



(21) 申请号 202210976654.2

C22B 11/00 (2006.01)

(22) 申请日 2022.08.15

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 111087299 A, 2020.05.01

申请公布号 CN 115232964 A

US 2013149322 A1, 2013.06.13

(43) 申请公布日 2022.10.25

US 5284633 A, 1994.02.08

(73) 专利权人 云南大学

WO 2018092042 A2, 2018.05.24

地址 650000 云南省昆明市翠湖北路2号

审查员 邓杰

(72) 发明人 杨项军 朱贵萍 王世雄 马晓宇

赵玲玲

(74) 专利代理机构 昆明盛鼎宏图知识产权代理

事务所(特殊普通合伙)

53203

专利代理师 胡璇

(51) Int. Cl.

C22B 3/40 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法

(57) 摘要

本申请公开了一种基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法,该方法用天然低共熔溶剂双水相从硫代硫酸盐浸出液中选择性萃取黄金的方法。步骤为加入一定含量的天然低共熔溶剂、磷酸钾和硫代硫酸金溶液来构建天然低共熔溶剂双水相体系,在室温和常压下反应后,静置分离。萃取完成后,金被高效富集在天然低共熔溶剂相中。本发明采用天然低共熔溶剂作为萃取剂,原料来源天然、成本低,原子利用率达到了100%,克服了传统溶剂的高挥发性、毒性高等污染环境的缺点。同时构建的天然低共熔溶剂双水相体系具有能耗低、低成本,萃取分离效率高、所需设备简单,容易上手操作,适合于工业化规模生产。

1. 一种基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S1:混合组分A和组分B后,在80~90℃下搅拌1~2h后,冷却得到透明均一的天然低共熔溶剂;

步骤S2:向所得天然低共熔溶剂中加入磷酸钾溶液后,加入金浓度为1~200 mg /L的含硫代硫酸亚金配合物的碱性溶液;

步骤S3:在25℃下振荡10~30 min,混合均匀溶液体系后静置至分相完成,取上相为金富集相;组分A和组分B的摩尔比为1:1;

所述组分 A 和组分 B 的组合为:组分 A 为氯化胆碱且组分 B 为木糖醇;或者,组分 A 为氯化胆碱且组分 B 为乳酸;或者,组分 A 为甜菜碱盐酸盐且组分 B 为乳酸。

2. 根据权利要求1所述的基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法,其特征在于,所述磷酸钾溶液浓度为30.0~40.0 wt%。

3. 根据权利要求1所述的基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法,其特征在于,步骤S3中振荡20 min,振荡后静置10 min。

基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法

技术领域

[0001] 本申请涉及黄金提取技术领域,特别是一种基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法。

背景技术

[0002] 氰化法是现行从矿石中提取黄金的主流工艺。由于氰化物是剧毒化学品,在黄金的提取过程中会产生大量的含氰尾渣和含氰废水,极易造成环境的污染。

[0003] 随着人们对环境污染问题的日益关注,氰化法浸黄工艺逐渐受到了限制,而无氰化物的环境友好型浸金工艺逐渐受到了人们的重视。由于硫代硫酸盐具有无毒、成本低、矿石适应性好、效率高、浸出动力学快等优点,应用硫代硫酸盐从矿石中浸出黄金的工艺是目前最有前途的非氰化环境友好型的浸金工艺。

[0004] 目前,从硫代硫酸盐浸出溶液中回收金的方法主要有:金属置换法、树脂交换法和活性炭吸附法。专利CN114672660A采用三电极体系向含铜氨硫代硫酸盐浸金溶液中施加电压,然后向体系中加入适量的锌粉、铜粉和铝粉对金进行还原,将还原后的溶液进行过滤、酸洗、提纯后得到纯金。这种方法存在交换金属用量大,后续精炼工艺复杂、环境污染严重的缺陷。专利CN107400778A报道了用强碱性阴离子交换树脂从硫代硫酸金溶液中吸附金,然后用 Na_2SO_3 和 Na_2SO_4 的混合溶液作为解吸剂对负载金硫代硫酸配离子进行解吸。树脂交换法存在选择性差、树脂易破损、洗脱困难等问题。专利CN111004922A报道了采用硫醇作为添加剂,然后再使用商业活性炭对金进行吸附。由于配合物 $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ 的负电荷高,其对活性炭的亲和力较差,大大降低了对金的回收效率。

[0005] 溶剂萃取对金属离子具有高选择性,是回收硫代硫酸金的合适方法。专利CN113802012A报道了用二苯基膦及其衍生物为萃取剂、甲苯为稀释剂的溶剂萃取法提取硫代硫酸盐浸出液中的黄金,其中金萃取率虽然最高可达为99%。但上述溶剂萃取工艺中,使用致癌性溶剂甲苯为稀释剂,且二苯基膦及其衍生物为GHS07级的有害物质;依靠萃取剂和稀释剂的疏水性进行分相萃取。溶剂萃取工艺常使用大量有毒、易挥发、难以降解的有机溶剂,容易造成环境问题。

[0006] 天然低共熔溶剂是一类以天然化合物作为氢键受体和氢键供体,通过氢键结合获取的天然深层共晶溶剂,具有优良的生物可降解性、环境兼容性和稳定性。低共熔溶剂主要用于具有生物活性材料的提取中。例如郁峰等对现有多种天然低共熔溶剂体系进行筛选,以甜菜碱、L-乳酸与水组成作为低共熔溶剂体系进行超声提取后,对杜仲叶绿原酸得率为31.46mg/g。(郁峰,王志宏,张光耀,杜志云,彭密军.天然低共熔溶剂提取杜仲叶绿原酸及其抗氧化活性[J].林产化学与工业,2022,42(01):101-109.)

[0007] 该天然低共熔溶剂由于其本身是有至少一种有机物与其他有机物或无机物组合后作为提取溶剂使用,根据相似相溶原理,该类型的溶剂尤其适用于在含有大量复杂的有机物的各类天然溶液体系中提取某种有机物。天然低共熔溶剂具有很强亲水性的,易溶于

水,不易溶于有机稀释剂,因此难以将其应用于传统溶剂萃取工艺对水溶液中金属离子的萃取。

[0008] 但天然低共熔溶剂直接用于硫代硫酸黄金溶液中黄金的萃取存在以下问题:

[0009] (1) 硫代硫酸盐溶液中的Au(I)常以稳定的配合物 $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ 形式存在,由于 $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ 的负电荷高,其与大多数天然低共熔溶剂的亲合力差,黄金的萃取效率低。现有天然低共熔溶剂种类繁多,但无法确定何种组合的低共熔溶剂对黄金具有较高的萃取率;

[0010] (2) 硫代硫酸盐浸出液中往往存在铜钴镍等配合物杂质。同时,溶液中往往还存在单质硫、连多硫酸盐以及其它硫化物。硫代硫酸盐浸金化学体系的复杂性增加了用低共熔溶剂高效率、高选择性萃取硫代硫酸亚金配合物的难度。

[0011] (3) 再有,天然低共熔溶剂具有很强亲水性的,易溶于水,不易溶于有机稀释剂,因此难以将其应用于传统溶剂萃取工艺对水溶液中硫代硫酸亚金配合物的萃取。因此,目前尚未有关于用天然低共熔溶剂从硫代硫酸盐浸出体系中回收金的报道。

发明内容

[0012] 本申请提供了一种基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法,用于解决现有技术中存在的从硫代硫酸盐浸出体系中回收黄金存在的选择性差、萃取分离效率低、溶剂对环境有害、分离后黄金纯度低,纯化处理操作复杂的技术问题。

[0013] 本申请提供了一种基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法,包括以下步骤:

[0014] 步骤S1:混合组分A和组分B后,在 $80\sim 90^\circ\text{C}$ 下搅拌 $1\sim 2\text{h}$ 后,冷却得到透明均一的天然低共熔溶剂;

[0015] 步骤S2:向所得天然低共熔溶剂中加入磷酸钾溶液后,加入金浓度为 $1\sim 200\text{mg/L}$ 的含硫代硫酸亚金配合物的碱性溶液中;

[0016] 步骤S3:在 25°C 下振荡 $10\sim 30\text{min}$,混合均匀溶液体系后静置至分相完成,取下相为金富集相;

[0017] 所述组分A和组分B的组合为氯化胆碱/木糖醇、氯化胆碱/乳酸或甜菜碱盐酸盐/乳酸中的任一种;

[0018] 组分A和组分B的摩尔比为:1:1。

[0019] 本申请采用上述组合混合后制得的天然低共熔溶剂,并按上述操作对含硫代硫酸亚金配合物的碱性溶液进行萃取后,能实现对其中所含金元素的有效萃取,萃取率可达100%,萃取效率较高。

[0020] 更优选地,含硫代硫酸亚金配合物的碱性溶液中金浓度为 $10、50、25\text{mg/L}$ 。萃取率可达100%,萃取效率较高。

[0021] 该萃取溶剂均为有机物,该有机物中A组分与B组分发生氢键连接,生成天然低共熔溶剂,具体参见本申请提供傅里叶红外附图1、3、5。萃取过程中,待萃硫代硫酸亚金配合物阴离子 $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$ 通过静电作用取代天然低共熔溶剂分子中的氯离子 Cl^- ,A组分中的氮正离子 N^+ 生成稳定的离子对,同时与B组分形成新的稳定氢键连接,从而实现对硫代硫酸亚金配合物溶液中金元素的高效萃取。所得甜菜碱盐酸盐-乳酸天然低共熔溶剂的分子结构如图2所示;所得氯化胆碱-乳酸天然低共熔溶剂的分子结构如图4所示;所得氯化胆碱-木糖

醇天然低共熔溶剂的分子结构如图6所示

[0022] 本申请提供的双水相体系是一种聚合物和盐构成的双水相体系。与传统的萃取体系不同的是,双水相体系不使用大量挥发性和有毒的有机溶剂,其上、下两相的主要成分是水,具有成本低、生物相容性好,环境友好的优点,是一种替代传统溶剂萃取技术的新型萃取工艺。

[0023] 本申请新开发的天然低共熔溶剂的双水相体系,可以将天然低共熔溶剂用于金属离子的萃取分离中,并可结合了绿色萃取剂(天然低共熔溶剂)和双水相体系的双重优势,无需使用有机溶剂,实现了真正的绿色环保特性。

[0024] 优选地,组分A为甜菜碱盐酸盐,组分B为乳酸;甜菜碱盐酸盐与乳酸按摩尔比为1:1添加。采用该组合的低共熔溶剂用于萃取含硫代硫酸亚金配合物的碱性溶液后,能实现上相中金元素萃取率达到100%。

[0025] 优选地,组分A为氯化胆碱,组分B为木糖醇;氯化胆碱与木糖醇按摩尔比为1:1添加。采用该组合所得低共熔溶剂用于萃取时,能实现上相中金元素萃取率达到100%。

[0026] 优选地,组分A为氯化胆碱,组分B为乳酸;氯化胆碱与乳酸按摩尔比为1:1添加。用该组合所得低共熔溶剂用于萃取时,能获得较好的选择性,含硫代硫酸亚金配合物的碱性溶液中含有铜、镍和钴时,萃取后的上相中金元素的萃取率为97%;铜、镍和钴在下相中的萃取率分别为0.0%、0.0%和8.8%。

[0027] 优选地,所述磷酸钾溶液浓度为30.0~40.0wt%。采用该浓度的硫酸钾溶液,能有效地实现溶液分离为上下两个水相。

[0028] 优选地,步骤S3:中振荡20min,振荡后静置10min。

[0029] 本申请能产生的有益效果包括:

[0030] 1) 本申请所提供的基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金元素的萃取方法,选择带有 N^+ 基团的A组分甜菜碱盐酸盐或氯化胆碱与带有羧基或羟基的B组分天然酸或醇合成稳定的亲水性天然低共熔溶剂。通过天然低共熔溶剂与无机盐溶液构建双水相体系用来萃取硫代硫酸亚金配合物溶液中的金,突破了低共熔溶剂难以用于硫代硫酸盐水中金萃取的技术难题。同时,当硫代硫酸亚金配合物加入天然低共熔溶剂-双水相体系中后,阴离子 $Au(S_2O_3)_2^{3-}$ 取代天然低共熔溶剂分子原组分A中的氯阴离子,与组分A中的氮正离子 N^+ 通过静电吸引作用生成稳定的离子对,并与组分B中的羧基或羟基生成新的氢键,新生成的氢键对萃合物离子对起到稳定作用,从而实现了对硫代硫酸亚金配合物的有效萃取。因此本申请提供的天然低共熔溶剂,解决了因 $Au(S_2O_3)_2^{3-}$ 电荷高,与大多数萃取剂亲和力弱,难以萃取的难题。构建的天然低共熔溶剂双水相体系,既具有双水相体系的优势,即绿色高效、能耗低、低成本,分离效率高、工艺条件简单温和、容易工业化等的优点;又兼有低共熔溶剂的优势,如蒸汽压小、不易挥发,生物相容性好的优点;同时,还解决了的离子液成本高,毒性大,不易工业化生产的缺点。

[0031] 2) 本申请所提供的基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金元素的萃取方法,所用的天然低共熔溶剂化学稳定性好,具有无毒性、对金萃取效率高,生物可降解性,对环境友好,克服了有机溶剂的高毒性、高挥发性,易造成环境污染的缺点。天然低共熔溶剂的原料来源天然、成本低,原子利用率达到了100%,环境友好。所用天然低共熔溶剂双水相体系,操作简便、萃取时间短,萃取效率高,20min内即可将硫代硫酸盐浸出液中的

金完全萃取。

[0032] 3) 本申请所提供的基于天然低共熔溶剂的含硫代硫酸亚金配合物碱性溶液中金的萃取方法,构建的天然低共熔溶剂双水相体系,绿色高效且成本低,富集天然低共熔溶剂相对1~50mg/L的硫代硫酸金的萃取率均能达到100.0%。萃取过程能耗低,在常温25℃可完成萃取,且不需要外力辅助即可自行完成分离。萃取条件温和,所需设备简单,容易上手操作,便于工业化生产。

附图说明

[0033] 图1为本申请提供的甜菜碱盐酸盐、乳酸和合成的甜菜碱盐酸盐-乳酸天然低共熔溶剂的傅里叶红外光谱图;图1中的纯乳酸的红外光谱中,3445.90 cm^{-1} 的宽峰对应-OH的伸缩振动吸收峰,当生成天然低共熔溶剂后,-OH的伸缩振动吸收带弥散并加宽,且频率红移至3338.26 cm^{-1} ;这一结果表明,乳酸的羧基中的-OH与甜菜碱盐酸盐中的氯离子形成了分子间氢键,这是天然低共熔溶剂合成的典型特征;同时,在纯的乳酸红外光谱中,C=O的伸缩振动峰位于1728.61 cm^{-1} ,生成天然低共熔溶剂后,C=O的伸缩振动峰移蓝移至1740.54 cm^{-1} ;这是由于生成了分子间氢键后,使得原本靠近氧原子的C=O之间的电子云在一定程度上向碳原子移动,从而影响了C=O的拉伸振动;傅里叶红外光谱的结果证明了甜菜碱盐酸盐与乳酸依靠氢键作用生成了天然低共熔溶剂;

[0034] 图2为本申请提供的甜菜碱盐酸盐-乳酸天然低共熔溶剂的分子结构图;

[0035] 图3为本申请提供的氯化胆碱、乳酸和合成的氯化胆碱-乳酸天然低共熔溶剂的傅里叶红外光谱图;在纯的乳酸的光谱中,3445.90 cm^{-1} 的宽峰对应-OH的伸缩振动吸收峰,当生成天然低共熔溶剂后,-OH的伸缩吸收带弥散并加宽,且频率红移至3362.58 cm^{-1} ,这表明乳酸羧基中的-OH与氯化胆碱中的氯离子形成了分子间氢键,这是天然低共熔溶剂合成的典型特征;纯的乳酸光谱中C=O的伸缩振动峰在1728.61 cm^{-1} ,生成天然低共熔溶剂后,C=O的伸缩振动峰蓝移至1732.50 cm^{-1} ;这是因为分子间氢键的生成,使得原本靠近氧原子的C=O之间的电子云在一定程度上向碳原子移动,从而影响了C=O的拉伸振动;傅里叶红外光谱的结果证明了氯化胆碱与乳酸依靠氢键作用生成了天然低共熔溶剂;

[0036] 图4为本申请提供的氯化胆碱-乳酸天然低共熔溶剂的分子结构图;

[0037] 图5为本申请提供的氯化胆碱、木糖醇和合成的氯化胆碱-木糖醇天然低共熔溶剂的傅里叶红外光谱图;图5中纯的木糖醇光谱中,3394.26 cm^{-1} 的宽峰对应-OH的伸缩振动吸收峰,生成天然低共熔溶剂后,对应的-OH的伸缩振动吸收带弥散并加宽,频率红移至3372.82 cm^{-1} ,这表明,木糖醇羟基中的-OH与氯化胆碱中的氯离子形成了分子间氢键,这是依靠氢键作用结合的天然低共熔溶剂合成的典型特征;

[0038] 图6为本申请提供的氯化胆碱-木糖醇天然低共熔溶剂的分子结构图。

具体实施方式

[0039] 为使本发明实施方式的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施方式对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施方式是本发明一部分实施方式,而不是全部的实施方式。

[0040] 本申请中未详述的且并不用于解决本申请技术问题的技术手段,均按本领域公知

常识进行设置,且多种公知常识设置方式均可实现。

[0041] 实施例

[0042] 采用火焰原子吸收仪测定无机盐富集下相中金的含量,依据质量守恒的原则计算低共熔溶剂富集上相中金的含量。硫代硫酸金的萃取效率(E%)由下列公式计算得到:

$$[0043] \quad E\% = \frac{C_{Au0} V_{Au0} - C_s V_s}{C_{Au0} V_{Au0}} \times 100\% \quad (1)$$

[0044] 其中, C_{Au0} 和 V_{Au0} 表示原始硫代硫酸金溶液中金的浓度和体积, C_s 和 V_s 分别表示无机盐富集下相中硫代硫酸金的浓度和无机盐富集下相的体积。

[0045] 实施例1:

[0046] (1) 低共熔溶剂合成:首先称量15.36g的甜菜碱和9.00g的乳酸(摩尔比为1:1),然后将其混合并在80℃温度下搅拌2h,得到均一透明的低共熔溶剂,然后进行傅里叶红外光谱表征,如图1所示,所得甜菜碱盐酸盐-乳酸天然低共熔溶剂的分子结构式如图2所示。结果表明,形成天然低共熔溶剂后,乳酸羧基中的-OH伸缩振动吸收带变得弥散并加宽,频率由纯乳酸的3445.90 cm^{-1} 红移至3338.26 cm^{-1} 。证明乳酸羧基中的-OH与甜菜碱盐酸盐中的氯离子形成了分子间氢键,证明成功合成了甜菜碱盐酸盐-乳酸天然低共熔溶剂。

[0047] (2) 向1.25g的天然低共熔溶剂中加入含有1.75g磷酸钾的溶液(磷酸钾浓度为30.0wt%),然后加入1.0mL金浓度为25.0mg/L的硫代硫酸金溶液,最后用pH值为9.0的去离子水将双水相体系总重量补至5g,得到天然低共熔溶剂/磷酸钾双水相体系。每一组实验做三个平行试验;

[0048] (3) 将步骤(2)中所得溶液体系放在25℃的恒温振荡器上振荡20min,保证整个体系混合均匀,随后静置10min,待分相完成后,选取更容易测定金含量的下相进行测量,根据质量守恒计算实际金富集的上相中金含量。测定下相(无机盐富集相)的体积,随后用火焰原子分光光度计测定所得无机盐富集相中金元素的浓度;

[0049] (4) 根据公式(1)计算本实施例提供方法的金在天然低共熔溶剂相中的萃取率为100.0%。

[0050] (5) 富集在天然低共熔溶剂中金用水合肼还原获得纯金。

[0051] 实施例2:

[0052] (1) 低共熔溶剂合成:首先称量13.96g的氯化胆碱和9.00g的乳酸,然后将其混合并在80℃温度下搅拌2h,得到均一透明的低共熔溶剂,然后进行傅里叶红外光谱表征,如图3所示,所得氯化胆碱-乳酸天然低共熔溶剂的分子结构图4所示。结果表明,生成天然低共熔溶剂后,-OH的伸缩振动吸收带弥散并加宽,频率由纯乳酸的3445.90 cm^{-1} 红移至3362.58 cm^{-1} 。证明乳酸羧基中的-OH与氯化胆碱中的氯离子形成了分子间氢键,成功合成了氯化胆碱-乳酸天然低共熔溶剂。

[0053] (2) 向1.25g的天然低共熔溶剂中加入含1.625g磷酸钾的溶液(磷酸钾浓度为40.0wt%)得到溶剂试液,然后向溶剂试液中加入1.0mL混合溶液,(混合溶液为硫代硫酸金溶液(金浓度800mg/L)、铜氨溶液(铜浓度800mg/L)、镍氨溶液(镍浓度800mg/L)和钴氨离子溶液(钴浓度800mg/L)按体积比为1:1:1:1混合得到),混合溶液中金浓度200mg/L、铜浓度200mg/L、镍浓度200mg/L、钴浓度200mg/L,最后用pH值为9.0的去离子水将双水相体系总重量补至5g,得到天然低共熔溶剂/磷酸钾双水相体系。每一组实验做三个平行试验。

[0054] (3)将上述天然低共熔溶剂双水相放于温度为25℃的恒温振荡器中振荡20min,保证整个体系混合均匀,随后静置10min。待分相完成后,测定下相(无机盐富集相)的体积,随后用火焰原子分光光度计测定无机盐富集相中金、铜、镍和钴的浓度。

[0055] (4)根据公式(1)计算金、铜、镍和钴的萃取率。结果表明,金、铜、镍和钴的萃取率分别为97.0%、0.0%、0.0%和8.8%,构建的双水相体系在其他金属存在的情况下,对硫代硫酸金具有良好的选择性。

[0056] 实施例3:

[0057] (1)低共熔溶剂合成:首先称量13.96g的氯化胆碱和15.22g的木糖醇,然后将其混合并在80℃温度下搅拌2h,得到均一透明的低共熔溶剂,然后进行傅里叶红外光谱表征,如图5所示,所得氯化胆碱-木糖醇天然低共熔溶剂的分子结构如图6。结果表明,形成天然低共熔溶剂后,-OH的吸收带弥散并加宽,频率由纯木糖醇的3394.26cm⁻¹红移至3372.82cm⁻¹。证明木糖醇端位的-OH与氯化胆碱中的氯离子形成了分子间氢键,证明成功合成了天然低共熔溶剂氯化胆碱-木糖醇。

[0058] (2)向1.25g的天然低共熔溶剂中加入含有2.00g磷酸钾的溶液(磷酸钾浓度为35.0wt%),然后加入1.0mL金浓度为50.0mg/L的硫代硫酸金溶液,最后加pH值为9.0的去离子水将双水相体系总重量补至5.0g,得到天然低共熔溶剂/磷酸钾双水相体系。每一组实验做三个平行试验。

[0059] (3)天然低共熔溶剂双水相体系配制完成后,放在温度为25℃的恒温振荡器上振荡20min,保证整个体系混合均匀,随后静置10min。待分相完成后,测定下相(无机盐富集相)的体积,随后用火焰原子分光光度计测定无机盐富集相中金的浓度。

[0060] (4)根据公式(1)计算本实施例提供方法的金在天然低共熔溶剂相中的萃取率为100.0%。

[0061] (5)富集在天然低共熔溶剂中金用水合肼还原获得纯金。

[0062] 实施例4:

[0063] (1)低共熔溶剂合成:首先称量13.96g的氯化胆碱和9.00g的乳酸,然后将其混合并在80℃温度下搅拌2h,得到均一透明的低共熔溶剂,然后进行傅里叶红外光谱表征,如图3所示。结果表明,生成天然低共熔溶剂后,-OH的伸缩振动吸收带弥散并加宽,频率由纯乳酸的3445.90cm⁻¹红移至3362.58cm⁻¹。证明乳酸羧基中的-OH与氯化胆碱中的氯离子形成了分子间氢键,成功合成了氯化胆碱-乳酸天然低共熔溶剂。

[0064] (2)向1.25g的天然低共熔溶剂中加入含有1.50g磷酸钾的溶液,然后加入1.0mL金浓度为1.0mg/L的硫代硫酸金溶液,最后加pH值为9.0的去离子水将双水相体系总重量补至5.0g,得到天然低共熔溶剂/磷酸钾双水相体系。每一组实验做三个平行试验。

[0065] (3)天然低共熔溶剂双水相体系配制完成后,放在温度为25℃的恒温振荡器上振荡30min,保证整个体系混合均匀,随后静置10min。待分相完成后,测定下相(无机盐富集相)的体积,随后用火焰原子分光光度计测定无机盐富集相中金的浓度。

[0066] (4)根据公式(1)计算本实施例提供方法的金在天然低共熔溶剂相中的萃取率为100.0%。

[0067] (5)富集在天然低共熔溶剂中金用水合肼还原获得纯金

[0068] 实施例5:

[0069] (1) 低共熔溶剂合成: 首先称量13.96g的氯化胆碱和15.22g的木糖醇, 然后将其混合并在80℃温度下搅拌2h, 得到均一透明的低共熔溶剂, 然后进行傅里叶红外光谱表征, 如图5所示。结果表明, 形成天然低共熔溶剂后, -OH的吸收带弥散并加宽, 频率由纯木糖醇的 3394.26cm^{-1} 红移至 3372.82cm^{-1} 。证明木糖醇端位的-OH与氯化胆碱中的氯离子形成了分子间氢键, 证明成功合成了天然低共熔溶剂氯化胆碱-木糖醇。

[0070] (2) 向1.25g的天然低共熔溶剂中加入含有2.00g磷酸钾的溶液(磷酸钾浓度为32.0wt%), 然后加入1.0mL金浓度为10.0mg/L的硫代硫酸金溶液, 最后加pH值为9.0的去离子水将双水相体系总重量补至5.0g, 得到天然低共熔溶剂/磷酸钾双水相体系。每一组实验做三个平行试验。

[0071] (3) 天然低共熔溶剂双水相体系配制完成后, 放在温度为25℃的恒温振荡器上振荡10min, 保证整个体系混合均匀, 随后静置10min。待分相完成后, 测定下相(无机盐富集相)的体积, 随后用火焰原子分光光度计测定无机盐富集相中金的浓度。

[0072] (4) 根据公式(1)计算本实施例提供方法的金在天然低共熔溶剂相中的萃取率为100.0%。

[0073] (5) 富集在天然低共熔溶剂中金用水合肼还原获得纯金。

[0074] 根据实施例1~5可知, 本申请提供的氯化胆碱/木糖醇、氯化胆碱/乳酸、甜菜碱/乳酸既能对硫代硫酸金溶液中的金显示较好的萃取率, 且选择性较高, 可以不受其他金属元素的干扰和影响。

[0075] 尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明, 对于本领域的技术人员来说, 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分技术特征进行等同替换, 凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

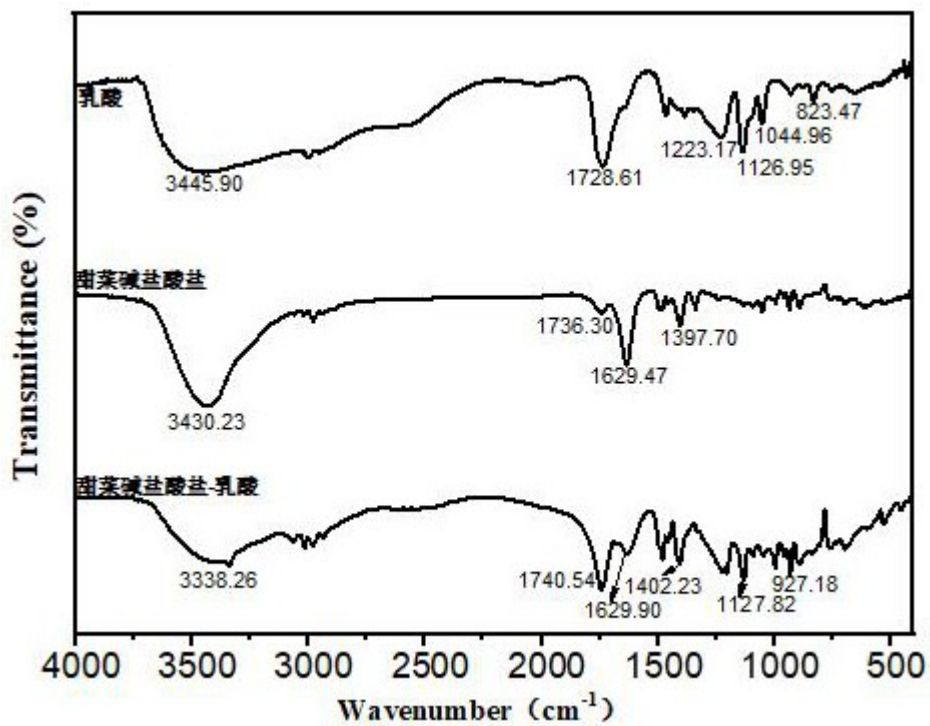


图 1

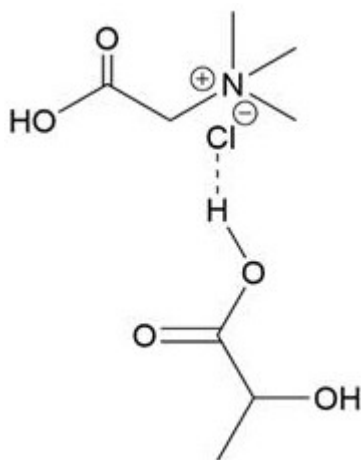


图 2

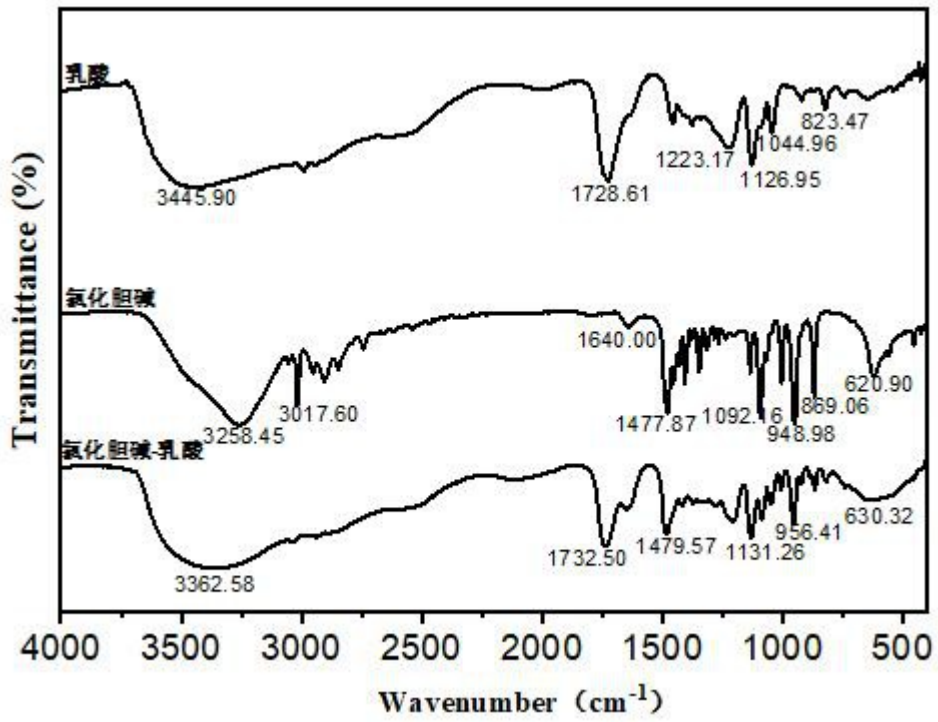


图 3

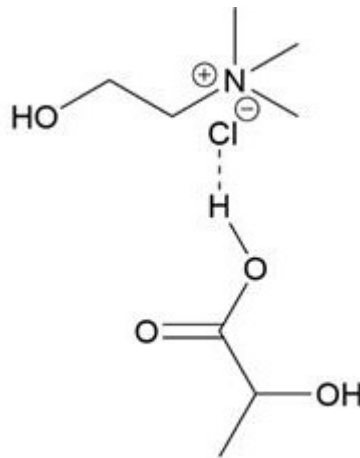


图 4

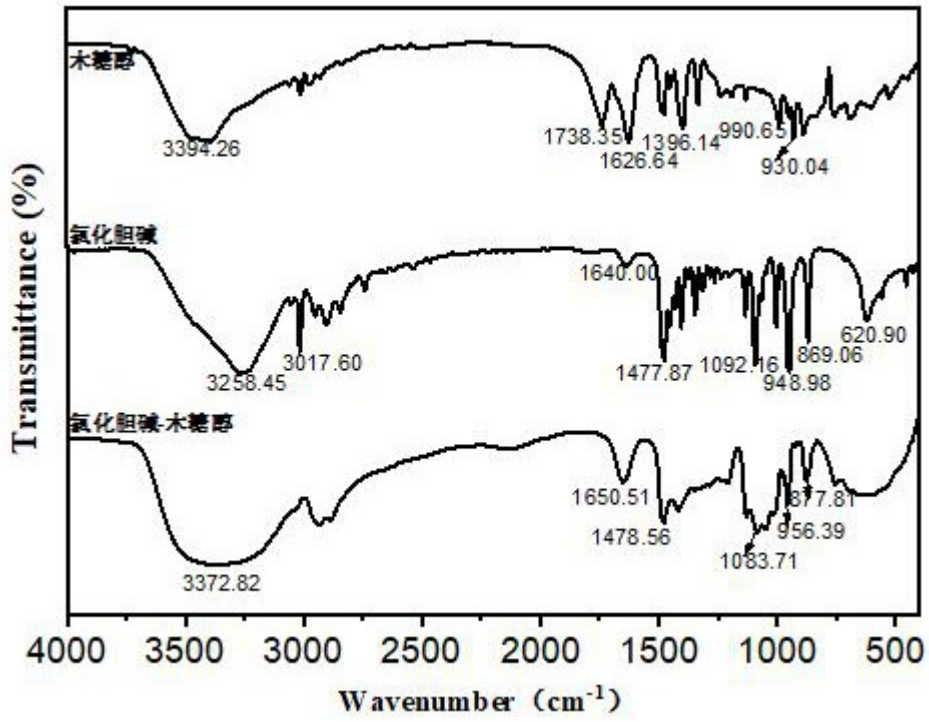


图 5

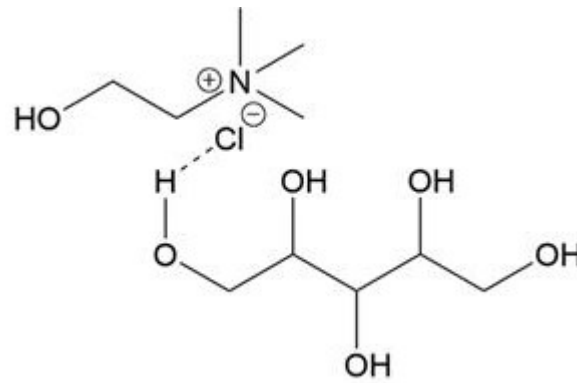


图 6