• 综述 •

超临界流体萃取中药及天然产物的样品制备和预处理方法研究进展

杨必成, 杨义芳*

(上海医药工业研究院, 上海 200240)

摘要: 超临界流体萃取技术由于其能耗低、无环境污染、参数易控制等优点, 在中药和天然产物有效成分的提取分离中显示出广泛的应用前景。在采用超临界流体萃取技术提取分离中药和天然产物时, 样品的制备和预处理直接影响到萃取得率和萃取物的化学成分, 进而影响到萃取物的药效作用。通过查阅国内外相关文献, 综述了超临界流体萃取中药和天然产物的样品制备和预处理方法的研究进展, 以为超临界流体萃取在中药和天然产物中的应用提供借鉴。

关键词: 中药; 天然产物; 超临界流体萃取; 样品制备和预处理

中图分类号: R283.3 文献标识码: A 文章编号: 0253-2670(2010)08-1391-04

Advances in studies on sample preparation and pre-treatment of Chinese materia medica and natural products extracted by supercritical fluid extraction

YANG Bi-cheng, YANG Yi-fang

(Shanghai Institute of Pharmaceutical Industry, Shanghai 200240, China)

Key words: Chinese materia medica (CMM); natural products; supercritical fluid extraction (SFE); sample preparation and pre-treatment

超临界流体萃取(supercritical fluid extraction, SFE)是20世纪30年代在国际上兴起的一种绿色提取分离技术, 由于其具有能耗低、无环境污染、操作简单、参数易控制、提取率高、产品纯度好, 适合于稳定、易氧化的挥发性成分和脂溶性成分的提取分离等优点越来越受到人们的广泛关注, 已在食品、医药、香精香料、化学工业、能源工业等领域显示出广泛的应用前景^[1-2]。超临界流体具有和液体相近的密度, 其黏度与气体相近, 扩散系数为液体的上百倍, 因此对许多物质有较好的渗透性和较强的溶解能力。将SFE技术应用于中药和天然药物有效成分的提取、分离及其制剂提取工业研究, 结合传统剂型的工艺改革, 可有效富集生物活性物质, 提高得率, 是中药现代化研究领域的重要内容。影响SFE的因素有萃取温度、萃取压力、流体流量等, 而在超临界流体萃取中药和天然产物中, 由于中药和天然产物样品的特性各不相同, 不同的样品制备和预处理方法对超临界流体萃取效率、实验重现性、样品均一性以及萃取物的化学成分有较大影响, 因此SFE前选择合适的样品制备和预处理方法非常重要。通过查阅国内外相关文献, 结果发现超临界流体萃取中药和天然产物的样品制备和预处理方法主要有控制水分、粉碎、破碎细胞壁、碱化和酸化等。本文综述了超临界流体萃取中药和天然产物的样品制备和预处理方法的研究进展,

以为SFE在中药和天然药物中的应用提供借鉴。

1 样品中含水量的控制

1.1 样品含水量对超临界萃取的影响: 中药及天然药物中水分的存在形式有化合水、结合水和游离水3种, 其中化合水及样品内层结合水不容易干燥除去, 且由于与物料样品结合不紧密不具有介质作用而也不会对超临界流体萃取产生较大影响; 而游离水和外层结合水都具有介质作用, 超临界状态下可以作为极性的夹带剂影响超临界流体萃取。理论上讲, 样品含水量较高时, 容易在物料的表面形成一层水膜, 既不利于被萃取物的溶出, 也不利于超临界CO₂流体的进入, 使超临界流体萃取变得更困难; 同时高水分使得样品结块, 增加了传质阻力, 使得萃取时间延长, 萃取得率下降^[3-4]。张德权等^[5]研究了样品中含水量对超临界二氧化碳从姜粉中萃取姜油树脂的影响, 结果发现当姜粉中存在大量游离水(即含水量大于15%)时, 随着含水量的增加, 姜油树脂萃取得率逐步下降, 同时水也促进了多糖等极性物质的溶出, 导致姜油树脂中出现水分层的白色沉淀。然而, 低水分含量下(含水量小于15%)姜油树脂的萃取率受水分的影响很小, 萃取率保持在5%以上。Shao等^[6]采用响应面优化法优化超临界二氧化碳流体萃取小麦芽油的工艺参数, 结果发现当麦芽含水量从7.24%降到3.17%时, 麦芽油得率从9.15%

* 收稿日期: 2009-10-13

基金项目: 国家“重大新药创制”科技重大专项“十一五”计划资助项目(2009ZX09301-007); 上海市中药现代化专项资助项目(09DZ1975200); 上海市中药现代化专项资助项目(08DZ1971801); 上海市自然科学基金资助项目(06ZR14078)

作者简介: 杨必成(1985-), 男, 江西赣州人, 硕士研究生, 专业方向为天然产物的制备与分析检测。 E-mail: ybc258429312@126.com

* 通讯作者 杨义芳 Tel: (021)62473018 E-mail: yangyf4912@163.com

提高到 9.7%。

然而,另一些研究发现,物料中的水分并不是越低越好。水在超临界 CO₂ 流体中的溶解度只有 0.3%,但在超临界萃取过程中却发挥重要的作用,样品中的水分是否对超临界流体萃取有利取决于其能否开孔,增大基质表面积以及有利于超临界流体渗入到样品中去。样品中少量水分的存在可以增加超临界 CO₂ 流体的极性而提高大极性化合物的萃取率,但是如果样品中含水量过多,极性大的物质更容易分配到水相中而导致其得率降低,而对于中等极性的化合物更容易分配到超临界 CO₂ 流体中而提高其萃取率。研究报道采用超临界二氧化碳流体萃取牛至挥发油,发现在萃取过程中非连续加入水作为夹带剂可以大大增加牛至挥发油的得率,连续加入水作为夹带剂也可以提高萃取率,但不能增加脂溶性物质的得率,而降低加水量对挥发油的萃取得率影响不大。葛毅强等^[7]考察了不同预处理条件对超临界流体提取麦胚中天然维生素 E 的影响,采用含水量分别为 4.3%、5.1%、8.2% 和 11.5% 的小麦胚芽萃取 90 min, 结果发现含水量 5.1% 的小麦胚芽维生素 E 萃取率最高。水的存在可以使被萃取物麦胚发生膨胀,有利于超临界 CO₂ 流体深入到麦胚的内部,从而有利于维生素 E 从麦胚到超临界流体的传递过程;而且水在高压的超临界 CO₂ 中有一定的溶解度,可以起到一定的夹带剂作用。因此,原料中含有一定的水分有利于提取。

此外,样品含水量对超临界流体萃取设备还会产生影响。在超临界 CO₂ 萃取时,经过调整压力后,可以从第一个分离器中得到基本不含水分的萃取物,CO₂ 从萃取釜带出的大部分水分通过第二个分离釜析出,但还是有部分水分不能被除去,特别是最后一个分离釜温度较高时部分水以蒸汽的形式存在于 CO₂ 中,这部分水气将随着 CO₂ 进到气体循环系统。超临界萃取设备的流体循环管路上大都设有净化器,但它只能捕捉到气体中呈水珠状态的水分,对以蒸汽状态存在的水分起不到分离作用,导致 CO₂ 冷却管路发生冰堵,给萃取工作带来不便。防止冰堵的措施之一是降压,将进入循环的流体压力降到超临界压力以下,使其中以溶解状态存在的水分完全析出;二是降温,使以蒸汽状态存在的部分水分冷凝析出,最后一个分离器可以选择较低的温度,或在净化器之前设置一个预冷器,温度控制在 CO₂ 液化温度之上,在 CO₂ 液化之前将水分冷凝除去;三是在净化器之后使用干燥剂吸附 CO₂ 中的水分。当然设计高效净化器以及勤排净化器中水分也是十分重要的^[3]。

1.2 控制样品中含水量的常用方法:不同种类的中药及天然产物含水量差别较大,控制其样品中含水量的主要方法有:风干、常压干燥、真空干燥、冷冻干燥、微波真空干燥以及在样品中加入干燥剂等物质除去样品中的水分。不同的干燥方法对萃取得率及萃取物的质量有较大影响。Lang 等^[8]分别采用冷冻干燥、45℃常压干燥以及 35℃真空干燥迷迭香,结果发现冷冻干燥样品超临界 CO₂ 萃取得到的迷迭香油质量最佳,其次是常压干燥和真空干燥;而常温干燥和风

干样品超临界 CO₂ 萃取所得的迷迭香油抗氧化作用最强。

在样品中拌入干燥剂是控制样品含水量的常用预处理方法,这些干燥剂均匀分散在样品中,还可以降低样品填充密度和提高样品的均一性。用于超临界萃取天然药物理想的干燥剂必须具有如下特性:(1) 具有高度的吸水性能;(2) 具有良好的分散性和均一性;(3) 成本较低;(4) 不需加热即可吸水;(5) 没有活性;(6) 对被萃取物不产生干扰;(7) 对健康和环境没有危害。常用的干燥剂及其特性见表 1^[9]。有文献报道将硅藻土拌入胡萝卜中然后采用超临界 CO₂ 萃取其中的胡萝卜素,发现当样品与硅藻土比例为 2:1 时萃取得率最高。也有研究报道采用超临界流体萃取胡椒中甲胺磷,结果发现以 MgSO₄ 作为干燥剂可以提高甲胺磷的萃取得率。MgSO₄ 与硅藻土相比具有成本高、需加热才能吸水,以及粉末太细的缺点,粉末太细会影响限流器和在萃取釜中结块而影响超临界萃取。各种干燥剂都有不同的优点和缺点,为了取得更好的超临界流体萃取效果,可以考虑使用混合干燥剂,使各种不同的干燥剂优势互补。Weathers 等^[10]采用缩醛类化合物如 2,2-二甲氧基丙烷(DMP)、二乙氧基丙烷(DEP)和原甲酸乙酯(TEOF)作为夹带剂除去辣椒样品中的水而提高β-谷甾醇的萃取率。DMP、DEP 和 TEOF 的不同用量对从辣椒中超临界流体萃取β-谷甾醇具有一定的影响,β-谷甾醇的得率随着加入 DMP 和 DEP 的量增加而增加,但继续增加 DMP 和 DEP 的量萃取率下降。

表 1 超临界流体萃取样品预处理中常用的干燥剂

Table 1 Common-used desiccant in sample preparation and pre-treatment by SFE

编号	干燥剂名称	干燥剂饱和比例 (水:干燥剂)	密度/(g·mL ⁻¹)	性状	是否需 要加热
1	硅藻土	3:1	0.36	粉末	否
2	硅胶	4:1	0.29	粉末	否
3	纤维素粉	4:1	0.21	粉末	否
4	氧化铝	1:1	0.85	粉末	否
5	硫酸镁	1.5:1	0.50	粉末	否
6	分子筛	0.5:1	0.83	可变	轻度加热
7	硫酸镁	1.05:1	0.62	粉末	加热
8	硫酸钠	1.27:1	1.4	粉末	轻度加热
9	氯化钙	2.0:1	1.5	粉末	高热
10	硫酸钙	1.3:1	1.9	粉末	加热

所以,超临界二氧化碳萃取中药及天然产物的样品中含水量不宜过高,但也不宜过低,过高或过低都会影响萃取率,应选择合适的控制样品含水量的样品制备和预处理方法才能取得最佳的超临界萃取效果。

2 样品粉碎

为了减少 CO₂ 流体与溶质在天然产物内的扩散距离,对原料进行预处理,即破碎成所需尺寸或粒度,并且要粉碎均匀,过细或过粗都会影响传质效果。样品颗粒粒径对萃取得率影响较为显著^[11-12]。一方面,颗粒越小,其比表面积增大,颗粒和流体的接触面积增大,而且,溶质从颗粒内部扩散至流体的传质路径变短,从而更加有利于传质的进行。杨柏崇等^[13]考察了猕猴桃籽碎度对其超临界 CO₂ 萃取得率的影

响,结果发现随着猕猴桃粉碎度的增加,萃取率逐渐增加,但增加的比例变小。粒径小不但可以影响萃取率,同时也可以提高萃取速度,节约萃取时间。Brachet 等^[14]用小于150 μm 、150~170 μm 以及220~470 μm 3种不同粒径的古柯进行超临界萃取,发现粒径越小,萃取速度越快,得率越高。但是,并非样品粒径越小越好,样品颗粒粒径过小可能使得床层反混现象加剧,对萃取产生不利影响。De Lucas 等^[15]采用0.25、0.5、1.5 μm 3种不同粒径的橄榄叶进行超临界萃取,粒径越小,橄榄油得率越高,但是粒径越大,生育酚得率越大。因此样品颗粒的大小主要影响着萃取过程。此外,样品粉碎预处理还对超临界萃取物的化学成分有影响,张凤娟等^[16]比较了粉碎和未粉碎复叶槭的LG-MS图谱,结果发现未粉碎与粉碎枝条萃取物中化学成分种类相同,但二者强度不同,除了正十六烷在未粉碎的枝条中的相对强度高于粉碎枝条外,其他化学成分的相对强度均小于粉碎的枝条。从以上实例中可以看出一般在采用较小的样品粒径时,溶质从颗粒内部扩散至流体的传质路径变短,从而更加有利于传质的进行,可以提高超临界萃取效率,但是,并非样品粒径越小越好,样品颗粒粒径过小可能使得床层反混现象加剧,所以应该通过实验摸索选择最佳的样品粒径。

3 样品细胞壁破碎

原料未经细胞壁破碎处理会对溶质产生较大的扩散阻力,减慢萃取速度,降低萃取效率;适度的细胞壁破碎可以增加样品与超临界流体的接触面积和萃取通道,从而提高萃取速度和萃取得率。

破碎样品细胞壁的方法主要有机械破碎法和酶发酵破壁法。Passos 等^[17]采用纤维素酶、蛋白酶、木聚糖和果胶酶组成的混合酶液对葡萄籽预先进行细胞壁破碎处理,将葡萄籽与酶混悬液冻干后进行超临界 CO_2 萃取,结果发现,葡萄籽油的得率比未破碎的提高了44%,而且其萃取曲线和萃取速度也不同。另外,有些目标萃取成分主要存在于细胞壁内的组织中,要想高效快速萃取这些有效成分,也必需预先将样品的细胞壁破碎。番茄红素主要存在于番茄细胞内的有色体中,成熟的番茄细胞直径可以达到1 mm,破坏番茄细胞壁可以使番茄红素直接与超临界 CO_2 接触,降低传质阻力,强化传质过程,但细胞壁破碎程度过高使得粒径过小而产生局部堵塞,引起沟流,导致超临界 CO_2 分布不均,萃取效率降低。另外,过细的番茄粉会被超临界 CO_2 带入到分离釜,给分离工作带来很大的麻烦。丘泰球等^[18]研究了样品颗粒度对超临界流体萃取薏苡仁油的影响,结果发现随着薏苡仁粒径减小,薏苡仁油的萃取得率增大,当样品粒径小于0.2 mm时,萃取得率几乎不再提高,这是由于薏苡仁油存在于薏苡仁的细胞中,若未经粉碎预处理,则细胞壁的阻力会使萃取速度减慢,萃取得率降低;通过粉碎处理,细胞壁破坏的程度增大,另外也增加超临界流体与物料的接触面积和萃取通道,使超临界 CO_2 尽快扩散到原料样品的组织内部,从而有利于提高萃取效率。但并不是细胞壁破碎程度越高越好,细胞壁破碎程度越高,原料样品越细,加剧了超临界

流体与样品界面的热效应,阻塞网孔,也增加了原料样品的堆积密度,通透性变差,会导致超临界流体只沿着阻力小的线路穿透物料层,形成许多针孔,使得萃取显著不均匀。同时,也有可能,在高压作用下原料迅速结成微密的硬块而影响萃取得率。因此,原料样品细胞壁的破碎程度和粒径要选择合适才能取得理想的超临界萃取效果。

4 样品酸碱化

在超临界流体萃取中药和天然产物中的某些有效成分时,为了提高萃取效率,可以先将样品预先碱化或酸化处理,以改变有效成分的存在形式和极性。如生物碱除了极少数碱性较弱的成分以游离形式存在外,多以盐的形式存在,因此可以通过碱化试剂的预处理,使结合的生物碱游离出来,增加其在超临界流体中的溶解度,提高萃取效率;同时也可以使用夹带剂等方法增加萃取能力^[19-20]。在超临界流体萃取生物碱时经常用的预处理碱化试剂有氨水、三乙胺、二乙胺、氢氧化钙、碳酸钠等,液态碱化剂由于其易与超临界流体混合,效果较好。钟广华等^[21]采用超临界 CO_2 萃取亚东乌头中的总生物碱,并比较了亚东乌头预先用氨水碱化和未碱化对总生物碱得率的影响,结果采用氨水碱化样品萃取得率由3.25%提高到5.19%,萃取物中总生物碱的量由17.38%提高到25.95%。蔡建国等^[22]进行了超临界 CO_2 流体萃取博落回总生物碱的研究,并考察了样品预先碱化对超临界萃取的影响。在博落回原料中拌入一定量的碳酸钠溶液,浸渍12 h后烘干,即得到预先碱化的样品,结果超临界 CO_2 的提取能力进一步提高,总生物碱的提取率可以达到20.19%,提取物中总生物碱的质量分数达2.003%。李新社等^[23]采用超临界流体萃取百合中的秋水仙碱,并比较了采用氨水预先碱化样品和不碱化对超临界萃取的影响,结果表明碱化不仅可以提高萃取物的得率(由1.106%提高到1.92%),还可以提高萃取物中秋水仙碱的质量分数(由0.95%提高到1.77%)。蒋爱芳^[24]采用10%氨水预先碱化样品,无水乙醇为夹带剂,超临界 CO_2 萃取夏天无总碱,其质量分数可达90%以上。

选择不同的碱化剂可能会影响萃取物中的化学成分。原永芳等^[25]采用超临界流体萃取法和高效液相色谱法分析延胡索萃取物中延胡索乙素的量。实验中采用氢氧化钙和三乙胺作为样品预处理的碱化剂,结果两种碱化剂萃取得率相似;随后对两种碱化剂所得到的萃取物进行高效液相色谱分析,用氢氧化钙作为碱化剂所得到的色谱图中杂质峰明显比三乙胺的小,此外,三乙胺对萃取釜的腐蚀作用也比氢氧化钙大。在研究报道在70 $^{\circ}\text{C}$ 、25 MPa的条件下添加6%柠檬酸来分离烟草中的烟碱,烟碱的质量分数从1.98%降至0.20%。碱化剂或酸化剂的种类和用量对超临界萃取得率及化学成分都有一定影响,因此,在实际研究工作中应根据目标萃取物的性质,通过实验摸索确定最佳的碱化剂(酸化剂)种类和用量,以取得最佳的超临界萃取效果。

5 减小样品填装密度

样品填装密度越小,样品比表面增大,颗粒和流体的接

触面积增大,而且,溶质从颗粒内部扩散至流体的传质路径变短,从而更加有利于传质的进行。减小样品填充密度的方法主要有预先在样品拌入一定量的无机盐、泥沙和碎玻璃等颗粒状物质,以减小样品的填充密度而提高萃取效率。用于拌入样品中的物质要求没有活性,对被萃取物不产生干扰,且对健康和环境没有危害。

6 结语

在采用SFE技术提取分离中药和天然产物时,样品的制备和预处理方法通过影响被萃取物在超临界流体中的溶解性、样品颗粒和流体的接触面积、被萃取目标物存在形式和溶质的扩散速度等而影响至萃取得率和萃取物的化学成分,进而影响到萃取物的药效作用。随着科学技术的高速发展和对SFE的样品制备和预处理方法研究的深入,必将有越来越多的新方法和新技术应用于SFE的样品制备和预处理方法之中,这将有力推动SFE技术在提取分离中药和天然产物中的应用,促进中药和天然产物产业发展和中药现代化进程。

参考文献:

- [1] 杨义芳,孔德云. 中药提取分离手册[M]. 北京:化学工业出版社,2008
- [2] 葛云初,黎阳. 超临界流体萃取技术及其在中药提取中的应用[J]. 现代药物与临床,2009,24(5):279-282
- [3] 许克勇,吴彩娥,李元瑞. 物料水分对油脂超临界二氧化碳萃取的影响[C]. 青岛:第五届中国超临界流体技术学术及应用研讨会,2004
- [4] Grosso C, Figueiredo A C, Burillo J, et al. Enrichment of the thymoquinone content in volatile oil from *Satureja montana* using supercritical fluid extraction [J]. *J High Resol Chromatogr*, 2009, 32(2): 328-334
- [5] 张德权,吕飞杰. 超临界CO₂流体技术萃取姜油树脂的研究[J]. 食品工业科技,2001,22(1):21-23
- [6] Shao P, Sun P, Ying Y. Response surface optimization of wheat germ oil yield by supercritical carbon dioxide extraction [J]. *Food Bioprod Proc*, 2008, 86(3): 227-231
- [7] 葛毅强,倪元颖. 不同预处理条件对SFE提取麦胚中天然维生素E的影响[J]. 食品科学,2002,23(2):91-94
- [8] Lang Q, Wai C M. Supercritical fluid extraction in herbal and

natural product studies—a practical review [J]. *Talanta*, 2001, 53(4): 771-782

- [9] Lehotay S J. Supercritical fluid extraction of pesticides in foods [J]. *J Chromatogr A*, 1997, 785(1-2): 289-312
- [10] Weathers R, Beckholt D, Lavella A, et al. Comparison of acetals as in situ modifiers for the supercritical fluid extraction of β -carotene from paprika with carbon dioxide [J]. *J Liq Chromatogr Relat Technol*, 1999, 22(2): 241-252
- [11] 许玫,杨义芳. 超临界提取与色谱技术联用制备藜本内酯及相关研究[J]. 中成药,2007,29(11):1671-1673
- [12] 王鹏,吴惠勤. 超临界CO₂萃取连翘挥发油的正交试验和GC-MS分析[J]. 分析测试学报,2002,21(4):34-37
- [13] 杨柏崇,李元瑞. 猕猴桃籽油的超临界二氧化碳萃取研究[J]. 食品科学,2003,24(7):104-108
- [14] Brachet A, Christen P, Gauvrit J, et al. Experimental design in supercritical fluid extraction of cocaine from coca leaves [J]. *J Biochem Biophys Methods*, 2000, 43(1-3): 353-366
- [15] De Lucas A, Martinez de la Ossa E, Rincon J, et al. Supercritical fluid extraction of tocopherol concentrates from olive tree leaves [J]. *J Supercrit Fluids*, 2002, 22(3): 221-228
- [16] 张凤娟,武晓颖,王骏,等. 复叶槭挥发物的超临界CO₂萃取及其TCT/GC-MS分析[J]. 分析测试学报,2005,24(5):78-81
- [17] Passos C P, Silva R M, Da Silva F A, et al. Enhancement of the supercritical fluid extraction of grape seed oil by using enzymatically pre-treated seed [J]. *J Supercrit Fluids*, 2009, 48(3): 225-229
- [18] 丘泰球,杨日福,胡爱军,等. 超声强化超临界流体萃取薏苡仁油和薏苡仁酯的影响因素及效果[J]. 高校化学工程学报,2005,19(1):30-35
- [19] 赵天亮,陶春元,吴海英. 超临界萃取技术在生物碱提取中的研究新进展[J]. 江西化工,2008(3):1-4
- [20] 肖观秀,吕惠生,张敏华. 超临界萃取生物碱研究进展[J]. 中草药,2004,35(12):1421-1423
- [21] 钟广华,梁宝钻,葛发欢. 酸枣仁油的超临界CO₂萃取[J]. 中药材,2002,25(6):407-408
- [22] 蔡建国,张涛,陈岚. 超临界CO₂流体萃取博落回总生物碱的研究[J]. 中草药,2006,37(6):852-854
- [23] 李新社,王志兴. 溶剂提取和超临界流体萃取百合中的秋水仙碱[J]. 中南大学学报:自然科学版,2004,35(2):244-248
- [24] 蒋爱芳. 夏天无总生物碱及其品控速崩片的研究[D]. 上海:上海医药工业研究院,2006
- [25] 原永芳,李修禄. 超临界流体萃取法及高效液相色谱法分析延胡索中延胡索乙素的含量[J]. 药学报,1996,31(4):282-286

中药来源过氧化物酶体增殖物激活受体激动剂在治疗糖尿病方面的研究进展

邱龙新,洪燕萍,张婷婷*

(龙岩学院生命科学学院,福建 龙岩 364000)

摘要:过氧化物酶体增殖物激活受体(peroxisome proliferator activated receptors, PPARs)是配体激活的转录因子核受体超家族成员之一,其激动剂可以用于治疗糖尿病及其并发症。一些中药提取物具有PPARs激动剂活性,已被证实可以治疗实验性糖尿病及其并发症。综述了在中药中发现的已被阐明结构的PPARs激动剂,为其研究开发及糖尿病治疗药物的设计提供参考。

关键词:中药;过氧化物酶体增殖物激活受体;糖尿病

中图分类号:R282.71

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2010)08-1394-05

* 收稿日期:2009-11-05

基金项目:福建省自然科学基金项目(2009J01180)

作者简介:邱龙新(1969-),男,福建龙岩人,博士,副教授,主要从事生物活性物质和资源开发及代谢病研究。

Tel: (0597) 2163339 E-mail: qlongxin@tom.com