 等. 石榴皮多酚对小鼠急性肝损伤的保护作用[J]. 中国老年学杂志, 2010, 30(17): 2488—2489.
YANG Li-na, LIN Qian, FU Zhong-xi, et al. The protective effect of pomegranate peel polyphenols on acute liver damage in mice [J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2010, 30(17): 2488—2489.
- [8] MAR LARROSA, ANTONIO GONZALEZ-SARRIAS, MARIA TERESA GARCIA-CONESA, et al. Urolithins, Ellagic acid-derived metabolites produced by human colonic microflora, exhibit estrogenic and antiestrogenic activities[J]. *Agri-*

- cultural And Food Chemistry,2006,54:1611—1620.
- [9] SUSANNE U. MERTENS-TALCOTT, PETRA JILMA-STOHLAWETZ, et al. Absorption, metabolism, and antioxidant effects of pomegranate (*Punica granatum L.*) polyphenols after ingestion of a standardized extract in healthy human volunteers[J]. *Agricultural and Food Chemistry*,2006,54:8956—8961.
- [10] Gurpreet Kaur,Zoobi Jabbar,Mohammad Athar ,et al. Punica granatum (pomegranate) flower extract possesses potent antioxidant activity and abrogates Fe-NTA induced hepatotoxicity in mice[J]. *Food and Chemical Toxicology*,2006,44: 984—993.
- [11] 林盈,陈雨,沈燕龙,等. 人血浆低密度脂蛋白(LDL)的分离纯化及鉴定[J]. *药物生物技术*,2010,17(1):73—75.
LIN-Ying,CHEN-Yu,SHENG Yan-Long, et al. The separation,purification and identification of human low density lipoproteins(LDL) [J]. *Pharmaceutical Biotechnology*,2010,17(1): 73—75. (in Chinese)
- [12] 徐清萍,陶文沂,敖宗华. 恒顺香醋对人低密度脂蛋白(LDL)氧化修饰的影响[J]. *食品科学*,2005,26(10):216—219.
XU Qing-ping,TAO Wen-yi,AO Zhong-hua. Effect of hengshun aromatic vinegar on oxidative modification of low density lipoprotein(LDL) [J]. *Food Science*, 2005,26(10):216—219. (in Chinese)
- [13] 展锐,库尔班,苟萍,等. 火绒草提取物抗氧化活性的研究[J]. *食品科学*,2010,31(3):153—159.
ZHAN Rui,KU Er-ban,GOU Ping, et al. Antioxidant activity of extracts from leontopodium leontopodioides[J]. *Food Science*, 2010,31(3):153—159. (in Chinese)
- [14] Arti R,Vijayaumar M,Chandana V,et al. In vitro and in vivo antioxidant properties and DNA damage protective activity of green fruit of ficus glomerata [J]. *Food and Chemical Toxicology*,2010,48:704—709.
- [16] 张欣,赵新淮. 几种多酚化合物抗氧化性的不同化学评价及相关性分析[J]. *食品科学*,2008,29(10):85—89.
ZHANG Xin,ZHAO Xin-huai. Antioxidant activities of some polyphenols evaluated by different chemical methods and correlation analysis [J]. *Food Science*, 2008,29(10):85—89. (in Chinese)
- [17] Cerdá B, Llorach R, Espin J C. Evaluation of the bioavailability and metabolism in the rat of punicalagin, an antioxidant polyphenol from pomegranate juice [J]. *Eur J Nutr*,2003,42:18—28.
- [18] Bent H. Havsteen. The biochemistry and medical significance of the flavonoids [J]. *Pharmacology & Therapeutics*,2002, 96:67—202.

2012 年全国生物医药色谱及相关技术学术交流会

所属学科: 诊断学与治疗学基础 开始日期: 2012—04—20 结束日期: 2012—04—22
所在国家: 中华人民共和国 所在城市: 重庆市 渝中区
主办单位: 中国化学会色谱专业委员会和北京色谱学会
承办单位: 重庆大学和重庆市色谱学会
摘要截稿日期: 2012—03—20 联系人: 陈华、杨丰庆
联系电话: 023—65106615 传真: 023—65106615 E-MAIL: biomedcq2012@yahoo.cn
通讯地址: 重庆市沙正街 174 号重庆大学 A 区化学化工学院
会议网站: <http://biomed2012.cqu.edu.cn>

会议背景介绍: 由中国化学会色谱专业委员会和北京色谱学会主办,重庆大学和重庆市色谱学会承办的“全国生物医药色谱及相关技术学术交流会(2012)”定于 2012 年 4 月 20—22 日在重庆召开。

会议将就生命科学、生物学、生物技术、医药、食品及环境相关领域中的色谱理论与技术进行学术研讨。会议将邀请院士、知名教授作大会报告,并热诚欢迎全国从事生物医药色谱工作的科研和技术人员与会交流。