

利用微生物處理重金屬

高中組應用科學科第二名

台灣省立屏東高級工業職業學校

作者：沈豐勝、郭雅芳
包淳玲

指導教師：林勳棟、劉啓先

一、研究動機

由於是化工科的，常有許多做完後的廢水無法丟棄，因現今社會來說，認為我們的重金屬廢水若排入生態中，不但造成污染，還形成無數環保問題。當我們的廢水愈趨嚴重下，我們幾位同學想出一種方法，若能使廢水中的各種重金屬溶液中，放入我們所培養的菌種，不知是否能將溶液中的重金屬沈澱，使廢水變清水，這樣不必擔心廢水愈來愈多而影響環保，於是組成一個小組來做此實驗，證明有效。

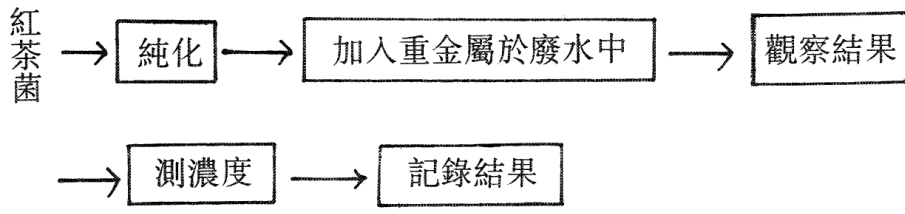
二、研究目的

- (一)自製微生物、活菌酵母菌及發酵母菌三種不同菌種對溶液中不同濃度重金屬的影響及變化且比較其優劣。
- (二)自製微生物，控制在室溫及恆溫下對不同重金屬溶液不同影響。
- (三)應用生化法，利用自身培養之微生物的作用去除廢水中溶解和凝結重金屬離子之有機方法，應用於無機物污染方面。

三、研究設備器材

- (一)藥品：取含有 Cr^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 等離子之廢水，乙醇、鮮奶、洋菜粉、紅茶菌。
- (二)材料：燒杯、洗瓶、玻棒、試管、試管架、鑷子、解剖刀、培養皿、粗天平、酒精燈、三腳架、本生燈。
- (三)儀器：原子光譜吸收儀(AA)，恆溫控制水槽、電子天秤、烘箱、PH/mV計、電磁式攪拌器、電熱器、UV 無菌箱、恆溫箱。

四、研究過程方法



五、實驗結果

(一)液狀微生物對重金屬溶液之影響

條件：在常溫狀況下，有用鋁箔紙包裝

觀察結果如下：

※A：為自製微生物

B：為活菌發酵酵母菌

C：為麵包發酵酵母菌

溶液名稱 & 濃度 原液 & 微生物 & 時間 變化	1.036×10^5 (ppm) Pb ⁺²	2.070×10^5 (ppm) Pb ⁺²	3.108×10^5 (ppm) Pb ⁺²	2.600×10^4 (ppm) Cr ⁺³	5.200×10^4 (ppm) Cr ⁺³	7.800×10^4 (ppm) Cr ⁺³	3.270×10^4 (ppm) Zn ⁺²	6.540×10^4 (ppm) Zn ⁺²	9.810×10^4 (ppm) Zn ⁺²	2.795×10^4 (ppm) Fe ⁺³	5.590×10^4 (ppm) Fe ⁺³	8.385×10^4 (ppm) Fe ⁺³
溶液 4ml + A (原) 2ml (原色)	淺綠色 有少許沉澱	顏色較深、 有沉澱	顏色比前二者更深、有 沉澱	深褐色	深褐色	深褐色	乳白色	同左 (較前者深)	同左 (較前二者深)	綠色	同左	深茶綠色
1.5小時	顏色較淺、 有褐色沉澱物	有褐色沉澱物	產生褐色物 較前二者多	黑褐色	黑褐色	黑褐色	黃色	同左	沉澱較前二者 完全，上層為乳黃	顏色變為明顯的 茶綠色	沉澱較前不 明顯	同左
24小時	淺綠色、沉 澱物增加	溶液顏色較 前者深	溶液顏色較 前二者深	黑褐，有少 許沉澱物	顏色較上深 有沉澱物	同左	沉澱之顆粒 顏色深，溶 液清澈	沉澱之顆粒 顏色不深， 溶液呈黃色	同左	沉澱物增加	顏色較前深 沉澱較前不 明顯	同左
溶液 4ml + B (原) 2ml (原色)	乳藍色	乳藍色	乳藍色	褐色	顏色呈褐色 (較上深)	溶液呈褐色 (較前二者深)	上層稍有乳 白色	同左	同左	乳橙色	橙黃色	同左
1.5小時	溶液變藍色 且呈混濁， 有沉澱	溶液變藍色 ，且呈混濁	溶液變藍色 ，且呈混濁	褐色，有些 凝固體	有些凝固體	有些凝固體	雖有沉澱， 但上層還是 乳白色	未沉澱完全 但液體較不 清澈	沉澱未完全	無沉澱且呈 混濁狀	溶液呈混濁 無沉澱	有沉澱物
24小時	沉澱物為棉 絮狀	沉澱物為棉 絮狀	溶液顏色深 有棉狀沉澱物	溶液呈褐色 且混濁有凝 固物	溶液呈褐色 且混濁有凝 固物	同左	有沉澱，但 溶液呈混濁	有沉澱，溶 液清澈	溶液稍混濁	上層：乳黃 中層：乳白 下層：橙色	同左	上層較前二 組黃中與下 層均為橙紅 色
溶液 4ml + C (原) 2ml (原色)				桔紅色	桔紅色	桔紅色	比 B 的較 清澈	上層液體較 不清澈	同左	有橙黃色之 沉澱	沉澱呈橙黃 但沉澱較少	同左
1.5小時				有褐色沉澱 物	有褐色沉澱 物	同左	與原溶液顏 色相近，但 溶液清澈	溶液沉澱不 完全	同左	沉澱較完全	同左	沉澱物較前 二者少
24小時				溶液呈桔紅 色有沉澱物	溶液呈桔紅 色有沉澱物	同左	溶液呈混濁 有沉澱	同左	同左	顏色與原色 較清澈	同左	同左

(二)塊狀微生物對重金屬溶液之影響

1. 條件：常溫狀況下，有用鋁箔紙包裝

觀察結果：

時間 & 溫度 (常溫)	溶液名稱							
	Fe ⁺³ 原溶液	Fe ⁺³ 稀釋液	Zn ⁺² 原溶液	Zn ⁺² 稀釋液	Pb ⁺² 原溶液	Pb ⁺² 稀釋液	Cr ⁺³ 原溶液	Cr ⁺³ 稀釋液
0 小時	透明	透明	透明	透明	透明	透明	桔紅	透明
T=22℃								
0.6 小時	蘋果綠	蘋果綠	淡黃	淡黃	略帶淡黃	略帶淡黃	原色變暗	淡黃
T=22℃								
19 小時	溶液混濁有少許氣泡，微生物表面有棕色附著粒子	微生物變得較白且有紅褐色的附著粒子（微生物沉澱）	微生物剖面呈層狀其表皮有紅褐色粒子也有氣泡	微生物表面有咖啡色粒子，且表面被破壞（微生物沉澱）	微生物呈黃色棉狀物且表皮有棕色附著物（微生物沉澱）	微生物剖面呈片狀上部呈綠狀，下部表皮附有深咖啡色粒兒	溶液顏色變為暗紅色，微生物表皮有黑色小孔	微生物略呈黃色，且有棕色絲狀物附著於表面上（微生物沉澱）
T=22℃								
24 小時	微生物變成白色棉狀物，且氣泡增多	微生物表面呈現棕色棉狀物	微生物顏色變得較透明，且有“脫皮”現象	下層溶液呈淡黃，咖啡色粒子增多	微生物內部呈現裂痕，且表皮粒子增多	微生物變得較白	微生物變黃且有內部破裂現象	棕色絲狀物變多且顏色也加深
T=23.5℃								
31 小時	溶液顏色變得較混濁，底部沉澱物增多	微生物表皮上所附著粒子之顏色加深且數量增多	附著於微生物上的紅褐色粒子，脫離微生物而飄浮在溶液中	微生物表皮變得皺皺的	微生物剖面呈棉狀表皮粒子成薄膜覆於微生物表皮上	深咖啡色粒子漸成棉狀物（微生物沉澱）	微生物黑孔增加，有一部分的微生物沉澱於管底	同上
T=23℃								
43 小時	微生物表面棕色，附著粒子生成一層薄膜	微生物表皮上的紅褐色粒子變成咖啡色	微生物愈白，紅褐色粒子變為橘色粒子	咖啡色粒子漸形成絲狀物	棕色粒子脫離微生物飄浮於溶液中，且粒子形成桔紅色絲狀物	管底有一層褐色的附著物，咖啡色棉狀物增多	沉澱物增加	同上
T=23.5℃								
55 小時	微生物表面有小孔	有少許咖啡色粒子形成薄膜，漸脫離微生物	微生物表面有小孔且內部氣泡增多	微生物有一部分產生裂痕，而此處變得清澈乾淨	微生物底部產生裂痕，飄浮溶液中的粒子增多	溶液有些混濁	微生物從中間裂開，其表皮也增加了不少的黑斑	有一小片微生物全身佈滿咖啡色粒子，所以造成其本身也是咖啡色
T=22℃								
114 小時	沉澱物又增加了，微生物變得愈白，帶點透明	微生物整個表面都是褐色薄膜	微生物變得完全透明乾淨	同上	同上	黑褐色粒子又增多了	同上	同上
T=24℃								
258 小時	溶液變成藍色，微生物完全變得透明	微生物變黑	同上	微生物上黑褐色的表皮脫掉了	微生物變得很白，表皮上有一層棕色皮	微生物表皮有許多的白色粒子	微生物變得皺皺爛爛的	微生物變成褐色
T=23℃								

2. 條件：恆溫狀況下，有用鋁箱紙包裝

觀察結果：

時間	恆溫 T=40℃ (恆溫)							
	Fe 原溶液	Zn 原溶液	Zn 稀釋液	Pe 原溶液	Pe 稀釋液	Cr 原溶液	Cr 稀釋液	
0 小時 (溶液原色)	透明	透明	透明	透明	透明	桔紅	透明	
30 小時	微生物變黑，且有 Fe 析出	微生物變透明且有氣泡	微生物變透明且變大	上層：透明 下層：淡黃	溶液為淡黃併有少許沉澱粒子	溶液為暗紅色微生物變大且有氣泡	溶液略帶淡黃色微生物分解	
77 小時	同上 (Fe 析出更多)	同上	微生物外層有褐薄膜	微生物外層有淡黃薄膜	微生物外層有褐薄膜	微生物變黃色	微生物外層有褐薄膜	
125 小時	同上	同上	同上	同上 (微生物沉澱)	同上	同上 (微生物沉澱)	同上	
149 小時	同上 (微生物沉澱)	同上	同上	同上	同上	同上	同上	

※稀釋液的濃度相同

3. 條件：常溫狀況下，沒有用鋁箔紙包裝

觀察結果：

溶液名稱 溫度 溶液 & 微生物 時間	Fe	Zn	Pb	Cr
	T=22°C	T=22°C	T=22°C	T=22°C
0 小時 (溶液原色)	透明	透明	透明	黃
24 小時	溶液變為褐色	微生物溶液為淡黃色。	溶液顏色呈淡黃色	溶液顏色變淡黃色
47 小時	溶液下層顏色變深	微生物顏色變成橘紅色，溶液顏色變成淡黃色	微生物顏色變成橘紅色，溶液顏色變成淡黃色。	微生物顏色變深
71 小時	微生物變黑，溶液顏色變成紅褐色。	微生物變得透明。	微生物分解且顏色變深	溶液顏色變褐色，微生物變成黑褐色

※這些溶液皆無用鋁箔紙包裝

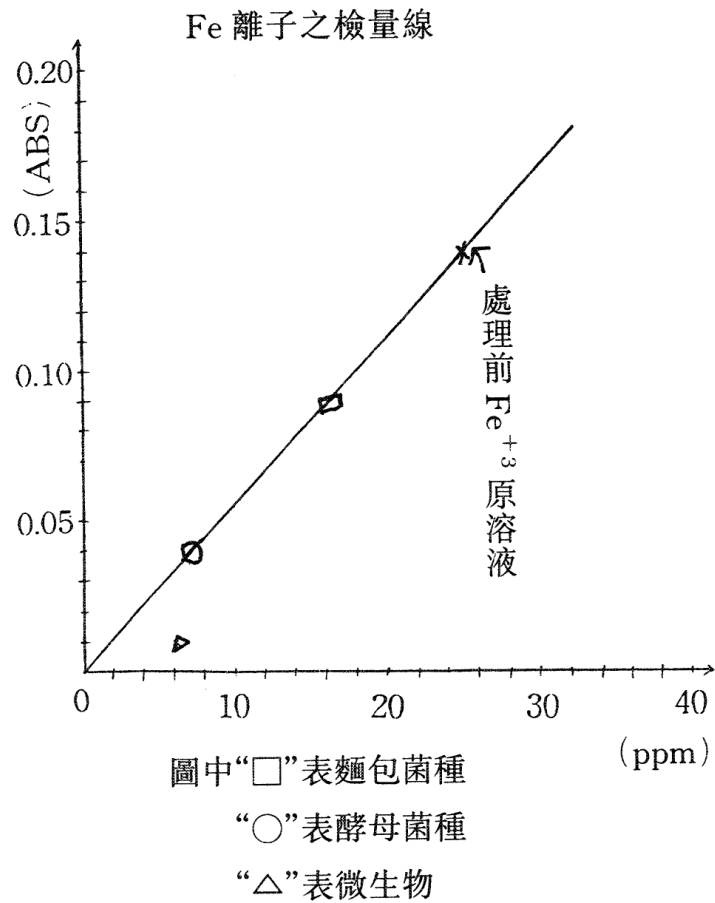
(二)常溫狀態下 Fe^{+3} 原溶液與三種菌種的比較

1. 數據

	吸收度值 (ABS)	平均值	濃度 (ppm)
處理前 Fe^{+3} 原溶液	0.140	0.142	25
	0.130		
	0.140		
	0.150		
	0.150		
麵包菌種處理後	0.080	0.088	16
	0.090		
	0.090		
	0.100		
	0.080		

酵 母 菌 處 理 後	0.040	0.042	7
	0.030		
	0.040		
	0.050		
	0.050		
微 生 物 處 理 後	0.014	0.014	3
	0.013		
	0.014		
	0.015		
	0.015		

2. 作圖

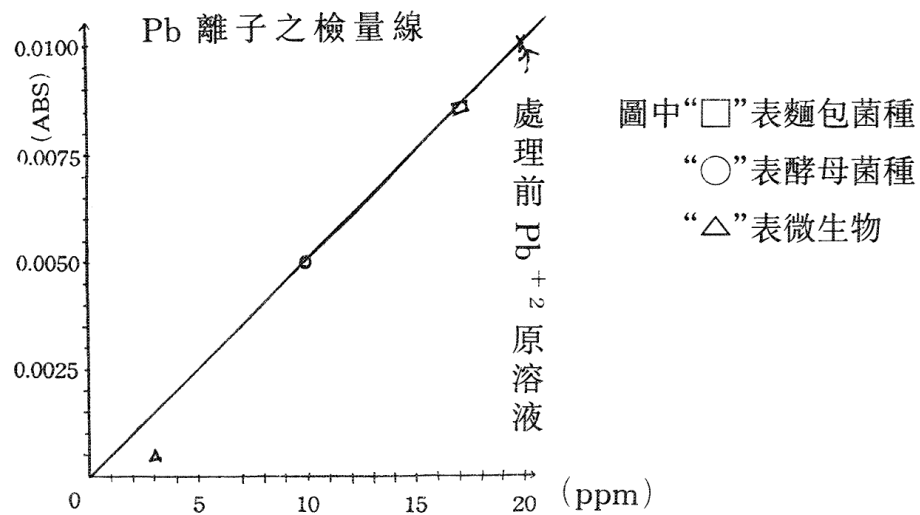


(三)常溫狀態下 Pb^{+2} 原溶液與三種菌種的比較

1. 數據

	吸收度值 (ABS)	平均值	濃 度 (ppm)
處 理 前 Pb^{+2} 原溶液	0.010	0.010	20
	0.010		
	0.009		
	0.011		
	0.011		
麵 包 菌 種 處理後	0.008	0.008	17
	0.007		
	0.009		
	0.009		
	0.008		
酵 母 菌 處 理 後	0.005	0.005	10
	0.005		
	0.005		
	0.006		
	0.006		
微 生 物 處 理 後	0.001	0.001	3
	0.001		
	0.001		
	0.001		
	0.002		

2. 作圖



六、討論

- (一)當做此實驗中，曾考慮其中的變因，例：控制微生物的 PH 值，控制對重金屬沉澱的溫度環境，並加入微生物的重金屬溶液控制在常溫及恆溫(22℃)下，發現恆溫下的重金屬溶液沈澱的重金屬，遠比常溫下的重金屬效果好，可知，微生物在某一個溫度時，達到反應的效果較佳。
- (二)在文獻參考中，獲知微生物高出 10-20℃時，對其本身蛋白質具致命的傷害，而實驗中，加入微生物的金屬溶液控制在 40℃，但微生物仍具再生的能力，如此可知，我們的微生物在處理廢水時，對溫度的選擇很有彈性。
- (三)根據觀察所測的吸收值得知，我們所培養的微生物沈澱效果比其他兩種菌種較佳，原因可能因為培養的微生物，在培養基中所形成的腐植酸，帶有活性羥基和酸基可與帶正電的重金屬離子產生鍵結作用，在表面形成膠粒，快速沈澱。
- (四)此實驗中，知重金屬離子溶液濃度愈大，沈澱效果愈好，濃度愈小，效果較差，原因為離子濃度乘積小於 KSP 值，而無法沈澱，因此，可以大規模應用於工廠廢水，可增加經濟效應。

七、結論

實驗中發現，利用培養基所培養的微生物，對廢水中重金屬沈澱實驗，發現對 Fe^{+3} 、 Pb^{+2} 有特殊效果。現今工廠大部份用化學方法高分子凝固劑處理這些重金屬離子，使得到較好效用。但也會帶來後遺症，近代科學家研發以生化方法來取代傳統化學之方法，可免除二次污染，降低所需成本之費用。近幾年環保意識抬頭，而我們擔心微生物結合重金屬之沈澱物會有二次污染，所以我們將微生物以高溫焚化。因此我們想將這小規模的生化實驗運用於工業上，是我們的理想。雖目前以我們的能力無法達到，但本著實驗的精神，努力邁進。

八、參考文獻

- (一)陳國誠著——酵素工程學——藝軒圖書出版社
- (二)涂漢欽著——無機化學實驗——正文書局
- (三)戴佛香著——微生物學——台灣商務印書館
- (四)顏國欽著——食品安全學——藝軒圖書出版社
- (五)劉靜宜、汪永璞、彭安、徐瑞薇、周定著——環境工程學——科技圖書股份有限公司

- (六)林昌善、吳聿明著——環境生物學——科技圖書股份有限公司
- (七)高秋實、袁書玉著——環境化學——科技圖書股份有限公司
- (八)榮達坊、萬乾全、林武雄著——環境污染——幼獅文化事業公司
- (九)葉和明著——化工儀器——東大出版社
- (十)林秋裕編著——衛工微生物學——大學圖書供應社
- (十一)魏岳壽、張曙明——農業微生物實驗——正中書局
- (十二)吳俊忠譯——藻類淨化污水——科學月刊 22 卷第 9 期 P716-P717
- (十三)吳俊忠譯——防治重金屬污染的的要方——科學月刊

評語

作者對微生物處理污水能力之見解頗值得肯別，作品製作、實驗執行與步驟亦為嚴謹，本作品值得考慮之因素有：(一)微生物實驗之無菌操作應再加強，(二)菌種之篩選及污物處理潛能測試宜用較科學之方法執行，以符合科學研究的精神。