



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101953506 B

(45) 授权公告日 2012.12.05

(21) 申请号 201010186260.4

(22) 申请日 2010.05.28

(73) 专利权人 西南大学

地址 400715 重庆市北碚区天生路2号

(72) 发明人 赵国华 吴振 刘嘉

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 赵荣之

Wei, Song et. al. Phenolic compounds present in medicinal mushroom extracts generate reactive oxygen species in human cells in vitro. 《international journal of medicinal mushrooms》. 2008, 第10卷(第1期), 1-13.

审查员 蒋华

(51) Int. Cl.

A23L 3/3562(2006.01)

A23L 1/30(2006.01)

A61K 36/82(2006.01)

A61P 39/06(2006.01)

A61K 31/716(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101623269 A, 2010.01.13, 全文.

CN 1635907 A, 2005.07.06, 全文.

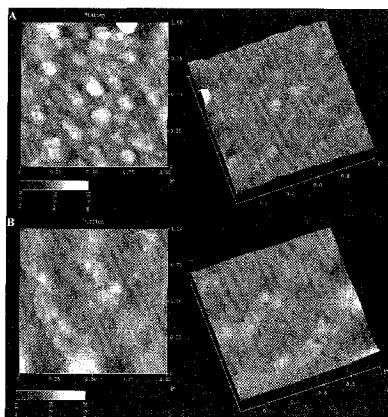
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 8 页

(54) 发明名称

β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物及其应用

(57) 摘要

本发明公开了 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物及其应用, 该复合物由以下方法制得: 在透析袋内加入 β - 葡聚糖的水溶液与茶多酚或其活性单体的水溶液, 再将透析袋置 pH 为 3 ~ 7、离子强度为 0.05 ~ 0.3 mol/L 的磷酸缓冲液中, 在温度 20 ~ 60℃ 条件下透析至达到平衡, 即得; 利用本发明方法制得的 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物较单独的 β - 葡聚糖或茶多酚具有更强的抗氧化能力, 且在一定浓度范围内对超氧阴离子的清除能力具有协同增效作用, 可以用于制备抗氧化剂, 在食品保鲜防腐领域具有良好的开发应用前景; 还可以用于制备抗氧化食品或药物, 在保健食品和药品领域具有良好的开发应用前景。



1. β -葡聚糖-茶多酚复合物，其特征在于：由饱和水溶液法制得：在透析袋内加入 β -葡聚糖的水溶液与茶多酚或其活性单体的水溶液，再将透析袋置 pH 为 3~7、离子强度为 0.05~0.3mol/L 的磷酸缓冲液中，在温度 20~60℃ 条件下透析至达到平衡，即得 β -葡聚糖-茶多酚复合物；所述 β -葡聚糖为燕麦 β -葡聚糖或大麦 β -葡聚糖。

2. 根据权利要求 1 所述的 β -葡聚糖-茶多酚复合物，其特征在于：所述茶多酚活性单体为表没食子儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯、没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯或儿茶素。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的 β -葡聚糖-茶多酚复合物，其特征在于：所述制备方法中是将透析袋置 pH 为 5.56、离子强度为 0.13mol/L 的磷酸缓冲液中，在温度 40℃ 条件下透析至达到平衡。

4. 权利要求 1 所述 β -葡聚糖-茶多酚复合物在制备抗氧化剂中的应用。

5. 权利要求 1 所述 β -葡聚糖-茶多酚复合物在制备抗氧化食品中的应用。

6. 权利要求 1 所述 β -葡聚糖-茶多酚复合物在制备抗氧化药物中的应用。

β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种复合物,特别涉及一种 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物,以及该复合物的应用。

背景技术

[0002] β - 葡聚糖作为一种可溶性膳食纤维,广泛存在于细菌、酵母、真菌和高等植物(如燕麦、大麦、黑麦和小麦等)中,主要以细胞结构成分(如细胞壁)的形式存在。现代医学研究表明,β - 葡聚糖具有调节机体免疫,抗肿瘤,降低血糖、血脂和胆固醇等多种功能,在食品和医药领域已引起广泛关注。

[0003] 茶多酚是茶叶中一类多羟基酚类化合物的总称,可分为黄烷醇类、羟基-[4]-黄烷醇类、花色苷类、黄酮类、黄酮醇类和酚酸类等,其中以黄烷醇类为主,黄烷醇类又以儿茶素类为主。儿茶素类约占茶多酚总量的 60 ~ 80%,主要由表没食子儿茶素(EGC)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、表儿茶素(EC)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)、儿茶素(DLC)等几种单体组成。茶多酚具有很强的抗氧化作用,可用于食品保鲜防腐,能够延长贮存期,使食品在较长时间内保持原有色泽和营养水平;在医学方面,其具有清除活性氧自由基,阻止脂质过氧化,抗衰老,抗辐射,降低血糖、血脂和胆固醇,抗肿瘤,调节机体免疫等多种功能;已成为当前食品和医药领域研究开发的热点。

[0004] 但迄今为止,国内外未见 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物的研究报道,也未见 β - 葡聚糖和茶多酚在抗氧化方面具有协同作用的研究报道。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的之一在于提供一种 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物;目的之二在于提供所述复合物在食品和医药领域的应用。

[0006] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 1、β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物,由以下方法制得:在透析袋内加入 β - 葡聚糖的水溶液与茶多酚或其活性单体的水溶液,再将透析袋置 pH 为 3 ~ 7、离子强度为 0.05 ~ 0.3mol/L 的磷酸缓冲液中,在温度 20 ~ 60℃ 条件下透析至达到平衡,即得 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物。

[0008] 进一步,所述 β - 葡聚糖为燕麦 β - 葡聚糖或大麦 β - 葡聚糖;

[0009] 进一步,所述茶多酚活性单体为表没食子儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯、没食子儿茶素没食子酸酯、表儿茶素、表儿茶素没食子酸酯或儿茶素;

[0010] 进一步,所述制备方法中是将透析袋置 pH 为 5.56、离子强度为 0.13mol/L 的磷酸缓冲液中,在温度 40℃ 条件下透析至达到平衡。

[0011] 2、所述 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物在制备抗氧化剂中的应用。

[0012] 3、所述 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物在制备抗氧化食品中的应用。

[0013] 4、所述 β - 葡聚糖 - 茶多酚复合物在制备抗氧化药物中的应用。

[0014] 本发明的有益效果在于： β -葡聚糖-茶多酚复合物的制备采用饱和水溶液法，本发明先采用单因素试验考察了pH值、离子强度和温度等因素对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响，再在单因素实验基础上，采用响应面分析法对 β -葡聚糖-茶多酚复合物的制备工艺进行了优化，所得优化工艺简便易行，稳定性好， β -葡聚糖对茶多酚的吸附量大。利用本发明方法制得的 β -葡聚糖-茶多酚复合物较单独作用的 β -葡聚糖或茶多酚具有更强的抗氧化能力，且在一定浓度范围内对超氧阴离子的清除能力大于 β -葡聚糖和茶多酚单独作用时的清除能力之和，即具有协同增效作用。因此，本发明的 β -葡聚糖-茶多酚复合物可以用于制备抗氧化剂，在食品保鲜防腐领域具有良好的开发应用前景；还可以用于制备具有抗氧化功效的食品或药物，在保健食品和药品领域具有良好的开发应用前景。

附图说明

[0015] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述，其中：

[0016] 图1为pH值对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响；其中，标有相同小写字母的组间差异不显著($p > 0.05$)，标有不同小写字母的组间差异显著($p < 0.05$)；

[0017] 图2为离子强度对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响；其中，标有相同小写字母的组间差异不显著($p > 0.05$)，标有不同小写字母的组间差异显著($p < 0.05$)；

[0018] 图3为温度对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响；其中，标有相同小写字母的组间差异不显著($p > 0.05$)，标有不同小写字母的组间差异显著($p < 0.05$)；

[0019] 图4为茶多酚标准曲线；

[0020] 图5为响应面分析图，其中A和B分别为 $Y = f_1(X_1, X_2)$ 的曲面图和等值线图($X_3 = 30$)，C和D分别为 $Y = f_2(X_1, X_3)$ 的曲面图和等值线图($X_2 = 0.10$)，E和F分别为 $Y = f_3(X_2, X_3)$ 的曲面图和等值线图($X_1 = 6$)；

[0021] 图6为 β -葡聚糖(A)及 β -葡聚糖-茶多酚复合物(B)的原子力显微图谱；

[0022] 图7为 β -葡聚糖(1)、茶多酚(2)、 β -葡聚糖-茶多酚复合物(3)以及 β -葡聚糖和茶多酚的混合物(4)的红外图谱；

[0023] 图8为 β -葡聚糖、茶多酚及其复合物对羟基自由基的清除能力；

[0024] 图9为 β -葡聚糖、茶多酚及其复合物对超氧阴离子的清除能力；

[0025] 图10为 β -葡聚糖、茶多酚及其复合物对铁离子的还原能力；

[0026] 图11为 β -葡聚糖、茶多酚及其复合物对1,1-二苯基-2-苦基苯肼(DPPH)自由基的清除能力。

具体实施方式

[0027] 以下将参照附图，对本发明的优选实施例进行详细的描述。

[0028] 一、实验材料和仪器

[0029] 实验材料和仪器：燕麦 β -葡聚糖(含量>75%)购自郑州荔诺生物科技有限公司；茶多酚(含量为98%)购自长沙艾茵生物制品有限公司；MD44-14透析袋(截留分子量为1.4kDa)购自美国联合碳化物公司(Union Carbide Corporation)；原子力显微镜购自美国维易科(Veeco)精密仪器有限公司；Spectrum 100型傅里叶变换红外光谱仪购自美国

珀金埃尔默 (PerkinElmer) 仪器公司。

[0030] 燕麦 β -葡聚糖的预处理 : 将燕麦 β -葡聚糖与水混合, 温度 80℃ 搅拌使完全溶解后, 用流水透析 24 小时, 再用蒸馏水透析 24 小时 (去除溶液中的小分子, 避免其对透析外液中茶多酚含量测定的干扰), 4℃ 保存备用。

[0031] 透析袋的预处理 : 取适当长度的透析袋, 置含有质量分数为 2% 的碳酸氢钠和浓度为 1mmol/L 的乙二胺四乙酸 (EDTA) 的溶液中煮沸 10 分钟, 用蒸馏水洗净, 再置蒸馏水中煮沸 10 分钟 (或置蒸馏水中高压灭菌 10 分钟), 冷却后, 5℃ 保存备用 (必须确保透析袋始终浸没在水中)。

[0032] 二、反应各因素对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响

[0033] 1、pH 值对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响

[0034] 方法 : 在透析袋内加入浓度为 0.5mg/mL 的 β -葡聚糖溶液 6mL 和浓度为 0.5mg/mL 的茶多酚溶液 2mL, 再将透析袋放入 pH 值分别为 3、4、5、6、7, 离子强度为 0.05mol/L 的磷酸缓冲液 30mL 中, 在室温下透析 16 小时至达到平衡, 采用紫外分光光度法测定透析外液中茶多酚的浓度 (茶多酚标准曲线如图 4 所示), 按照以下公式计算 β -葡聚糖对茶多酚的吸附量 :

[0035]

$$\text{吸附量}(Q_e, \mu\text{g}/\text{mg}) = \frac{M_{tp} - C_t V}{M}$$

[0036] 式中, M_{tp} 为初始茶多酚总量 (μg), C_t 为达到透析平衡时透析外液中茶多酚的浓度 ($\mu\text{g}/\text{mL}$), V 为透析内液和外液的总体积 (mL), M 为 β -葡聚糖总量 (mg)。

[0037] 结果 : 如图 1 所示, pH 值对 β -葡聚糖和茶多酚的复合量具有显著影响, 随着 pH 值的升高, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量逐步增加, 当 pH 值达到 6 时, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量达到最大值, 之后继续升高 pH 值, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量反而下降。其可能原因是 pH 值影响了 β -葡聚糖的高级结构和螺旋结构, 以及 β -葡聚糖和茶多酚的聚集情况, 从而使 β -葡聚糖对茶多酚的吸附发生变化。

[0038] 2、离子强度对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响

[0039] 方法 : 在透析袋内加入浓度为 0.5mg/mL 的 β -葡聚糖溶液 6mL 和浓度为 0.5mg/mL 的茶多酚溶液 2mL, 再将透析袋放入 pH 值为 6, 离子强度分别为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5mol/L 的磷酸缓冲液 30mL 中, 在室温下透析 16 小时至达到平衡, 采用紫外分光光度法测定透析外液中茶多酚的浓度, 计算 β -葡聚糖对茶多酚的吸附量。

[0040] 结果 : 如图 2 所示, 离子强度对 β -葡聚糖和茶多酚的复合量具有显著影响, 随着离子强度的增加, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量急剧降低。其可能原因是离子强度的增加使 β -葡聚糖处于更多的离子氛围中, 与茶多酚结合的空间阻碍和静电排斥作用增大, 从而使 β -葡聚糖对茶多酚的吸附量减少。

[0041] 3、温度对 β -葡聚糖和茶多酚复合量的影响

[0042] 方法 : 在透析袋内加入浓度为 0.5mg/mL 的 β -葡聚糖溶液 6mL 和浓度为 0.5mg/mL 的茶多酚溶液 2mL, 再将透析袋放入蒸馏水 30mL 中, 分别在温度 20、30、40、50、60℃ 条件下透析 16 小时至达到平衡, 采用紫外分光光度法测定透析外液中茶多酚的浓度, 计算 β -葡聚糖对茶多酚的吸附量。

[0043] 结果:如图 3 所示,温度对 β -葡聚糖和茶多酚的复合量具有显著影响,随着温度升高, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量先增加后降低,当温度为 30℃时, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量达到最大值。其可能原因是温度影响了 β -葡聚糖的分子结构以及茶多酚在 β -葡聚糖分子链中的取向。

[0044] 三、响应面分析法优化 β -葡聚糖-茶多酚复合物的制备工艺

[0045] 根据 Box-Behnken 实验设计原理,综合单因素实验结果,选取 pH 值、离子强度和温度三因素为自变量(X),各分三个水平, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量为响应值(Y),采用 Design Expert 7.0 软件设计响应面实验方案并对实验结果进行回归分析。实验方案及结果见表 1。实验结果的二次响应模型方差分析见表 2。

[0046] 表 1 响应面实验方案及结果

[0047]

实验编号	X_1	X_2	X_3	Qe($\mu\text{g}/\text{mg}$)
	pH 值	离子强度(mol/L)	温度(°C)	
1	7	0.10	40	91.72±13.98
2	5	0.15	30	97.09±11.58
3	7	0.15	30	106.95±10.21
4	7	0.10	20	102.11±5.99
5	6	0.15	40	125.23±8.60
6	6	0.10	30	127.02±8.21
7	6	0.10	30	127.74±17.21
8	6	0.05	40	105.88±3.53
9	6	0.05	20	121.29±8.61
10	5	0.05	30	101.04±5.66
11	6	0.10	30	120.39±15.33
12	7	0.05	30	91.00±13.45
13	5	0.10	40	134.37±7.53
14	5	0.10	20	70.39±12.90
15	6	0.15	20	90.28±2.99

[0048] 表 2 响应面实验结果的二次响应模型方差分析

[0049]

参数	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
模型	4298.19	9	477.58	9.11	0.0128
X_1	15.43	1	15.43	0.29	0.6108
X_2	0.014	1	0.014	2.763×10^{-4}	0.9874
X_3	668.50	1	668.50	12.75	0.0160
$X_1 X_2$	99.01	1	99.01	1.89	0.2278
$X_1 X_3$	1382.72	1	1382.72	26.37	0.0037
$X_2 X_3$	634.03	1	634.03	12.09	0.0177
X_1^2	1267.27	1	1267.27	24.17	0.0044
X_2^2	207.90	1	207.90	3.96	0.1031
X_3^2	174.59	1	174.59	3.33	0.1276
残差	262.18	5	52.44		
失拟项	229.35	3	76.45	4.66	0.1818
纯误差	32.83	2	16.42		
总和	4560.37	14			

[0050] 由表 2 可知, 模型的 $p < 0.05$, 差异显著; 失拟项的 $p > 0.05$, 差异不显著; 说明未知因素对实验结果干扰小, 模型选择合适。从方差分析还可以看出, $X_1 X_3$ 和 X_1^2 对 β -葡聚糖和茶多酚的复合量具有极显著影响 ($p < 0.01$), $X_2 X_3$ 对 β -葡聚糖和茶多酚的复合量具有显著影响 ($p < 0.05$), 说明各自变量对响应值的影响不是简单的线性关系。经回归拟合后, 各自变量对响应值的影响可用回归方程表示为: $Y = 125.05 - 1.39 X_1 + 0.043 X_2 + 9.14 X_3 + 4.98 X_1 X_2 - 18.59 X_1 X_3 + 12.59 X_2 X_3 - 18.53 X_1^2 - 7.50 X_2^2 - 6.88 X_3^2$; 决定系数 $R^2 = 0.9425$, 说明回归方程的拟合程度良好, 误差小。

[0051] 根据上述回归方程作出响应面分析图, 如图 5 所示。

[0052] 利用 Design Expert 7.0 软件进行分析计算, 得 β -葡聚糖-茶多酚复合物的最佳制备条件为: pH 值为 5.56、离子强度为 0.13mol/L、温度为 40℃, β -葡聚糖对茶多酚的吸附量预测值为 136.15 μg/mg。

[0053] 四、 β -葡聚糖-茶多酚复合物的优化制备工艺的实验验证

[0054] 按照上述最佳制备条件进行三次平行验证实验: 在透析袋内加入浓度为 0.5mg/mL 的 β -葡聚糖溶液 6mL 和浓度为 0.5mg/mL 的茶多酚溶液 2mL, 再将透析袋放入 pH 值为 5.56, 离子强度为 0.13mol/L 的磷酸缓冲液 30mL 中, 在温度 40℃ 条件下透析 16 小时至达到平衡, 采用紫外分光光度法测定透析外液中茶多酚的浓度, 计算 β -葡聚糖对茶多酚的吸附量。结果 β -葡聚糖对茶多酚的吸附量实测值为 $134.55 \pm 15.55 \mu\text{g}/\text{mg}$, 与预测值基本一致。使用酒石酸亚铁比色法测得复合物中茶多酚含量为 2%。

[0055] 实验中还发现, β -葡聚糖对茶多酚的吸附作用不是简单的放热, 因此, β -葡聚糖对茶多酚的吸附作用不是简单的物理吸附。

[0056] 分别将 β -葡聚糖溶液和 β -葡聚糖-茶多酚复合物溶液滴在新解离云母片上, 待自然风干后, 用原子力显微镜在 Tapping 模式下成像。所得原子力显微图如图 6 所示,

可见 β -葡聚糖的聚集体呈球状或网状结构,同时在这些结构周边或空隙间有多糖颗粒出现,微小颗粒聚集成紧密的球状结构,球内有孔洞,球层上及周边有多糖颗粒单个分布,直径约 20nm;而 β -葡聚糖-茶多酚复合物呈现规则形状,在 β -葡聚糖的聚集体球状周围均匀分布着茶多酚分子。

[0057] 分别将 β -葡聚糖、茶多酚、 β -葡聚糖-茶多酚复合物以及 β -葡聚糖和茶多酚的混合物进行红外光谱扫描。所得红外光谱图如图 7 所示,可见 β -葡聚糖-茶多酚复合物与 β -葡聚糖和茶多酚的混合物的红外光谱不同;与 β -葡聚糖相比, β -葡聚糖-茶多酚复合物的-OH 伸缩振动吸收峰向低频扩展,-OH 变形振动吸收峰向高频扩展。

[0058] 五、 β -葡聚糖-茶多酚复合物的抗氧化能力研究

[0059] 1、 β -葡聚糖-茶多酚复合物对羟基自由基的清除能力

[0060] 方法:参照文献方法 (Jianlin Li, et al. The in vitro antioxidant activity of lotusgerm oil from supercritical fluid carbon dioxide extraction. Food Chemistry, 2009, 115(3) :939-944), 在具塞比色管中加入浓度为 0.02mmol/L 的结晶紫溶液 1.4mL、浓度为 5mmol/L 的硫酸铁溶液 1mL、pH 为 5.5 的 Tris-HCl 缓冲液 1mL、浓度为 2.5mmol/L 的过氧化氢溶液 1mL、不同浓度的样品溶液 2mL, 用水定容至总体积为 10mL, 于波长 580nm 处测定吸光度 A_2 , 同时测定未加入过氧化氢体系的吸光度 A_0 以及未加入样品体系的吸光度 A_1 , 按下式计算羟基自由基清除率:

$$[0061] \text{羟基自由基清除率} (\%) = [(A_2 - A_1) / (A_0 - A_1)] \times 100\%$$

[0062] 结果:如图 8 所示, β -葡聚糖-茶多酚复合物对羟基自由基的清除能力大于 β -葡聚糖或茶多酚单独作用时的清除能力,且清除能力随着复合物浓度增大而逐渐增强。

[0063] 2、 β -葡聚糖-茶多酚复合物对超氧阴离子的清除能力

[0064] 方法:参照文献方法 (Sfahlan AJ, et al. Antioxidants and antiradicals in almond hull and shell (Amygdalus communis L.) as a function of genotype. Food Chemistry, 2009, 115(2) :529-533), 在具塞比色管中加入浓度为 50mmol/L、pH 为 8.2 的 Tris-HCl 缓冲液 7mL、不同浓度的样品溶液 2mL, 25℃ 水浴保温 20 分钟, 立即加入预热至 25℃、浓度为 45mmol/L 的邻苯三酚溶液(用浓度为 10mmol/L 的盐酸溶液配制) 40 μ L, 25℃ 水浴保温 3 分钟, 再迅速加入抗坏血酸溶液 50 μ L, 室温下放置 5 分钟, 于波长 420nm 处测定吸光度 A_1 , 同时测定未加入样品体系的吸光度 A_0 以及未加入邻苯三酚体系的吸光度 A_2 , 按下式计算超氧阴离子清除率:

$$[0065] \text{超氧阴离子清除率} (\%) = [1 - (A_1 - A_2) / A_0] \times 100\%$$

[0066] 结果:如图 9 所示,在一定浓度范围内, β -葡聚糖-茶多酚复合物对超氧阴离子的清除能力不仅大于 β -葡聚糖或茶多酚单独作用时的清除能力,而且大于 β -葡聚糖和茶多酚单独作用时的清除能力之和,即具有协同增效作用。

[0067] 3、 β -葡聚糖-茶多酚复合物对铁离子的还原能力

[0068] 方法:参照文献方法 (Jing Xu, et al. Carboxymethylation of a polysaccharide extracted from Ganoderma lucidum enhances its antioxidant activities in vitro. Carbohydrate Polymers, 2009, 78(2) :227-234), 在具塞比色管中加入浓度为 0.2mol/L、pH 为 6.6 的磷酸缓冲液 2.5mL、不同浓度的样品溶液 2.5mL 和质量分数为 1% 的铁氰化钾溶液 2.5mL, 50℃ 水浴反应 20 分钟后迅速冷却, 加入质量分数为 10%

的三氯乙酸溶液 2.5mL、质量分数为 0.1% 的三氯化铁溶液 1mL 和蒸馏水 5mL, 混匀后室温放置 10 分钟, 于波长 700nm 处测定吸光度 (吸光度越大表明还原力越强)。

[0069] 结果 : 如图 10 所示, β -葡聚糖 - 茶多酚复合物对铁离子的还原能力大于 β -葡聚糖或茶多酚单独作用时的还原能力, 且随复合物浓度增大, 还原能力线性上升。

[0070] 4、 β -葡聚糖 - 茶多酚复合物对 DPPH 自由基的清除能力

[0071] 方法 : 参照文献方法 (Deliang Qiao, et al. Antioxidant activities of polysaccharides from *Hyriopsis cumingii*. Carbohydrate Polymers, 2009, 78 (2) : 199-204), 将 DPPH 2mL 与不同浓度的样品溶液 2mL 混匀后于波长 517nm 处测定吸光度 A_i , 同时, 将 DPPH 2mL 与体积分数为 95% 的乙醇 2mL 混匀后测定吸光度 A_0 , 将不同浓度的样品溶液 2mL 与体积分数为 95% 的乙醇 2mL 混匀后测定吸光度 A_j , 按下式计算 DPPH 自由基清除率 :

[0072]

$$\text{DPPH自由基清除率} (\%) = \left(1 - \frac{A_i - A_j}{A_0} \right) \times 100$$

[0073] 结果 : 如图 11 所示, 在一定浓度范围内, β -葡聚糖 - 茶多酚复合物对 DPPH 自由基的清除能力大于 β -葡聚糖或茶多酚单独作用时的清除能力, 且随着复合物浓度增大, 清除能力逐渐增强。

[0074] 本发明方法适用于各种来源的 β -葡聚糖, 当 β -葡聚糖的分子量较大时, 其形成的复杂空间结构和螺旋结构对小分子如茶多酚的包埋效果较好, 因此, 本发明的 β -葡聚糖优选燕麦、大麦来源的 β -葡聚糖。本发明的茶多酚可以替换为其活性单体如 EGC、EGCG、GCG、EC、ECG、DLC 等, 都可以实现本发明所述效果。本发明制备方法的主要影响因素如 pH 值、离子强度和温度可以根据具体实验条件如 β -葡聚糖的种类和分子量以及茶多酚的种类等在本发明所述范围内进行调整和优化, 以获得最佳制备条件。

[0075] 最后说明的是, 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制, 尽管通过参照本发明的优选实施例已经对本发明进行了描述, 但本领域的普通技术人员应当理解, 可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变, 而不偏离所附权利要求书所限定的本发明的精神和范围。

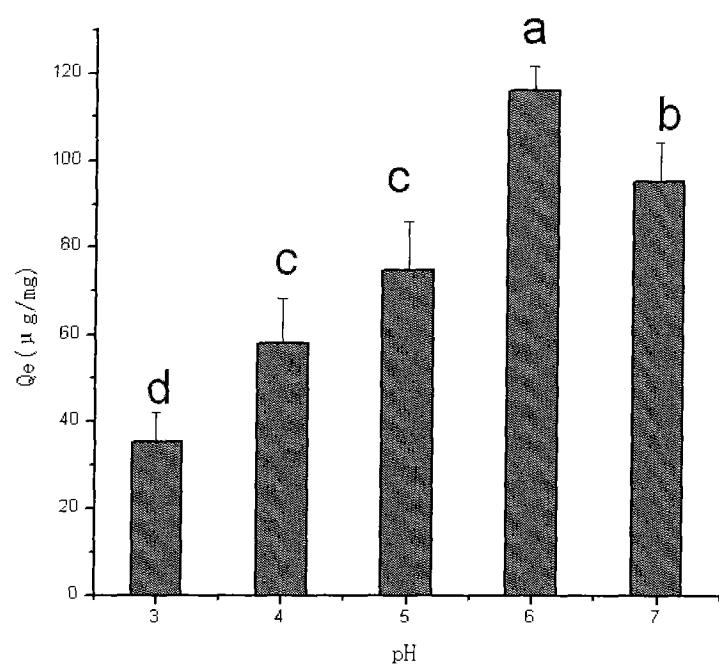


图 1

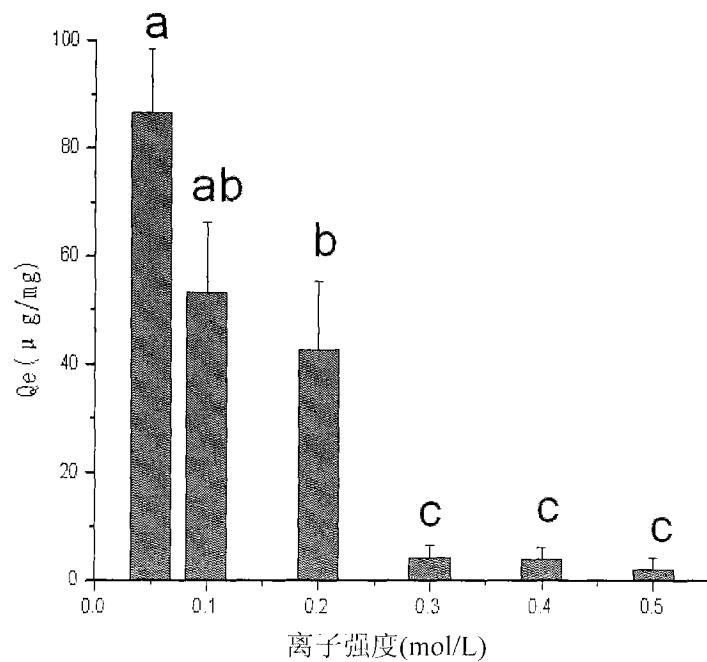


图 2

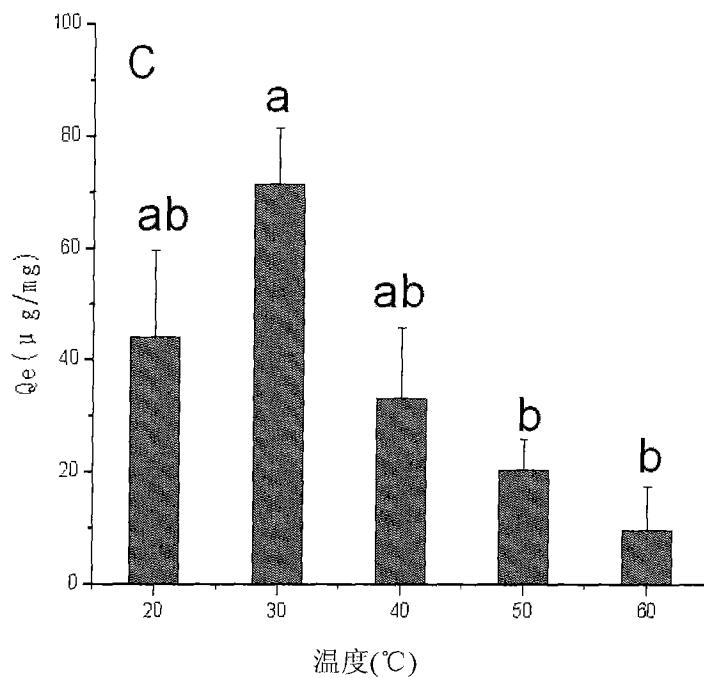


图 3

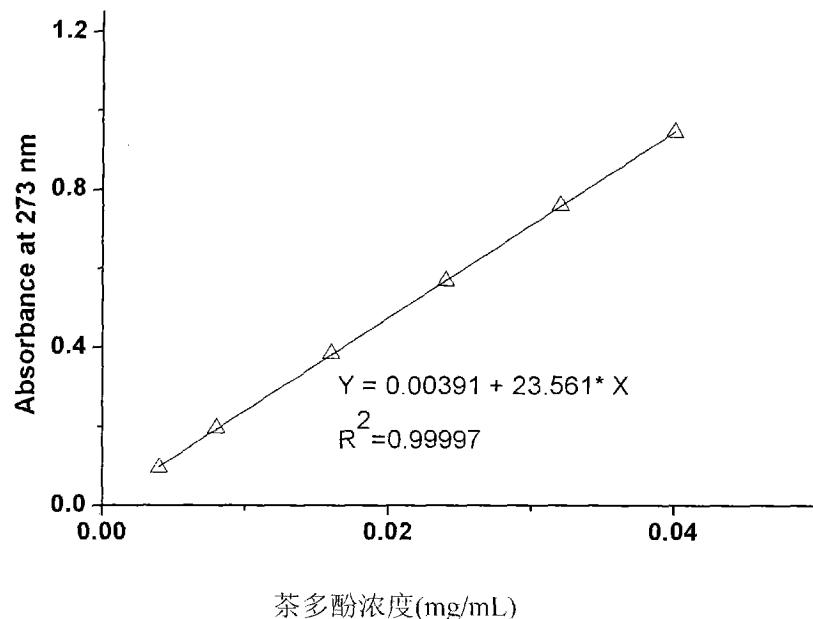


图 4

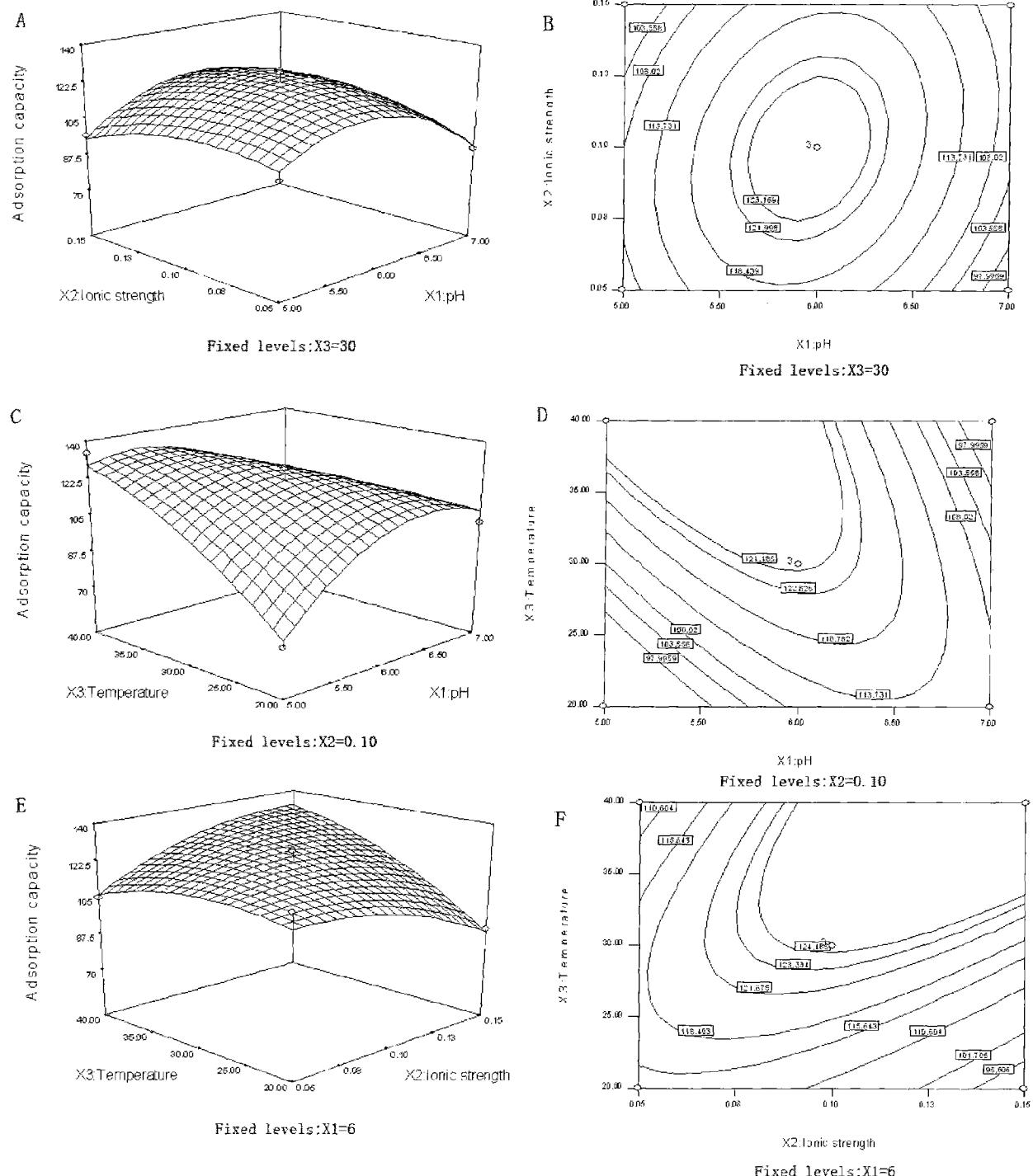


图 5

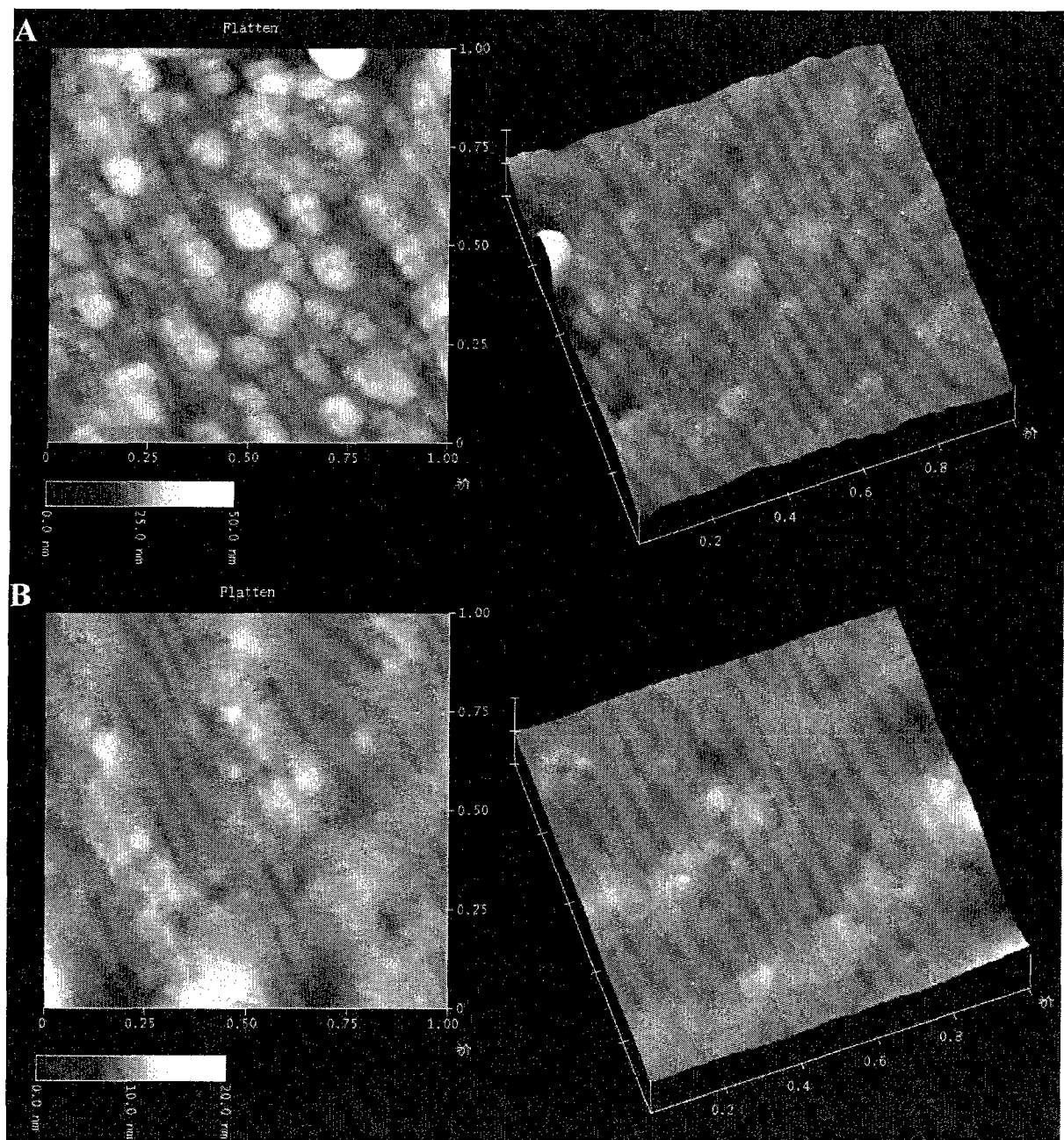


图 6

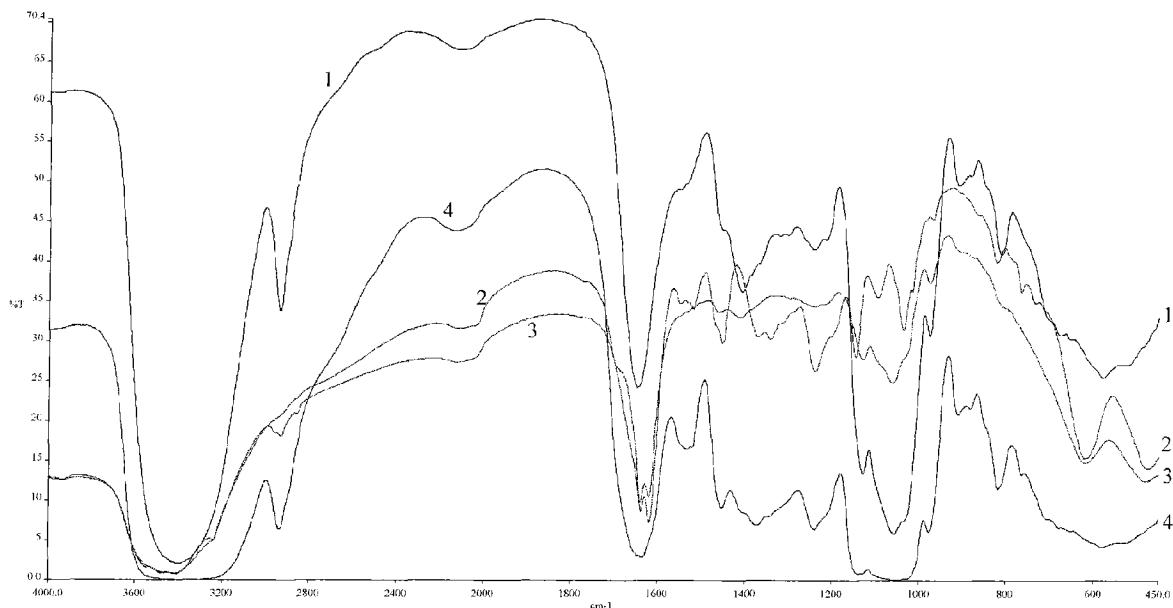


图 7

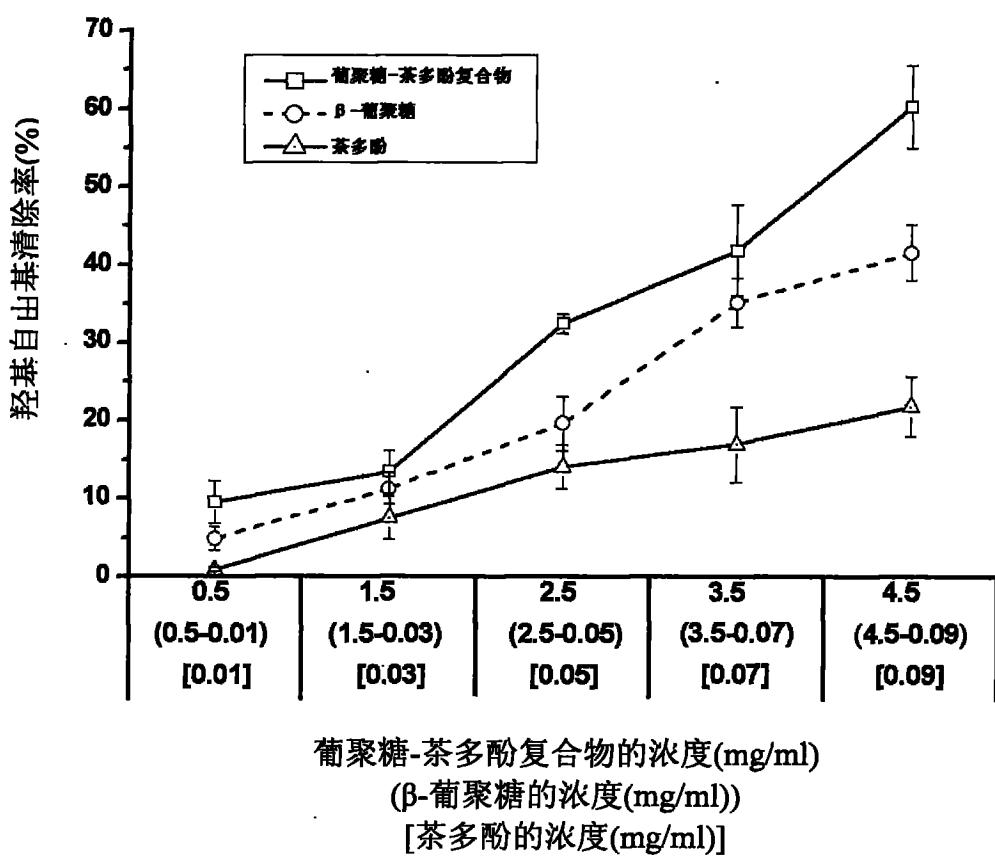


图 8

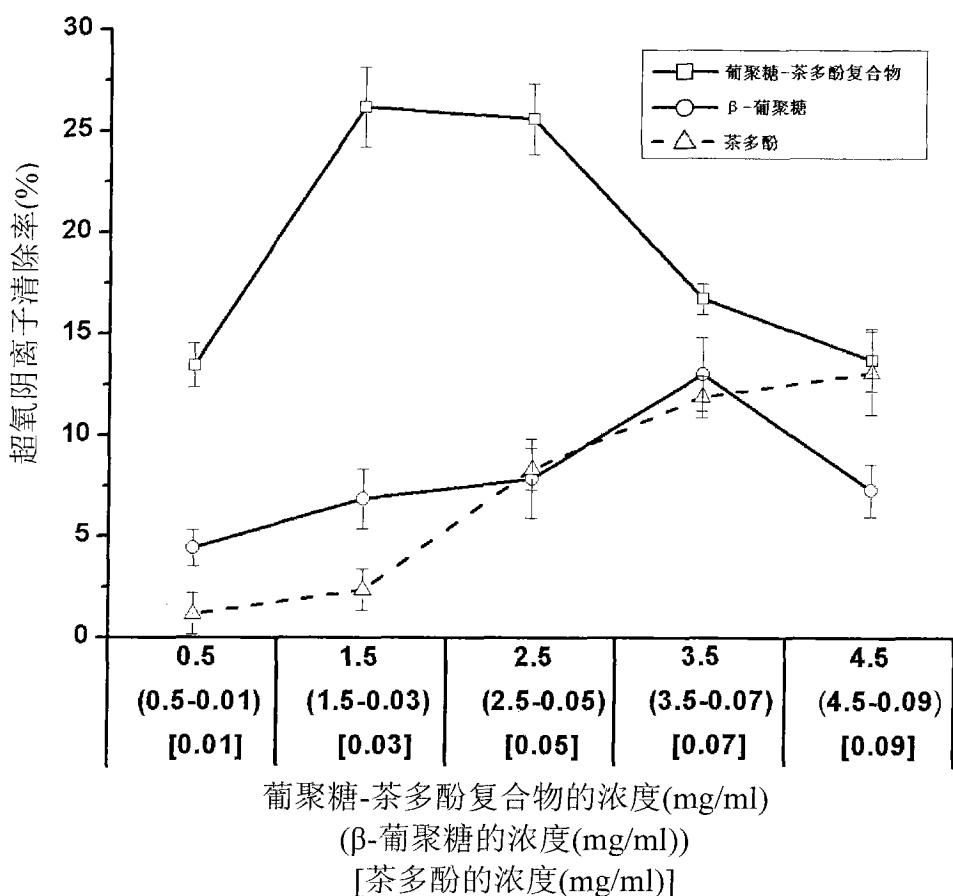


图 9

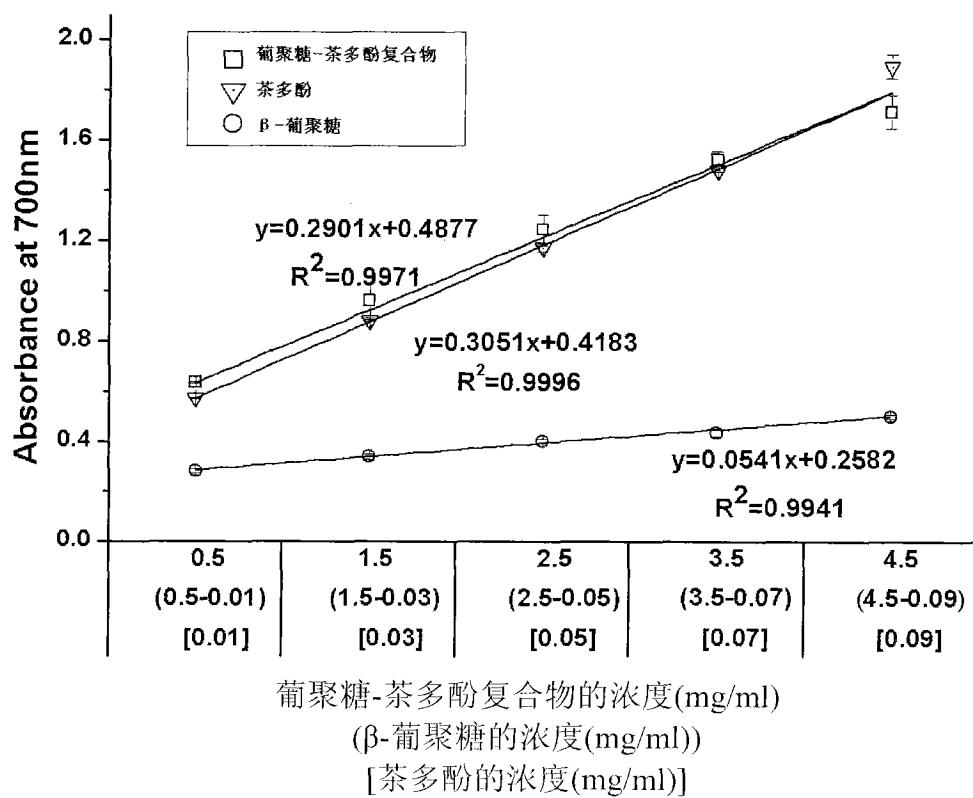


图 10

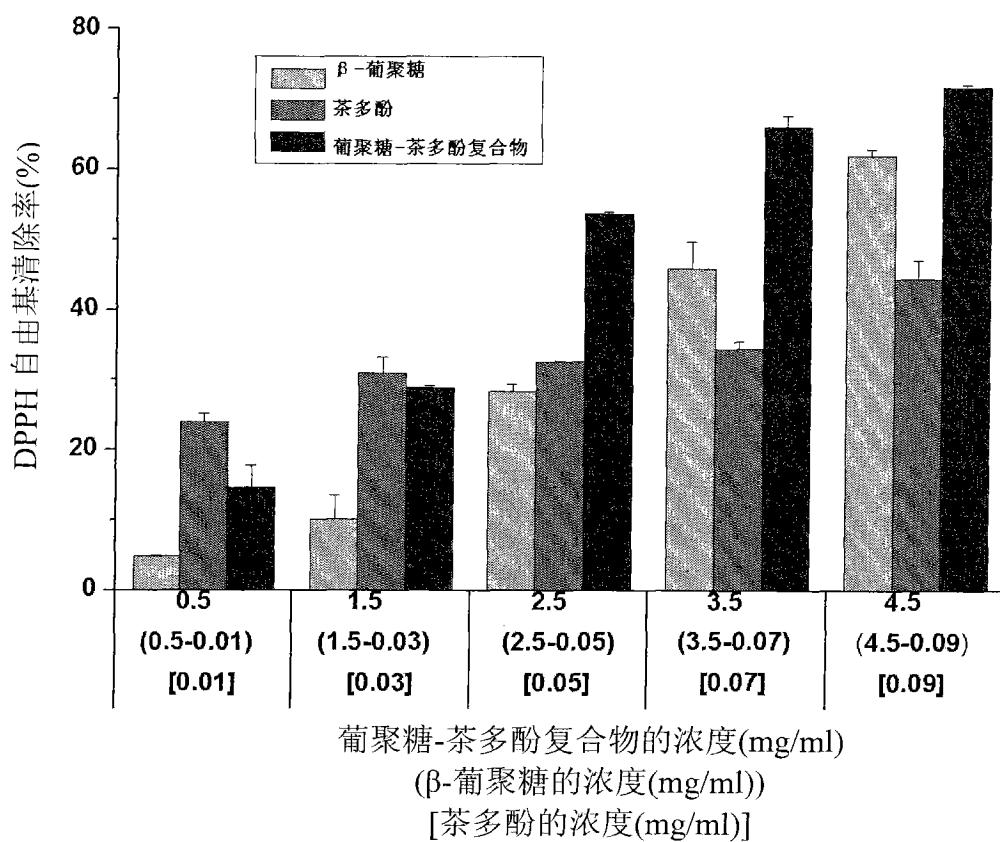


图 11