

决明子中蒽醌类化学成分及其生物活性研究进展

陈秋东^{1,3}, 徐蓉², 徐志南¹, 岑沛霖¹ (1. 浙江大学生物工程研究所, 浙江 杭州 310027; 2. 杭州中美华东制药有限公司, 浙江 杭州 310013; 3. 上海交通大学化学工程学系, 上海 200240)

摘要:目的 研究决明子中蒽醌类物质的构效关系,以推动新药开发。方法 综述了近几年来中药决明子中蒽醌类活性成分的提取与分离、定性与定量分析、化学成分、生物活性及其机理,以及利用生物技术培养决明生产蒽醌类物质等研究状况。结果与结论 决明子中含丰富的蒽醌类物质,可以筛选出高效的先导物用于开发抗癌、抗菌、明目等新型药。

关键词:决明子;蒽醌;生物活性;研究进展

中图分类号:R931.71 文献标识码:A 文章编号:1007-7693(2003)02-0120-05

Progress in studies of active constituents of anthraquinones and their biological activities from *Semen Cassiae*

CHEN Qiu dong^{1,3}, XU Rong², XU Zhi-nan¹, CEN Pei-lin¹ (1. Institute of Bioengineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. Hangzhou East China Pharmaceutical Co., Ltd, Hangzhou 310013, China; 3. Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

ABSTRACT:OBJECTIVE To promote the deeply research on the relationship of pharmacology and structure of anthraquinone from Chinese herbal medicine *se men cassiae*. **METHOD** It made a textual review on anthraquinones from *se men cassiae* in extraction, identification, determination, chemical structure, bioactivity, and cultivate production by biotechnology. **RESULTS & CONCLUSION**

Many anthraquinones from *se men cassiae* were studied, which is valuable in the exploitation of new nature drugs of anti-cancer, anti-germ, or eyes-brighting, etc.

KEY WORDS: *Se men Cassiae*; anthraquinones; bioactivity; research progress

决明子(*Se men Cassiae*)为豆科植物决明(*Cassia obtusifolia* L.)或小决明(*Cassia tora* L.)的干燥成熟种子。秋季采收成熟果实,晒干,打下种子,除去杂质^[1]。决明子入药最早记载于我国的《神农本草经》,列入120种上药(“为君主养命以应天”)之一,以明目之功而名,性味甘、苦、咸、微寒、无毒,归肝、肾、大肠经。

1 决明子中蒽醌类成分的提取与分离

1.1 决明子中总蒽醌的提取^[2-4]

实验室中,用有机溶剂在索氏提取器中提取决明子粉末中的游离总蒽醌,方法主要有有机溶剂结合酸水解的萃取方法。在酸解蒽醌苷的同时,加入 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 将蒽衍生物氧化成蒽醌。一般认为氯仿提取蒽醌比乙醚提取时专属性强。张启伟等^[2](1996年)以大黄酚为标准,得出甲醇索氏提取决明子粉末效果最好。

1.2 决明子中蒽醌类成分的分

日本 Nihon 大学 Susumu Kitanala 等^[5]自1958年至今用薄层层析法分离决明子中单一成分,大致步骤为:90% MeOH 或 C_6H_6 回流提取→真空浓缩→依次用有机溶剂(AcOEt, n-BuOH, CHCl_3 , Et_2O 等)萃取→真空浓缩-Silicic acid(SiO_2)层析→用 CHCl_3 -MeOH- H_2O 不同比例或 C_6H_6 -EtOAc 等有机溶剂洗脱→用 H_2O 或 MeOH 在 Sephadex LH-20 柱上分离得不同单一物质。德国 Munchen 大学 Suir Ming Wang 等^[6]先

用汽油脱脂,后在索氏提取器依次用 CHCl_3 , MeOH 等提取,其中醇提剂在硅胶柱上用 EtOAc-MeOH- H_2O 层析洗脱,所得组分再用 EtOAc-MeOH- H_2O 不同比例在硅胶柱上层析,用 MeOH 结晶,可得蒽醌苷类物质。

2 决明子中蒽醌类成分的定量分析

2.1 决明子中蒽醌类成分的测定方法及其含量

传统的比色法是基于蒽醌类物质的 Borntrager 显色反应与醋酸镁显色反应,一般认为 0.5% 醋酸镁甲醇反应比色法比 Borntrager 反应比色法稳定时间长,反应更灵敏,杂质干扰少,最大吸收峰波长稳定^[7]。张启伟等^[2],王清华等^[8],曹爱民等^[9]用 HPLC 测定决明子中大黄酚含量,分别测得 1~150 $\mu\text{g/g}$, 2.6~2.9 mg/g , 0.228%~0.459%。日本北中进等^[10],冯映冰等^[11]分别用 RP-HPLC 测出决明子单一成分与含量。

2.2 生、炒决明子中蒽醌类化学成分的含量差异

生的豆科植物决明中含总蒽醌 1.2% 左右,小决明中含总蒽醌 1.1% 左右,平均 0.85%~1.25%。裴炒菜等^[7]用比色法测出生、炒决明子中总蒽醌、游离蒽醌、结合蒽醌含量分别是 1.05%, 0.027%, 1.02% 和 0.43%, 0.17%, 0.27%。张启伟等^[12]以大黄酚为对照品用 HPLC 测出生品决明子药材与煎液中的游离型大黄酚分别为 0.00216%, 0.0065%, 结合型大黄酚分别为 0.2516%, 0.1084%;炒品决明子药材与

煎液中游离型大黄酚分别为 0.00146%, 0.00104%, 结合型大黄酚分别为 0.2411%, 0.1269%。杨梓懿等^[13], 刘训红等^[14]用比色法、薄层层析法分别比较了不同炒制决明子和炮制前后的蒽醌含量, 测出生决明子中主要为结合型蒽醌, 炒制决明子可使结合型蒽醌与总蒽醌含量下降, 游离型蒽醌含量上升, 原因可能是有关酶系在湿热条件下降解蒽醌苷。

3 决明子中蒽醌类化学成分定性分析及其化学成分

日本 Susumu Kitanaka 等^[5], 德国 Wang 等^[6]和印度 M. Sekar 等^[15]均通过对熔点、紫外谱、可见光谱、红外谱、核磁共振谱(¹H-NMR 与¹³C-NMR)和质谱的分析, 鉴定出决明子中蒽醌类的单一成分。

3.1 目前已知的生决明子中蒽醌类化学成分

目前文献报道的生决明子中蒽醌类化学成分, 见表 1。

部分 9,10-蒽醌结构的蒽醌化学结构式, 见表 2。

表 1 生决明子(来源 *C. obtusifolia* L. 和 *C. tora* L.) 蒽醌类化学成分

Tab 1 Chemical components of anthraquinones from *C. obtusifolia* L. and *C. tora* L.

决明子 (来源 <i>C. obtusifolia</i> L.) ^[5,15,16]	决明子 (来源 <i>C. tora</i> L.) ^[6,12,17]
. 大黄素(Emodin ,1)	. 1 ,
. 大黄酚(Chrysophanol ,2)	. 2 ,
. 大黄酸(Rhein ,3)	. 3 ,
. 大黄素甲醚(Physcion ,4)	. 4 ,
. 芦荟大黄素(Aloe-emodin ,5)	. 5 ,
. 去氧大黄酚(Chrysarobin ,6)	. 6 ,
. 大黄酚-9-蒽酮(Chrysophanic acid-9-anthrone ,7)	. 7 ,
. 钝叶素(Obtusifolin ,8)	. 10 ,
. 钝叶决明素(Obtusin ,9)	. 11
. 甲基钝叶决明素 (Chryso-obtusin ,10)	. 大黄酚-1-β-龙胆二糖苷 (Chrysophanol-1-β-gentiobioside ,28)
. 橙叶决明素 (Aurantio-obtusin ,11)	. 1-[(β-D-glucopyranosyl-(1 → 3)-O-β-D-glucopyranosyl)-oxy]-8-hydroxy-3-
. 奎司丁(Questin ,12)	(1 → 6)-O-β-D-glucopyranosyl)
. 葡萄糖钝叶素 (Gluco-obtusin ,13)	oxy]-8-hydroxy-3-methyl-9,10-anthraquinone ,29
. 葡萄糖钝叶决明素(Gluco-obtusin ,14)	. 1-[(β-D-glucopyranosyl-(1 → 6)-O-β-glucopyranosyl-
. 葡萄糖橙叶决明素(Gluco-aurantio-obtusin ,15)	(1 → 3)-O-β-D-glucopyranosyl-(1 → 6)-O-β-D-
. 1-去甲基橙叶决明(1-des methylaurantio-obtusin ,16)	glucopyranosyl) oxy]-8-hydroxy-3-
. 1-去甲基钝叶决明素 (1-des methyl-obtusin ,17)	methy-9,10-anthraquinone ,30
. 1-去甲甲基钝叶决明素(1-des methylchryso-obtusin ,18)	. 2-(β-D-glucopyranosyloxy-8-hydroxy-1-methoxy-3-
. 大黄酚-10-10'-二蒽酮(Chryso-phanol-10,10'-bianthrone ,19)	methy-9,10-anthraquinone ,31
. 灰绿曲霉多羟基蒽酮 8-O-D-葡萄糖吡喃糖苷(Echinul polydric anthrone-8-O-D-glucopyranoside ,20)	. Alaternin-2-O-β-glucopyranoside ,32

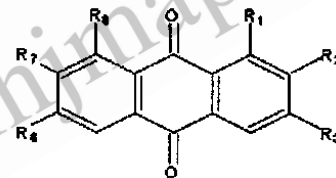
决明子 (来源 <i>C. obtusifolia</i> L.) ^[5,15,16]	决明子 (来源 <i>C. tora</i> L.) ^[6,12,17]
. 有翅决明素 1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (Alaternin-1-O-β-D-glucopyranoside ,21)	
. 大黄素-6-葡萄糖苷(Emodin-6-glucoside ,22)	
. 大黄素蒽酮 (Emodin anthrone ,23)	
. 甲基钝叶决明素 2-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (Chryso-obtusin-2-O-β-D-glucopyranoside ,24)	
. 大黄素甲醚-8-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (Chryso-obtusin-8-O-β-D-glucopyranoside ,25)	
. 1,3-二羟基-6-甲氧基-7-甲基蒽醌 (1,3-dihydroxy-6-methoxy-7-methyl anthraquinone ,26)	
. 1-羟基-3,7-二甲酰基蒽醌(1-hydroxy-3,7-diformyl anthraquinone ,27)	

注:不同国家的同一品种的成分与含量存在差异。

Note: Chemical components and their content in *se men cassiae* of different originals are difference.

表 2 部分 9,10-蒽醌结构的蒽醌化学结构式

Tab 2 List of chemical structural formula of partial anthraquinones from *se men cassiae*



基团代码	R ₁	R ₂	R ₃	R ₆	R ₇	R ₈
1	OH	H	CH ₃	OH	H	OH
2	OH	H	CH ₃	H	H	OH
3	OH	H	COOH	H	H	OH
4	OH	H	CH ₃	OCH ₃	H	OH
5	OH	H	CH ₂ OH	H	H	OH
8	OCH ₃	OH	CH ₃	H	H	OH
9	OCH ₃	OH	CH ₃	OCH ₃	OCH ₃	OH
10	OCH ₃	OH	CH ₃	OCH ₃	OCH ₃	OCH ₃
11	OCH ₃	OH	CH ₃	OH	OCH ₃	OH
12	OH	H	CH ₃	OH	H	OCH ₃
16	OH	OH	CH ₃	OH	OCH ₃	OH
17	OH	OH	CH ₃	OCH ₃	OCH ₃	OH
18	OH	OH	CH ₃	OCH ₃	OCH ₃	OCH ₃
21	O-glu	OH	CH ₃	OH	H	OH
22	OH	H	CH ₃	O-glu	H	OH
24	OCH ₃	O-glu	CH ₃	OCH ₃	OCH ₃	OCH ₃
25	OH	H	CH ₃	OCH ₃	H	O-glu
26	OH	H	OH	OCH ₃	CH ₃	H
27	OH	H	CHO	H	CHO	H
28	O-gen	H	CH ₃	H	H	OH
29	O-①	H	CH ₃	H	H	OH
30	O-②	H	CH ₃	H	H	OH

基团代码	R ₁	R ₂	R ₃	R ₆	R ₇	R ₈
31	OCH ₃	O-glu	CH ₃	H	H	OH
32	OH	O-glu	CH ₃	OH	H	OH

注: (1) 6, 7, 23 为蒽醌类, 13, 14, 15, 20, 21, 24, 25, 28, 30, 31, 32 为蒽醌苷类。(2) glu: 吡喃型葡萄糖; gen: 龙胆二糖。(3) ① β -D-glucopyranosyl-(1→3)-O- β -D-glucopyranosyl-(1→6)-O- β -D-glucopyranosyl; (4) ② β -D-glucopyranosyl-(1→6)-O- β -glucopyranosyl-(1→3)-O- β -D-glucopyranosyl-(1→6)-O- β -D-glucopyranosyl

Note: (1) Component No. 6, 7 and 23 belong to anthrone, Component No. 13, 14, 15, 20, 21, 24, 25, 28, 30, 31 and 32 belong to anthraquinones. (2) glu: glucopyranose. gen: gentiobiose. (3) ① β -D-glucopyranosyl-(1→3)-O- β -D-glucopyranosyl-(1→6)-O- β -D-glucopyranosyl; (4) ② β -D-glucopyranosyl-(1→6)-O- β -glucopyranosyl-(1→3)-O- β -D-glucopyranosyl-(1→6)-O- β -D-glucopyranosyl

3.2 决明发根、未成熟决明子中蒽醌类化学成分

郭洪祝等^[18,19]对诱导的决明发根中蒽醌类成分进行定性分析,发现了多种在决明子中未发现或未分离到的游离型蒽醌物质,如:1-羟基-3-甲氧基-8-甲基蒽醌等。Susumu Kitanaka 等^[20]对未成熟小决明子进行分析,从未成熟的小决明子中检测到 3 种新的二聚羟基蒽衍生物(hydro anthracene derivative)。

4 利用生物工程技术培养决明及生产蒽醌类物质

决明子蒽醌类成分的细胞培养生产最早见于 1975 年 Tabata Ma moru 等的报道,其培养小决明形成的愈伤组织,检测出最大总蒽醌占鲜重的 0.334%,比干种子高。周延清等^[21]以决明子无菌苗子叶为外植体,优化出最佳诱导决明愈伤组织的培养基和最佳的决明生根培养基。王锺等^[22]对由决明的胚轴、子叶诱导愈伤组织生长行为及其代谢产物关系进行了研究,确定决明愈伤组织最佳诱导条件并拟合出决明愈伤组织细胞液体培养的产物动力学模型。常振战、果德安等^[23,24]用叶盘法将发根农杆菌转化至决明子叶等外植体中,诱导产生具有激素自主生长特点的 Ri 质粒转化根,在暗培养最佳周期后经 HPLC 测出转化根中芦荟大黄素等 6 种游离蒽醌成分含量是光培养时的 2 倍多;在 5L 气升式的 BIOFLOH 生物反应器中连续培养时还观察到发根培养 27d 内次生代谢产物游离蒽醌量缓慢上升,之后迅速增加,含量与培养基中 pH 值呈现一定程度平行关系。

5 决明子中蒽醌类成分生物活性及其机理

5.1 抗菌(需氧、厌氧)、抗真菌、抗病毒、抗肿瘤作用^[25,26]

体外试验表明,决明子水浸剂(1:4)及醇提物对石膏样毛癣菌等皮肤真菌有抑制作用,醇提物除醇后对金黄色葡萄球菌、白喉杆菌、大肠杆菌等有抑制作用,而水浸剂无此作用;芦荟大黄素对金黄色葡萄球菌(MIC:15~25 μ g/mL)有抑制作用;去氧大黄酚对红色发癣菌、犬小孢子菌等有抑制作用;大黄素对流感杆菌等有抑制作用;Questin 对金黄色葡萄球菌有抑制作用;大黄酚-9-蒽酮对红色发癣菌(MIC:3 μ g/mL)、犬小孢子菌(MIC:5 μ g/mL)等真菌有抑制作用;大黄素、大黄酸等对小鼠黑色素瘤有很强的抑制作用(抑制率 76%、73%),对小鼠乳腺癌和艾氏腹水型也有明显抑制作

用。郑水庆等^[27]试验表明决明子滴眼液有抗腺病毒 3 型、7 型作用。抑制机制可能是大黄素等游离蒽醌物质与生物体(微生物、癌细胞等)中有关必需巯基的酶系蛋白结合,阻断了生物体呼吸链上电子传递,影响细胞所需能量供应,抑制了糖、氨基酸等底物的氧化与脱氢;可能是干扰细胞壁形成与细胞膜通透性;也可能是蒽醌共价嵌入 DNA 平面,干扰 DNA 模板功能,抑制 DNA、RNA 和蛋白质的生物合成。

5.2 明目作用

动物试验表明服决明子水煎剂的兔、狗组的睫状肌中乳酸脱氢酶(LDH)比未服组高 0.33 μ mol/(L·s)和 0.23 μ mol/(L·s)。机制可能是决明子中蒽醌、吡咯酮糖苷等成分激活眼中 LDH 活性,促进糖无氧酵解,减少水晶体中葡萄糖量,产生更多 ATP,扩张末梢血管,改善视网膜及神经血液循环,促进水肿吸收。

5.3 降血脂、降胆固醇,抑制动脉硬化与脂肪肝形成^[28-31]

动物试验表明服决明子组小鼠比实验性高胆固醇血症鼠模型的血清高密度脂蛋白-胆固醇(HDL-C)/血清总胆固醇(TC)比模型组提高 60 mg/d 和 0.25 左右,但 TC 基本不变;服决明子组的兔比高胆固醇血症兔的血清中低密度脂蛋白-胆固醇(LDL-C)降低 7.55 mg/100 mg。机理可能是蒽醌糖苷和多糖类物质通过导泻作用,减少肠道对胆固醇的吸收及增加排泄,反馈调节降低血液中 LDL-C 含量,增加 HDL-C 和 HDL-C/TC 值,这就有利于胆固醇最终被转运到肝脏处理的目的。

5.4 降血压作用^[32]

试验表明决明子水提醇沉物对自发性遗传性高血压大鼠具有平均降低收缩压 53.13 mmHg ($P < 0.005$),平均降低舒张压 38.12 mmHg ($P < 0.01$)。机理可能是蒽醌等物质作用于胆碱能神经、外周 M 受体。

5.5 增加免疫功能

南景一等^[33]报道决明子水煎醇沉剂可使小鼠胸腺平均萎缩 20.2 mg/10g,使外周血淋巴细胞酯酶染色阳性率平均下降 16.1%,平均提高腹腔巨噬细胞吞噬率 24.12%,吞噬指数上升 1.29,平均提高血清溶菌酶 32.25 μ g/mL。谢宝忠等^[34]报道服决明子的小白鼠白细胞平均增加 1590~2195 个/ mm^3 ,使 T 细胞/B 细胞比例提高 1.52%~6.26%。机理可能是蒽醌糖苷和多糖类物质增强巨噬细胞吞噬功能,增加白细胞总数,刺激 T 淋巴细胞转化,提高血清溶血素及循环抗体能力。

5.6 缓泻和润肠通便功能

Wang 等^[6]对空腹的胃瘘狗给决明子流浸膏,可促使其胃液分泌。机理可能是大黄酚二蒽酮苷等结合型蒽醌(蒽醌苷)促使肠壁减少对固醇类食物的吸收,有利导泻。

5.7 利尿作用

决明子钝叶决明素、钝叶素、大黄酚、大黄素甲醚等蒽醌物质对 15-OH 前列腺素脱氢酶有弱的抑制作用,减缓了起利尿作用的前列腺素的代谢,使利尿作用延长。另一方面,大黄素、大黄酚、芦荟大黄素等与骨髓质 Na^+ 、 K^+ -ATP 酶活性

必要的 Mg^{2+} 结合,抑制此酶活性,导致 ATP 生成量少,减少了肾小管上皮细胞对 Na^+ 重吸收所需能源,使尿中 Na^+ 增多,也达到利尿作用。

5.8 对 cAMP 磷酸二酯酶的抑制作用

Tamotsu Nikaido 等^[35]报道决明子中的橙钝叶决明素、钝叶决明素对牛心 cAMP 磷酸二酯酶有很强抑制作用。机理可能与蒽醌环上 β -OH 有关。

5.9 对血小板聚集的抑制作用

Hye Sook Yun Choi 等^[36]报道决明子中葡萄糖钝叶决明素、葡萄糖钝叶素、葡萄糖橙钝叶决明素能强烈抑制由二磷酸腺苷(ADP)、花生四烯酸(AA)或胶原引起的小血小板聚集。机理可能与 9,10-二蒽醌上的较多的羟基、甲基化和葡萄糖苷化羟基有关。

5.10 抗氧化 抗过氧化作用

Shiang-Suo Huang 等^[37]报道大黄素等对小鼠心脏线粒体脂过氧化的抑制效果比同浓度 α -生育酚佳,对亚油酸过氧化抑制率 88.5%。Guo-Chin Yen 等^[38,39]报道对 200 mg 过亚油酸抗氧化活性由大至小为:BAH 抑制率 96%(以下同)、蒽酮(95%)>芦荟大黄酸(78%)>大黄酸(78%)>大黄素(36%)>蒽醌(8%)>大黄酚(-23%,加速氧化反应的作用)。机理可能是大黄素、芦荟大黄素等有清除·OH 自由基的能力,蒽酮兼有还原能力与清除·OH 自由基能力,在结构上可能与蒽醌环上邻位或间位-OH 有关。

5.11 抗诱变作用

Jae Sue Choi 等^[40]试验表明决明子中甲基钝叶决明素、橙钝叶决明素、大黄酚等在黄曲霉毒素 B_1 (AFB_1)致鼠伤寒沙门氏杆菌 TA100 或 TA98 诱变的反应中起到显著的抗诱变效果。机理可能是蒽醌作用于菌种线粒体中使毒素有活性的关键酶的活性,使毒素失去致畸性,在结构上可能与蒽环上 C-9 有羰基、C-3 上有甲基、甲氧基、羟基等有关。

5.12 抗肝毒 保肝作用

Wong 等^[41]报道决明子水提物对 CCl_4 中毒的小鼠肝脏具有轻微解毒作用,对抗半乳糖胺对小鼠肝脏损伤有显著作用。机理可能是奈吡吡喃酮苷类、大黄酚为母核的多葡萄糖苷的作用。

5.13 对肌肉线粒体影响

Lewis D. C. 等^[42]报道大黄素能抑制牛心脏线粒体中 NADH: 细胞色素 C 和猪心脏 NADH: 辅酶 Q 的氧化还原活力。机理可能是大黄素等能提高血浆肌酸激酶活性与相关酶的氧化还原能力。

6 展望

自分析抗白血病药后提出 $N-O-O$ 三角环状结构的抗肿瘤活性以来,蒽醌类物质药用研究成为一个非常活跃的领域。作为卫生部首批批准的药食共用的中药决明子,已被开发了商品化的袋泡茶、滴眼液等产品。目前,随着发根培养生产天然活性次生代谢物技术的兴起,有望大规模组织培养生产蒽醌类物质。因此,决明子天然产物和发根培养产物中新的蒽醌物质的发现与分离、合成决明子蒽醌的关键酶及其

基因的研究、构效关系的研究、运用计算机技术进行蒽醌分子的修饰以设计新型高效的具有抗菌消炎、抗癌、明目等药效的药物先导物,以推动中药现代化进程。

参考文献

- [1] 中国药典 2000 年版一部[S].2000:112.
- [2] 张启伟,阴健,张颂,等.决明子质控方法的研究[J].中国中药杂志,1996,21(11):646.
- [3] 李续娥,刘峰壁.煎煮时间对决明子中蒽醌类浸出量影响的研究[J].中国中药杂志,1999,24(3):150.
- [4] 陆惠英,吴银生.分光光度法测定决明子中蒽醌类成份[J].苏州医学院学报,1999,9(5):503.
- [5] Susumu Kitanala, Fumie Kimura, Michio Takido. Chem. Studies on the constituents of the seeds of *Cassia obtusifolia* Linn. The structures of two new anthraquinone glycosides[J]. Chem Pharm Bull, 1985, 33(3):1274.
- [6] Wang S M, Mary M W, Otto S, et al. Anthraquinone glycosides from the seeds of *Cassia tora*[J]. Phytochemistry, 1989, 28(1):211.
- [7] 裴妙荣,贾宏伟,王世发.生炒决明子蒽醌含量比较[J].中国中药杂志,1990,15(8):29.
- [8] 王清华,纪玲,丛保忠,等.高效液相色谱测定决明子大黄酚的含量[J].中医药学报,1996,(5):48.
- [9] 曹爱民,沙明,孟淑智,等.高效液相色谱测定决明子大黄酚的含量[J].中国中药杂志,1997,22(2):107.
- [10] 北中进. HPLC 法测定决明子成分的分析法[J].生药学杂志,1995,49(2):181.
- [11] 冯映冰,龚志萍.决明子药材中大黄酚含量的反相 HPLC 测定[J].分析测试学报,1999,18(4):79.
- [12] 张启伟,阴健,张俊.生炒决明子及其煎剂中活性成分比较[J].中草药,1996,27(2):79.
- [13] 杨梓懿,易卫锋.决明子不同炮制品蒽醌含量测定[J].中成药,1991,13(12):18.
- [14] 刘训红,储益.决明子炮制前后蒽醌含量的变化[J].基层中药杂志,2000,14(6):32.
- [15] Sekar M, Rajendra K J Prasad, Sidduraju P K. New anthraquinones from *Cassia obtuse*[J]. Fitoterapia, 1999, 70:330.
- [16] Abbot T P, Vaughn S F, Dowd P F, et al. Potential uses of sicklepod(*Cassia obtusifolia*) [J]. Industrial Crops and Products, 1998, 8(1):71.
- [17] Hee J L, Jae S C, Jee H J, et al. Alaternin glucoside isomer from *Cassia tora*[J]. Phytochemistry, 1998, 49(5):1403.
- [18] 郭洪祝,常振战,王弘,等.决明发根蒽醌类化学成分的研究[J].北京医科大学学报,1998,30(1):23.
- [19] Guo H Z, Chang Z Z, Yang R J, et al. Anthraquinones from hairy root cultures of *Cassia obtusifolia*[J]. Phytochemistry, 1998, 49(6):1623.
- [20] Susumu Kitanata, Masanao Takahashi, Michio Takido. Dihydroeleutherinol, a dihydronaphthopyran derivative from unripe seeds of *Cassia torosa*[J]. Phytochemistry, 1990, 29(1):350.
- [21] 周延清,苑保军,杨青青,等.决明组织培养的研究[J].生物技术,1996,6(4):18.

- [22] 王镛,宋家详,付群英.药用植物决明的愈伤组织诱导与生长增殖的培养条件研究[J].中草药,1997,28(12):39.
- [23] 常振战,沈昕,果德安,等.决明 Ri 质粒转化根离体培养研究[J].北京医科大学学报,1999,31(2):117.
- [24] 常振战,果德安,郑俊华,等.用生物反应器培养决明发根合成游离蒽醌化合物[J].北京医科大学学报,2000,32(2):142.
- [25] 王文凤,陈聪敏,陈琼华,等.蒽醌衍生物抗厌氧菌的实验研究[J].中国药科大学学报,1990,21(6):354.
- [26] 郑水庆,秦路军.几种植物抗真菌活性成分研究近况[J].国外医学 植物药分册,1999,14(4):158.
- [27] 邱德文,沙凤桐,谢宝忠,等.红眼滴眼液抗腺病毒实验研究[J].中国中医眼科杂志,1992,2(3):156.
- [28] 韩昌志.决明子煎剂对家兔和狗睫状肌中乳酸脱氢酶活性的影响[J].同济医科大学学报,1994,23(6):470.
- [29] 陈卫星,刀国俊,蒋文娟,等.决明子对高胆固醇症小鼠模型的影响[J].中草药,1991,22(2):77.
- [30] 沈奇桂,朱寿民.决明子对实验性高胆固醇症和动脉粥样硬化的抑制作用及其机理探讨[J].浙江医科大学学报,1993,22(6):246.
- [31] 陆宗良,寇火熔,徐文框,等.决明子散剂调节血脂的临床研究[J].中国新药杂志,1998,7(6):449.
- [32] 刘菊秀,苗戎,狄俊英,等.决明子降压作用的实验研究[J].天津中医,1990,(5):37.
- [33] 南景一,王忠,沈玉清,等.决明子对小鼠免疫功能影响的实验研究[J].辽宁中医杂志,1989,(5):43.
- [34] 谢宝忠,孟宪容,邱德文,等.复方决明子滴眼液对免疫功能的影响及长期毒性实验研究[J].中国中医眼科杂志,1994,4(3):131.
- [35] Tamotsu N, Taichi O, Ushio S, et al. Inhibitors of adenosine 3',5'-cyclic monophosphate phosphodiesterase in *Cassia seed*[J]. Chem Pharm Bull,1984,32(8):3075.
- [36] Hye SYC, Tae HK. Potential inhibitors of platelet aggregation from plant source V anthraquinones from seeds of *Cassia obtusifolia* and related compound[J].J Nat Prod.,1990,53(3):630.
- [37] Shiang SH, Sheau FY, Chuang YH. Effect of anthraquinone derivatives on lipid peroxidation in rat heart mitochondria:structure-activity relationship[J]. J Nat Prod,1995,58(9):365.
- [38] Guo CY, Horn WC, Pin DD. Extraction and identification of an antioxidative component from *Jue Ming Zi*(*Cassia tora* L.)[J]. J Agric Food. Chem, 1998,46:820.
- [39] Gow CY, Pin DD, Da YC. Antioxidant activity of anthraquinones and anthrone[J]. Food Chemistry, 2000,70:437.
- [40] Jae SC, Hee JL, Kun YP, et al. In vitro antimutagenic effects of anthraquinone aglycones and naphthopyrone glycosides from *Cassia tora*[J]. Planta Medica,1997,63:11.
- [41] Wong SM, Mary MW, Otto S, et al. New antihepatotoxic naphthopyrone glycosides from the seeds of *Cassia tora*[J]. Planta Medica,1989,55:276.
- [42] Lewis DC, Shiba moto T. Effect of *Cassia obtusifolia* extracts and anthraquinones on muscle mitochondrial function[J]. Toxicol, 1989,27(5):519.