

## 姜黄素对香烟主流烟气凝聚物诱变性的拮抗作用

于燕, 张瑞娟, 张敬华

**摘要:**目的 研究滤嘴中加入姜黄素对香烟主流烟气的抗突变作用及其对主要诱变成分的滤除作用。方法 采用八孔道全自动模拟人吸烟机, 采集香烟主流烟气凝聚物, 用 Ames 试验、反向高效液相色谱-荧光检测、紫外分光光度法, 对滤嘴中加入和未加入姜黄素处理的香烟主流烟气凝聚物的致突变性及其主要诱变成分进行检测。结果 滤嘴中未加姜黄素样品各剂量组致突变性均为阳性, 加入姜黄素 2.4 mg/ml 时, 即可降低其致突变作用; 且滤嘴加入姜黄素处理后, 能有效减少香烟主流烟气凝聚物中 BaP、焦油、总颗粒相物质 (TPM)、烟碱的含量。结论 姜黄素可降低香烟凝聚物的致突变性, 能有效减少香烟主流烟气凝聚物 BaP、焦油、TPM、烟碱的含量。

**关键词:** 姜黄素; 香烟烟气; Ames 试验; 致突变物

**Antimutagenicity of curcumin on accumulatants in mainstream of cigarette smoke** YU Yan, ZHANG Rui-juan, ZHANG Jing-hua. Department of Environment Health, Division of Public Health, School of Medicine of Xi'an Jiaotong University (Xi'an 710061, China)

**Abstract:** **Objective** To observe the antimutagenicity and filter effect of the main mutagens in mainstream of cigarette smoke by adding curcumin in the filter. **Methods** The accumulatants of the mainstream of cigarette smoke were collected by eight tunnel manipulated autsmoking machine. The mutagenicity and the main mutagens were tested by Ames test, RP-HPLC methods in two groups added curcumin or not in the filter. **Results** The positive mutagenicity was found in all samples of the noncurcumin group. A significantly diminished mutagenicity and decreased BaP, Tar, TPM and nicotine level were observed while adding curcumin in the filter, especially at the concentration of 2.4 mg/ml. **Conclusion** The mutagenicity of the accumulatants in the mainstream of cigarette smoke can be decreased effectively and the BaP, Tar, TPM and nicotine level can also be lowed by adding curcumin in the filter.

**Key words:** curcumin; cigarette smoke; Ames test; mutagens

随着生活水平的提高, 人们对吸烟的致癌、致畸、致突变作用已有所认识和了解, 特别是其诱变、致癌效应日益为人们所关注。仅用香烟中焦油含量评价其对健康的损害, 已不能满足人们对健康的要求。所以需要建立更有效的方法和指标, 来评价吸烟的危害。目前国内外学者主要致力于研究各种类型的香烟过滤嘴<sup>[1-5]</sup>, 以滤除香烟主流烟气中主要的诱变物质, 尽量减少吸烟的危害。本文采用在滤嘴中加入姜黄素 (curcumin) 的方法, 研究其滤毒作用, 为研制新型减毒香烟提供科学依据。

## 1 材料与与方法

1.1 香烟 选用中焦油猴王牌香烟, 用挑烟机选出烟棒 100 支/条, 共 1 000 支。

1.2 姜黄素 Sigma 公司提供。

1.3 试验分组 共分 4 组 (1) 处理组 1~3 滤嘴中加入姜黄素, 其剂量分别为: 120, 240, 480  $\mu\text{g}$ /支, 对照组滤嘴中未加姜黄素。

1.4 采样方法 按国际标准 ISO 3308、ISO 3402 规定, 用 YC81-1 型全自动人模拟 8 孔道吸烟机同时吸 8 支香烟, 每孔道重复吸 5 支为 1 个样品, 每分钟抽吸 1 次, 每次持续 2 s, 喷烟体积是 35.0 ml/次, 并置以 49 型玻璃纤维滤膜采样, 使用前用皂膜流量剂校正流速。采样环境恒温、恒湿。

## 1.5 样品及分析

1.5.1 Ames 平板掺入法<sup>[6]</sup> 取增重量为 100 mg 的玻璃纤维滤膜, 剪碎于具塞三角瓶中, 加 100 ml 二氯甲烷, 过夜超声震荡提取, 每次 40 min。过滤提取液, 于 45  $^{\circ}\text{C}$  恒温水浴烘干, 用二甲基亚砜 (DMSO) 将香烟主流烟气凝聚物提取物配制成

20 mg/ml 溶液备用。进行 Ames 实验时, 将烟气凝聚物提取物储备液用 DMSO 稀释为 50, 100, 200, 400  $\mu\text{g}/0.1 \text{ ml}$  4 个浓度梯度。阳性对照物选用 2-氨基苄、叠氮钠和敌克松 3 种具有不同诱变活性的已知致突变剂。菌株 TA97、TA98、TA100、TA102 由美国加州大学 Ames 实验室提供, 经四步法鉴定合格。大鼠肝微粒体酶系统 (S9) 由多氯联苯 (Aroclor 1254) 诱导制备。Ames 实验按 1983 年修订的标准程序进行加或不加 S9 平板掺入实验<sup>[6]</sup>。回变菌落数以  $\bar{x} \pm s$  表示, 致突变结果按文献<sup>[6]</sup>判断。

1.5.2 反向高效液相色谱-荧光检测器 (RF-530 型, 日本岛津) 检测 BaP<sup>[5]</sup> 采样后滤膜用 10 ml 二氯甲烷浸泡过夜, 超声震荡反复提取, 过滤提取液, 洗脱过碱性氧化铝与十八烷基硅胶柱, 吹纯氨浓缩至 1.0 ml。进样量 2~4  $\mu\text{l}$ , 色谱检测条件: 色谱柱 ODS-C<sub>18</sub>, 甲醇/水 95/5 (V/V), 流速 1.0 ml/min, 柱温 40  $^{\circ}\text{C}$ , 荧光检测器激发波长 360 nm, 发射波长 405 nm。

1.5.3 反向高效液相色谱-SPD-6AV 紫外可见检测器检测烟碱<sup>[7]</sup> SHIM-pack CLC-C8 柱 (60  $\mu\text{m}$  i.d.)  $\times$  150 mm, 5  $\mu\text{m}$ ) 流动相为甲醇 0.1 mol/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (磷酸调 pH=3), 流速 1 ml/min, 柱温 40  $^{\circ}\text{C}$ , 检测 254 nm, 进样量 10  $\mu\text{l}$ , 对氨基苯甲酸为内标。

1.5.4 减重法<sup>[5]</sup>检测 TPM、焦油 滤膜恒重后采样, 其增重为 TPM, 减去烟碱和水分重量为焦油。

## 2 结果

2.1 标准菌株 自发回变和阳性受试物诱发回变菌落数 (表 1)

2.2 滤嘴中未加入姜黄素香烟主流烟气凝聚物的 Ames 试验结果 (表 2)

2.3 滤嘴中加入姜黄素后香烟主流烟气凝聚物的 Ames 试验结果 (表 3)

2.4 不同处理组香烟主流烟气主要诱变物含量比较 (表 4)

作者单位: 西安交通大学医学院公共卫生系环境卫生学教研室, 西安 710061

作者简介: 于燕 (1966-) 女, 北京市人, 讲师, 硕士, 研究方向: 环境医学、环境毒理学。

表 1 4 种标准菌株自发回变和阳性受试物诱发回变菌落数(菌落数/皿  $\bar{x} \pm s$ )

分 组	TA97		TA98		TA100		TA102	
	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9
0.1 ml/皿 DMSO	111 ± 11	106 ± 9	41 ± 5	38 ± 6	143 ± 14	125 ± 11	318 ± 19	305 ± 23
1.5 μg/皿 NaN <sub>3</sub>		79 ± 6		4 ± 1		2 987 ± 45		189 ± 17
10 μg/皿 2-AF	1 770 ± 38		6 199 ± 169		3 076 ± 175		294 ± 24	
5 μg/皿敌克松		2 600 ± 126		1 189 ± 67		188 ± 19		845 ± 57

表 2 滤嘴未加入姜黄素后香烟主流烟气凝聚物对菌株回变菌落数的影响( $\bar{x} \pm s$ )

分 组 (烟凝聚物浓度)	TA97		TA98		TA100		TA102	
	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9
400 μg/皿	253 ± 13*	244 ± 10*	279 ± 11*	242 ± 9*	586 ± 17*	544 ± 19*	792 ± 26*	615 ± 21*
200 μg/皿	197 ± 16	164 ± 18	244 ± 16*	209 ± 11*	457 ± 14*	421 ± 13*	463 ± 18	385 ± 16
100 μg/皿	149 ± 17	142 ± 18	79 ± 5	118 ± 6*	213 ± 8	207 ± 5*	418 ± 12	263 ± 8
50 μg/皿	128 ± 15	109 ± 9	58 ± 8	46 ± 7	179 ± 12	134 ± 13	381 ± 21	291 ± 19
0.1 ml/皿 DMSO	111 ± 11	106 ± 9	41 ± 5	38 ± 6	143 ± 14	125 ± 11	318 ± 19	305 ± 23

注: \* 表示与溶剂对照(0.1 ml/皿 DMSO)回变菌落数的比值 &gt; 2, 即致突变率大于 2

表 3 滤嘴中加入姜黄素后香烟主流烟气凝聚物对菌株回变菌落数的影响( $\bar{x} \pm s$ )

分 组 (姜黄素浓度)	TA97		TA98		TA100		TA102	
	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9
0 μg/皿	253 ± 13*	244 ± 10*	279 ± 11*	242 ± 9*	586 ± 17*	544 ± 19*	792 ± 26*	615 ± 21*
120 μg/皿	160 ± 11	198 ± 15	98 ± 5*	106 ± 14*	186 ± 10	216 ± 16*	488 ± 18	537 ± 22
240 μg/皿	133 ± 8	165 ± 12	71 ± 3	74 ± 8	141 ± 9	163 ± 12	313 ± 13	388 ± 18
480 μg/皿	119 ± 6	126 ± 9	57 ± 3	65 ± 5	108 ± 6	126 ± 7	318 ± 11	339 ± 13
0.1 ml DMSO	111 ± 11	106 ± 9	41 ± 5	38 ± 6	113 ± 14	105 ± 11	318 ± 19	305 ± 23

注: \* 表示与溶剂对照(0.1 ml/皿二甲亚砷)回变菌落数的比值 &gt; 2, 即致突变率大于 2

表 4 不同处理组香烟主流烟气主要诱变物含量比较( $\bar{x} \pm s$ )

分 组	BaP (ng/支)	烟碱 (mg/支)	TPM (ng/支)	焦油 (ng/支)
对照组	21.50 ± 4.12	0.98 ± 0.06	29.52 ± 3.27	23.83 ± 2.05
处理组 1	15.20 ± 3.54*	1.01 ± 0.07	25.16 ± 2.67*	22.34 ± 3.19
处理组 2	14.26 ± 3.69*	0.94 ± 0.03*	22.34 ± 2.92*	19.12 ± 2.71*
处理组 3	12.36 ± 4.82*	0.90 ± 0.04*	23.42 ± 3.17*	21.34 ± 1.96*

注: 与对照组(未加姜黄素组)相比, \*  $P < 0.05$ ,  $n = 6$ 

### 3 讨论

姜黄素是从多年生草本植物姜黄中提取的一类植物色素, 研究发现其具有消炎<sup>[8]</sup>、抗氧化<sup>[9]</sup>、抗动脉粥样硬化和降血脂<sup>[10, 11]</sup>等作用, 目前已被广泛用于食品添加剂中。近年来, 随着医学和分子生物学的发展, 人们通过研究发现, 姜黄素也具有抗诱变、抗癌作用<sup>[12-14]</sup>, 并认为这种作用可能是通过改变诱变物的代谢活性来实现的<sup>[15]</sup>。而香烟主流烟气凝聚物已是众所周知的诱变剂<sup>[3-5]</sup>。本实验设计通过滤嘴中加入姜黄素处理, 对香烟主流烟气的抗突变作用及其对主要诱变成分的滤除作用进行检测。结果表明, 滤嘴未加姜黄素处理的香烟烟气兼有移码型和碱基置型诱变毒性, 而且无论加 S9 或不加 S9, 均具有不同程度的致突变性, 存在明显的量效关系, 证实香烟主流烟气即存在不需代谢活化的直接致突变物质, 同时也存在着需经 S9 代谢活化的间接致突变物质, 具有诱变毒性。

滤嘴中加入不同剂量姜黄素处理后, 香烟主流烟气凝聚

物的致突变性显著降低, 而且无论加 S9 或不加 S9, 均具有不同程度的致突变拮抗作用, 存在明显的量效关系, 即随加入姜黄素剂量升高, 抗突变作用增强, 说明姜黄素能显著降低香烟主流烟气凝聚物的诱变毒性, 且存在明显的量效关系。

同时发现, 在加 S9 时, 滤嘴加入姜黄素处理组抗突变性较不加 S9 显著, 提示香烟烟气中间接致突变物质, 多于直接致突变物质。且姜黄素的抗突变机制之一, 可能是通过改变诱变物的代谢活性来实现的。这一结果与 Nagabhushan<sup>[16]</sup>等的研究结果基本一致。

结果还表明, 香烟主流烟气凝聚物 BaP、焦油、TPM、烟碱的含量, 随滤嘴中加入不同剂量姜黄素均呈降低趋势。提示: 滤嘴加入姜黄素处理后, 能增强滤嘴的滤毒功能, 减少香烟主流烟气的主要诱变成分的含量, 进而降低了其诱变毒性。

综上所述, 滤嘴中加入适量姜黄素可降低香烟凝聚物的致突变性, 且其拮抗作用存在明显的量效关系, 同时滤嘴加入姜黄素处理后, 能有效减少香烟主流烟气凝聚物 BaP、焦油、TPM、烟碱的含量, 姜黄素的抗突变机理可能是通过改变诱变物的代谢活性来实现的。这一研究为采用新工艺研制新型低毒香烟, 保护人类健康提供科学依据。

### 参考文献:

- [1] Rosenberg M J. Smoking and Reproductive Health massachusetts J J. PSG Pub Con Inc, 1987, 1.
- [2] 浦跃朴, 尹立红, 张徐军. 香烟烟气致遗传毒性研究 J]. 中国公共卫生学报, 1991, 10(6): 358-360.

- [3] 陈雯. BDT 滤嘴香烟烟雾凝聚物诱发微核的降低作用[J]. 卫生毒理学杂志, 1993, 7(3):170.
- [4] 李丽, 汤平涛, 周少琴. 醋酸纤维滤嘴对香烟主流烟气的滤除效果及意义[J]. 卫生毒理学杂志, 1994, 8(3):188.
- [5] 汤平涛, 李丽, 周少琴. 复合滤嘴对香烟主流烟气诱变物滤除作用的研究[J]. 中国公共卫生学报, 1995, 14(4):231-233.
- [6] Maron DM and Ames BN. Revised methods for the salmonella mutagenicity test[J]. Mutation Res, 1983, 113:173-215.
- [7] 谢笑天, 郑萍, 朱伟明. 高效液相色谱法测定烟卷烟总粒相物中的烟碱[J]. 分析化学, 2000, 28(9):1085-1087.
- [8] 唐书谦, 叶庆俏, 钟白玉, 等. 姜黄挥发油、水浸液体外抗真菌试验[J]. 第三军医大学学报, 1997, 19(6):569.
- [9] 王琰, 王慕邹. 姜黄素常用中药的研究进展[J]. 中国药理学杂志, 2001, 36(2):80-82.
- [10] 沃兴德, 洪行球, 赵革平, 等. 姜黄素对低密度脂蛋白和脂蛋白(a)代谢的影响[J]. 1999, 7(4):339-341.
- [11] 潘赞红, 李薇, 金鑫. 姜黄素对高脂血症动物的实验研究[J]. 天津中医, 1999, 16(5):35-36.
- [12] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 一部. 北京: 化学工业出版社, 2000. 218.
- [13] 陈文娟. 姜黄素对恶性肿瘤细胞的调控[J]. 临床血液学杂志, 1999, 12(5):238.
- [14] 陈宏, 张振书, 张亚历, 等. 姜黄素抗癌作用与诱导细胞凋亡[J]. 中华肿瘤学, 1999, 21(2):118.
- [15] 李侠, 宋其林, 陈丙卿. 姜黄素抗诱变作用的实验研究[J]. 卫生研究, 1998, 27(4):263.
- [16] Nagabhushan M, Amonkar AJ, Bhide S V. In Vitro antimutagenicity of Curcumin Against Environmental Mutaagent[J]. Food Chem. Toxicol, 1987, 25(7):545-548.

收稿日期:2002-07-25

(宋艳萍编辑 张亚莲校对)

文章编号:1001-0580(2003)05-0540-02 中图分类号:R151.2 文献标识码:A

【论 著】

## 镁对过氧化氢诱导内皮细胞热休克基因表达的影响

吕晓华, 王瑞淑

**摘要:**目的 观察  $Mg^{2+}$  对  $H_2O_2$  诱导的内皮细胞热休克基因表达的影响。方法 在改进人脐静脉内皮细胞培养方法的基础上,分为(1)正常对照组(2)  $H_2O_2$  组(3)补镁组(4)  $H_2O_2 + Mg^{2+}$  组。TBA 法检测细胞脂质过氧化水平,免疫组织化学法检测细胞热休克蛋白 70(HSP70)的表达水平。结果 与  $H_2O_2$  组相比,  $H_2O_2 + Mg^{2+}$  各剂量组硫代巴比妥酸反应物质(TBARS)显著降低,  $P < 0.05$ ;  $H_2O_2 + Mg^{2+}$  各剂量组 HSP70 基因表达强于  $H_2O_2$  组( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ),且随  $Mg^{2+}$  浓度升高, HSP70 基因表达逐渐增强。结论  $Mg^{2+}$  促进热休克基因的表达可能与其在氧化应激反应中对细胞的保护作用有关。

**关键词:** 镁; 人脐静脉内皮细胞; 氧化应激; 热休克蛋白 70

**Effect of magnesium supplementation on heat shock gene expression in endothelial cells induced by  $H_2O_2$**  LÜ Xiao-hua, WANG Rui-shu. Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Public Health(Chengdu 610041, China)

**Abstract: Objective** The effect of magnesium on heat shock gene expression in endothelial cells induced by  $H_2O_2$  was studied. **Methods** The cultured human umbilical vein endothelial cells were divided into 4 groups (group of control, group of  $H_2O_2$ , group of  $Mg^{2+}$  and group of  $H_2O_2 + Mg^{2+}$ ). The extent of cellular lipid peroxides was determined by measuring the formation of TBARS and expression of HSP70 by the method of immunohistochemistry staining. **Results** Compared with the group of  $H_2O_2$ , the formation of TBARS of groups  $H_2O_2 + Mg^{2+}$  at all doses was decreased ( $P < 0.05$ ), and the expression of HSP in the groups  $H_2O_2 + Mg^{2+}$  at all doses increased significantly ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ). **Conclusion** The effect of magnesium on protecting cells from oxidative stress was probably related to its action on heat shock gene expression.

**Key words:** magnesium; human umbilical vein endothelial cells; oxidative stress; heat shock protein 70

各种生物体,包括细菌、动物、植物以及不同来源的培养细胞,在物理性、化学性及有害生物性刺激下具有共同的分子反应,即正常基因的表达抑制和一组特殊基因—热休克基因的激活和表达,并产生热休克蛋白(heat shock protein, HSP)作为“分子伴侣”参与蛋白质的折叠、转运及生物合成等过程,通过不同途径对细胞提供保护。最近的研究表明,  $Mg^{2+}$  对缺血再灌注、热应激、乙醇等诱导的热休克基因表达有影响<sup>[1,2]</sup>。本研究以人脐静脉内皮细胞为研究对象,观察  $Mg^{2+}$  对  $H_2O_2$  诱导的热休克基因表达的影响,旨在揭示镁对内皮细胞过氧化损伤的保护作用。

### 1 材料和方法

1.1 主要试剂和仪器 1,1,3,3-四甲基丙烷(1,1,3,3-tetramethoxypropane),硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA),单克隆抗热休克蛋白 70 为 Sigma 公司产品,过氧化物酶标记的链霉卵白素染色试剂盒(streptavidin/peroxidase, Mo SP kit)和联苯胺显色试剂盒(diaminobenzidine, DAB)均为 Zymed 公司产品,北京中山生物技术有限公司分装。Mias-2000 医用图象分析仪系四川大学图象图形研究所研制。

1.2 人脐静脉内皮细胞 采用改良 Jaffe 法原代培养新生儿脐静脉内皮细胞并传代<sup>[3]</sup>,传至 2~3 代的细胞用于实验。

1.3 实验分组 实验分为 4 组(1)正常对照组 培养液中不加任何处理因素(2)  $H_2O_2$  组 培养液中加入终浓度为  $10 \mu g/ml$  的  $H_2O_2$ (3)补镁组 培养液中加入  $MgSO_4$ ,  $Mg^{2+}$  终浓度分别为  $0.3, 0.6, 1.2, 2.4 \text{ mmol/L}$ (4)  $H_2O_2 + Mg^{2+}$  组。每组各设

作者单位:1. 四川大学公共卫生学院营养与食品卫生学教研室,成都 610041

作者简介:吕晓华(1971-),女,锡伯族,辽宁人,博士后,研究方向:生物统计学、营养食品科学。



## 姜黄素对香烟主流烟气凝聚物诱变性的拮抗作用

作者: 于燕, 张瑞娟, 张敬华  
 作者单位: 西安交通大学医学院公共卫生系环境卫生学教研室, 西安, 710061  
 刊名: 中国公共卫生 **ISTIC PKU**  
 英文刊名: CHINESE JOURNAL OF PUBLIC HEALTH  
 年, 卷(期): 2003, 19(5)  
 被引用次数: 2次

### 参考文献(16条)

1. Rosenberg M J [Smoking and Reproductive Health massacetts](#) 1987
2. 浦跃朴;尹立红;张徐军 [香烟烟气致遗传毒性研究](#) 1991(06)
3. 陈雯 [BDT滤嘴香烟烟雾凝聚物诱发微核的降低作用](#) 1993(03)
4. 李丽;汤平涛;周少琴 [醋酸纤维滤嘴对香烟主流烟气的滤除效果及意义](#) 1994(03)
5. 汤平涛;李丽;周少琴 [复合滤嘴对香烟主流烟气诱变物滤除作用的研究](#) 1995(04)
6. Maron DM;Ames BN [Revised methods for the salmonella mutagenicity test](#) 1983
7. 谢笑天;郑萍;朱伟明 [高效液相色谱法测定烟卷烟总粒相物中的烟碱](#)[期刊论文]-[分析化学](#) 2000(09)
8. 唐书谦;叶庆俏;钟白玉 [姜黄挥发油、水浸出液体外抗真菌试验](#)[期刊论文];[第三军医大学学报](#) 1997(06)
9. 王琰;王慕邹 [姜黄属常用中药的研究进展](#) 2001(02)
10. 沃兴德;洪行球;赵革平 [姜黄素对低密度脂蛋白和脂蛋白\(a\)代谢的影响](#)[期刊论文]- 1999(04)
11. 潘赞红;李薇;金鑫 [姜黄素对高脂血症动物的实验研究](#) 1999(05)
12. [国家药典委员会](#) [中国药典\(一部\)](#) 2000
13. 陈文娟 [姜黄素对恶性肿瘤细胞的调控](#)[期刊论文]-[临床血液学杂志](#) 1999(05)
14. 陈宏;张振书;张亚历 [姜黄素抗癌作用与诱导细胞凋亡](#)[期刊论文]-[中华肿瘤杂志](#) 1999(02)
15. 李侠;宋其林;陈丙卿 [姜黄素抗诱变作用的实验研究](#) 1998(04)
16. Nagabhusan M;Amonkar AJ;Bhide S V [In Vitro antimutagenicity of Curcumin Against Environmental Mutaagent](#)[外文期刊] 1987(07)

### 本文读者也读过(9条)

1. 史宝成. 张峥. 吕晓洁 [沂青烟中苯并\(a\)芘的等速采样与监测](#)[期刊论文]-[中国环境监测](#)2000, 16(Z1)
2. 李静. 高玉杰. 任继春 [天然高分子絮凝剂壳聚糖](#)[期刊论文]-[天津造纸](#)2003, 25(1)
3. 李从民. 杨雷玉. 吴宏伟. 徐春明 [钨酸盐对卷烟燃烧氧化反应的催化作用](#)[期刊论文]-[化学通报](#)2002, 65(3)
4. 杜金洪. 谢琴. 曾瑕. 王应红. DU Jin-hong. XIE Qin. ZENG Xia. WANG Ying-hong [胶原蛋白-姜黄素与不同表面活性剂作用的荧光性质研究](#)[期刊论文]-[西部皮革](#)2009, 31(21)
5. 孙东成. 黄涛. 程珍贤. 陈福和 [烟用丙纤丝束滤嘴调理剂的研制](#)[期刊论文]-[湖北大学学报\(自然科学版\)](#)2001, 23(3)
6. 陈振江. 殷丹 [姜黄素胶原微球的质量标准研究](#)[期刊论文]-[湖北中医学院学报](#)2007, 9(3)
7. 程建华. 胡勇有. 谢磊. Cheng Jianhua. Hu Yongyou. Xie Lei [壳聚糖接枝共聚高分子絮凝剂CAS的合成](#)[期刊论文]-[工业水处理](#)2008, 28(9)
8. 尹洪雷. 刘建康. 黄忠林. 王应红. 刘志昌. YIN Hong-lei. LIN Jian-kang. HUANG Zhong-lin. WANG Ying-hong. LIU Zhi-chang [姜黄素及其还原改性产物光谱性质研究](#)[期刊论文]-[皮革科学与工程](#)2009, 19(5)
9. 王峰 [姜黄素与生物大分子的相互作用及其分析应用的研究](#)[学位论文]2005

### 引证文献(2条)

1. 徐文. 徐强. 董大海. 缪珊. 李金翠. 高琨. 高丽莉. 侯顺利. 左晶. 刘红. 闫文. 杨银书. 卢娟 [锰致PC12细胞凋亡作用及与p-Erk关系](#)[期刊论文]-[中国公共卫生](#) 2012(1)
2. 麦镇江 [姜黄素的药理作用研究进展](#)[期刊论文]-[中药材](#) 2004(9)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zggws200305019.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zggws200305019.aspx)

*WWW.SCIENCE-TRUTH.COM*