

化工衛工及環工科

科別：化工衛工及環工科

組別：高職組

作品名稱：鎘鎘不入 - 妙用豆渣吸附重金屬鎘

關鍵詞：豆渣、鎘、等溫吸附方程式

編號：091103

學校名稱：

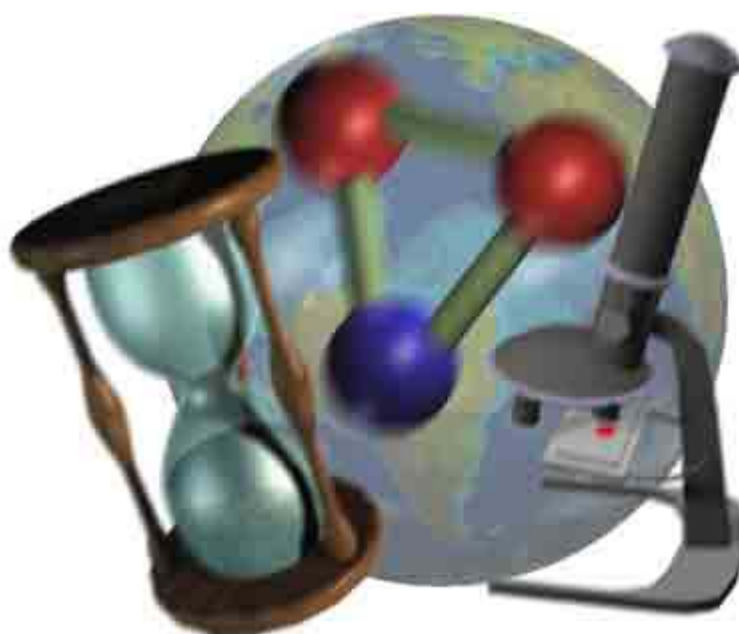
國立屏東高級工業職業學校

作者姓名：

林怡妙、林怡、李珮榕、于珮瑩

指導老師：

王美惠



摘要

實驗室或化學工業製程所產生的廢水中常含有有毒物質，若未經處理直接排放而使河川的自淨能力無法負荷時，將對環境產生嚴重的危害。這些有毒物質包括強酸、強鹼、酚、氰化物及各種重金屬，依其污染物性質的不同，需利用各種不同的去除方法來達到預期的處理效果。近年來高分子合成技術的創新，使具有選擇性吸附的高分子型吸附劑，在去除水中有機物和重金屬上，已有突破性的發展。但此種吸附劑的價格過高，不符合經濟效益。因此，如何選擇一個適合的吸附劑，是一個值得深入研究的課題。常用的吸附劑有活性碳、粘土、矽石、兩性澱粉等。對於去除低濃度有機物或重金屬離子時，用一般處理方法較不經濟，且不易達到理想的去除效率，此時可利用吸附劑如界面活性劑或雜環族有機物等，以達到較高的去除效果。而吸附劑的選擇不但需考量吸附效果的優劣，吸附劑的來源是否容易取得，吸附反應時間的長短、飽和吸附量及吸附後廢棄物的後續處理問題等，都是必須考慮的因素。

本研究利用豆渣作為吸附水溶液中重金屬的吸附劑，來探討豆渣在不同時間、不同粒徑下對水中重金屬鎘的吸附能力和去除效果。

實驗結果發現：豆渣吸附時間在短時間即可達到吸附平衡，去除率在 60 % 至 75 % 左右；豆渣粒徑的大小會影響吸附能力，以 D4 (0.250mm~0.061mm) 效果最好，當粒徑較小時，其表面積較大所以吸附效果較好。

另外，藉由 Langmuir 等溫吸附曲線可決定豆渣對鎘的最大吸附量。實驗中所使用之吸附劑(豆渣)與吸附質(重金屬 - 鎘)之吸附行為符合 Langmuir sorption isotherm equation，可得到一最大吸附量。

壹、研究動機

當老師說有科展比賽的時候，我們躍躍欲試的想參加，但是始終想不到我們很想嚐試的實驗。直到有天在喝豆漿的時候，想起我們做完有機實驗，老師都會叫我們多喝牛奶或豆漿，因為牛奶和豆漿裡有豐富的蛋白質，而黃豆就是豆漿的原料，黃豆做成的食品在我們日常生活中以豆腐、豆乾、豆皮、豆漿、豆腐乳等種種不同的形態出現，而剩下的豆渣也有人拿來當作肥料或者做成美味的餅乾。我們想了想既然豆漿可以幫助我們降低做實驗時所吸入的藥品，那是否也可以用豆渣來吸附水中的污染物呢？

現在工廠林立，例如：電鍍工廠、皮革工業，許多的重金屬也許在操作人員不經意的情形下就經由排水設施流放到土壤中，並進入農作物裡，使人們吃進了含有重金屬的蔬果。在食品化學課的時候，老師曾跟我們說：「40 年代日本某區出現一種怪病，名為「痛

痛病」(Itai-itai disease)。病者全身劇烈疼痛，後來發現死者骨中的鈣被鎘取代，使得人體內的鎘較正常人高出 159 倍，其他器官中的鎘含量，亦較正常人高出數十至數百倍。原來罪魁禍首是該區上游的一座鋅礦石冶煉廠，排出含鎘的污水，使居民吃下鎘米致病(一般鎘米的含量，不能超過 0.4 ppm)。鎘對人體的影響引起我們的好奇，查了許多資料了解鎘對生物體毒性強，即使只有 0.01 ppm (一般放流水的鎘含量不能超過 0.03 ppm)，對人體也會造成極大的傷害，且根據研究顯示，鎘中毒會造成腎小管再吸收障礙，低分子量蛋白質和鈣質等由尿中流失，長期下去容易形成骨質軟化，關節疼痛、骨折及骨骼變形等。

因此我們想利用這次的實驗探討是否能把濃度高的鎘溶液吸附至便宜可回收的豆渣裡，若鎘濃度減少，自然對整個生態的危害也降低了許多。

貳、研究目的

- 一、在實驗室中利用豆渣來當吸附劑，去除污水中的鎘。
- 二、探討適當吸附條件及豆渣廢棄物之再利用。

參、材料與方法

一、試驗材料及設備

- (一) 吸附劑-豆渣(豆渣取自早餐店); 以區分粒徑來實驗, 粒徑區分可分為四部分：
 $D_1(2\text{MM} \sim 0.84\text{MM})$; $D_2(0.84\text{MM} \sim 0.71\text{MM})$; $D_3(0.71\text{MM} \sim 0.250\text{MM})$;
 $D_4(0.250\text{MM} \sim 0.061\text{MM})$ 。
- (二) 藥品 - 鎘標準溶液 (市售)。
- (三) 儀器設備 - 精稱天秤、AA (火焰式原子吸收光儀器 PERKIN ELMER AANALYST 100)。

二、實驗方法

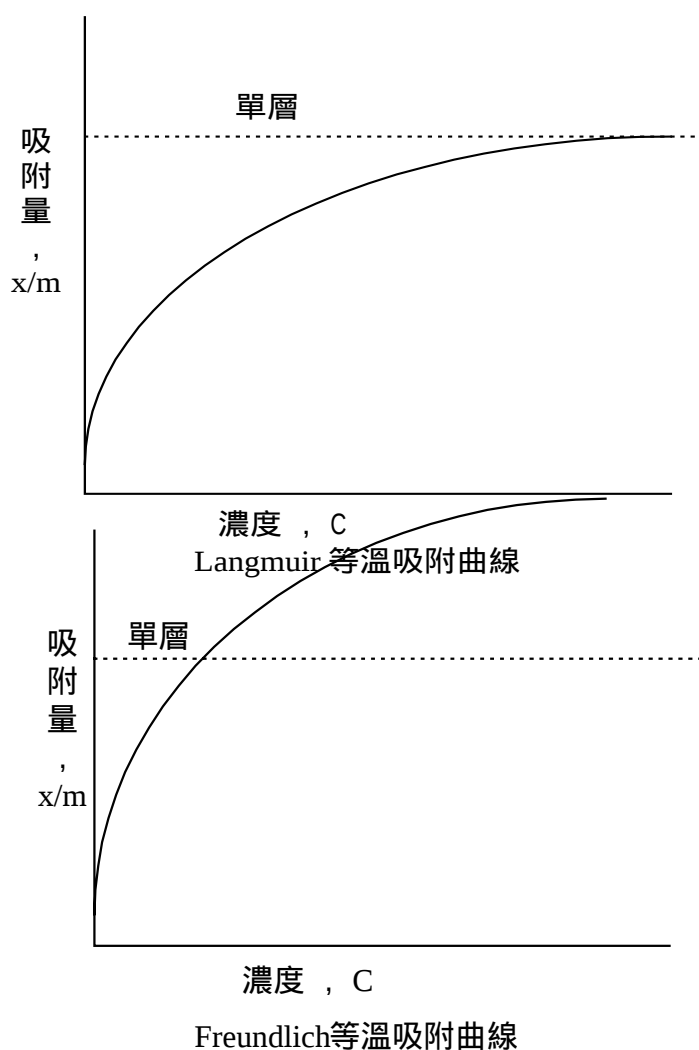
- (一) 配製不同濃度鎘標準溶液，製作檢量線。
- (二) 取 0.2G 豆渣於試管 (加蓋試管) 中，加入 10ML、20PPM 的鎘標準溶液後，使其搖晃均勻混合後，吸取上層澄清液，稀釋至適當濃度，再利用 AA (火焰式原子吸收光譜儀) 分析鎘的濃度。

(三) 以不同吸附時間，決定豆渣和銅之間達到吸附平衡所需的反應時間。

(四) 將豆渣區分粒徑，探討粒徑與吸附量之關係。

三、吸附曲線

在上學期所學到的基礎化工課中，曾提到吸附，吸附作用的發生通常是在含有可溶化合物之溶液中，又分為物理吸附及化學吸附，而物理吸附模式中以 Langmuir 及 Freundlich 等溫吸附線應用較廣。化合物與固相表面的接觸而吸附，如果該可溶化合物的全量增加則被吸附之量亦增加。在一定溫度下，測定不同濃度之溶液中，以其溶質吸附量 (x/m) 對平衡溶液濃度 (c) 所作之座標圖中之曲線叫做等溫吸附曲線。



GILES 等 (1960) 指出等溫吸附曲線的形狀可表示在一個已知溶質-溶劑-系統中進行之吸附作用的作用機構，而發展出一種等溫吸附作用的典型分類，分為四個主要的型態。

- (一) L 型：是最普通的吸附曲線。亦即符合 LANGMUIR 等溫吸附方程式之吸附。
- (二) S 型：指共同的吸附作用，表示水與化合物很強烈的吸附中心時的吸附曲線。
- (三) C 型：是指固定分配的吸附作用，表示化合物在溶液和吸附表面間有固定的分配比例的吸附曲線。
- (四) H 型：指很高的親和性的吸附曲線，其等溫吸附曲線幾乎平行於座標之橫軸。

吸附之理論簡述如下：Langmuir (1918) 提出此方程式用來描述固體表面對氣體分子的吸附現象，後來也被用來描述溶液中固相對溶質的吸附情形適用於均質的系統中，其方程式如下：

$$\frac{x}{m} = \frac{k_1 k_2 C}{1 + k_1 C} \quad \Rightarrow \quad \frac{C}{(x/m)} = \frac{1}{k_1 k_2} + \frac{C}{k_2}$$

而 FREUNDLICH 等溫吸附方程式為：

$$\frac{x}{m} = k C^{\frac{1}{n}}$$

式中 X/M：單位固體對溶質的吸附量 C：達平衡時溶質之濃度

K₁：與鍵結強度(BINDING STRENGTH)有關之常數 K₂：最大吸附量

C 及 X/M 可由實驗得知，若以 C/X/M 為 Y 軸，而以 C 為 X 軸，可得一直線關係，再由斜率及截距即可求得 K₁ 及 K₂ 值，此方程式在推導的過程中有三項假設：

- 1、固體表面有一定的吸附點，
- 2、每一個吸附點僅能吸附一個分子，
- 3、吸附質分子間無作用力。

由以上三項假設我們可以瞭解到，LANGMUIR ISOTHERM EQUATION 是屬於單層吸附而且有一最大吸附量。

四、黃豆的組成

- (一) 蛋白質：大豆的蛋白質高達 40%，屬於完全蛋白，提供八種胺基酸。
- (二) 脂肪：大豆中脂肪含量為 18.4%，其中含有：1.不飽和脂肪酸：脂肪含量中有 85%為不飽和脂肪酸；2.植物性固醇：具有控制腸子吸收膽固醇的作用；3.卵

磷脂：可除去附在血管壁的膽固醇，維持血管壁的柔軟性，卵磷脂中的膽鹼多，可防止肝臟內積存過多的脂肪，預防脂肪肝。

(三) 礦物質及維生素：大豆含有人體所需的鈣、磷、鐵等微量元素和維生素 A、B1、B2、菸鹼酸、膽鹼，而膽鹼存在於卵磷脂中。有降低膽固醇作用、預防老化。

(四) 纖維素：大豆纖維中含 75% 的食物纖維，其中含有 10% 膳食纖維素和 65% 非膳食纖維素。

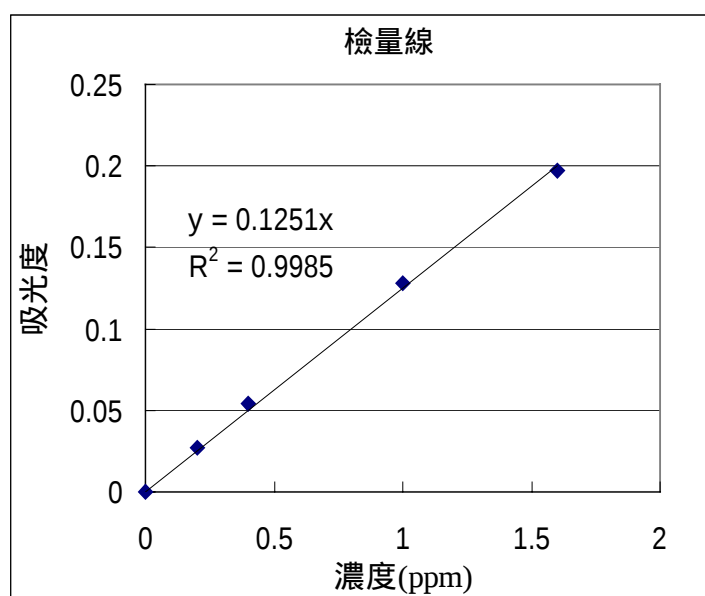
(五) 皂素 (SAPONIN)：體內若過氧化脂質過多，會導致動脈硬化。而黃豆皂素有親水性及親油性作用，能與體內脂肪結合。

(六) 大豆異黃酮 (ISOFLAVONE)：目前研究發現存在大豆中的異黃酮有 GENISTEIN (植物性雌激素) 和 DAIDZEIN (黃豆素) 兩種物質。另外 GENISTEIN 具有防癌作用，所以大豆有預防心血管疾病和降低癌症罹患率的功效。

肆、結果與討論

一、鎘標準溶液之檢量線

將市售之鎘標準液稀釋至適當濃度，以火焰式原子吸收光譜儀測定鎘之濃度。



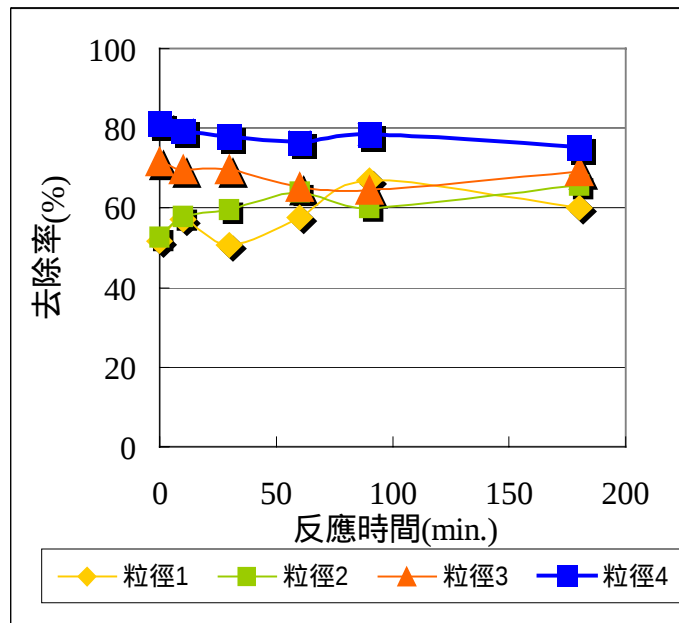
圖一 鎘標準溶液之檢量線

(二) 豆渣對鎘標準溶液在不同震盪時間下的吸附效果

下圖為豆渣在不同混合振盪時間下，對 20PPM 之鎘標準溶液去除率與時間的關係圖，由下圖可知：一開始豆渣即對鎘有強烈的吸附力，隨著時間增加，去除率的改變不大，因此我們可推測豆渣對鎘之吸附能力，在很短時間內，即達到平衡。混合時間較長時，豆渣中的鎘有可能脫附至溶液中，而使得溶液中鎘的濃度提高。

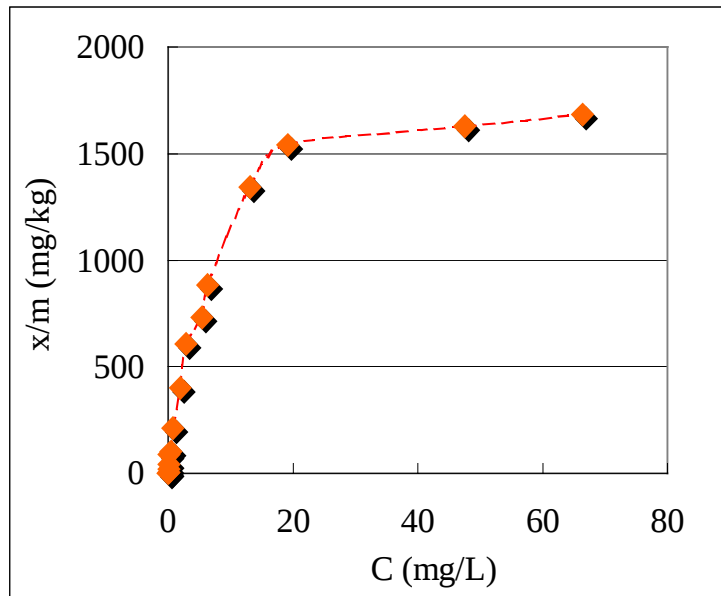
(三) 粒徑大小對吸附能力的影響

將粒徑區分為四部分：(1) $D_1(2\text{MM} \sim 0.84\text{MM})$ ；(2) $D_2(0.84\text{MM} \sim 0.71\text{MM})$ ；(3) $D_3(0.71\text{MM} \sim 0.250\text{MM})$ ；(4) $D_4(0.250\text{MM} \sim 0.061\text{MM})$ 。



圖二 不同混合時間下，對鎘標準溶液去除率與時間的關係圖

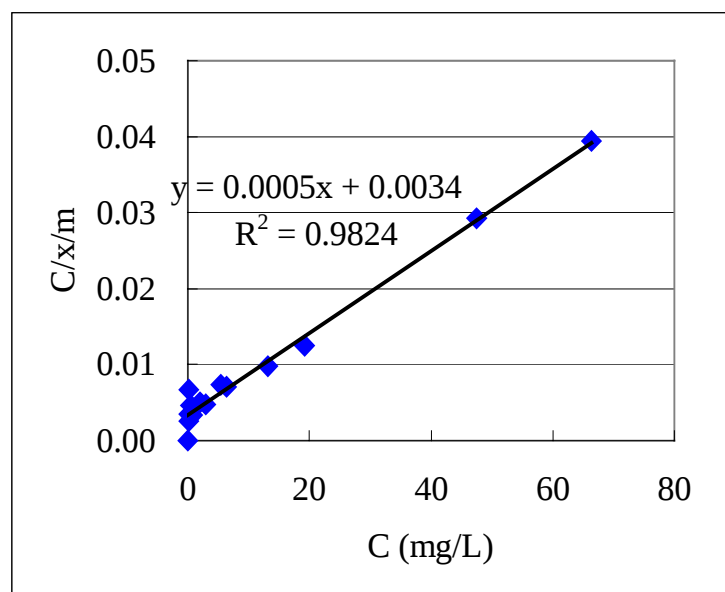
由圖二結果顯示，粒徑 D_4 對鎘之吸附量比 D_3 、 D_2 、 D_1 略高，其原因可能是 D_4 之粒徑較小的緣故；而粒徑較小之豆渣對於鎘之吸附，具有較好的效果，此乃由於粒徑小其相對吸附表面積較大所以吸附效果較好；反之，粒徑大則吸附表面積小吸附效果較差。由此可見顆粒的大小會影響污染液被吸附的效果，以大粒徑來說，大的顆粒因表面積較小，豆渣較易達到飽合吸附量，故無法有效吸附較高濃度的污染液。



圖三 不同鎘標準溶液濃度對單位吸附量之 LANGMUIR 吸附曲線

[單位吸附量(X/M)與平衡溶液中之濃度(C)關係圖]

豆渣對鎘之吸附結果，以單位吸附量(X/M)對平衡濃度(C)作圖。如圖三所示，此曲線之型態顯示其吸附作用與 LANGMUIR 吸附曲線相同，若再進一步以 $C/(X/M)$ 對 C 作圖即可將上述吸附曲線轉換成線性良好之直線方程式(如圖四)，由此實驗結果顯示，本研究可用 LANGMUIR SORPTION ISOTHERM 來描述豆渣對鎘之吸附情形並計算其吸附常數與最大吸附量，圖三之數據即表示 LANGMUIR 吸附曲線所求得之相關係數(R^2)、吸附常數(K_1)、最大吸附量(K_2)。



圖四 不同鎘標準溶液濃度之 LANGMUIR 吸附曲線圖

伍、結論

本研究是以豆渣作為吸附劑以去除污水中的鎘。探討鎘與吸附劑在不同條件(在不同時間、粒徑大小)的吸附行為。鎘標準溶液濃度為 0.5~100PPM 粒徑區分為底盤 2MM~0.84MM、0.84MM~0.71MM、0.71MM~0.250MM、0.250MM~0.061MM, 時間為 0、10、30、60、90、180MIN。由實驗結果可得到以下幾點結論：

- 一、豆渣吸附時間在短時間即可達到吸附平衡，去除率在 60 % 至 75 % 左右。
- 二、豆渣粒徑的大小會影響吸附能力，以 D_4 (0.250MM~0.061MM) 效果最好，當粒徑較小時，其表面積較大所以吸附效果較好。
- 三、實驗中所使用之吸附劑(豆渣)與吸附質(重金屬 - 鎘)之吸附行為符合 LANGMUIR SORPTION ISOTHERM EQUATION，可得到一最大吸附量。

陸、後續處理

吸附鎘金屬後的豆渣可用水泥固化成磚塊（亦可先用火焚燒豆渣，剩餘的灰燼再固化能更減少體積），再回收利用（可當作橋樑或其他建材之材料）。

柒、參考書籍及文獻

1、陳可敏

[HTTP://WWW.CGH.ORG.TW/00-10-%E5%A4%A7%E8%B1%86%E7%87%9F%E9%A4%8A%E7%9F%A5%E5%A4%9A%E5%B0%91.HTM](http://WWW.CGH.ORG.TW/00-10-%E5%A4%A7%E8%B1%86%E7%87%9F%E9%A4%8A%E7%9F%A5%E5%A4%9A%E5%B0%91.HTM)

2、徐濟泰

82 年度飼料製造技術研習會專輯 [HTTP //WWW.SOYBEAN.ORG.TW/TECH4-2.HTM](http://WWW.SOYBEAN.ORG.TW/TECH4-2.HTM)

3、葉和明 化工機械 P.127~128

評語

1. 以豆渣作為吸附劑吸附水溶液中重金屬鎘，試圖解決環保問題主題明確，具有實用價值。
2. 研究方法係利用批次震盪法，探討變因僅豆渣粒徑大小，稍嫌薄弱，若能改變溫度，溶液濃度及 PH 值等，實驗會較完整。
3. 利用各種吸附劑，包括天然材料，吸附廢水中重金屬的報告很多，作者未能加以比較，誠屬可惜。