

第2屆大專校院綠色化學創意競賽 創意說明書

一、主題

咖啡渣/奈米銀複合材料的綠色合成及其在殺菌、觸媒及光熱效應的應用

二、動機

指尖散揚著咖啡香，唇間抿著濃香的味道，已成現代人們的習慣。一般來說，沖泡180 cc的咖啡是約由10~20 克的咖啡豆所沖提，最後殘留約8~16 克的咖啡渣（spent coffee grounds, SCGs）。這些經年累月囤積的咖啡渣若用物理破壞或丟棄的處理方法，經常造成環境及經濟壓力。因此，如何將大量的咖啡渣回收再利用，使其賦予新生命，是許多業者/科研汲汲追求的目標。

咖啡渣主要由大分子纖維素和木質纖維素所組成，因此常用於農業的堆肥、園藝或蘑菇生長。這些纖維素經處理後具有多孔性，使得高表面積的咖啡渣具有強大的吸附能力。除了纖維的成分，咖啡渣還含有許多功能性的化學成分，如蛋白質、脂質、木質素（Lignin）、多酚（Polyphenol）等[1, 2]。一些科學研究是萃取咖啡渣內的油脂，企圖使其轉換成脂質，以做為固體燃料、生物柴油或乙醇燃料[3-6]。近年來，咖啡渣也被用於重金屬的吸附，研究指出，咖啡可以移除水中的重金屬離子，如鉛、汞、銅、鎂、鈷、及鋁。這些重金屬離子藉由咖啡渣中的帶負電之官能基形成離子鍵，進而移除水中的重金屬[7]。

咖啡渣中的功能性之化學成分還包含多酚，這類的成分在許多的植物中經常可發現，如單寧（Tannin）、兒茶素（Catechin）、花青素（Anthocyanin）、黃酮類化合物（Flavonoids）等。多酚類化合物在生物化學的調節具有優秀的效果，其可排除自由基及調節金屬螯合的反應能力，以維持健康的代謝功能。此外，也可降低發炎指數，在抗癌及預防心血管疾病都有一定的效用[8]。近年來，多酚與金屬離子的作用之研究越來越受到注目，多酚中的鄰苯二酚（Catechol）可與高價位的金屬離子，如 Cr^{6+} 、 Fe^{3+} 產生配位反應，形成穩定的錯合物[9, 10]；此外，鄰苯二酚也可與金屬離子進行氧化還原反應，將高價位態的金屬離子還原成低價位態，進而製備

金屬奈米顆粒 (metal nanoparticles) 、或發展無電電鍍 (electroless plating) 技術。

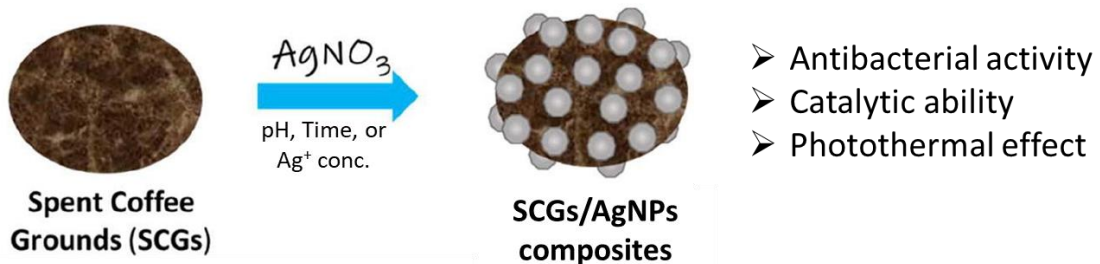
由於工業的快速發展，全球已開始針對資源枯竭、能源耗竭展開布局，其中綠色製程更是蓬勃發展。舉例來說，金屬奈米粒子是將其體積縮小至 10^{-9} ，導致能隙變寬，而使得奈米化後的物化性質和未奈米化的粒子大不相同，因此在光學、電磁、生化感測、疾病治療及催化各領域都展現實際的應用發展[11, 12]。為了將金屬奈米化，現有的方式通常屬於耗能的技術，如雷射消融法 (Laser ablation) [13-15]，係利用高能量的雷射不斷地打向金屬溶液，使其產生金屬奈米顆粒，最後以低溫的溶液及穩定劑使奈米粒子均勻分散在溶液中。其他的金屬奈米化技術還包括蒸發冷凝 (Evaporation-condensation) 或通過有機/無機還原劑進行化學還原。然而，這些生產方法通常需要昂貴的設備，或則是使用的化學試劑對環境和生物有害。因此，發展安全的、環境友好的金屬奈米化方法是有必要的。

近年來，利用植物提取物合成金屬奈米粒子已被視為一種綠色製程，藉由植物提取物中的多酚、醣、生物鹼、酚酸或蛋白質將無機金屬離子轉化成金屬奈米顆粒。其中，咖啡豆的提取物也曾被用來合成奈米顆粒，但是，不曾有相關的信息將咖啡渣直接用作生物合成金屬納米粒子的系統。考慮咖啡工業的廢料通常以固體廢物處理，在本綠色化學創意競賽，我們使用咖啡渣作為載體，嘗試將奈米銀直接固定在咖啡渣表面，以製作咖啡渣/奈米銀的複合材料，並測試其抗菌能力、觸媒活性、及光熱性質，使原始的咖啡渣賦予新的生命，得以應用在殺菌材料、觸媒及軟質促動機 (Actuator) 等。此外，咖啡渣/奈米銀複合材料的製備過程中無須額外添加分散劑、封端劑或還原劑，藉由減少化學藥品的使用，更是環境友善的綠色生產。

三、目的

在本綠色化學創意競賽，我們使用農業廢棄物「咖啡渣」作為素材，藉由綠色化學之合成法，雇用咖啡渣作為生物系統及有機載體，使奈米銀直接固定在咖啡渣表面，以製成咖啡渣/奈米銀的複合材料，最後將其發展在殺菌材料、觸媒及軟質促動機等應用。根據本計畫的研究目的，我們設立以下幾個目標，藉由探討綠色合成時所使用的反應參數，如時間、pH值、銀離子濃度等，探討咖啡渣/奈米銀複合材料的性質。

1. 研究咖啡渣將銀離子轉化成奈米銀的能力
2. 探討咖啡渣/奈米銀複合材料之抗菌性質
3. 探討咖啡渣/奈米銀複合材料之觸媒活性
4. 檢測咖啡渣/奈米銀複合材料對進紅外光的光熱效應



四、設計大綱 (含流程圖及照片更佳)

咖啡渣/奈米銀複合材料的綠色合成及其在殺菌、觸媒及光熱效應的應用

實驗參數: pH, 時間, 銀離子濃度
材料鑑定:

- ☐ SEM: 觀察複合材料之形態
- ☐ XRD: 分析奈米銀晶相
- ☐ TGA: 分析複合材料之熱性質
- ☐ ICP: 檢測奈米銀的含量

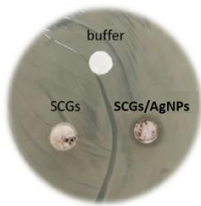
研究咖啡渣將銀離子轉化成奈米銀的能力

應用

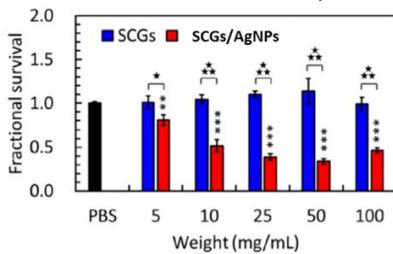
探討咖啡渣/奈米銀複合材料之抗菌性質

E. coli antibacterial test

Zone of inhibition

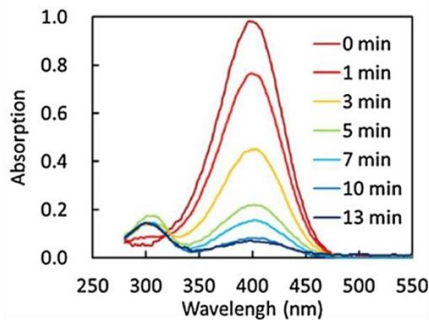


Antibacterial ability



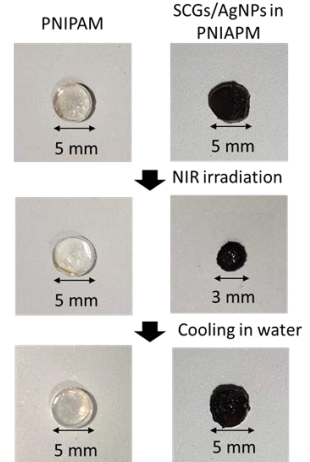
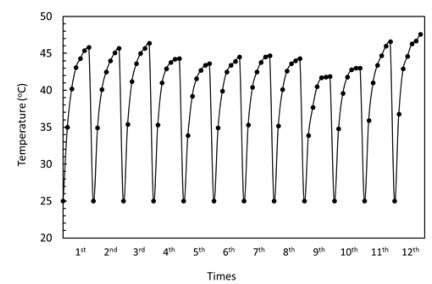
探討咖啡渣/奈米銀複合材料之觸媒活性

Conversion of 4-nitrophenol



檢測咖啡渣/奈米銀複合材料對進紅外光的光熱效應

NIR-responsive thermal property



五、附錄

[1] A.S. Franca, L.S. Oliveira, Coffee processing solid wastes: current uses and future perspectives, *Agricultural Wastes* 9 (2009) 155-189.

[2] M. Arya, L.J.M. Rao, An impression of coffee carbohydrates, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47 (2007) 51-67.

- [3] E.E. Kwon, H. Yi, Y.J. Jeon, Sequential co-production of biodiesel and bioethanol with spent coffee grounds, *Bioresource Technology* 136 (2013) 475-480.
- [4] N.S. Caetano, V.F. Silva, A.C. Melo, A.A. Martins, T.M. Mata, Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications, *Clean Technologies and Environmental Policy* 16 (2014) 1423-1430.
- [5] N. Kondamudi, S.K. Mohapatra, M. Misra, Spent coffee grounds as a versatile source of green energy, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (2008) 11757-11760.
- [6] E. Sendzikiene, V. Makareviciene, P. Janulis, S. Kitrys, Kinetics of free fatty acids esterification with methanol in the production of biodiesel fuel, *European Journal of Lipid Science and Technology* 106 (2004) 831-836.
- [7] A.A. Chavan, J. Pinto, I. Liakos, I.S. Bayer, S. Lauciello, A. Athanassiou, D. Fragouli, Spent coffee bioelastomeric composite foams for the removal of Pb^{2+} and Hg^{2+} from water, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 4 (2016) 5495-5502.
- [8] Z. Sroka, W. Cisowski, Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids, *Food and Chemical Toxicology* 41 (2003) 753-758.
- [9] S. Li, N. Chen, X. Li, Y. Li, Z. Xie, Z. Ma, J. Zhao, X. Hou, X. Yuan, Bioinspired double-dynamic-bond crosslinked bioadhesive enables post-wound closure care, *Advanced Functional Materials* (2020) 2000130.
- [10] Z. Tang, M. Zhao, Y. Wang, W. Zhang, M. Zhang, H. Xiao, L. Huang, L. Chen, X. Ouyang, H. Zeng, H. Wu, Mussel-inspired cellulose-based adhesive with biocompatibility and strong mechanical strength via metal coordination, *International Journal of Biological Macromolecules* 144 (2020) 127-134.
- [11] L. Huang, E. Kakadiaris, T. Vaneckova, K. Huang, M. Vaculovicova, G. Han, Designing next generation of photon upconversion: Recent advances in organic triplet-triplet annihilation upconversion nanoparticles, *Biomaterials* 201 (2019) 77-86.
- [12] F. Mottaghitalab, M. Farokhi, Y. Fatahi, F. Atyabi, R. Dinarvand, New insights into designing hybrid nanoparticles for lung cancer: Diagnosis and treatment, *Journal of Controlled Release* 295 (2019) 250-267.

[13] F. Mafuné, J.-y. Kohno, Y. Takeda, T. Kondow, H. Sawabe, Structure and stability of silver nanoparticles in aqueous solution produced by laser ablation, *The Journal of Physical Chemistry B* 104 (2000) 8333-8337.

[14] F. Mafuné, J.-y. Kohno, Y. Takeda, T. Kondow, H. Sawabe, Formation and size control of silver nanoparticles by laser ablation in aqueous solution, *The Journal of Physical Chemistry B* 104 (2000) 9111-9117.

[15] F. Mafuné, J.-y. Kohno, Y. Takeda, T. Kondow, H. Sawabe, Formation of gold nanoparticles by laser ablation in aqueous solution of surfactant, *The Journal of Physical Chemistry B* 105 (2001) 5114-5120.