

- cycle at G2/M phase [J]. *Molbank*, 2003, M328.
- [12] Hua J J, Zhou L, Lin G, *et al.* Studies on constituents of triterpene acids from *Eriobotrya japonica* and their anti-inflammatory and antitussive effects [J]. *Chin Pharm J*, 2003, 38(10): 752-757.
- [13] 王进义, 张国林, 程东亮, 等. 中药金樱子的化学成分 [J]. 天然产物研究与开发, 2001, 13(1): 21-23.
- [14] 张晓塔, 丁立生, 彭树林, 等. 藤山柳的化学成分 [J]. 天然产物研究与开发, 2000, 12(3): 38-41.
- [15] 郭启雷, 杨峻山. 掌叶覆盆子的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(3): 198-200.
- [16] 赵卫权, 丁立生, 王明奎. 木莓根部化学成分的研究 [J]. 中草药, 2001, 32(10): 874-876.
- [17] 陶正明, 丁立生, 彭树林, 等. 乌泡子根的三萜成分 [J]. 中草药, 2002, 33(2): 99-101.
- [18] Zhao W Q, Ding L S, Zhang Q, *et al.* A Novel ursane triterpene from *Rubus swinhoei* [J]. *Chin Chem Lett*, 2001, 12(3): 245-246.

黄精多糖铁配合物的合成及其性能研究

鲁敬荣, 吴仁涛, 郑泽宝

(泰山学院 化学系, 山东 泰安 271000)

摘要:目的 研究黄精多糖铁(PSPFe)配合物的合成方法及药用性能。方法 采用微波萃取技术提取泰山黄精中的黄精多糖(PSPS),以黄精多糖和三氯化铁为底物合成PSPFe配合物,用原子光谱法测定了含铁量;通过红外光谱和电喷雾质谱进行了结构表征。探讨了PSPFe在水溶液中的稳定性及生理条件下释放铁的可能性。结果 PSPFe最佳合成条件为:配制PSPS的质量浓度为30 g/L,柠檬酸钠用量为25%(以PSPS计),在温度70℃、pH 7.0~7.5的条件下,反应时间3 h制得黄棕色粉末状黄精多糖铁配合物,铁的质量分数为12.63%,其水溶液在pH值3~14内稳定。用抗坏血酸还原PSPFe,铁在4 h内基本溶出。结论 PSPFe是聚合多糖与多聚铁核形成的配合物,是一种很好的生物活性补铁剂。

关键词:黄精多糖;配合物;电喷雾质谱;补铁剂

中图分类号:R284.1

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2008)07-0981-04

铁是人体必需的微量元素之一。缺铁性贫血的治疗原则是补充足够的铁直到恢复正常铁储量,以及去除引起缺铁的病因。目前口服铁剂种类很多,如乳酸亚铁、富马酸铁、葡萄糖酸亚铁、琥珀酸亚铁、枸橼酸亚铁、延胡索酸亚铁、谷氨酸亚铁及甘油磷酸铁等,目前尚无确切证据说明哪种制剂最好^[1]。近年来国内外对补铁剂的研究表明,多糖铁配合物作为补铁剂,不仅对胃肠道没有或很少有刺激作用,而且当释放出铁之后,配体多糖具有多方面的生物活性,是对机体有益的成分,可被吸收利用,不会产生不良反应^[2]。有关利用各种生物多糖与铁形成配合物以及多糖铁复合物作为补铁剂的研究已有不少报道^[3,4],但有关黄精多糖铁配合物的合成及性能研究尚未见报道。本实验以黄精多糖和FeCl₃为原料设计合成黄精多糖铁配合物(PSPFe),并对其组成、结构、性质及在生物体条件下的溶出特性等进行了研究,有望开发一种有药用价值的新型生物活性补铁剂。

1 仪器与材料

1.1 主要仪器:G7020IIYSL-V1微波炉(700 W, Galanz);紫外-可见分光光度计(Helios Alpha, Thermo Fisher);旋转蒸发仪(RE-5299,上海亚荣仪器公司);真空干燥箱(GZF-6060A,上海一恒科技公司);显微熔点仪(X-5,北京泰克仪器有限公司);傅立叶变换红外光谱仪(AVATAR360, Nicolette);高效液相色谱-质谱联用仪(LCQAD-60000, Finnigan, Thermo Fisher);原子吸收分光光度计(AA-6601F, Shimadzu);数字自动式旋光仪(WZZ-2S,上海易测仪器公司)。

1.2 试剂和材料:葡萄糖(Sigma公司),抗坏血酸、苯酚、邻苯二甲酸氢钾、邻菲罗啉、三氯化铁等均为分析纯,中国医药(集团)公司;娃哈哈纯净水。

泰山黄精(干燥根茎,泰山大津口种植基地),由张玉清所长鉴定。60℃真空干燥6 h,粉碎,过40目筛,置于干燥器中备用。

2 方法与结果

2.1 黄精多糖的微波提取、分离、纯化^[5]:称取适量泰山黄精干粉,加无水乙醇提取回流3次,每次3 h,

收稿日期:2007-12-10

作者简介:鲁敬荣(1951—),女,副教授,研究方向为应用生物无机化学及天然植物活性物质的研究与开发。

Tel: (0538)8330115 E-mail: jingronglu@hotmail.com

脱脂、脱色,残渣风干。取定量残渣,放入250 mL锥形瓶中,按一定的料水比,放置于微波炉中,调整微波强度和微波提取时间进行提取,取出后离心分离,滤渣再提取2次,离心分离,合并提取液,减压浓缩至固液比约为1:4,用Savage试剂除蛋白质,用活性炭脱色。分离后,在上清液中加入95%乙醇至含醇体积分数为80%,低温(4℃)静置24 h。将醇沉液离心分离(4 000 r/min, 8 min),回收液体,沉淀依次用无水乙醇、丙酮、乙醚洗涤3次,真空干燥至恒重,得黄精多糖(PSPS)。

PSPS 纯品为白色粉末,易溶于水,不溶于乙醇、丙酮、乙醚、正丁醇等有机溶剂中。多糖的碘-碘化钾反应成阴性,说明多糖样品中不含淀粉。紫外光谱分析在蛋白质280 nm和核酸260 nm处无特征吸收峰,说明含氮物质已经除去。经苯酚-硫酸法测定总糖质量分数为91.5%。

2.2 黄精多糖铁配合物(PSPFe)的制备:称取干燥的黄精多糖,于250 mL三口烧瓶中用蒸馏水溶解,配制成3%的水溶液,顺序加入黄精用量的25%(以PSPS计)的柠檬酸钠和碳酸钠,在70℃水浴中搅拌混合均匀后,缓缓滴加2 mol/L三氯化铁溶液,此时反应液中有红棕色沉淀出现,但立即又溶解。用10% NaOH溶液控制pH 7.0±0.5,不断搅拌下水浴加热反应一定时间,当红棕色沉淀不再溶解时,立即停止滴加三氯化铁和氢氧化钠溶液,继续搅拌反应1 h后停止搅拌,趁热离心(4 000 r/min, 8 min)。沉淀用少量蒸馏水洗涤,合并红棕色上清液。加入约3倍量的95%乙醇,微微震荡,溶液中出现红棕色沉淀物,静置使沉淀完全。离心分离。倾去上层清液,沉淀依次用甲醇、无水乙醇、乙醚分别洗涤3次,真空干燥,得黄棕色PSPFe粗品。

将该PSPFe粗品溶于纯水中,扎袋透析除盐后,透析液减压浓缩,加入约2倍的无水乙醇静置,离心分离。沉淀依次用无水乙醇、乙醚洗涤各2次,冷冻干燥,精制得黄精多糖铁1.76 g。

PSPFe的合成中,温度和pH值对产率有明显的影响。本实验分别选择温度为50、60、70、80、90℃,pH值为3、5、6、7、8、10的条件下,以产品含铁量作为指标进行优化实验,结果表明:当在反应温度为70℃,pH 7.0~7.5的条件下,合成的PSPFe含铁量最高,产品为黄棕色粉末。

2.3 PSPFe中含铁量的测定:用AA-6601F型原子吸收分光光度计(日本),在灯电流6.0 mA,狭缝宽0.5 nm,波长348.3 nm,燃烧器高度6 mm,空气

流量6.5 L/min,乙炔流量1.5 L/min条件下,分析测定PSPFe中的含铁量,测定结果铁的质量分数为12.63%。

2.4 PSPFe的结构分析

2.4.1 PSPFe的红外光谱:将精制的PSPS和PSPFe分别与溴化钾混合压片,于红外光谱仪上测定其透光率。

依据相关文献对它们的红外光谱的主要振动频率进行经验归属如下,PSPS(cm^{-1}): 3 550~3 200, $\nu(\text{OH})$; 2 935, $\nu(\text{C-H})$; 1 726, $\nu(\text{C=O})$; 1 624, $\nu_{\text{as}}(\text{C=O})$; 1 424, $\nu(\text{C-O})$; 1 050~1 100, $\nu(\text{C-O-C})$ 。PSPFe(cm^{-1}): 3 550~3 200, $\nu(\text{OH})$; 2 940, $\nu(\text{C-H})$; 1 598, $\nu_{\text{as}}(\text{C=O})$; 1 403, $\nu(\text{C-O})$; 1 025~1 100, $\nu(\text{C-O-C})$ 。PSPFe的C=O和C-O伸缩振动峰比PSPS明显红移,且PSPS在1 726 cm^{-1} 处的C=O伸缩振动峰在PSPFe中消失。这说明PSPFe中多糖的羰基氧和醇羟基氧参与了配位,使多糖羰基C=O双键和醇羟基的C-O单键拉长,化学键键级减小。而PSPFe的C-H伸缩振动峰却比PSPS的C-H伸缩振动峰有所蓝移,这是由于PSPS分子中的氧参加配位后形成PSPFe后,使碳原子电子密度向氧移动,使碳的正电性增强,从而增加了对氢原子的结合力。这进一步说明PSPFe中多糖的羰基氧和醇羟基氧参与了配位,生成了配合物。PSPFe在600 cm^{-1} 和800 cm^{-1} 的特征吸收峰与文献报道^[16] FeOOH的红外光谱基本一致,表明PSPFe中的铁核是聚合状态。同时也表明,多聚铁核与黄精多糖生成了黄精多糖铁配合物。

2.4.2 PSPFe的电喷雾质谱:质谱分析条件为ESI Source, Capillary Temp. (°C): 260, Sheath Gas Flow Rate (bar): 50; I Spray Voltage (kV): 5.0; 真空度 0.77×10^{-5} Pa,进样量20 μL 。

由质谱图可见,丰度最大的峰为172.53,对应于多聚铁核 $[\text{Fe}_2\text{O}(\text{OH})_2]^{2+}$; 12; 丰度94%的峰836.40对应于多聚糖与多聚铁核形成的配合物。据测定多糖中的单糖为果糖^[7],聚合方式从理论上说可以为 $\alpha(1-4)$ 、 $\alpha(1-6)$ 或 $\beta(2-1)$,最可能的结构为 $\beta(2-1)$ 聚合,聚合通式为 $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6-n\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4-\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5$ 。据此分析, m/z 为836.40的峰应该是 $[\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_6-2\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4-\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5+\text{Fe}_2\text{O}(\text{OH})_2^{2+}+8\text{H}^+]$ 。根据平行实验所得数据,还有一个丰度为100%, m/z 为295.4的峰,这个峰对应于24聚多糖和 $[\text{Fe}_2(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ 。根据实验结果分析,多糖配合物的相对分子质量随多糖的聚合度的不同及FeOOH聚合度

的不同而异。相对分子质量分布在1 190.54~10 758.58,平均相对分子质量为3 268.78。多糖的聚合度在6~42,多聚铁核的聚合度在2~24,分子中平均铁的质量分数12.64%,这与原子光谱、红外光谱测定的结果一致,说明黄精多糖与多聚铁核形成了比较稳定的配合物。

2.5 PSPFe的基本理化性质

2.5.1 物理性质:PSPFe为黄棕色无定形粉末,无臭、无味、易溶于水,水溶液呈中性、棕红色溶液,不溶于无水甲醇、无水乙醇、乙醚等有机溶剂,熔点高于300℃。旋光性具有变旋性质,0.01 g/mL的PSPFe旋光度在-0.051~+0.156。

2.5.2 水溶液中的稳定性实验:将0.2 g精制PSPFe溶于10 mL水中,取该溶液1 mL,滴加 $K_4[Fe(CN)_6]$,无蓝色出现,证明水溶液中无游离 $Fe(III)$ 存在,说明该配合物有较高的稳定性。另取该溶液2 mL,用0.01 mol/L NaOH溶液滴定,用酸度计测定溶液的pH值,结果在pH 6~14时无浑浊现象,再滴加20% NaOH也不产生沉淀。证明PSPFe在中性和碱性介质中稳定。再取该溶液2 mL,逐滴加入0.02 mol/L HCl溶液,当pH值小于3时开始有混浊,并且pH值越小,沉淀越多。说明PSPFe在pH为3~14稳定。将PSPFe溶液室温放置在空气中,或将PSPFe固体放在空气中48 h,性状不变。说明PSPFe在水和空气中是稳定的。实验结果表明,PSPFe在生理条件下完全可以溶解,可能有较好的生物利用度。

2.6 PSPFe在生理条件下的溶出特性:在生物体内存在许多还原剂,如食物中的抗坏血酸,可以将人体获得的 $Fe(III)$ 还原为 $Fe(II)$ 离子从而被机体吸收。假若在37℃时用抗坏血酸作还原剂,用邻菲罗啉分光光度法测定PSPFe中 $Fe(III)$ 被还原为 $Fe(II)$ 离子浓度的变化,可以考察PSPFe能否被还原溶解出 $Fe(II)$ 离子从而被机体吸收。

2.6.1 样品溶液的制备:精密称取PSPFe粉末0.1029 g,溶于少量蒸馏水,转入50 mL量瓶中,用蒸馏水稀释至刻度,备用。

2.6.2 最大吸收波长的选择:分别精密吸取标准铁($FeCl_3$)溶液(含 Fe 10 $\mu g/mL$)5 mL和样品溶液0.5 mL,分别放置于50 mL量瓶中,再分别加入0.2 mol/L邻苯二甲酸氢钾溶液5 mL,0.3%邻菲罗啉溶液10 mL,10%抗坏血酸溶液1.2 mL,用蒸馏水定容,摇匀,保持此反应液在37℃反应15 min,用紫外-可见分光光度计在300~800 nm处以试剂溶液为空白进行扫描。结果样品液和标准品液在510 nm处有

最大吸收,故选择510 nm为测定波长。

2.6.3 标准曲线的绘制:取7个10 mL量瓶分别准确加入10 $\mu g/mL$ 的标准铁($FeCl_3$)溶液0、0.2、0.4、0.8、1.2、1.6、2.8 mL,再分别加入0.2 mol/L邻苯二甲酸氢钾溶液1 mL,0.3%邻菲罗啉溶液2 mL,10%的抗坏血酸溶液0.24 mL,用蒸馏水定容,摇匀,保持此反应液在37℃反应15 min,于510 nm处以试剂溶液为空白比色,测定吸光度。以吸光度为纵坐标,质量浓度为横坐标,进行回归分析。得标准曲线方程 $A=1.038C+0.0181$, $r=0.9997$ 。

2.6.4 PSPFe体外溶出性试验^[8]:精密吸取样品溶液1 mL于50 mL量瓶中,再分别加入0.2 mol/L邻苯二甲酸氢钾溶液5 mL,0.3%邻菲罗啉溶液10 mL,10%的抗坏血酸溶液1.2 mL,用蒸馏水定容,摇匀,按照2.6.3项下的方法,测定该配合物在不同pH值条件下,随还原时间的不同吸光度的变化值,考察铁的释放度,了解PSPFe中的 $Fe(III)$ 能否被还原溶解出 $Fe(II)$ 离子从而被机体吸收,测定结果见表1。

表1 吸光度A与反应时间及溶液pH值的关系

Table 1 Relationship of absorbance with reaction time and solution pH value

pH值	不同时间吸光度值					
	30 min	60 min	90 min	150 min	180 min	240 min
2	1.156	1.267	1.331	1.350	1.347	1.353
4	0.609	0.734	0.918	1.020	1.053	1.104
6	0.624	0.732	0.913	1.004	1.042	1.068
7	1.062	1.209	1.323	1.354	1.351	1.360
8	1.063	1.234	1.364	1.396	1.399	1.412

3 讨论

3.1 多聚铁核配合物的形成:由PSPFe的红外光谱图可见,PSPFe中的羰基氧 $C=O$ 和醇羟基氧 $C-O$ 参与了配位, $Fe(III)$ 可能通过O桥或羟桥OH聚合形成多聚铁核 $\beta-(FeOOH)_n$ 微粒,这种微粒表面的 Fe^{3+} 可以与多糖的羰基氧 $C=O$ 和醇羟基氧 $C-O$ 等亲水性配体结合,从而与多糖大分子以短序结构形成比较稳定的配合物。由电喷雾质谱实验可知,PSPFe是聚合多糖与多聚铁氧体形成的多核配合物,这证明多糖具有络合金属离子的能力。

3.2 PSPFe的生物利用度分析^[8]:由表1数据可见,PSPFe中的 $Fe(III)$ 能被抗坏血酸还原为 $Fe(II)$ 离子,并且随反应时间和溶解pH值而变化。在pH值1~8内能够迅速还原为 $Fe(II)$,大约4 h内基本完全溶出,特别是在pH值小于2时, $Fe(III)$ 能被迅速还原。说明PSPFe作为补铁剂,可以被体内的还原性物质将 $Fe(III)$ 还原为 $Fe(II)$ 离子从而被机体

吸收。当Fe(Ⅱ)被小肠上部的黏膜细胞吸收后,又被氧化成Fe(Ⅲ),并与去铁蛋白结合形成铁蛋白存在于肠上皮细胞。因此,口服补铁剂必须在肠胃系统不被水解才能被吸收。实验表明,PSPFe的水溶液稳定性良好,是比较理想的补铁剂。

当pH值小于3时PSPFe溶液中出现沉淀,说明在强酸性条件下PSPFe的结构被破坏,生成难溶物。人的胃液pH值大约在2~3,所以PSPFe作为口服液不应空腹服用。黄精多糖是黄精的主要药用成分,具有增强免疫功能、抗炎、抗病毒、补气、润肺、健脾、益胃等多种功能。实验证明酸性黄精多糖具有较高的免疫活性^[9],在制备PSPFe的过程中,中性的黄精多糖已转变为酸性多糖,使作为补铁剂的PSPFe在释放出铁以后,酸性黄精多糖还能够提供多方面的生物活性,这说明PSPFe是一种很有开发前景的生物活性补铁剂。

参考文献:

- [1] 计亮年,黄锦汪,莫庭煊,等.生物无机化学导论[M].广州:中山大学出版社,2001.
- [2] 董学卫,朱启忠,于秀敏,等.海带多糖铁配合物的合成及其生物利用度探讨[J].大连民族学院学报,2007,38(3):22-24.
- [3] 李玉贤,杨林莎.百合多糖铁(Ⅲ)配合物的制备及一般性质研究[J].华西药学杂志,2006,21(6):537-539.
- [4] 王宝琴,徐泽平,刘雪红.多糖铁复合物的研究进展[J].安徽农业科学,2007,35(23):7044-7046.
- [5] 鲁敬荣,郑泽宝.微波技术用于泰山黄精多糖的提取[J].食品科技,2006,8:124-126.
- [6] 石德成,张翼仲.葡萄糖对Fe(OH)微核表面络合作用的初步研究[J].生物化学与生物物理学报(英文版),1989,21(3):201-208.
- [7] 张晓红,博·格日勒图,昭日格图,等.高效液相色谱法对黄精多糖相对分子质量及组成的测定[J].色谱,2005,23(4):394-396.
- [8] 王凯平,张玉,戴立泉,等.当归多糖铁的溶出度和生物利用度的研究[J].中草药,2006,37(3):377-380.
- [9] 刘柳,郑芸,董群,等.黄精中的多糖组分及其免疫活性[J].中草药,2006,37(8):1132-1134.

爪哇脚骨脆的化学成分研究

李飞飞,柴兴云,徐正仁,任宏燕,屠鹏飞*

(北京大学药学院天然药物学系,北京 100083)

摘要:目的 研究爪哇脚骨脆*Casearia velutina*茎及枝条的化学成分。方法 采用多种现代色谱手段对其化学成分进行分离,利用理化性质并结合光谱数据鉴定化合物结构。结果 分离鉴定了9个化合物,分别为:丁香酸葡萄糖苷(I)、儿茶素(Ⅱ)、腺嘌呤核苷(Ⅲ)、(2*R*,3*S*,4*R*,5*R*)-直链肌醇(Ⅳ)、5-*p-trans*-coumaroylquinic acid(V)、3'-*O*-methylquercetin 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)- β -*D*-glucopyranoside(Ⅵ)、(3*S*,6*R*)-*trans*-linalool-3,7-oxide glucoside(Ⅶ)、蔗糖(Ⅷ)、果糖(Ⅸ)。结论 该9个化合物均为首次从爪哇脚骨脆中分离得到。

关键词:爪哇脚骨脆;大风子科;脚骨脆属;化学成分

中图分类号:R284.1

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2008)07-0984-03

爪哇脚骨脆*Casearia velutina* Bl.系大风子科脚骨脆属植物,又名毛叶嘉赐树、爪哇嘉赐树。脚骨脆属植物多为小乔木或灌木,分布于美洲、非洲、亚洲和澳大利亚的热带和亚热带地区及太平洋岛屿。我国有11种,主要产于云南和海南^[1]。本属植物民间多用于腹泻、胃溃疡、炎症、病毒感染、发热和毒蛇咬伤的治疗^[2]。为了更好地开发利用爪哇脚骨脆药用资源,本实验对其化学成分进行了初步研究,从中分离得到的9个化合物,分别为:丁香酸葡萄糖苷(I)、儿茶素(Ⅱ)、腺嘌呤核苷(Ⅲ)、(2*R*,3*S*,4*R*,

5*R*)-直链肌醇(Ⅳ)、5-*p-trans*-coumaroylquinic acid(V)、3'-*O*-methylquercetin 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)- β -*D*-glucopyranoside(Ⅵ)、(3*S*,6*R*)-*trans*-linalool-3,7-oxide glucoside(Ⅶ)、蔗糖(Ⅷ)、果糖(Ⅸ),以上化合物均为首次从该植物中分得。

1 仪器与材料

X-4型显微熔点测定仪,Varian Unity-500型核磁共振仪(TMS为内标),(MDS SCIEX)QSTAR(ABI,USA)ESI-TOF质谱仪。Sephadex

收稿日期:2007-10-10

基金项目:教育部长江学者创新团队基金资助项目(985-2-063-112)

作者简介:李飞飞(1982-),女,广西桂林人,北京大学2002级本硕连读生,主要研究天然产物的化学成分及其活性。

Tel:(010)82801702 E-mail:ffli_2008@163.com

*通讯作者 屠鹏飞 Tel:(010)82802750 E-mail:pengfeitu@vip.163.com

黄精多糖铁配合物的合成及其性能研究

作者：[鲁敬荣](#)，[吴仁涛](#)，[郑泽宝](#)
作者单位：[泰山学院化学系, 山东, 泰安, 271000](#)
刊名：[中草药](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名：[CHINESE TRADITIONAL AND HERBAL DRUGS](#)
年，卷(期)：2008, 39 (7)
被引用次数：2次

参考文献(9条)

1. 计亮年;黄锦汪;莫庭焕 [生物无机化学导论](#) 2001
2. 董学卫;朱启忠;于秀敏 [海带多糖铁配合物的合成及其生物利用度探讨](#)[期刊论文]-[大连民族学院学报](#) 2007 (03)
3. 李玉贤;杨林莎 [百合多糖铁\(III\)配合物的制备及一般性质研究](#)[期刊论文]-[华西药学杂志](#) 2006 (06)
4. 王宝琴;徐泽平;刘雪红 [多糖铁复合物的研究进展](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2007 (23)
5. 鲁敬荣;郑泽宝 [微波技术用于泰山黄精多糖的提取](#)[期刊论文]-[食品科技](#) 2006 (08)
6. 石德成;张翼仲 [葡萄糖对FeOOH微核表面络合作用的初步研究](#) 1989 (03)
7. 张晓红;博·格日勒图;昭日格图 [高效液相色谱法对黄精多糖相对分子质量及组成的测定](#)[期刊论文]-[色谱](#) 2005 (04)
8. 王凯平;张玉;戴立泉 [当归多糖铁的溶出度和生物利用度的研究](#)[期刊论文]-[中草药](#) 2006 (03)
9. 刘柳;郑芸;董群 [黄精中的多糖组分及其免疫活性](#)[期刊论文]-[中草药](#) 2006 (08)

本文读者也读过(10条)

1. [李玉贤](#), [裴晓红](#), [LI Yuxian](#), [PEI Xiaohong](#) [茶叶多糖铁配合物的合成及一般性质研究](#)[期刊论文]-[食品研究与开发](#)2005, 26 (5)
2. [成威](#), [田伟](#), [李友元](#), [邓洪波](#), [张萍](#), [CHENG Wei](#), [TIAN Wei](#), [LI You-yuan](#), [DENG Hong-bo](#), [ZHANG Ping](#) [黄精多糖对APP转基因小鼠海马CA1区突触结构的影响](#)[期刊论文]-[中国实验方剂学杂志](#)2010, 16 (10)
3. [陈辰](#), [徐维平](#), [魏伟](#), [耿甄彦](#), [徐婷娟](#) [黄精多糖对慢性应激抑郁小鼠模型行为学及脑内5-HT的影响](#)[期刊论文]-[山东医药](#)2009, 49 (4)
4. [李友元](#), [成威](#), [邓洪波](#), [张萍](#), [LI You-yuan](#), [CHENG Wei](#), [DENG Hong-bo](#), [ZHANG Ping](#) [黄精多糖对App转基因小鼠大脑及性腺组织端粒酶活性的影响](#)[期刊论文]-[中国新药与临床杂志](#)2008, 27 (11)
5. [汤春妮](#), [王花](#), [樊君](#), [郭璞](#) [大枣多糖铁\(III\)复合物的合成及一般性质研究](#)[会议论文]-2008
6. [赵兵](#), [徐清海](#) [枸杞多糖铁\(III\)配合物的合成及理化性质的初步研究](#)[期刊论文]-[中成药](#)2008, 30 (8)
7. [毛雁](#), [韩晓燕](#), [熊正英](#), [刘晓军](#), [MAO Yan](#), [HAN Xiao-yan](#), [XIONG Zheng-ying](#), [LIU Xiao-jun](#) [黄精提取物对耐力训练大鼠骨骼肌组织NO-NOS体系影响的实验研究](#)[期刊论文]-[北京体育大学学报](#)2008, 31 (9)
8. [郭艳华](#), [许国权](#), [GUO Yanhua](#), [XU guoquan](#) [香菇多糖铁\(III\)配合物的制备及性质研究](#)[期刊论文]-[中国酿造](#) 2008 (9)
9. [张峰](#), [张继国](#), [王丽华](#), [毛德香](#), [ZHANG Feng](#), [ZHANG Ji-guo](#), [WANG Li-hua](#), [MAO De-xiang](#) [黄精多糖对东莨菪碱致小鼠记忆获得障碍的改善作用](#)[期刊论文]-[现代中西医结合杂志](#)2007, 36 (36)
10. [毛跟年](#), [汤木红](#), [凌末霄](#), [许牡丹](#), [MAO Gen-nian](#), [TANG Mu-hong](#), [LING Wei-xiao](#), [XU Mu-dan](#) [甘露低聚糖铁配合物的制备工艺研究](#)[期刊论文]-[食品科技](#)2008, 33 (6)

引证文献(2条)

1. [汤春妮](#) [多糖铁复合物的研究进展](#)[期刊论文]-[安徽化工](#) 2012 (4)
2. [向晖](#) [潘晓丽](#), [章从恩](#), [谢运飞](#), [谭玉柱](#), [董小萍](#) [金属微量元素的配合物在中药中的应用](#)[期刊论文]-[中药与临床](#)

2013 (5)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zcy200807008.aspx