

一种茉莉花香精缓释微球的制备和性能研究^①

肖秀婵^{1,2}, 黄娜¹, 陈凤连¹,
秦淼^{1,2}, 任亚琦^{1,2}, 刘佳欣¹

1. 成都工业学院 材料与环境工程学院, 成都 611730; 2. 成都工业学院 智慧环保大数据中心, 成都 611730

摘要:以淀粉和 β -环糊精为原料,采用反相胶乳法制备淀粉- β -环糊精复合微球,并采用单因素法对比淀粉微球和淀粉- β -环糊精复合微球对茉莉花香精二氢芳樟醇的缓释效果.研究表明,淀粉- β -环糊精复合微球吸附率明显大于淀粉微球,且淀粉- β -环糊精复合微球吸附香精分子的吸附率随微球投加质量的增加而增大,当微球投加质量为 0.3 g,吸附时间为 2 h 时,最佳吸附率可达到 70%,且二氢芳樟醇浓度越大,吸附量基本不变,吸附率降低.

关键词:复合微球; β -环糊精;反相胶乳法;二氢芳樟醇;缓释性能

中图分类号: TQ657

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2020)09-0154-08

茶具有重要的经济、保健和生态价值,茉莉花茶属于典型的“气质花”,香气清新幽雅,是我国的特种茶,早在南宋时期便有制作记载^[1-2].茉莉花茶质量的优劣很大程度上取决于其香气的释放量以及释放时间^[3],茉莉花各个品种共有的主要香精成分有芳樟醇、吲哚、邻氨基苯甲酸甲酯、2-甲氧基苯乙酮、石竹烯和苯甲酸苄酯,这 6 种成分共同奠定了茉莉花香气的基础^[4-5].然而茉莉花的保鲜时间短、保鲜效果不佳,导致茉莉花利用率低,在市场上价格居高不下,而加入化学保鲜液不仅会对人体有一定的伤害,还会造成难以解决的环境污染问题^[6],因此对环境友好的茉莉香精缓释剂的研究显得尤为重要.

淀粉是由葡萄糖分子聚合的高分子类化合物,外观性状为白色无味粉末,不溶于冷水、乙醇等,与水加热可使其糊化形成糊浆状.淀粉在低于糊化温度下,加入乳化剂、交联剂、引发剂可反应形成许多类似蜂窝状的多孔结构产物,其多孔结构可以吸附承载许多物质,减小挥发性物质的挥发速度,多孔淀粉已经作为一种超强的新型吸附材料广泛用于食品、医药和环境等很多领域^[7-8].其中,淀粉微球表面存在独特的微孔且其原料来源广泛,价格低廉,环境友好,绿色安全,可再生周期短,具有良好的吸附性能,目前已经广泛应用于食品、医学、化妆品和工业污水处理等领域,并且取得了较好的研究进展^[9-11].常用的多孔淀粉的制备方法有反相胶乳法、酶解法、酸法和复合处理法等^[12-13].利用 β -环糊精特殊的复杂空腔结构,将其作为改性剂,通过化学键合的方法对淀粉进行改性,形成了一种新型的功能高分子材料,即交联 β -环糊精/可溶性淀粉复合微球,相对单纯的淀粉微球或 β -环糊精微球,制得的复合微球既保留了 β -环糊精单体的包合作用,还具有更强大的吸附能力^[14-16].

本研究采用反相胶乳法制备淀粉微球和淀粉- β -环糊精复合微球,比较二者对茉莉香精二氢芳樟醇的缓释性能,探究吸附的最佳条件,以期复合微球在茉莉花香精缓释中的应用提供有效的参考依据.

① 收稿日期: 2019-10-08

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(21705011);成都工业学院博士启动基金(185111).

作者简介: 肖秀婵(1987—),女,讲师,主要从事环境监测及治理研究.

1 材料与方法

1.1 实验药品和仪器

实验药品:淀粉分析纯,天津市天力化学试剂有限公司; β -环糊精分析纯,西宝生物科技(上海)股份有限公司;二氢芳樟醇 95%化学纯,阿拉丁试剂(上海)有限公司;亚硫酸氢钠分析纯,天津市大茂化学试剂厂;Span60 化学纯,阿拉丁试剂(上海)有限公司;Tween60 化学纯,阿拉丁试剂(上海)有限公司;环氧氯丙烷分析纯,天津市河东区红岩试剂厂;氢氧化钠分析纯,天津市百世化工有限公司;无水乙醇分析纯,西安三浦精细化工厂;实验用水均为蒸馏水。

实验仪器:UV-5100B 紫外可见分光光度计,上海兰仪实业有限公司;W201B 型恒温水浴锅:上海跃进医疗器械有限公司;DZF 型真空干燥箱,北京科伟永兴仪器有限公司;FA2104 电子分析天平,上海精密科学仪器有限公司;PW-100-517 电镜扫描仪,复纳科学仪器(上海)有限公司;85-1 磁力搅拌器,上海司乐仪器有限公司;L400-S1 真空抽滤机,上海领德仪器有限公司。

1.2 实验制备和结构测试

1.2.1 油相制备

准确称取 Tween60(半固体态)0.2 g 于 250 mL 锥形瓶中,加入适量的无水乙醇搅拌溶解,同时准确称取 Span60 (黄色颗粒状)3.0 g 于该锥形瓶中,在 60 °C 恒温水浴锅中振荡搅拌至 Span60 和 Tween60 完全溶解,然后降低恒温水浴锅温度至 35 °C 作为实验油相,待用。

1.2.2 水相制备

准确称取 10.5 g 淀粉(分析纯)于 250 mL 锥形瓶(编号 1)中;准确称量 7.0 g 淀粉(分析纯)和 3.5 g β -环糊精(2:1)两者混合倒入 250 mL 锥形瓶(编号 2)中;分别加入 100 mL 蒸馏水,玻璃棒搅拌至淀粉和 β -环糊精充分混合,迅速移取 2 份 2 mL 现配的浓度为 0.2 mol/L NaOH 溶液至编号 1、2 中的锥形瓶。用玻璃棒充分搅拌至淀粉、 β -环糊精和 NaOH 三者混合均匀,作为实验水相,待用。

1.2.3 淀粉微球的制备

将恒温水浴锅温度调至 60 °C,等待片刻,把装有实验油相的锥形瓶放入恒温水浴锅中,同时将制备的实验水相用玻璃棒引流,缓慢地倒入实验油相中,边加边振荡,避免水相的加入降低油相的温度,油相在液体表面形成油膜甚至凝固会影响油相对反相胶乳的作用。将制备好的反应液置于磁力搅拌器调节温度为 30 °C,恒温高速搅拌乳化 30 min 后,取下锥形瓶趁热移取 0.4 mL 环氧氯丙烷交联剂,将称取好的 0.6 g 过硫酸钾和 0.3 g 亚硫酸氢钠同时加入锥形瓶中,作为反相胶乳法引发剂,振荡充分。

反相胶乳阶段以及后续处理:在磁力搅拌器上降低搅拌速度和温度,时刻关注锥形瓶中的反应情况,避免反应液沸腾过于剧烈使液体溅出锥形瓶以及温度过高使淀粉糊化。充分反应 2 h 后,取下锥形瓶放于实验台静置、冷却,加入适量无水乙醇洗涤,静置,去除上层清液,少量反复洗涤多孔淀粉微球和淀粉- β -环糊精微球 2~3 次,抽滤、105 °C 恒温真空干燥箱烘干 4 h,最后得到多孔淀粉微球和淀粉- β -环糊精微球,用药品袋密封放置,贴好标签备用。

1.2.4 多孔淀粉微球和淀粉- β -环糊精微球的微观形貌结构测试

采用扫描电镜(SEM)观测两种微球的微观形态(喷金处理试样表面)。

1.3 二氢芳樟醇标准曲线的绘制

二氢芳樟醇标准液的配制:

准确移取 0.1 mL 二氢芳樟醇溶液于 500 mL 容量瓶中,用无水乙醇稀释定容到 500 mL 刻度线,上下颠倒摇匀,配成二氢芳樟醇标准液(浓度 $c=1.094$ mmol/L)。

二氢芳樟醇系列标准溶液的配制:

移取 5 mL 二氢芳樟醇现配标准液,稀释 5 倍,用紫外分光光度计扫描二氢芳樟醇标准液,得出二氢芳

樟醇在 237 nm 处有最大吸收峰, 将波长 237 nm 作为本实验测定二氢芳樟醇吸光度最佳吸收波长. 分别将原始标准溶液配成浓度为 0.218 8, 0.182 4, 0.136 8, 0.109 4 mmol/L 的二氢芳樟醇梯度溶液. 紫外分光光度计在 237 nm 波长下, 无水乙醇作为空白调零, 用石英比色皿测定吸光度.

表 1 二氢芳樟醇的标准曲线

二氢芳樟醇标准液用量/mL	浓度/(mmol · L ⁻¹)	波长/nm	吸光度
0	0	237	0
1.00	0.109 4	237	0.435
1.25	0.136 8	237	0.523
1.67	0.182 4	237	0.675
2.00	0.218 8	237	0.758

1.4 淀粉微球对二氢芳樟醇的缓释性能测定

1.4.1 淀粉-β-环糊精微球对二氢芳樟醇的缓释

正交试验 1: 淀粉-β-环糊精微球质量与时间

移取少量浓度为 0.109 4 mmol/L 的二氢芳樟醇溶液, 用 UV-5100B 紫外可见分光光度计在波长为 237 nm 测定其在未加淀粉-β-环糊精微球时的吸光度. 采用量程为 10 mL 标准移液管准确移取 2 份 10 mL 浓度为 0.109 4 mmol/L 的二氢芳樟醇于编号①和②的比色管中, 立刻用玻璃塞塞住防止二氢芳樟醇分子挥发, 移取 2 份 10 mL 无水乙醇于编号③和④的比色管中作为实验空白对照. 称取 2 份 0.2 g 淀粉-β-环糊精微球分别缓慢倒入编号①和③比色管中, 称取 2 份 0.3 g 淀粉-β-环糊精微球缓慢倒入编号②和④比色管中. 分别静置 0.5, 1, 2 h 后, 用加入相同的淀粉-β-环糊精微球质量作为对照, 空白置零, UV-5100B 紫外可见分光光度计分别测编号①和②比色管中溶液的吸光度, 测定 3 次取其平均值, 并记录吸光度(表 2).

表 2 淀粉-β-环糊精微球吸附率随时间的变化

时间/h	二氢芳樟醇浓度 /(mmol · L ⁻¹)	比色管①(<i>m</i> =0.2 g)		比色管②(<i>m</i> =0.3 g)	
		吸光度	吸附率/%	吸光度	吸附率/%
0	0.109 4	0.435	0	0.435	0
0.5	0.109 4	0.316	23.7	0.391	25.1
1	0.109 4	0.298	28.5	0.272	56.0
2	0.109 4	0.266	36.8	0.218	70.0

注: 测定次数 *n*=3.

正交试验 2: 二氢芳樟醇浓度与时间

移取少量浓度为 0.182 4, 0.136 8, 0.109 4 mmol/L 的二氢芳樟醇溶液, 用 UV-5100B 紫外可见分光光度计在波长为 237 nm 分别测定其在未加淀粉-β-环糊精微球时的吸光度. 准确移取 0.182 4, 0.136 8, 0.109 4 mmol/L 的二氢芳樟醇溶液 10 mL 于编号①、②、③的比色管中, 用玻璃塞塞住, 移取 10 mL 无水乙醇于比色管作为对照组(编号④), 称取 4 份 0.3 g 淀粉-β-环糊精微球分别缓慢倒入编号①、②、③、④比色管中, 静置 1, 2 h 后, 对照组④空白置零, UV-5100B 紫外可见分光光度计测编号①、②、③比色管中溶液的吸光度, 测定 3 次取其平均值, 并记录吸光度(表 3).

表 3 淀粉-β-环糊精微球吸附率随二氢芳樟醇浓度的变化

静置时间 /h	复合微球 质量/g	二氢芳樟醇 浓度为 0.182 4 mmol/L		二氢芳樟醇 浓度为 0.136 8 mmol/L		二氢芳樟醇 浓度为 0.109 4 mmol/L	
		吸光度	吸附率/%	吸光度	吸附率/%	吸光度	吸附率/%
0	0.3	0.675	0	0.523	0	0.435	0
1	0.3	0.510	36.5	0.368	28.2	0.272	56.0
2	0.3	0.406	40.2	0.270	48.6	0.218	70.0

注: 测定次数 *n*=3.

1.4.2 淀粉微球对二氢芳樟醇的缓释

正交试验 3: 时间与淀粉微球质量

移取少量浓度为 0.136 8 mmol/L 的二氢芳樟醇溶液, 用 UV-5100B 紫外可见分光光度计在波长为 237 nm 分别测定其在未加淀粉微球时的吸光度. 准确移取 10 mL 浓度为 0.136 8 mmol/L 的二氢芳樟醇标准溶液 3 份于 3 支比色管中, 并迅速用玻璃塞塞住, 编号①、②、③; 同时移取 3 份 10 mL 无水乙醇分别于编号④、⑤、⑥比色管中. 称取淀粉微球 0.20, 0.25, 0.35 g 分别缓慢倒入编号①、②、③的比色管中, 称取淀粉微球 0.20, 0.25, 0.35 g 分别缓慢倒入编号④、⑤、⑥的比色管中作为对照组. 静置 1, 2 h 后, 用加入相同的淀粉微球质量作为对照, 空白置零 UV-5100B 紫外可见分光光度计测其编号①、②、③的吸光度, 测定 3 次取其平均值, 并记录吸光度(表 4).

表 4 淀粉微球随时间吸附率的变化

时间 /h	二氢芳樟醇浓度 /(mmol·L ⁻¹)	淀粉微球质量为 0.20 g		淀粉微球质量为 0.25 g		淀粉微球质量为 0.35 g	
		吸光度	吸附率/%	吸光度	吸附率/%	吸光度	吸附率/%
0	0.136 8	0.523	0	0.523	0	0.523	0
1	0.136 8	0.411	19.3	0.407	20.1	0.398	22.0
2	0.136 8	0.392	23.3	0.386	24.5	0.347	32.6

注: 测定次数 $n=3$.

正交试验 4: 时间与二氢芳樟醇浓度

移取少量浓度为 0.182 4, 0.136 8, 0.109 4 mmol/L 的二氢芳樟醇溶液, 用 UV-5100B 紫外可见分光光度计在波长为 237 nm 分别测定其在未加淀粉微球时的吸光度. 分别准确移取 10 mL 浓度为 0.109 4, 0.136 8, 0.182 4 mmol/L 的二氢芳樟醇标准溶液于比色管中, 并迅速用玻璃塞塞住, 编号①、②、③, 移取 10 mL 无水乙醇于比色管作为对照组编号④, 称取 4 份 0.3 g 淀粉微球分别缓慢倒入编号①、②、③、④的比色管中, 分别静置 1, 2 h 后, 对照组④空白置零, UV-5100B 紫外可见分光光度计测编号①、②、③的比色管中溶液的吸光度, 测定 3 次取其平均值, 并记录吸光度(表 5).

表 5 淀粉微球吸附率随二氢芳樟醇浓度的变化

时间 /h	淀粉微球 质量/g	二氢芳樟醇浓度 为 0.182 4 mmol/L		二氢芳樟醇浓度 为 0.136 8 mmol/L		二氢芳樟醇浓度 为 0.109 4 mmol/L	
		吸光度	吸附率/%	吸光度	吸附率/%	吸光度	吸附率/%
0	0.3	0.675	0	0.523	0	0.435	0
1	0.3	0.535	20.2	0.394	22.8	0.301	27.7
2	0.3	0.486	27.8	0.355	31.0	0.231	45.9

注: 测定次数 $n=3$.

2 实验结果分析

2.1 二氢芳樟醇标准曲线绘制

二氢芳樟醇浓度与吸光度曲线以最小二乘法进行线性回归, 计算吸光度 A 与二氢芳樟醇浓度 c 的线型关系为 $A=3.518\ 5c+0.022\ 6$, 相关系数 $R^2=0.991\ 6$, 该结果表示二氢芳樟醇浓度标准曲线在测定范围内线性关系良好(图 1).

2.2 性能表征

图 2 为淀粉-β-环糊精微球的 SEM 照片. 由图 2 可知: β-CD 与可溶性淀粉通过反相胶乳法交联反应形成的复合微球, 具有球形较规整、分布均匀

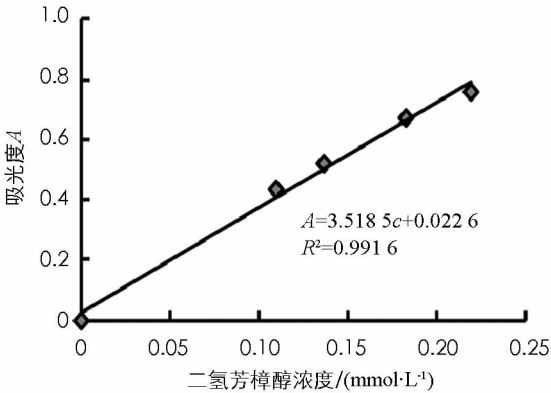


图 1 二氢芳樟醇标准曲线

和表面呈多孔结构孔隙体积较大之特征;这些特征有利于被吸附物在吸附剂表面形成更加有序的排列,并且较大的比表面积及孔结构可以增加吸附剂的作用位点(如氢键、配位键和静电作用力^[11]等)。孔隙体积的增大增加了吸附质的存储空间,较好地提高了吸附剂的吸附量,延长了吸附饱和时间,吸附作用时间更长久。同时降低使用过程中脱附效率,避免造成二次污染,从而提高了吸附效果。

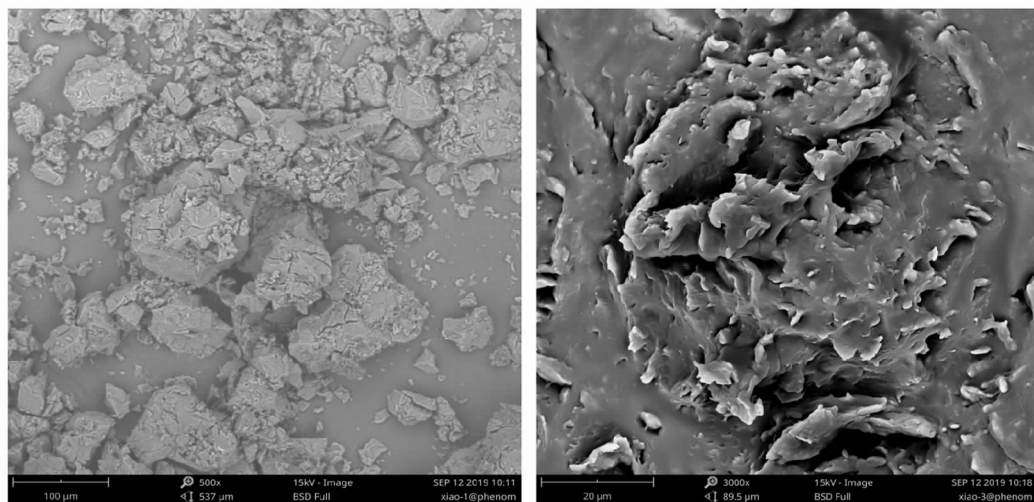


图 2 淀粉- β -环糊精微球的 SEM 照片

2.3 多孔淀粉的反相胶乳法

反相胶乳法作为一种常用的改性方法^[17-18],工艺简单,操作安全方便,反应条件温和,本实验采用淀粉- β -环糊精溶液作为水溶性单体、过硫酸钾和亚硫酸氢钠为引发剂,Span60 和 Tween60 为乳化剂,环氧氯丙烷为交联剂,制备得到的多孔淀粉- β -环糊精微球孔径较大,聚合速率高,可通过加入适量 NaOH 调节 pH 值,加入适当的乳化剂使聚合物快速的溶于水。实验油相和水相接触采用 30°恒温水浴锅加热,水相滴加到油相使其充分混合。需要注意的是:①若油相加到水相会由于水相温度低,两者温度之间发生热传递,油相温度迅速降低并且凝固,导致水相表面漂浮油相,在反应液表面形成一层油膜,抑制反应的进行,导致胶乳效果不佳。②淀粉和 β -环糊精比例较大时,淀粉较粘稠,不能和 β -环糊精充分接触,得不到很好的分散效果,不能形成实验所需要的乳液体系。③若溶液浓度太低,两者之间不能充分地进行交联反应。实验可知:在不考虑其他因素的情况下,淀粉和 β -环糊精质量比为 2:1 时最佳。本实验制备的淀粉- β -环糊精微球形状圆整,颗粒大小均匀,内部孔径大,吸附量大,尤其是对挥发性分子吸附效果好,对香精分子的挥发有较好的缓释作用。

2.4 不同微球投加质量和吸附时间对吸附率的影响

分别采用淀粉- β -环糊精微球和淀粉微球吸附二氢芳樟醇,分析不同微球的投加质量和吸附时间对微球对二氢芳樟醇吸附率的影响(图 3 和图 4)。

由图 3 可知,淀粉- β -环糊精微球投加质量为 0.3 g,吸附时间在 0.5~1.0 h 之间,吸附率从 0 增加到 56%,吸附率增加明显;在 1.0~2.0 h 之间,吸附率仅增加 14%,吸附率增加速度明显减缓。因为淀粉- β -环糊精微球表面孔径容积和吸附位点具有一定的限度,当吸附达到一定量,吸附饱和,维持吸附动态平衡,淀粉- β -环糊精微球吸附香精分子的速度减缓。同理,图 4 中不同投加质量的淀粉微球的吸附率在 0~1.0 h 之间增加较快,而在 1.0~2.0 h 之间淀粉微球对二氢芳樟醇的吸附明显减缓。淀粉- β -环糊精微球在投加质量为 0.3 g 的条件下吸附率最高可达 70%,明显高于淀粉微球。实验得出结论:淀粉- β -环糊精微球对二氢芳樟醇的吸附率随微球投加质量的增加而显著提高,淀粉- β -环糊精微球表面微孔数量和大小有限,在香精分子浓度和吸附时间一定的情况下,淀粉- β -环糊精微球投加质量多,淀粉内部压强差大,可吸附的分子量

越多. 从经济情况以及实际情况综合考虑, 1.0 h 内吸附速度快, 1.0~2.0 h 之间吸附速度降低, 淀粉- β -环糊精微球和淀粉微球在 2.0 h 时对二氢芳樟醇的吸附综合效果最好, 缓释二氢芳樟醇挥发作用明显; 淀粉- β -环糊精微球吸附率大于淀粉微球对二氢芳樟醇的吸附, 在单因素条件下, 加入 β -环糊精作为反相胶乳法单体制备的多孔微球吸附香精分子效果更好, 其缓释香精分子的挥发效果更佳.

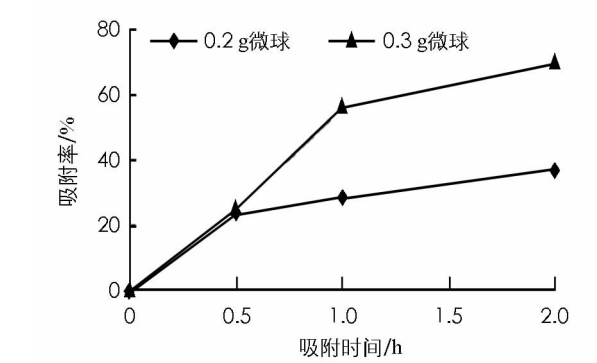


图 3 不同投加质量的淀粉- β -环糊精微球的吸附率随吸附时间的变化

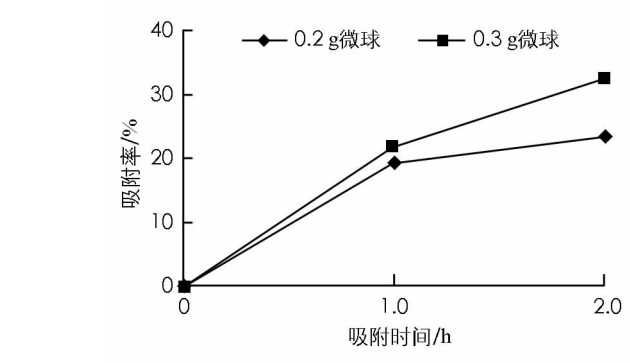


图 4 不同投放质量的淀粉微球的吸附率随吸附时间的变化

2.5 不同二氢芳樟醇浓度吸附率随时间的变化

分别研究和分析不同浓度的二氢芳樟醇, 对淀粉- β -环糊精微球和淀粉微球对二氢芳樟醇的吸附率的影响(图 5 和图 6). 保持两种微球投加质量和其他条件不变, 控制二氢芳樟醇的浓度作为单因素变量, 浓度为 0.109 4 mmol/L、吸附 2.0 h 时, 淀粉- β -环糊精吸附率达到 70%, 而浓度为 0.182 4 mmol/L、吸附 2.0 h 时, 淀粉- β -环糊精吸附率只有 40.2%.

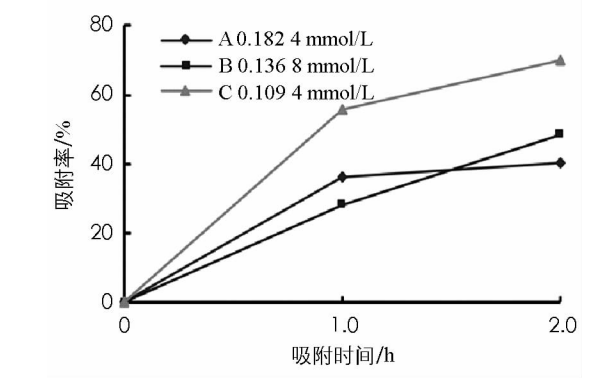


图 5 不同浓度的二氢芳樟醇条件下淀粉- β -环糊精微球($m=0.3$ g)吸附率随吸附时间的变化

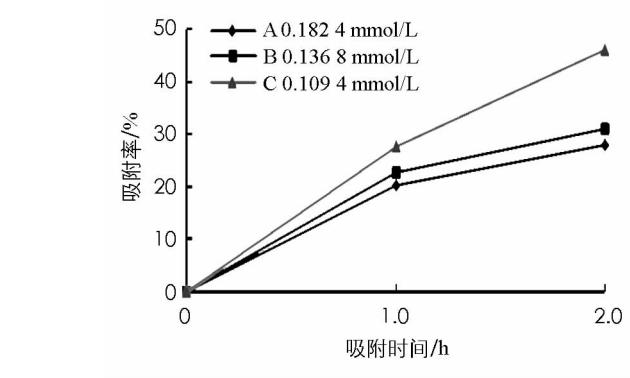


图 6 不同浓度二氢芳樟醇条件下淀粉微球($m=0.3$ g)的吸附率随吸附时间的变化

由图 5 和图 6 观察可得, 在低浓度条件下微球吸附率比高浓度时大. 如图 5 所示, A 组浓度为 C 组的 1.67 倍, 当吸附时间为 1 h 时, C 组吸附率为 A 组的 1.5 倍, 吸附时间为 2 h 时, C 组吸附率为 A 组的 1.7 倍, 说明浓度增大, 淀粉- β -环糊精微球吸附香精分子的吸附率呈现下降趋势. 可以理解为在淀粉- β -环糊精微球吸附二氢芳樟醇分子过程, 微球投加质量一定, 香精分子吸附位点恒定, 二氢芳樟醇浓度越高, 吸附效率越低. 而对于只有淀粉制备的微球来说(图 6), 微球对香精的吸附作用较小, 效果较小, 香精分子的浓度对淀粉微球的吸附率影响不明显.

在投加微球质量一定的情况下, 伴随着溶液初始浓度的上升, 微球对二氢芳樟醇的吸附率下降. 这是因为在吸附过程中, 吸附位点是固定的, 所以吸附量也是不变的, 而当其初始浓度较低时, 由于二氢芳樟醇分子的数量少, 微球的吸附位点还有剩余, 所以在低浓度的情况下微球的吸附率较高; 在 0~1.0 h 之间, 3 种不同浓度的二氢芳樟醇, 淀粉- β -环糊精微球对二氢芳樟醇吸附速度增加明显, 1.0~2.0 h 之间增

加速度明显减缓. 从图 5 和图 6 也可得出, 淀粉- β -环糊精微球和淀粉微球在 2.0 h 处吸附综合效率最佳.

3 实验结论

本实验主要研究以 β -环糊精为载体, 采用常用的反相胶乳法制备的淀粉- β -环糊精微球对二氢芳樟醇的吸附效果以及吸附最佳条件, 以此反应其对香精分子的缓释性能研究, 同时比较分析淀粉微球和淀粉- β -环糊精微球对香精缓释效果, 探究加入 β -环糊精对淀粉吸附作用的改善效果, 以期制备出高效、无毒的新型挥发性分子吸附剂.

1) 以淀粉为原料, 以 β -环糊精为载体, 利用反相胶乳法, 以 Span60 和 Tween60 作为乳化剂, 环氧氯丙烷作为交联剂, 制备淀粉- β -环糊精微球, 制得的微球颗粒均匀, 微球内部空间更大, 比无 β -环糊精为载体的淀粉微球对二氢芳樟醇吸附效果更好.

2) 淀粉 β -环糊精微球越多, 给二氢芳樟醇分子提供的吸附结合位点越多, 吸附量越大, 以微球投加质量为单因素条件下, 微球吸附香精分子的吸附率随微球投加质量的增加而增大.

3) 淀粉- β -环糊精微球作为一种新型香精缓释剂具有极大的潜能, 无毒、环保, 可以达到缓释香精的效果, 本实验以茉莉香精的主要成分二氢芳樟醇为吸附质, 探讨淀粉- β -环糊精微球吸附效果, 可为其在茉莉花香精缓释中的应用提供有利的技术指导.

参考文献:

- [1] 陈立杰, 张素勤, 尹 杰, 等. 贵阳花溪古茶树遗传进化的 SNP 分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019(8): 33-40.
- [2] 游陈娜, 俞诗雯. 茉莉花的香气成分研究进展 [J]. 福建茶叶, 2010, 32(10): 20-24.
- [3] 李 鹤, 俞 滢, 陈桂信, 等. 双瓣茉莉花(*Jasminum sambac*(L.)Ait)开放过程香气成分的动态变化 [J]. 茶叶学报, 2015, 56(1): 29-38.
- [4] 唐雅乔, 刘 俊, 王 云. 茉莉花茶加工过程中的品质变化分析[J]. 西南农业学报, 2018, 31(4): 711-716.
- [5] VERZELE M, MAES G, VUYE A, et al. Chromatographic Investigation of Jasmin Absolutes [J]. Journal of Chromatography A, 1981, 205(2): 367-386.
- [6] 张 玲, 秦 华, 孙 珍. 1-MCP 复合保鲜液对非洲菊切花保鲜的影响 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(3): 62-67.
- [7] 胡 飞, 陆慧玲. 微孔淀粉理化性质的研究 [J]. 粮油加工, 2006(9): 84-86.
- [8] 尹卓林, 解乐福, 李艳杰, 等. 微胶囊多孔淀粉的制备及应用研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2014, 35(12): 105-107.
- [9] 司晓菲, 吕继祥, 李 沅, 等. 多孔淀粉微球的制备及应用 [J]. 大连工业大学学报, 2016, 35(6): 452-456.
- [10] MEER T A, MORAVKAR K, PAWAR J, et al. Crosslinked Porous Starch Particles——A Promising Carrier [J]. Polim Med, 2015, 45(1): 11-19.
- [11] 康晓梅, 曾宪仕, 徐 静, 等. 改性淀粉材料的研究进展 [J]. 化工新型材料, 2010, 38(12): 8-10, 104.
- [12] 丁年平, 解新安, 刘华敏, 等. 淀粉微球的制备及应用研究进展 [J]. 食品工业科技, 2009, 30(10): 356-359.
- [13] 张 艳, 李 嫻, 罗 艳. 多孔淀粉对森林浴香精的吸附及释放性能研究 [J]. 香料香精化妆品, 2007(2): 6-9.
- [14] 张 云, 苏秀霞. 交联 β -环糊精-可溶性淀粉复合微球对茉莉香精的吸附性 [J]. 中国胶粘剂, 2014, 23(10): 23-27.
- [15] 王秋菊, 朱春山, 张蕊莉, 等. 淀粉/ β -环糊精磁性复合微球的制备与表征 [J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2014(5): 6-10.
- [16] 荀 哲, 陈 东, 杨希琴, 等. 交联 β -环糊精-可溶性淀粉聚合物微球的合成及载药性质 [J]. 沈阳药科大学学报, 2009, 26(11): 857-862.
- [17] OUYANG L, WANG L S, SCHORK F J. Synthesis and Nucleation Mechanism of Inverse Emulsion Polymerization of Acrylamide by RAFT Polymerization: a Comparative Study [J]. Polymer, 2011, 52(1): 63-67.
- [18] 魏 欣, 加文君, 曹 静, 等. 反相乳液法制备 P(AM-AA-AMPS)聚合物微球 [J]. 石油与天然气化工, 2014, 43(5): 539-542.

Preparation and Adsorption Ability of Cross-linking β -Cyclodextrin-Soluble Starch Composite Microsphere on One Jasmine Essence

XIAO Xiu-chan^{1,2}, HUANG Na¹, CHEN Feng-lian¹,
QIN Miao^{1,2}, REN Ya-qi^{1,2}, LIU Jia-xin¹

1. School of Material Science and Environmental Engineering, Chengdu Technological University, Chengdu 611730, China;

2. Center of Big Data for Smart Environmental Protection, Chengdu Technological University, Chengdu 611730, China

Abstract: With soluble starch and β -cyclodextrin (β -CD) as main raw materials, a composite microsphere based on β -CD-starch has been synthesized by reversed phase emulsion polymerization, and the optimal process conditions of dihydrolinalool essence adsorbed by composite microsphere been preferred by single-factor experiment method. The research results show that, the adsorption rate of β -CD-starch is significantly higher than that of starch, and the rate increased with the increase of microsphere content, and the adsorption rate of dihydrolinalool by composite microsphere could reach 70%, and it has the better sustained release ability when adsorption time was 2 h, composite microsphere was 0.3 g. The higher the concentration, the lower the adsorption rate with the same adsorption amount.

Key words: composite microsphere; β -cyclodextrin; soluble starch; dihydrolinalool; sustained release ability

责任编辑 潘春燕