

机械化学联合处理分离杜仲籽壳全组分研究

姚雪峰^{1, 2}, 潘嫫³, 陈悦³, 朱铭强^{1, 2*}

(1. 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 杨陵 712100; 2. 农业部农村可再生能源开发利用西部科学观测实验站 杨陵 712100; 3. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:【目的】构建高效、低成本的杜仲胶清洁高效分离体系, 旨在降低杜仲胶提取能耗及溶剂用量, 并将籽壳木质纤维素转化为木质素抗氧化剂和电极材料, 实现杜仲籽壳资源的综合生物精炼。【方法】以脱籽后的杜仲籽壳为原料, 采用粉碎-球磨结合的机械预处理高效去除木质纤维素组分, 富集杜仲胶。此外, 联合低共熔溶剂体系将木质纤维素转化为木质素抗氧化剂及碳材料。通过美国能源实验室标准方法、核磁共振光谱和凝胶色谱等方法分析球磨对杜仲胶及木质纤维素原料的主要化学组分及结构特性变化影响。

【结果】球磨辅助预处理显著增强了木质纤维素的去除, >90%的杜仲胶被富集在胶渣中(球磨后的胶渣仅剩原料的 27.3%)。对比粉碎、碱处理、粉碎-球磨结合有机溶剂提取的整个过程总能耗顺序为粉碎处理(18.3 MJ/Kg)>碱处理(15.1 MJ/Kg)>球磨处理(13.9 MJ/Kg)。此外, 在相同的提取条件下, 粉碎处理后杜仲胶提取所使用有机溶剂用量高达 60 L (虽然溶剂可回收重复使用, 但在处理过程中也会造成部分溶剂的损失), 而球磨处理和碱处理可将单次有机溶剂消耗量分别降至 23.9 和 24.9 L。此外, 利用具有布朗斯特酸和路易斯酸的乳酸-ZnCl₂ 溶剂体系可有效地促进籽壳木质纤维素组分分离。与未经球磨处理的籽壳生物质(<80 目)相比, 球磨预处理降低了木质素的提取温度。球磨木质纤维素在 110 摄氏度处理条件下的木质素产率(46.5%)可与未经处理的木质纤维素在 130 摄氏度处理条件下木质素的产率(45.2%)相当。再生木质素具有相对均匀的粒径分布(<100 nm), 优异的抗氧化活性使其可应用于橡胶抗氧化领域。最后, 将 DES 残渣制备成多孔炭材料, 具有优异的比电容(电流密度为 0.5A g⁻¹ 时>200 Fg⁻¹)。【结论】球磨预处理可有效去除杜仲籽壳原料中的木质纤维素组分, 从而富集杜仲胶, 有效降低了杜仲胶整个提取过程的能量消耗和挥发性有机溶剂用量。此外, 利用低共熔溶剂体系可将木质纤维素组分升级为木质素纳米材料和电极材料。总之, 所开发的机械化学联合处理实现了杜仲籽壳资源的综合利用。

关键词: 球磨; 杜仲胶; 低共熔溶剂; 木质素; 活性炭