



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105294872 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201510660701. 2

(22) 申请日 2015. 10. 14

(71) 申请人 四川农业大学

地址 625014 四川省雅安市雨城区新康路
46 号四川农业大学食品学院

(72) 发明人 李益文 刘韞滔 陈荻 张彤阳
孙笑晗 颜滢苏 刘爱平 冯朝辉
李诚 何利 陈代文

(51) Int. Cl.

C08B 37/00(2006. 01)

A61K 31/715(2006. 01)

A61P 3/10(2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法,步骤为:将梭柄松苞菇冷冻干燥,研磨成粉末,再用乙醇水提醇沉、除蛋白、除小分子杂质等过程的处理,得到梭柄松苞菇多糖;制备羧甲基化梭柄松苞菇多糖方法为:取 250mg 梭柄松苞菇多糖溶于 10mlNaOH 溶液中,充分搅拌混合液 30min,加入 3g 氯乙酸和 15ml 的异丙醇的混合溶液,搅拌 1h 后,置于 65℃ 的恒温箱中反应 4h,待冷却至室温,用 0. 5M 的 HCl 调 pH 至中性,流水透析过夜,透析袋的截留分子量为 3000,与 4 倍体积的 95% 乙醇溶液混合,搅拌 30min 后,置于 4℃ 冰箱 12h,再离心,弃上清液,冷冻干燥即得到羧甲基化梭柄松苞菇多糖。



1. 一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法,其特征在于:

(1) 取新鲜梭柄松苞菇进行预处理;

(2) 梭柄松苞菇多糖的制备,具体为:

水提取:先用乙醇进行洗涤,然后离心处理,将离心管的沉淀样品干燥,并按料液比 1 : 20 与蒸馏水混合,然后进行超声波处理,超声波作用功率为 150W,每工作 15min,暂停 5min,提取温度 80°C,提取时间 2.5h,上述水提取步骤重复提取三次,合并提取液即为梭柄松苞菇多糖提取液;

乙醇沉淀:将梭柄松苞菇多糖提取液用旋转蒸发仪浓缩,加入 5 倍体积的 95%乙醇溶液,搅拌 0.5h 后,置于 4°C 冰箱 12h,再离心处理,然后弃上清液,收集沉淀,冻干待用;

去除蛋白质:按固液比 1 : 10 加入蒸馏水溶解梭柄松苞菇多糖,然后加入 1/4 倍体积的氯仿-正丁醇,充分振荡 30min 后,再离心处理,获得三层液体,吸取最下层多糖溶液,重复该去除蛋白质步骤 5 次;

去除小分子物质:将去除蛋白质的多糖提物,流水透析过夜,透析袋的截留分子量为 3000,以去除小分子杂质;再用旋转蒸发仪将该多糖提取液浓缩,与 4 倍体积的 95%乙醇溶液混合,搅拌 0.5h 后,置于 4°C 冰箱 12h,再离心处理,离心机转速 5000rpm,时间 5min,弃上清液,沉淀即为梭柄松苞菇多糖,冷冻干燥备用;

(3) 羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备,具体为:

取分子量范围为 5.0×10^3 - 1.0×10^4 Da 的 250mg 梭柄松苞菇多糖溶于 10ml 质量分数为 20%的 NaOH 溶液中,充分搅拌混合液 30min,加入 3g 氯乙酸和 15ml 的异丙醇的混合溶液,搅拌 1h 后,置于 65°C 的恒温箱中反应 4h,待冷却至室温,用 0.5M 的 HCl 调 pH 至中性,流水透析过夜,透析袋的截留分子量为 3000,与 4 倍体积的 95%乙醇溶液混合,搅拌 30min 后,置于 4°C 冰箱 12h,再离心,弃上清液,冷冻干燥即得到羧甲基化梭柄松苞菇多糖。

2. 根据权利要求 1 所述的一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法,其特征在于:新鲜梭柄松苞菇的预处理步骤具体为,

清洁:用塑料刮片将新鲜梭柄松苞菇表面的泥渍去除,不可用水清洗,不然表面的多糖会损失;

切块:将清洁后的新鲜梭柄松苞菇切块,每一个切块大小适中且均匀;

冷冻干燥:将梭柄松苞菇块放入冷冻干燥机,获得含水量低于 5%的样品。

3. 根据权利要求 1 所述的一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法,其特征在于:乙醇沉淀步骤和去除蛋白质步骤中的离心处理的离心机转速 5000rpm,时间 5min。

一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及多糖的制备技术领域,具体为一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖(cCVPs)的制备方法。

背景技术

[0002] 糖尿病是一组以高血糖为特征的代谢性疾病。高血糖则是由于胰岛素分泌缺陷或其生物作用受损,或两者兼有引起。糖尿病时长期存在的高血糖,导致各种组织,特别是眼、肾、心脏、血管、神经的慢性损害、功能障碍。根据世界卫生组织在2014年公布的数据,全球糖尿病患者人数已经达到3.47亿。

[0003] 具有药用价值的食用真菌在传统民间药物中被认为是非常重要的治疗药物之一,并且应用非常普遍。研究表明,食用真菌对疾病的治疗主要是由于它所含有生物活性物质所引起的。这些食用真菌的活性物质可以使糖尿病患者的肝脏、胰腺等脏器功能恢复正常,从而促进胰岛素和相关激素的分泌,使得机体的代谢功能恢复。

[0004] 多糖具有抗菌、抗氧化、抗肿瘤、抗糖尿病等药用活性,将多糖羧甲基化之后显著增加多糖的生物活性,并且还会增加多糖的水溶性和粘稠性,在食品、药剂配方、工业原料中被广泛使用。而现阶段多糖羧甲基化的方法普遍存在:羧甲基化多糖取代度较低,并且在增加试剂浓度和反应时间时,又会严重影响羧甲基化多糖的得率。目前并没有利用梭柄松苞菇多糖进行羧甲基化的研究,值得注意的是梭柄松苞菇多糖的分子量较其他菌类多糖而言较小,而分子量的大小往往与取代度和生物活性成反比,因此用羧甲基化的梭柄松苞菇多糖应用于抗糖尿病的研究必将会为多糖的化学修饰和多糖的生物活性提供新思路 and 参考。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种以梭柄松苞菇为代表的高效的食用菌多糖羧甲基化的方法,,以解决上述背景技术中提出的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法,其特征在于:(1)取新鲜梭柄松苞菇进行预处理;(2)梭柄松苞菇多糖的制备,具体为:水提取:先用乙醇进行洗涤,然后离心处理,将离心管的沉淀样品干燥,并按料液比1:20与蒸馏水混合,然后进行超声波处理,超声波作用功率为150W,每工作15min,暂停5min,提取温度80℃,提取时间2.5h,上述水提取步骤重复提取三次,合并提取液即为梭柄松苞菇多糖提取液;乙醇沉淀:将梭柄松苞菇多糖提取液用旋转蒸发器浓缩,加入5倍体积的95%乙醇溶液,搅拌0.5h后,置于4℃冰箱12h,再离心处理,然后弃上清液,收集沉淀,冻干待用;去除蛋白质:按固液比1:10加入蒸馏水溶解梭柄松苞菇多糖,然后加入1/4倍体积的氯仿-正丁醇,充分振荡30min后,再离心处理,获得三层液体,吸取最下层多糖溶液,重复该去除蛋白质步骤5次;去除小分子物质:将去除蛋白质的多糖提物,流水透析过夜,透析袋的截留分子量为3000,以去除小分子杂质;再用旋转蒸发器将该多糖提取液浓缩,

与 4 倍体积的 95% 乙醇溶液混合, 搅拌 0.5h 后, 置于 4℃ 冰箱 12h, 再离心处理, 离心机转速 5000rpm, 时间 5min, 弃上清液, 沉淀即为梭柄松苞菇多糖, 冷冻干燥备用; (3) 羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备, 具体为: 取分子量范围为 $5.0 \times 10^3 - 1.0 \times 10^4$ Da 的 250mg 梭柄松苞菇多糖溶于 10ml 质量分数为 20% 的 NaOH 溶液中, 充分搅拌混合液 30min, 加入 3g 氯乙酸和 15ml 的异丙醇的混合溶液, 搅拌 1h 后, 置于 65℃ 的恒温箱中反应 4h, 待冷却至室温, 用 0.5M 的 HCl 调 pH 至中性, 流水透析过夜, 透析袋的截留分子量为 3000, 与 4 倍体积的 95% 乙醇溶液混合, 搅拌 30min 后, 置于 4℃ 冰箱 12h, 再离心, 弃上清液, 冷冻干燥即得到羧甲基化梭柄松苞菇多糖。

[0007] 进一步的, 新鲜梭柄松苞菇的预处理步骤具体为,

[0008] 清洁: 用塑料刮片将新鲜梭柄松苞菇表面的泥渍去除, 不可用水清洗, 不然表面的多糖会损失;

[0009] 切块: 将清洁后的新鲜梭柄松苞菇切块, 每一个切块大小适中且均匀;

[0010] 冷冻干燥: 将梭柄松苞菇块放入冷冻干燥机, 获得含水量低于 5% 的样品。

[0011] 进一步的, 乙醇沉淀步骤和去除蛋白质步骤中的离心处理的离心机转速 5000rpm, 时间 5min。

[0012] 与现有技术相比, 本发明的有益效果是: (1) 本专利选用的原料 (梭柄松苞菇) 在四川、云南和贵州等地广泛种植, 采集方便, 价格低廉, 并且 CVPs 已经被证明具有较为突出的抗糖尿病活性, 因此具备进一步被开发利用的潜质; (2) 本专利建立了一种高效的 cCVPs 的制备方法, 其中首次评价了多糖分子量范围对多糖羧甲基化的影响, 最终所得 cCVPs 的得率和取代度分别达到了 82.01% 和 0.891。并且整个制备过程的反应条件温和, 成本低廉, 操作简单易于工业推广; (3) 动物实验证明, 对 CVPs 进行羧甲基化修饰后, cCVPs 的生物活性得到显著提高, 仅需摄入 0.2g/kg/d 剂量的 cCVPs, 便能够显著提高糖尿病小鼠血清中各氧化剂的水平, 以缓解其氧化应激水平, 从而实现对糖尿病的治疗。

附图说明

[0013] 图 1 为本发明中羧甲基化梭柄松苞菇多糖红外光谱图;

具体实施方式

[0014] 下面将结合本发明实施例中的附图 1, 对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述, 显然, 所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例, 而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例, 本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例, 都属于本发明保护的范围。

[0015] 请参阅图 1, 本发明提供一种羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备方法, 其特征在于: (1) 取新鲜梭柄松苞菇进行预处理; 清洁: 用塑料刮片将新鲜梭柄松苞菇表面的泥渍去除, 不可用水清洗, 不然表面的多糖会损失; 切块: 将清洁后的新鲜梭柄松苞菇切块, 每一个切块大小适中且均匀; 冷冻干燥: 将梭柄松苞菇块放入冷冻干燥机, 获得含水量低于 5% 的样品。(2) 梭柄松苞菇多糖的制备, 具体为: 水提取: 先用乙醇进行洗涤, 然后离心处理, 将离心管的沉淀样品干燥, 并按料液比 1:20 与蒸馏水混合, 然后进行超声波处理, 超声波作用功率为 150W, 每工作 15min, 暂停 5min, 提取温度 80℃, 提取时间 2.5h, 上述水提取步骤重

复提取三次,合并提取液即为梭柄松苞菇多糖提取液;乙醇沉淀:将梭柄松苞菇多糖提取液用旋转蒸发仪浓缩,加入5倍体积的95%乙醇溶液,搅拌0.5h后,置于4℃冰箱12h,再离心处理,然后弃上清液,收集沉淀,冻干待用;去除蛋白质:按固液比1:10加入蒸馏水溶解梭柄松苞菇多糖,然后加入1/4倍体积的氯仿-正丁醇,充分振荡30min后,再离心处理,获得三层液体,吸取最下层多糖溶液,重复该去除蛋白质步骤5次;去除小分子物质:将去除蛋白质的多糖提物,流水透析过夜,透析袋的截留分子量为3000,以去除小分子杂质;再用旋转蒸发仪将该多糖提取液浓缩,与4倍体积的95%乙醇溶液混合,搅拌0.5h后,置于4℃冰箱12h,再离心处理,离心机转速5000rpm,时间5min,弃上清液,沉淀即为梭柄松苞菇多糖,冷冻干燥备用;(3)羧甲基化梭柄松苞菇多糖的制备,具体为:取分子量范围为 5.0×10^3 - 1.0×10^4 Da的250mg梭柄松苞菇多糖溶于10ml质量分数为20%的NaOH溶液中,充分搅拌混合液30min,加入3g氯乙酸和15ml的异丙醇的混合溶液,搅拌1h后,置于65℃的恒温箱中反应4h,待冷却至室温,用0.5M的HCl调pH至中性,流水透析过夜,透析袋的截留分子量为3000,与4倍体积的95%乙醇溶液混合,搅拌30min后,置于4℃冰箱12h,再离心,弃上清液,冷冻干燥即得到羧甲基化梭柄松苞菇多糖。乙醇沉淀步骤和去除蛋白质步骤中的离心处理的离心机转速5000rpm,时间5min。

[0016] 上述梭柄松苞菇多糖最优分子量范围 5.0×10^3 - 1.0×10^4 Da的确定方法如下:

[0017] (1) 多糖酸水解:①取适量梭柄松苞菇多糖样品于具塞试管中,用0.1mol/L三氟乙酸(TFA)溶解,然后在110℃条件下水解1h,再用分子截留规格为 5.0×10^2 的透析袋对该反应液进行透析,以去除三氟乙酸和其他杂质,并收集透析袋内液体,即为多糖水解液;②除分子截留规格为 1.0×10^6 的透析袋直接对多糖水解进行透析外,其余规格的透析袋均对上一次透析袋外的多糖水解液进行透析(透析袋规格: 1.0×10^6 、 5.0×10^5 、 3.0×10^5 、 1.0×10^5 、 5.0×10^4 、 3.0×10^4 、 1.0×10^4 、 5.0×10^3 、 3.0×10^3 、 1.0×10^3),收集透析袋内的液体,冻干后即获得多糖分子量分别为: $> 1.0 \times 10^6$ 、 5.0×10^5 - 1.0×10^6 、 3.0×10^5 - 5.0×10^5 、 1.0×10^5 - 3.0×10^5 、 5.0×10^4 - 1.0×10^5 、 3.0×10^4 - 5.0×10^4 、 1.0×10^4 - 3.0×10^4 、 5.0×10^3 - 1.0×10^4 、 3.0×10^3 - 5.0×10^3 、 1.0×10^3 - 3.0×10^3 ,10组不同分子量范围的组分。

[0018] (2) 每个组分进行羧甲基化比较它们的取代度和得率。

[0019] 表1:分子量对多糖的羧甲基化取代度和得率的影响

[0020]

CVPs 分子量	取代度	得率
未水解的 CVPs	0.724±0.007a	83.40±0.77b
>1.0×10 ⁶	0.345±0.006b	84.88±0.99b
5.0×10 ⁵ -1.0×10 ⁶	0.388±0.003c	83.18±1.60b
3.0×10 ⁵ -5.0×10 ⁵	0.454±0.004d	84.47±0.75b
1.0×10 ⁵ -3.0×10 ⁵	0.544±0.007e	82.84±1.68b
5.0×10 ⁴ -1.0×10 ⁵	0.594±0.006f	83.93±1.06b
3.0×10 ⁴ -5.0×10 ⁴	0.633±0.003g	81.74±1.72b
1.0×10 ⁴ -3.0×10 ⁴	0.765±0.009h	83.79±1.84b
5.0×10 ³ -1.0×10 ⁴	0.891±0.004i	82.01±1.47b
3.0×10 ³ -5.0×10 ³	0.893±0.022i	55.64±0.92a
1.0×10 ³ -3.0×10 ³	0.908±0.004i	53.46±1.12a

[0021] 每个数值均表示为三次测试的平均值 ± 标准差 (SD), 同一列中不同的字母表示具有显著差异 ($P < 0.05$)

[0022] 由表 1 可得, 多糖的分子量为 5.0×10^3 - 1.0×10^4 、 3.0×10^3 - 5.0×10^3 、 1.0×10^3 - 3.0×10^3 的三组取代度显著高于其余组分 ($p < 0.05$)。而分子量为 3.0×10^3 - 5.0×10^3 、 1.0×10^3 - 3.0×10^3 的两组得率显著低于其余组分 ($p < 0.05$), 因此最优分子量组分为 5.0×10^3 - 1.0×10^4 分子量的多糖, 利用此组分进行下面的红外光谱分析和动物实验。

[0023] 对最优组分进行红外光谱分析和生物活性的测定。

[0024] 由图 1 可以看出在 1596 、 1423 、 1327cm^{-1} 处出现了 $-\text{COOC}-$ 的特征吸收峰, 其中, 1596cm^{-1} 处为 C-O 对称与不对称伸缩振动的吸收峰为强峰, 在 1423 、 1327cm^{-1} 处两个峰为中强峰, 证明了 CVPs 确实已被羧甲基化, 即为 cCVPs。

[0025] 羧甲基化多糖对糖尿病氧化应激的调节作用

[0026] 实验动物

[0027] 清洁级健康雄性 ICR 小鼠 (体重 $18 \pm 2\text{g}$, 5 周龄) 购于上海斯莱克公司。适应性饲养两周 (25°C 恒温空调房, 12h 光照 12h 黑暗, 有充足的饮水和基础饲料)。

[0028] 糖尿病动物模型建立

[0029] 随机选取 50 只小鼠禁食 12h 后,小鼠腹腔单次注射 1% STZ 溶液 (140mg/kg),72 小时后尾尖取血,血糖仪测量血糖,尿糖试纸测量尿糖,选取 36 只血糖 > 16.7mmol/L 的小鼠作为糖尿病模型。

[0030] 动物实验分组

[0031] 待实验小鼠被随机的分配到如下实验组里 (每组 6 只小鼠,实验周期 30 天):

[0032] ①组 I :正常小鼠作为对照;

[0033] ②组 II :经 STZ 诱导的糖尿病小鼠作为阴性对照 (灌胃蒸馏水);

[0034] ③组 III :经 STZ 诱导的糖尿病小鼠口服格列本脲作为阳性对照 (灌胃格列本脲的量为 :0.02g/kg/d);

[0035] ④组 IV :正常小鼠口服高剂量的羧甲基化梭柄松苞菇多糖 (灌胃量为 :2g/kg/d);

[0036] ⑤组 V :经 STZ 诱导的糖尿病小鼠口服低剂量的羧甲基化梭柄松苞菇多糖 (灌胃量为 :0.2g/kg/d);

[0037] ⑥组 VI :经 STZ 诱导的糖尿病小鼠口服梭柄松苞菇多糖。(灌胃量为 :0.2g/kg/d)。

[0038] 生理指标的测定

[0039] ①经过 30 天的饲养,所有供试的小鼠禁食 12 小时。对小鼠的体重和血糖进行测定,再对小鼠眼球取血,并将收集的血液迅速离心 (5000rpm,5min,4℃) 以获得血清,保藏于 -80℃ 冰箱;所有的小鼠利用颈椎脱位法处死,并切取小鼠的肝脏和肾脏被迅速保藏于 -80℃ 冰箱,待测试。

[0040] ②测定血清中葡萄糖的含量。

[0041] ③将所得的小鼠肝、肾组织置于匀浆器中匀浆 (置于冰上),获得均质后离心 (3000rpm,10min,4℃),上层液体被用于测定过氧化氢酶 (CAT)、丙二醛 (MDA)、超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px)、维生素 C 和维生素 E 的水平。

[0042] 结果 :由表 2 以看出糖尿病小鼠 (组 II、III、V 和 VI) 在实验前体重明显低于正常小鼠 (组 I 和 IV),血糖明显高于正常小组 ($p < 0.05$)。连续服用了药物 30 天后,组 V 和 VI 的糖尿病小鼠血糖水平显著低于没有服用任何药物的阴性对照组 ($p < 0.05$)。这说明梭柄松苞菇多糖和羧甲基化后的梭柄松苞菇多糖都具有一定的抗糖尿病的活性。服用羧甲基化后的梭柄松苞菇多糖的小鼠 (组 V) 体重和血糖指标显著优于服用了梭柄松苞菇多糖的小鼠 (组 VI)。这说明梭柄松苞菇多糖羧甲基化后会显著地提高多糖的抗糖尿病活性。正常小鼠服用剂量高达 2g/kg/d 的羧甲基化后的梭柄松苞菇多糖 30 天后体重和血糖指标没有发生任何异常,并且羧甲基化后的梭柄松苞菇多糖的降血糖作用仅仅略低于阳性对照组。

[0043] 由表 3 可以看出,正常小鼠 (组 I 和 IV) 肝脏内的抗氧剂水平明显高于糖尿病小鼠 (组 II、III、V 和 VI),丙二醛的含量 (反应机体氧化应的指标) 低于糖尿病小鼠 ($p < 0.05$)。连续服用 30 天的药物之后组 V 和 VI 的糖尿病小鼠肝脏内抗氧剂水平显著高于没有服用任何药物的阴性对照组,并且丙二醛的含量显著低于阴性对照 ($p < 0.05$)。服用羧甲基化的梭柄松苞菇多糖的糖尿病小鼠 (组 V) 肝脏内的抗氧剂水平和丙二醛的含量都明显优于服用梭柄松苞菇多糖的糖尿病小鼠 (组 VI),其中组 V 中糖尿病小鼠肝脏的谷胱甘

肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶的水平已经达到正常水平。说明梭柄松苞菇多糖和羧甲基化后的梭柄松苞菇多糖都具有一定的抗氧化活性,羧甲基化可以显著地提高梭柄松苞菇多糖的抗氧化活性。而梭柄松苞菇多糖和羧甲基化梭柄松苞菇多糖对于非酶的抗氧化剂的水平提升非常有限,维生素 C 和维生素 E 均未恢复到正常水平。当正常小鼠服用剂量高达 2g/kg/d 的羧甲基化梭柄松苞菇多糖 30 天后,体内所有抗氧化指标均维持在正常水平,并且抗氧化酶的水平显著高于正常组,这说明羧甲基化后的梭柄松苞菇多糖具有极强的抗氧化活性,并且是相对安全的。

[0044] 综上可以得出,羧甲基化可以显著提高梭柄松苞菇多糖的抗氧化活性。并且羧甲基化后的梭柄松苞菇多糖所表现出来的抗糖尿病特性,可能是由于它的强抗氧化活性,降低了机体氧化应激水平,从而减轻或者避免各器官组织遭受氧化应激损伤,维持了各器官的正常功能而实现的。

[0045] 表 2:羧甲基化梭柄松苞菇多糖对糖尿病小鼠的体重、血糖的影响

[0046]

组别	体重 (g)		血糖水平 (mmol/L)	
	实验前	实验后	实验前	实验后
组 I (正常)	30.8±2.1b	37.5±1.0d	5.8±0.4a	5.5±0.3a
组 II (阴性对照)	22.7±1.9a	26.3±1.0a	22.3±0.9bc	22.8±1.2d
组 III (阳性对照)	23.0±1.4a	33.2±0.9c	23.7±0.6c	8.9±0.8b
组 IV (正常+cCVPs ^H)	32.9±0.6b	37.4±0.5d	5.9±0.3a	5.8±0.5a
组 V (糖尿病+cCVPs)	23.5±1.0a	30.6±1.0b	21.5±1.0b	8.8±0.6b
组 VI (糖尿病+CVPs)	23.7±0.7a	27.8±0.5a	22.8±1.1bc	13.9±0.6c

[0047] 注:每个数值均表示为三次测试的平均值 (mean) ± 标准差 (SD),同一列中不同的字母表示具有显著差异 ($p < 0.05$);cCVPs:羧甲基化的梭柄松苞菇多糖;CVPs:梭柄松苞菇多糖;^H:高剂量。

[0048] 表 3:羧甲基化梭柄松苞菇多糖对糖尿病小鼠肝脏内氧化应激的影响

[0049]

组别	组 I (正常组)	组 II (阴性对照)	组 III (阳性对照)	组 IV (正常 +cCVPs ^H)	组 V (糖尿病 +cCVPs)	组 VI (糖尿病 +CVPs)
GSH-Px	677.5±20.0c	383.2±21.0a	378.7±15.9a	743.8±20.6d	702.1±17.0cd	619.4±18.0b
SOD	384.7±9.6c	254.8±9.3a	227.4±12.6a	382.6±12.0c	367.2±14.1c	308.5±15.1b
CAT	106.5±3.7c	55.0±4.0a	64.8±3.1a	122.5±2.8d	92.6±4.2b	84.7±4.8b
MDA	2.6±0.3a	7.5±0.4d	8.8±0.2e	3.2±0.2ab	3.8±0.4bc	4.4±0.5c
V _c	6.3±0.6c	1.7±0.4a	2.5±0.5a	6.6±1.4c	3.6±0.6b	3.2±0.4b
V _E	34.5±1.9c	12.8±1.3a	10.5±0.8a	36.7±1.5c	17.9±1.6b	18.7±1.2b

[0050] 注:每个数值均表示为三次测试的平均值 (mean) ± 标准差 (SD), 同一行中不同的字母表示具有显著差异 ($P < 0.05$); CVPs: 梭柄松苞菇多糖; cCVPs: 羧甲基化的梭柄松苞菇多糖; ^H: 高剂量; GSH-Px 谷胱甘肽过氧化物酶 (U/mg protein); SOD 超氧化物歧化酶 (U/mg protein); CAT 过氧化氢酶 (U/mg protein); MDA 丙二醛 (nmol/mg protein); V_c 维生素 C ($\mu\text{g}/\text{mg protein}$); V_E 维生素 E ($\mu\text{g}/\text{g tissue}$)。

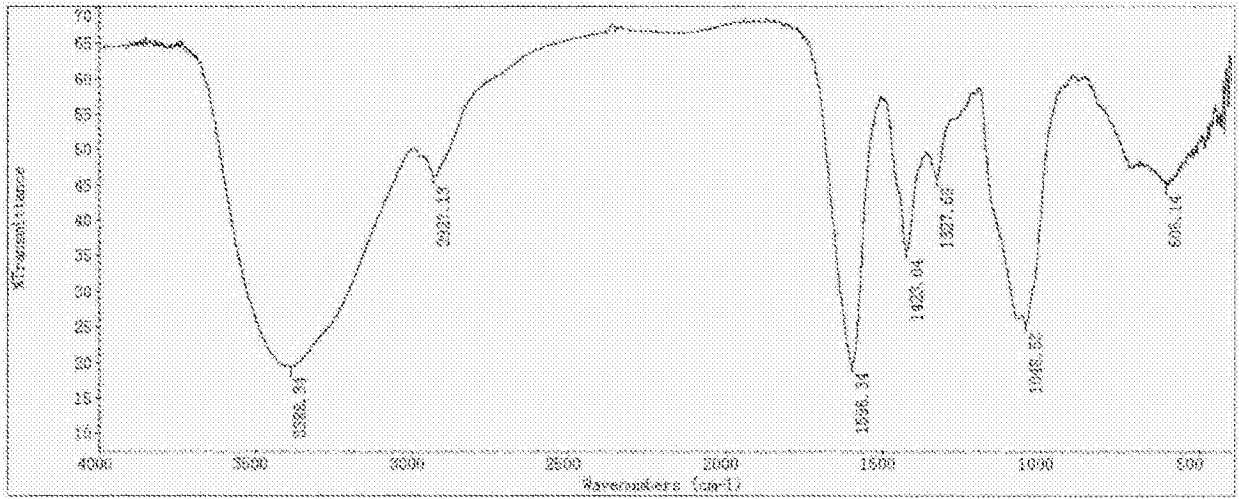


图 1