

泡桐叶消除恶臭污染研究

贾朝 / 山西省忻州师范学院附属外国语中学

指导教师 侯先槐 王俊堂 杨小峰

◎ 简介

恶臭污染已在全球范围内受到各国广泛的重视,被许多国家认为是仅次于噪声的六大公害之一。目前广泛采用的除臭方法主要有以下几种类型:香料掩蔽法、吸附法、氧化法、微生物法、等离子体法和植物提取液净化法等。其中,利用天然植物提取液除臭技术在美国、加拿大、日本等国家的研究应用已日益成熟,而国内在这方面的应用研究较少。本人进行的研究选取山西省忻州市凤凰山植物园的泡桐树叶为实验材料,经过乙醇浸提,石油醚、氯仿、乙酸乙酯、正丁醇依次液-液萃取、大孔树脂柱层析分离、除臭效果检测、黄酮成分显色检验等一系列实验,得出了泡桐叶中的类黄酮物质确实能够消除硫化氢、氨、甲醛等恶臭有害气体的结论。并研究了配制泡桐叶天然植物除臭剂的方法及一系列实用性实验,为泡桐叶的开发利用和恶臭污染的治理提供了新的思路。

◎ 实验材料与仪器

③ 实验材料与试剂

◆ 材料:泡桐叶(采自山西忻州凤凰山植物园,经园艺师鉴定为白花泡桐)。

◆ 提取分析试剂:乙醇(70%及95%)、石油醚60~90、三氯甲烷、乙酸乙酯、正丁醇、盐酸、氢氧化钠。

以上试剂除70%乙醇外均为分析纯。

◆ 量-效关系测定试剂:0.05mg/mL 酚试剂吸收液、0.1mol/L 盐酸、1% 硫酸铁铵溶液、甲醛(37%~40%)、0.05mol/L 硫酸吸收液、水杨酸-酒石酸钾溶液、0.01g/mL 亚硝基铁氰化钠溶液、0.75mol/L 氢氧化钠溶液、0.5%次氯酸钠溶液、氨水(25%~28%)、硫化氢吸收液(硫酸镉、氢氧化钠、聚乙烯醇磷酸铵)、对氨基二甲基苯胺使用液、三氯化铁溶液、磷酸氢二铵溶液、硫化氢标准溶液等(均为分析纯)。

③ 实验仪器

架盘药物天平、电子天平(120g/0.001g)、电子恒温水浴锅、简易气体发生器、移液管(5mL及1mL)、微量注射器(1μL)、具支试管(180mm×18mm)、硫化氢气体检测管(0.5~10ppm)、苯检测管(量程为4mg/m³)、氨检测管(量程为4mg/m³)、ZG-1手动取样器(100mL)、旋转蒸发器、分液漏斗(1000mL)、玻璃层析柱(1200mm×35mm)、大孔树脂、紫外分光光度计、1cm 玻璃比色杯、10mL 具塞试管、10mL 针筒、100mL 玻璃输液瓶(带胶塞)、紫外光谱仪等。

◎ 实验方法与过程

③ 泡桐树叶中化学成分的提取

称取100g 阴干粉碎的泡桐叶,用

8倍量浓度为70%乙醇回流提取两次,每次提取2小时,过滤、合并两次滤液,减压浓缩回收乙醇至无醇味得泡桐叶的提取液或减压浓缩至干得提取物干燥粉末。

③ 泡桐叶提取液对硫化氢、氨等恶臭气体的清除效果研究

◆ 制备硫化氢(H₂S)水溶液。取8g 硫化亚铁(FeS)放入简易气体发生器中,加入30mL 稀盐酸(6mol·L⁻¹),将生成的硫化氢气体通入盛有蒸馏水的细口瓶(50mL)中,制成饱和水溶液,加塞置于阴凉处待用。

◆ 制备氨水稀释溶液。取1mL 氨水试剂,加入9mL 水中,密闭摇匀待用。

◆ 检测泡桐叶提取液对恶臭气体的除臭效果。在具支试管中加入待测的提取液,在另外的试管中加入清水作为对照样品,然后分别加入0.1mL 前面制备的硫化氢水溶液,放置适当时间后,加塞密封,混匀,分别用硫化氢气体检测管检测6支试管内的硫化氢气体浓度。硫化氢气体清除率按下式计算:

$$\text{除臭率} = \frac{X_0 - X_1}{X_0} \times 100\%$$

式中X₀为对照样品管中硫化氢气体浓度,X₁为样品管中硫化氢气体浓度。

检测泡桐叶提取液对氨气的除臭效果的方法同上,只是用1μL 步骤(2)

制备的氨水稀释溶液代替上述实验中的硫化氢水溶液。

◆ 检测泡桐叶提取干燥物对硫化氢气体的清除效果。取 0.1mL 前面制备的硫化氢水溶液，分别加入 6 支试管中，在其中 3 支试管中分别用细线悬挂一个包有干燥提取物的纱布包，加塞密封，同时在剩余的 3 支试管中分别用细线悬挂一个不含干燥提取物的纱布包作为对照样品，加塞密封。放置适当时间后，检测 6 支试管内的硫化氢气体浓度。硫化氢气体清除率按上式计算。

检测泡桐叶提取干燥物对氨气的清除效果过程同上，只是用 1 μL 步骤 (2) 制备的氨水稀释溶液代替上述实验中的硫化氢水溶液。

③ 泡桐叶提取液对硫化氢、氨等恶臭气体清除效果与时间的关系

◆ 泡桐叶提取液对硫化氢气体清除快慢的检测。在 500mL 细口瓶中加入 10mL 上述制备的硫化氢饱和水溶液，并加入 20mL 待测的泡桐叶提取液，加塞密封。每隔 2min 测一次硫化氢气体浓度，直到瓶中硫化氢气体浓度变化不明显为止。

◆ 泡桐叶提取液对氨气清除快慢的检测。在 500mL 细口瓶中加入 10 μL 上述制备的氨水溶液，并加入 20mL 待测的泡桐叶提取液，加塞密封。每隔 2min 测一次氨气浓度，直到瓶中氨气浓度变化不明显为止。

③ 泡桐叶除臭化学成分筛选

◆ 泡桐叶液-液萃取分离。泡桐

叶乙醇提取液减压浓缩回收乙醇，加适量水得到混悬水溶液，依次用石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯和正丁醇分别萃取 3 次，每次加入与混悬水溶液等体积的各种溶剂，合并各溶剂的萃取液，减压浓缩回收溶剂，分别得到四种溶剂的提取物浸膏和萃取后剩余物浸膏。

上述萃取分离所得五种膏状物经干燥后，按前述方法检测除臭效果。

◆ 黄酮成分的检测。用盐酸-镁粉法定性鉴别黄酮类化合物。将上述分离得到的样品少许溶于 10mL 乙醇中，加入少许镁粉振摇，滴加几滴浓盐酸，观察样品溶液颜色变化。

③ 泡桐叶除臭有效物质的柱层析分离

◆ 预处理大孔树脂。

◆ 按前述提取方法取得泡桐叶的醇提取液，减压浓缩回收乙醇，先用液-液萃取的方法选出有效部分，并将有效部分回收至无有机溶剂后，再加适量水过滤，滤液缓慢滴入装好大孔树脂的层析柱中。依次用水、50% 乙醇、75% 乙醇、95% 乙醇洗脱。洗脱过程中不断用盐酸-镁粉法检测，将盐酸-镁粉检测显阳性和未显阳性收集液分别合并。

◆ 除臭有效物质的筛选。将上述所得四种洗脱液分别减压浓缩，干燥，用稀乙醇 (20%) 溶解配置成 1% 浓度的溶液，按前述方法测定除臭效果。

◆ 除臭有效物质中黄酮含量的测定方法如下：① 制备对照品溶液；② 选择测定波长；③ 建立标准曲线；④ 配制

与测定样品溶液；⑤ 计算三次吸光度的平均值，根据标准曲线方程计算每毫升待测样品中黄酮含量。

③ 泡桐叶植物除臭剂研究

◆ 泡桐叶植物除臭剂的制备。

500g 阴干粉碎的泡桐叶，用 8 倍量 70% 乙醇回流提取两次，过滤、合并两次滤液，减压浓缩回收乙醇。加适量水过滤后的滤液用大孔树脂做柱层析分离。将收集到的洗脱液减压浓缩回收乙醇并制成干粉，即为泡桐叶天然植物除臭剂的原料，以下简称“泡桐叶除臭剂”。

◆ 泡桐叶植物除臭剂应用实例。在厕所、垃圾箱、有人吸烟的房间、冰箱、鸡舍等地点进行试验，用喷雾或直接放置的方法将除臭剂放入环境中，对比效果。

◆ 研究泡桐叶除臭剂的量-效关系——以甲醛清除测定过程为例。① 用六种不同比例的甲醛和泡桐叶除臭剂混合后，放置 20 分钟；② 从 6 个瓶中分别抽取 100mL 瓶中甲醛气体，缓慢注入 10mL 具塞试管中的 5mL 吸收液中；③ 上述试管中加入 0.4mL 1% 硫酸铁铵溶液，摇匀后放置 15 分钟；④ 用紫外分光光度计测定各管中溶液的吸光度 $A_{m\lambda}$ 值。⑤ 重复上述步骤 2 次，记录并计算同组的吸光度平均值。

用类似的方法也测量了泡桐叶除臭剂对氨气和硫化氢的量-效关系。

◎ 实验结果

③ 对硫化氢气体除臭率为 91%。



- ③ 对氨气的除臭率为 93%。
- ③ 泡桐叶提取液对硫化氢和氨气的清除效果分别在 17min 和 8min 达到最大并趋于稳定。
- ③ 在乙酸乙酯相中和正丁醇相中有黄酮存在，其他相中未见黄酮。
- ③ 乙酸乙酯相和正丁醇相有除臭效果，而且效果显著。其他相没有除臭效果。
- ③ 只有 50% 乙醇相中含有黄酮。
- ③ 对大孔树脂柱层析分离后的各洗脱相进行了去除硫化氢气体的效果检测，50% 乙醇洗脱相得到的硫化氢气体浓度最低
- ③ 用芦丁标准曲线方程计算后得知除臭有效成分的干粉中含有 91.74% 的黄酮。
- ③ 在公共厕所、垃圾桶、有人抽烟的房间、冰箱和农家鸡舍使用泡桐叶除臭剂后，除臭效果显著。
- ③ 当泡桐叶除臭剂体积是甲醛体积的 160 倍时，清除率为实验中的最大值——93.84%；当泡桐叶除臭剂体积是氨水体积的 320 倍时，清除率为实验中的最大值——94.68%；当泡桐叶除臭剂体积是硫化氢体积的 160 倍时，清除率为实验中的最大值——94.08%。

◎ 讨论

- ③ 经本实验溶剂萃取研究发现，乙酸乙酯萃取部分和正丁醇萃取部分具有较强的消除硫化氢、氨、甲醛等主要恶臭

气体的功能。

- ③ 依据黄酮类物质结构特点，推测黄酮类物质对 H_2S 清除可能与氢键形成有关，对 NH_3 的清除可能是由于 NH_3 与黄酮成分的酚羟基形成复合盐有关，从而达到了清除空气中 H_2S 、 NH_3 的目的。
- ③ 泡桐叶可以作为鸡饲料使用，表明泡桐叶无毒，因而利用泡桐叶制备的除臭剂，不仅可达到清除恶臭的目的，而且不会对环境造成二次污染。
- ③ 泡桐树枝大、叶茂，每年秋季都有大量泡桐叶产生，清理比较困难，习惯上都是将其收集，就地烧掉，这样做不仅浪费资源，更对环境造成污染，因此，本项目研究用泡桐叶制备除臭剂，不仅可以减少或避免泡桐叶燃烧对环境造成的污染，反过来还可用它来治理环境，消除恶臭，具有较强的社会效益和经济效益。
- ③ 本实验提出的初步从泡桐叶中提取与分离黄酮类物质的方法，可有效分离出黄酮类物质，制备过程简单、易控制，材料安全无毒，并可重复使用，制备过程无污染物产生，是一个较环保的方法。
- ③ 经换算，在 100mL 体积空间中有 0.1mL 甲醛（40%）时的臭气浓度是 433.2ppm (mg/m^3)，有 0.1mL 氨水（25%）时的臭气浓度是 227.5ppm，有 0.1mL 硫化氢饱和溶液时的臭气浓度是 3.944ppm。而人的嗅觉对臭气浓度感知阈值都远远低于这些值。也就是说，喷洒很少量的泡桐叶除臭剂就可达到很好的除臭效果。

◎ 结论和分析

该项研究为利用天然植物治理恶臭污染提供了一个新的思路。现在市场上销售的用于除臭的产品有两大类，一类是多孔性物质如活性炭、竹炭等，这类产品的除臭机理是吸附，另一类产品是空气清新剂，这类产品的除臭机理是掩盖。与这两类产品相比，泡桐叶除臭剂的优点较为突出，所以会有广阔的市场前景。该研究为泡桐叶的开发利用，为科学、有效地对恶臭进行控制和治理，提供了一种环境友好的、天然的、简单易行的、廉价的恶臭清除方法和技术。

该项目获得第 25 届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组化学一等奖。

专家评语

本项目选用泡桐叶为原料，得到了类黄酮物质，可有效消除硫化氢、氨、甲醛等有害气体，并以此为基础配置了天然植物除臭剂。项目选题新颖，设计合理，实用性强，可操作性好，但是对于除臭机理和相关化学分析还有待加强。■