

椒目仁油的成分分析及对家兔高血脂模型的影响 *

肖会敏 何 悦 王四旺[△] 王剑波 谢艳华 袁娟丽 何中民

(第四军医大学药理学系药物研究所 陕西 西安 710032)

摘要 目的:分析椒目仁油的成分及探讨其对家兔高血脂模型的影响。方法:①采用 GC-MS 分析椒目仁油的成分;②建立家兔高血脂模型后,以 CH、TG、HDL-C 及血液粘度为检测指标,比较椒目仁油的量效与时效关系。结果:①椒目仁油的主要成分是 α -亚麻酸酯与亚油酸等,总相对含量为 71.34%;②每个椒目仁油组与模型组及对照组比较均能明显降低 CH ($P<0.01$)、TG ($P<0.01$)、血液粘度 ($P<0.01$) 以及明显升高 HDL-C ($P<0.01$),其剂量效果是椒目仁油 25mg/kg 组 $<$ 50mg/kg 组 $<$ 100mg/kg 组,其时间效果是用药后第 2 周 $<$ 第 4 周 $<$ 第 6 周。结论:椒目仁油调节血脂的作用主要依赖其中不饱和脂肪酸即 α -亚麻酸与亚油酸,其调节血脂的效果随着椒目仁油剂量的增加而加强,同时随着使用时间的延长而加强。

关键词: 气-质联用仪 椒目仁油 胆固醇 甘油三酯 高密度脂蛋白

中图分类号: R284.2 Q95-3 R589.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6273 (2011) 08-1454-04

Component Analysis of Semen Oil of Zanthoxylum Bungeanum Maxim and Its Effect on Hyperlipidemic Rabbits' Model*

XIAO Hui-min, HE Yue, WANG Si-wang[△], WANG Jian-bo, XIE Yan-hua, YUAN Juan-li, HE Zhong-min

(Institute of Materia, School of Pharmacy, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032 China)

ABSTRACT Objective: To analyze the components of Zanthoxylum bungeanum Maxim and to investigate the effect on hyperlipidemic rabbits' model. **Methods:** ① Use GC-MS to analyze the components. ② Compare the amount-effect with the time-effect, TC, TG, HDL-C and blood viscosity as the detection indexes. **Results:** ① The main components of Zanthoxylum bungeanum Maxim are α -octadecatrienoic acid and linoleic acid, the amount of which is 71.34%. ② CH ($P<0.01$), TG ($P<0.01$), whole blood viscosity ($P<0.01$) significantly decrease and HDL-C increase ($P<0.01$) in the model group and blank group compared that of Zanthoxylum bungeanum Maxim group. And the amount-effect is 25mg/kg group $<$ 50mg/kg group $<$ 100mg/kg group. And the time-effect is after 2 weeks $<$ after 4 weeks $<$ after 6 weeks after medication. **Conclusion:** ① The regulating effect of Zanthoxylum bungeanum Maxim on lipidemia depended on α -octadecatrienoic acid and linoleic acid which was increased with the increasing dosage and time.

Key Words: GC-MS; Semen oil of the Zanthoxylum bungeanum Maxim; CH; TG; HDL

Chinese Library Classification (CLC): R284.2 Q95-3 R589.2 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273 (2011) 08-1454-04

前言

椒目为芸香科植物青椒 (*Zanthoxylum schinifolium* Sieb. et Zucc.) 或花椒 (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) 的干燥成熟种子, 秋季果实成熟时采收, 晒干, 除去果皮、果柄及杂质。椒目是一种内外含油的油脂加工资源, 其表皮层含油 13% 左右, 内仁含油 15% 左右, 椒目仁油中不饱和酸含量高达 90% 以上^[1], 其中人体必需的亚油酸和亚麻酸含量在 70% 以上^[2]。文献报导花椒籽油对实验性小鼠高血脂模型具有防治作用, 认为是通过降低小鼠的血脂水平、血细胞比容、红细胞聚集指数、调节和改善脂质代谢及血流变动力学指标等来实现, 并对小鼠肝细胞具有一定的保护作用^[3]。花椒籽油对实验性大鼠高血脂模型具有防治作用, 认为是通过降低血脂、改善血液流变性、增强体内抗氧化酶活性、调节体内自由基代谢、抑制脂质过氧化反应^[4]。本文旨在分析椒目仁油的成分, 并使用该油对家兔高血脂模型进行实验, 探讨椒目仁油的量效与时效关系以及可能起作用的主要成分。

1 材料与方法

1.1 仪器

岛津气质联用仪 GCMS-QP2010 Plus, 岛津公司; 日立 KY2000 半自动生化分析仪。XN-2 型血液粘度仪, 上海医科大学生产。TDZ-5-4.0 多管架自动平衡离心机, 湖南仪表总厂。

1.2 试剂与试药

椒目仁油 (压榨提取, 陕西韩城产), 批号 20090426, 由陕西盛华药业有限责任公司提供。阳性对照药, 非诺贝特, 批号: 20090816, 广州威尔曼药业有限公司; 绞股蓝总甙片, 批号 20090627, 陕西安康中药厂。胆固醇 (Cholesterol), A.R., 批号 030315, 中国惠兴上海生化试剂公司生产。胆固醇 (CH)、甘油三脂 (TG) 检测试剂、高密度脂蛋白 (HDL-C) 检测试剂由北京中生北控生物科技股份有限公司提供。

1.3 动物

日本大耳白兔, 由第四军医大学实验动物中心提供, 动物合格

* 基金项目 陕西省“13115”科技创新项目 (2008ZDKG-61)

作者简介: 肖会敏 (1975-), 男, 硕士, 主管药师, 中药新药开发。Tel. (029) 84773689, xhm_0908@163.com

[△] 通讯作者: 王四旺, 电话 029-84773491, wangsiw@fmmu.edu.cn

(收稿日期 2010-12-18 接受日期 2011-01-13)

证号 陕动准字第 01 号,军医动字第 C98001 (KM,SD) 清洁级。

1.4 方法

1.4.1 色谱条件 RTX-1 MS 色谱柱(30m×0.25mm),固定相厚度 0.25 m, 进样口温度 250℃ ; 色谱程序升温条件为起始温度 40℃ , 保持 3min, 升温速率 5℃/min, 终点温度 250℃ 保持 5min 载气为氦气,流量 2mL /min,压力 28.8kPa 分流比 100 : 1,连接质谱接口温度 250℃ ,总流量 205mL /min,进样量 μL (不含任何化学试剂)。

1.4.2 质谱条件 质量范围 m/z 20~400,扫描间隔 0.50 S,扫描速度 833 D/s 检测电压 0.75 kV,电离电压 70 eV,El 电离子源温度 200℃ ; 获取的质谱数据用美国 NIST08 和 WILEY7 谱库检索。

1.4.3 家兔降血脂、降血粘实验 家兔 60 只,雄性,体重 2.0~2.5kg ,随机分 6 组,每组 10 只。正常对照组饲喂标准饲料,其余各组均饲喂高脂饲料^[5] (3%胆固醇,15%猪油,82%标准饲料)造高脂血症动物模型,连续饲喂 28 天后,随机在对照组和造模组各取 10 只家兔采血样测定血脂指标,以确认造模成功与否。造模成功后,高脂饲料配方调整为 (0.5%胆固醇,5%猪油,

94.5%标准饲料) 维持量至实验末。各组于造模后开始给药,空白对照组和模型组 ig 给 10ml/kg 生理盐水,阳性对照组 ig 给 16mg/kg 绞股蓝总甙片, 其余各组分别 ig 给 椒目仁油 25mg/kg、50mg/ kg、100mg/kg,每天一次,连续 6 周。分别在用药后第 2、4、6 周耳静脉采血测定血脂,末次用药后加测血液粘度。

1.5 统计学分析

动物实验各分组所得计量数据采用均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$)表示,用 SPSS12.0 软件处理数据,两组间均数比较用 *t* 检验。检验水准 $\alpha=0.05$, $p<0.05$ 有统计学意义。

2 结果

2.1 成分分析结果

从表 1 分析,椒目仁油中主要的成分为不饱和脂肪酸 (即 α - 亚麻酸酯与亚油酸等),其总含量为 71.34% ,其次, β - 蒎烯与 α - 蒎烯的总含量为 12.51% 此外其它不饱和烯烃总含量为 11.39%,萜品醇总含量为 2.09%,其余烃类、饱和脂肪酸等总含量为 14.06%等,见表 1。

表 1 椒目仁油化学成分分析结果
Table 1 Chemical component analysis of semen oil of zanthoxylum bungeanum maxim

序 号	保留时间 (min)	化合物名称	分子式	相对分子 质量	相对百分含量 /%
1	3.742	己醛,Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	100	0.18
2	7.158	α - 崖柏烯, .alpha.-Thujene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.32
3	7.346	α - 蒎烯, .alpha.-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	136	3.11
4	7.833	莰烯,Camphene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.15
5	8.182	5- 甲基 -1- 己烯,5-Methyl-1-hexene	C ₇ H ₁₄	98	0.08
6	8.616	β - 水芹烯, .beta.-Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	136	2.75
7	8.725	左旋 - β - 蒎烯, (-)-.beta.-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	136	9.40
8	9.231	月桂烯,Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.52
9	9.444	3- 乙基 -1,4- 己二烯,3-Ethyl-1,4-hexadiene	C ₈ H ₁₄	110	0.52
10	9.902	1- 乙基 - 环己烯,1-Ethylcyclohexene	C ₈ H ₁₄	110	0.37
11	10.027	Δ -2- 蒎烯, delta-2-carene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.33
12	10.277	α - 水芹烯, .alpha.-Fellandrene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.45
13	10.418	(-) - 柠檬油精, l-Limonene	C ₁₀ H ₁₆	136	1.37
14	10.495	1,8- 桉树脑 ;1,8-Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.25
15	11.046	4- 亚甲基螺旋[2,4]庚烷, 4-Methylenespiro[2.4]heptane	C ₈ H ₁₂	108	0.11
16	11.354	γ - 萜品烯, .gamma.-Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.80
17	12.187	Δ -2- 蒎烯, Δ - 2 - carene	C ₁₀ H ₁₆	136	0.32
18	15.076	4- 萜品醇,4-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	154	1.42
19	15.528	(-) - α - 萜品醇, (-)-.alpha.-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.67
20	18.253	(Z)- 3- 烯 -1- 十二碳炔,(Z)-3-Dodecen-1-yne	C ₁₂ H ₂₀	164	0.58
21	18.386	(2E,4Z)- 癸二烯醛, (2E,4Z)-Decadienal	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.80
22	19.018	(E,E)-2,4- 癸二烯醛, (E,E)-2,4-Decadienal	C ₁₀ H ₁₆ O	152	1.33

23	33.835	棕榈酸,n-Hexadecanoic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	0.78
24	36.263	油酸,oleic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282	0.13
25	37.016	亚油酸,cis-9,cis-12-Octadecadienoic acid	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	16.72
26	37.116	α - 亚麻酸 cis-9,cis-12,cis-15-Octadecadienoic acid	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278	45.10
27	45.948	单甘油三亚油酸酯,9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester	C ₂₁ H ₃₈ O ₄	354	3.08
28	46.040	单甘油三亚油酸酯,9,12,15-Octadecatrienoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, (Z,Z,Z)-	C ₂₁ H ₃₆ O ₄	352	6.31
29	47.797	角鲨烯,Squalene	C ₃₀ H ₅₀	410	2.07

2.2 家兔降血脂、降血粘实验结果

表 2 说明造模成功 表 3、4、5 结果说明,椒目仁油给高脂血症家兔口服用药 2 周就可有效降低血脂,随着用药时间的延

长,疗效愈加稳定和显著,并呈现一定的量效关系 表 6 说明椒目仁油口服 2 周以上可显著降低高脂血症家兔的血液粘度,改善血液流动的阻力等。

表 2 造模第 4 周家兔血脂的变化 (n=10, $\bar{x}\pm s$,mmol/L)

Table 2 Effect of blood lipid on each group rabbits after 4 weeks' raising (n=10, $\bar{x}\pm s$,mmol/L)

组别 group	胆固醇 CH	甘油三酯 TG	高密度脂蛋白 HDL-C
空白对照组(Blank group)	2.54± 0.38	1.19± 0.11	0.33± 0.07
造模组(Model group)	4.06± 0.97 ^b	4.98± 1.91 ^b	0.24± 0.69

注：^bP<0.01 与空白对照组比较
Note [‡]P<0.01,compaerd with Blank groups

表 3 用药后第 2 周各组家兔的血脂变化 (n=10, $\bar{x}\pm s$,mmol/L)

Table 3 Effect of blood lipid on each group hyperlipidemic rabbits after 2 weeks' treatment (n=10, $\bar{x}\pm s$,mmol/L)

组别 group	剂量 (mg/kg) dosage	胆固醇 CH	甘油三酯 TG	高密度脂蛋白 HDL-C
空白对照组(Blank group)	-	2.35± 0.32	0.84± 0.38	0.45± 0.27
模型组 (Model group)	-	3.28± 0.97 ^b	4.19± 2.93 ^b	0.36± 0.12 ^{bd}
小剂量组(Low dosage group)	25	1.79± 1.33 ^{bc}	1.64± 0.30 ^d	0.57± 0.06 ^{bd}
中剂量组(Middle dosage group)	50	1.59± 0.85 ^{bd}	1.52± 0.43 ^{bd}	0.62± 0.33 ^{bd}
大剂量组(High dosage group)	100	1.19± 0.92 ^{ad}	1.18± 0.68 ^d	0.78± 0.23 ^{bd}
阳性对照组(Control group)	16	0.55± 0.52 ^d	0.60± 0.11 ^d	0.66± 0.22 ^{bd}

注 [‡]P<0.05,^bP<0.01 与空白对照组比较 ;^cP<0.05, ^dP<0.01 与模型组比较
Note [‡]P<0.01,^bP<0.01,compaerd with blank groups; ^cP<0.05, ^dP<0.01 compaerd with model groups

表 5 用药后第 6 周各组动物的血脂变化 (n=10, $\bar{x}\pm s$,mmol/L)

Table 5 Effect of blood lipid on each group hyperlipidemic rabbits after 6 weeks' treatment (n=10, $\bar{x}\pm s$,mmol/L)

组别 group	剂量 (mg/kg) dosage	胆固醇 CH	甘油三酯 TG	高密度脂蛋白 HDL-C
空白对照组(Blank group)	-	1.54± 0.45	1.32± 0.56	0.54± 0.44
模型组 (Model group)	-	2.26± 1.14 ^b	5.32± 2.13 ^b	0.48± 0.34
小剂量组(Low dosage group)	25	1.02± 0.54 ^{ad}	1.73± 0.70 ^d	0.54± 0.23
中剂量组(Middle dosage group)	50	1.23± 0.65 ^{ac}	1.86± 0.43 ^{ad}	0.67± 0.15 ^{cd}
大剂量组(High dosage group)	100	0.55± 0.44 ^d	1.32± 0.54 ^d	0.87± 0.12 ^{bd}
阳性对照组(Control group)	16	1.01± 0.52 ^{ad}	1.77± 0.72 ^d	1.44± 0.74 ^c

注 [‡]P<0.05,^bP<0.01 与空白对照组比较 ;^cP<0.05, ^dP<0.01 与模型组比较。
Note [‡]P<0.01,compaerd with blank groups; ^cP<0.05, ^dP<0.01, compaerd with model groups

表 6 用药后第 6 周各组家兔血液粘度的变化 (n=10, $\bar{x}\pm s$, mpa.s)
Table 6 Effect of blood viscosity on each group hyperlipidemic rabbits after 6 weeks' treatment (n=10, $\bar{x}\pm s$, mpa.s)

组别 group	剂量 (mg/kg) dosage	全血高切粘度	全血中切粘度	全血低切粘度
		viscosity of whole blood in high shear rate	viscosity of whole blood in middle Shear rate	viscosity of whole blood in low Shear rate
空白对照组(Blank group)	-	4.13± 0.39	5.42± 0.63	9.17± 1.38
模型组 (Model group)	-	5.57± 0.38 ^b	8.17± 0.49 ^b	16.37± 2.15 ^b
小剂量组(Low dosage group)	25	5.21± 0.11 ^b	6.98± 0.25 ^{bd}	12.16± 0.70 ^{bd}
中剂量组(Middle dosage group)	50	4.68± 0.29 ^{bd}	6.72± 0.28 ^{bd}	12.17± 0.78 ^{bd}
大剂量组(High dosage group)	100	4.91± 0.60 ^{bd}	6.57± 0.74 ^{bd}	11.45± 1.12 ^{bd}
阳性对照组(Control group)	16	4.46± 0.54 ^d	6.92± 0.99 ^{bd}	16.22± 0.09 ^b

注 ‡P<0.01 与空白对照组比较；^dP<0.01 与模型组比较。
Note ‡P<0.01,compaerd with blank groups ;^dP<0.01, compaerd with model groups

3 讨论

高脂血症是冠状动脉粥样硬化性心脏病的主要易患因素之一。降低血清胆固醇、甘油三酯、升高高密度脂蛋白等,可降低其发作的危险,减少死亡率。

花椒具有抗菌驱虫作用^[6],可能是因为椒目仁油中含有桉树脑、β- 水芹烯、蒎品油烯等驱虫物质作用^[7]以及含有 β- 蒎烯与 α- 蒎烯等抗菌物质作用^[8-10]的原因。亚油酸(C18 2,ω -6)为必需脂肪酸,它在体内的代谢又可产生对人体有重要生理功能的 ω -6, 是一系列有特殊生物活性化合物类二十烷酸的前体,是影响血压、血管反应性、凝血等的脂肪激素,它具有抗粥样动脉硬化,参与脂肪分解与新陈代谢等作用^[11]。而 α- 亚麻酸 (ALA) 及其在体内转变成的 ω -3 系列长链多不饱和脂肪酸^[12],能够抑制胆固醇合成的主要限速酶 HMG-CoA 还原酶的活性从而减少内源性胆固醇的合成^[13],并且 ω -3 脂肪酸能刺激胆固醇代谢为胆酸和中性固醇,后者由粪便排出以增加固醇排泄^[14];ALA 通过抑制 HMG-CoA 还原酶的活性能减少低密度脂蛋白的合成^[15];ALA 经体内去饱和与碳链延长作用的代谢产物二十二碳六烯酸 (DHA),能增加脂蛋白酯酶和卵磷脂胆固醇酰基转移酶 (LCAT) 活性而促进 HDL 合成,同时还能抑制肝内皮细胞酯酶 (HEL)的活性而抑制 HDL 降解^[16]。从表 1 中分析的结果显示该油中的主要成分是 α- 亚麻酸、亚油酸,与文献报导基本一致^[2],此两种物质在油中以单体或者甘油酯的形式存在,在体内不能直接起作用,需要分解转化后才能成为具有活性的物质,所以需要剂量与时间的累积。因此,椒目仁油的药效才存在剂量与时间的依赖性。

综上所述,椒目仁油调节血脂的作用主要依赖其中的 α-亚麻酸与亚油酸等成分。椒目是花椒的种子,仅中国境内每年约有 12 万吨新增资源被废弃^[17]。因此,变废为宝最大限度的开发和利用椒目丰富的自然资源,为医药、保健品市场提供急需的原料,为提高人类健康水平具有重要的意义。

参考文献 (Reference)

[1] 王捷频,王四旺,蒋永培,等. 超临界 CO₂ 流体萃取椒目仁油的工艺研究[J].中草药, 2004,35(9):998

Wang Jie-pin,Wang Si-wang,Jiang Yong-pei,et al. Technological study on supercritical CO₂ fluid extraction of kernel oil of Zanthoxylum bungeanum seed [J].Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2004,35 (9):998

[2] 王娅娅, 张有林. 花椒籽中脂肪酸及挥发性成分的 GC/MS 分析研究[J]. 中成药, 2007, 29(12):1838-1840

Wang Ya-ya, Zhang You-lin. GC/MS analysis study on Zanthoxylum bungeanum seed's fatty acids and volatile components [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 中成药, 2007, 29(12):1838-1840

[3] 刘永英,王多宁,刘渊声,等. 椒籽仁油对实验性高脂血症大鼠的防治作用[J]. 第四军医大学学报, 2007,28(5) :411-413

Liu Yong-yin,Wang Duo-ning, Liu Yuan-sheng,et al. Preventive and therapeutical efect of the kernel of Zanthoxylum seed oil on experimental hyperlipidemia in rats [J]. J Fourth Mil Med Univ, 2007,28(5) :411-413(In China)

[4] 衡亮,李晨,贾敏,等.花椒仁油对实验性高脂血症小鼠的治疗作用 [J].解放军医学杂志,2005,11(30) :1012-1013

Heng Liang,Li Chen,Jia Min et al.Therapeutic effect of pericarpium Zanthoxylum oil on experimental hyperlipemia in mice[J]. Med J Chin PLA, 2005,11(30) :1012-1013(In China)

[5] 李仪奎,王钦茂.中药药理实验研究方法论[M].第一版.上海:上海科学技术出版社,1991 4-5,329-330,333

Li Yi-kui, Wang Qin-mao. Chinese medicine Pharmacological Research Methodology [M]. First edition, Shanghai Science and Technology Press, 1991, 4-5,329-330,333(In China).

[6] 朱雪,王亮.花椒药理作用研究进展[J]. 社区医学杂志,2010,8(7):43

Zhu Xue, Wang Liang. Progress of Zanthoxylum bungeanum's pharmacologic action[J]. Journal of community medicine, 2010,8(7):43

[7] 余立靖. 中药现代研究与应用[M]. 北京:学苑出版社,1998 2214

Yu Li-qing. Research and application of modern medicine[M].Beijing: Xueyan press, 1998:2214

[8] 向海洋. 强效黏液促排药 - 桉柠蒎肠溶软胶囊 [J]. 中南药学, 2010, 8(3):238 促进 排泄

Xiang Hai-yang. Powerful mucus promoting evacuating drugs-An ning pai enteric-coated soft capsules [J]. Central South Pharmacy, 2010, 8 (3):238

- Ophthalmol, 1994, 75:364-369
- [3] Vorwerk CK, Naskar R, Schuettauf F, et al. Depression of retinal glutamate transporter function leads to elevated intravitreal glutamate levels and ganglion cell death [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2000, 41:3615-3621
- [4] Schroder M. The unfolded protein response [J]. Mol Biotechnol, 2006, 34(2):279-290
- [5] Rutkowski DT, Kaufman RJ. A trip to the ER: coping with stress [J]. Trends Cell Biol, 2004, 14:20-28
- [6] Newman E, Reichenbach A. The Müller cell: a functional element of the retina [J]. Trends Neurosci, 1996, 19:307-312
- [7] Kawasaki A, Otori Y, Barnstable CJ. Müller cell protection rat retinal ganglion cells from glutamate and nitric oxide neurotoxicity [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2000, 41(11):3444-3450
- [8] Arriza JL, Fairman WA, Wadiche JI, et al. Functional comparisons of three glutamate transporter subtypes cloned from human motor cortex [J]. J Neurosci, 1994, 14(9):5559-5569
- [9] Rauen T, Kanner BI. Localization of the glutamate transporter GLT21 in rat and macaque monkey retinae [J]. Neurosci Lett, 1994, 169(2):137-140
- [10] Rauen T, Rothstein JD, Wassle H. Differential expression of three glutamate transporter subtypes in the rat retina [J]. Cell Tissue Res, 1996, 286(3):325-336
- [11] Pow DV, Barnett NL. Developmental expression of excitatory amino acid transporter 5: a photoreceptor and bipolar cell glutamate transporter in rat retina [J]. Neurosci Lett, 2000, 280(1):21-24
- [12] Li Q, Zemel E, Miller B, et al. Early retinal damage in experimental diabetes: electroretinographical and morphological observations [J]. Exp Eye Res, 2002, 74:615-625
- [13] Vorwerk CK, Naskar R, Schuettauf F, et al. Depression of retinal glutamate transporter function leads to elevated intravitreal glutamate levels and ganglion cell death [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2000, 41(6):3615-3621
- [14] Keith RG, Huna LV, Danielle V. Retinal glutamate transporter changes in experimental glaucoma and after optic nerve transection in the rat [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2002, 43(7):2236-2243
- [15] Payet O, Maurin L, Bonne C, et al. Hypoxia stimulates glutamate uptake in whole rat retinal cells in vitro. Neurosci Lett, 2004, 356(2):148-150
- [16] Munir M, Correale DM, Robinson MB. Substrate-induced up-regulation of Na(+)-dependent glutamate transport activity [J]. Neurochem Int, 2000, 37:147-162
- [17] Sargsyan E, Baryshev M, Mkrtchian S. The physiological unfolded protein response in the thyroid epithelial cells [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2004, 322(2):570-576
- [18] Durose JB, Tam AB, Niwa M. Intrinsic capacities of molecular sensors of the unfolded protein response to sense alternate forms of endoplasmic reticulum stress [J]. Mol Biol Cell, 2006, 17(7):3095-3107
- [19] Ryoo HD, Domingos PM, Kang M, et al. Unfolded protein response in a Drosophila model for retinal degeneration. EMBO J, 2007, 26(1):242-252
- [20] Pan F, Tian R, Zhang YK, et al. Unfolded protein responses of the retinal ganglion cells after optical nerve crush in rats [J]. Int J Ophthalmol (Guoji Yanke Zazhi), 2008, 8(4):694-697
- [21] Chen XY, Duan L, Pan F, et al. Electron microscopic localization of IRE1 on the retinal ganglion cells and oligodendrocytes on retinal nerve of the rat after optic nerve crushing [J]. Int J Ophthalmol (Guoji Yanke Zazhi), 2009, 9(7):1245-1247

(上接第 1457 页)

- [9] 肖会敏, 王四旺, 王剑波, 等. 连翘挥发油的成分分析及其药理作用的研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2008, 19(8):2047.
- Xiao Hui-min, Wang Si-wang, Wang Jian-bo, et al. Progress of essential oils of forsythia and pharmacological action [J]. LI SHI ZHEN MEDICINE AND MATERIAL MEDICAL RESEARCH, 2008, 19(8):2047
- [10] 肖会敏, 王四旺, 谢艳华, 等. 两种提取青翘挥发油工艺的比较研究 [J]. 第四军医大学学报, 2006, 27(16):1515
- XIAO Hui-min, WANG Si-wang, XIE Yan-yuan, et al. Comparative study on 2 kinds of technologies for extracting essential oil from unripe forsythia suspensa [J]. J Fourth Mil Med Univ, 2006, 27(16):1515
- [11] 张春娥, 张惠, 刘楚怡, 等. 亚油酸的研究进展 [J]. 粮油加工, 2010, 8(5):18-21
- Zhang Chun-e, Zhang Hui, Liu Chu-yi, et al. Progress of linoleic acid [J]. Cereals and Oils Processing, 2010, 8(5):18-21(In China)
- [12] Chert J K, McDonald B E, Gerrard J M, et al. Effects of dietary α -linolenic acid and its ratio to linolenic acid on platelet and plasma fatty acids and thrombogenesis. LIPIDS, 1993, 28:811
- [13] Simopoulos A P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. Am Clin Nutr, 1991, 54:438-463
- [14] Sakat K, Shimokawa T. Lipid lowering effects of high linoleate and high α -linolenate diets in rats and mice. Consequence of long-term feedings. Chem Pharm Bull, 1992, 40(8):2129-2132
- [15] Ikeda I, Wakamatsu K. α -linolenic eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids affect lipid metabolism differently in rats. J Nutr, 1994, 24:1898
- [16] 穆照梅, 刘玉军, 孙明堂, 等. 浓缩鱼油升高大鼠血清高密度脂蛋白胆固醇机理的探讨 [J]. 营养学报, 1990, 12:134-138
- Mu Zhang-mei, LIU Yu-jun, SUN Ming-tang, et al. Mechanism's study on concentrated fish oil increasing serum high-density lipoprotein cholesterol [J]. ACTA NUTRIMENTA SINICA, 1990, 12:134-138
- [17] 杨倩, 王四旺, 王剑波, 等. 椒目中 α -亚麻酸的提取与鉴定 [J]. 中国新药杂志, 2008, 17(4):319
- Yang Qian, Wang Si-wang, Wang Jian-bo. Study on extraction and identification of α -linolenic acid from Semen Zanthoxyli Bungeani [J]. Chinese Journal of New Drugs, 2008, 17(4):318-320