

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 化學科

040212

吸金大法－膠體溶液對重金屬離子的探討

學校名稱：臺南市私立南光高級中學

作者： 高一 張于婕 高一 郭珮宜 高一 陳宇雯	指導老師： 劉育錚
---	------------------

關鍵詞：膠體溶液、重金屬離子

摘要

本實驗的目標：比較不同種類及不同添加量的膠體溶液與重金屬離子混合後的差異，以尋求最佳的重金屬離子去除條件。從本實驗中可以得知：對 Pb^{2+} 而言，以養樂多的去除效果最佳；對於 Ni^{2+} ，則以低脂牛奶效果最佳。

由於不同的重金屬離子所對應的最佳螯合劑不同，所以不同膠體溶液吸附不同重金屬離子的程度也隨之不同，也因此我們可以推測出膠體溶液即為天然的螯合劑。

然而根據本實驗亦可發現動物性蛋白與植物性蛋白間的差異，這可能是造成豆漿與乳製品之間吸附能力差異的原因。

希望藉由本實驗發展出的系統，應用於其他重金屬離子去除率檢測的實驗，並且加深加廣，能普遍用於各種重金屬離子的檢測。

壹、研究動機

紀錄片《看見台灣》意外揭發日月光排放廢水，引起社會嘩然。隨著科技發展，工業的興盛也帶來更多重金屬汙染，無論是河川、大海受到汙染，抑或自然界被迫加入更多污染源，遑論人們吃下含有重金屬的食物。這樣的時代背景使大眾人心惶惶，民間出現許多偏方，而專業人員也提出眾多建議。已故的毒物專家林杰樑醫師曾建議，每天喝 1 杯 200 c.c. 的牛奶不但補充鈣，還可以排出體內所殘留的重金屬。那麼是否只有牛奶才有這樣的效果呢？在高中課程中提到了膠體溶液的凝析現象，是否可以推論其他膠體溶液也有這樣的效果？而低脂牛奶和全脂牛奶是否效果相當？所以我們決定以生活周遭容易取得的膠體溶液為研究對象。

作品與教材相關性：高中選修化學(上)第三章 液態與溶液

貳、研究目的

- 一、不同種類的膠體溶液對重金屬離子去除率及沉澱重量的探討。
- 二、不同添加量下膠體溶液對重金屬離子去除率及沉澱重量的探討。

參、研究設備及器材

一、藥品

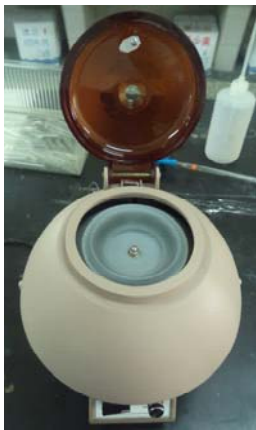
膠體溶液：		
光泉全脂牛奶	光泉低脂牛奶	統一 AB 優酪乳
亞當樂養樂多	統一黃金豆豆漿	
重金屬溶液：		
Pb(NO ₃) ₂ 溶液	NiSO ₄ 溶液	
稀釋溶劑：		
硝酸 HNO ₃ 溶液 1%		
標準溶液：		
1000 ppm Pb ²⁺ 標準品、Ni ²⁺ 標準品（測 A A 用）		

表一：實驗藥品

二、器材

玻棒	燒杯	離心管
試管架	試管	容量瓶
安全吸球	分度吸量管	滴管
刮勺	陶瓷漏斗	抽氣過濾瓶
濾紙	玻璃罐	原子吸收光譜儀 (A A)
離心機(3200 轉)	電子天秤	

表二：實驗器材



▲離心機(3200 轉)



▲原子吸收光譜儀

肆、研究過程或方法

一、試液的製備

(一) 重金屬溶液的配製

1. 配製 4000 ppm 的 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 溶液 1 公升
2. 配製 4000 ppm 的 NiSO_4 溶液 1 公升



▲重金屬溶液

(二) 樣品的配製

分別取 1 / 3 / 5 mL 的膠體溶液加入 3 mL 的重金屬溶液，最後分別加入 8 / 6 / 4 mL 的蒸餾水配製到 12 mL。

二、樣品的處理

(一) 以 3200 轉的離心機，轉 10 分鐘

(二) 以減壓抽氣過濾裝置，分離沉澱物和濾液

(三) 沉澱：陰乾後，用電子天秤，秤沉澱物重。

(四) 濾液：以原子吸收光譜儀(AA)，測重金屬離子殘留濃度。

1. 稀釋溶劑製備：取 10 mL 的濃硝酸，倒入 1 L 的容量瓶，加蒸餾水至容量瓶刻度線，變成 1% 的硝酸溶液。

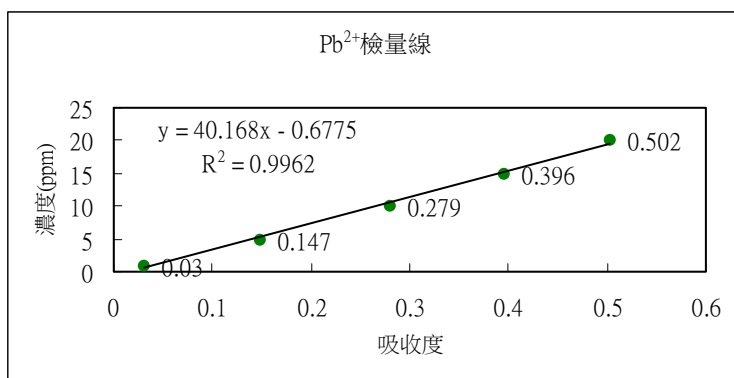
2. 標準品：1000 ppm 的 Pb^{2+} 標準溶液、1000 ppm 的 Ni^{2+} 標準溶液

3. 檢量線製備：

- (1) 1 ppm：取 0.1 mL 的標準品，加入稀釋溶劑，稀釋定量到 10 mL
- (2) 5 ppm：取 0.5 mL 的標準品，加入稀釋溶劑，稀釋定量到 10 mL
- (3) 10 ppm：取 1.0 mL 的標準品，加入稀釋溶劑，稀釋定量到 10 mL
- (4) 15 ppm：取 1.5 mL 的標準品，加入稀釋溶劑，稀釋定量到 10 mL
- (5) 20 ppm：取 2.0 mL 的標準品，加入稀釋溶劑，稀釋定量到 10 mL

Pb ²⁺ 濃度(ppm)	原子吸收度
1	0.030
2	0.147
5	0.279
10	0.396
15	0.502

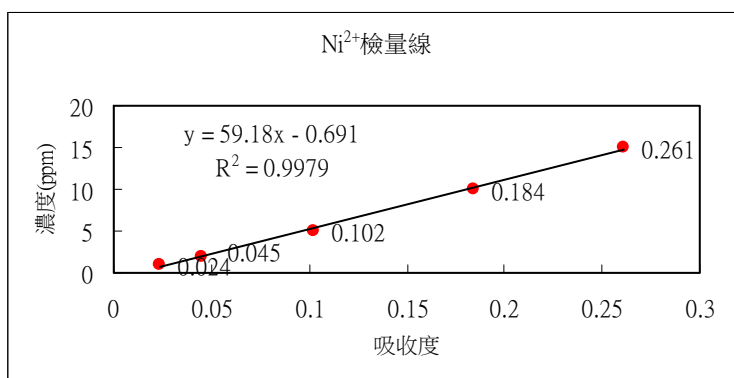
表三：Pb²⁺濃度與原子吸收度的關係



圖一：Pb²⁺檢量線

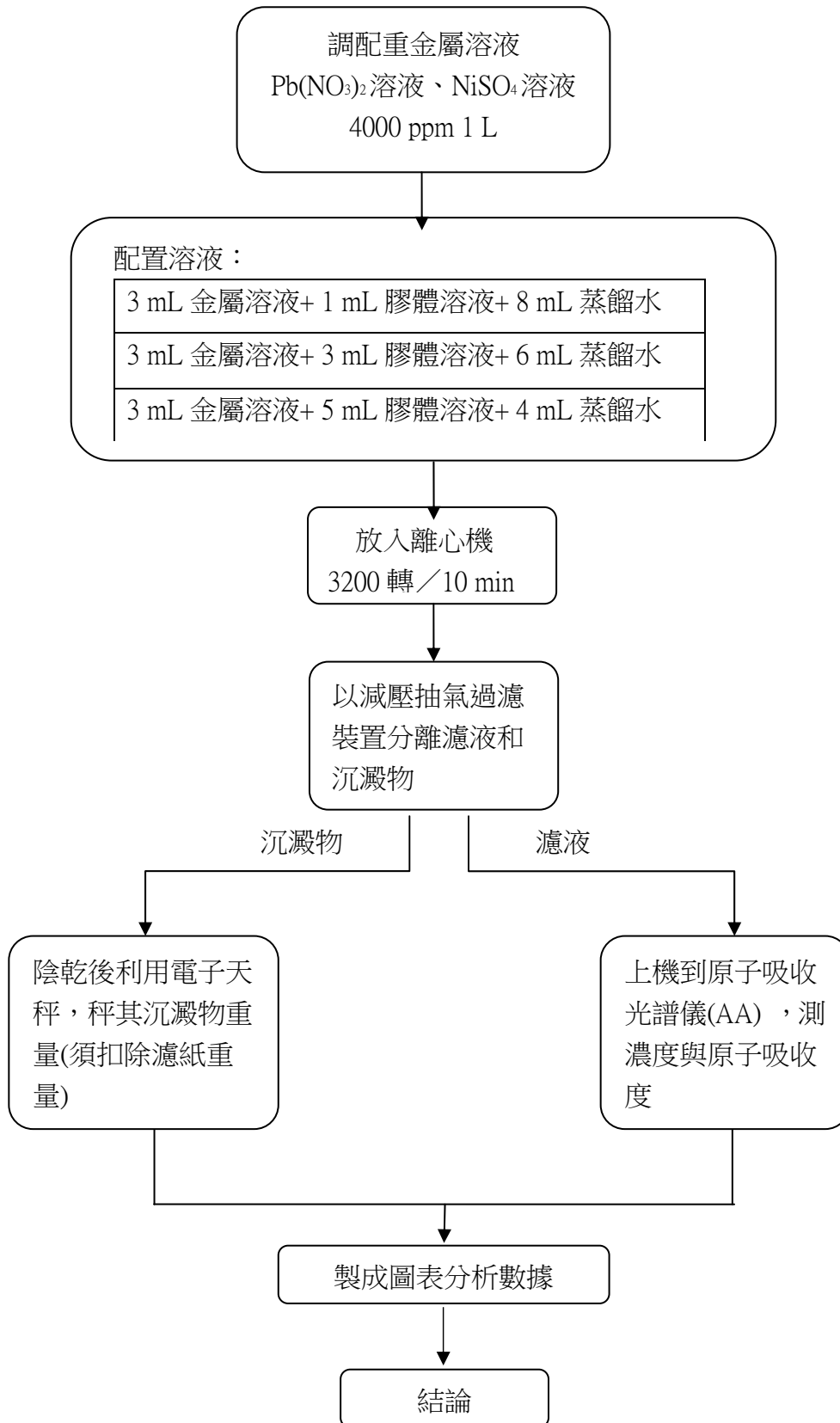
Ni ²⁺ 濃度(ppm)	原子吸收度
1	0.024
2	0.045
5	0.102
10	0.184
15	0.261

表四：Ni²⁺濃度與原子吸收度的關係



圖二：Ni²⁺檢量線

- 4.樣品的稀釋：取 0.1 mL 的樣品倒入 10 mL 的定量瓶，加稀釋溶劑至容量瓶刻度線
5. 用原子吸收光譜儀，進行檢測。



圖三：實驗流程圖

伍、研究結果

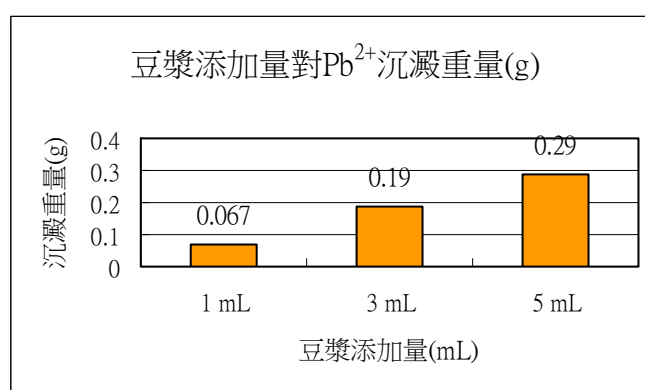
一、 Pb^{2+} 重金屬溶液與膠體溶液之探討

(一)沉澱重量

1. 豆漿對 Pb^{2+} 的沉澱重量(g)

豆漿添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.07	0.08	0.05	0.067
3 mL	0.19	0.20	0.18	0.190
5 mL	0.18	0.40	0.29	0.290

表五：豆漿添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

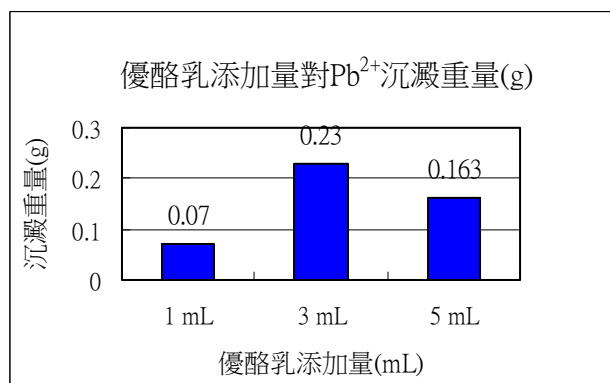


圖四：豆漿添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

2. 優酪乳對 Pb^{2+} 的沉澱重量(g)

優酪乳添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.08	0.06	0.07	0.07
3 mL	0.23	0.23	0.23	0.23
5 mL	0.16	0.18	0.15	0.163

表六：優酪乳添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

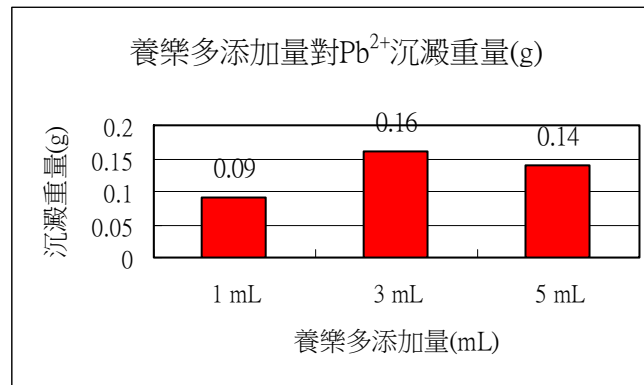


圖五：優酪乳添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

3. 養樂多對 Pb^{2+} 的沉澱重量(g)

養樂多 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.09	0.10	0.08	0.090
3 mL	0.16	0.16	0.16	0.160
5 mL	0.13	0.15	0.14	0.140

表七：養樂多添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

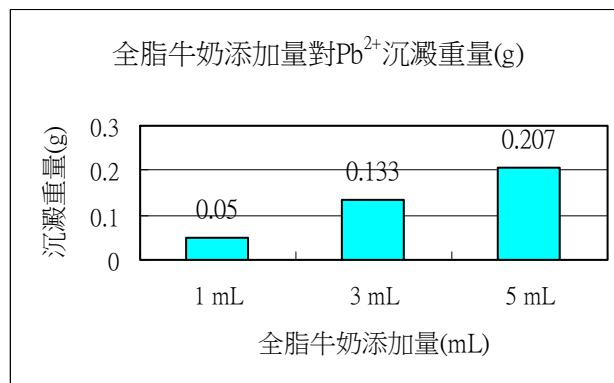


圖六：養樂多添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

4. 全脂牛奶對 Pb^{2+} 的沉澱重量(g)

全脂牛奶 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.05	0.06	0.04	0.050
3 mL	0.12	0.14	0.14	0.133
5 mL	0.24	0.17	0.21	0.207

表八：全脂牛奶添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

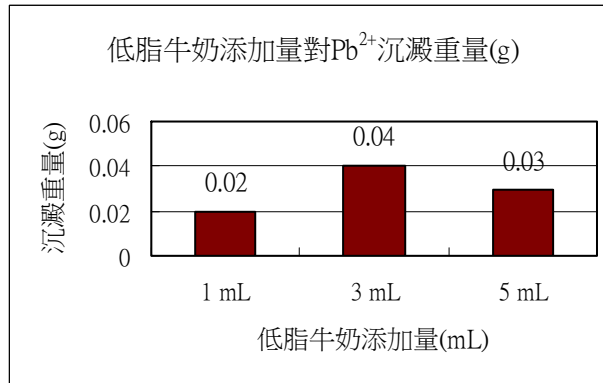


圖七：全脂牛奶添加量對 Pb^{2+} 沉澱重量(g)之探討

5.低脂牛奶對 Pb²⁺的沉澱重量(g)

低脂牛奶 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.03	0.01	0.02	0.020
3 mL	0.05	0.04	0.03	0.040
5 mL	0.03	0.03	0.03	0.030

表九：低脂牛奶添加量對 Pb²⁺沉澱重量(g)之探討



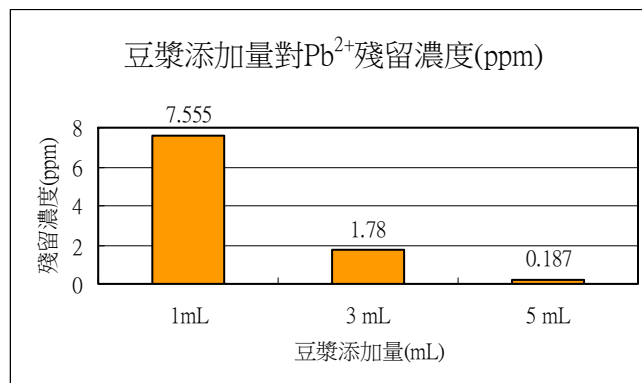
圖八：低脂牛奶添加量對 Pb²⁺沉澱重量(g)之探討

(二)稀釋 100 倍後的殘留濃度(ppm)

1.豆漿對 Pb²⁺的殘留濃度(ppm)

豆漿 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1mL	7.408	8.194	7.064	7.555
3 mL	1.867	1.570	1.902	1.780
5 mL	0.159	0.152	0.250	0.187

表十：豆漿添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

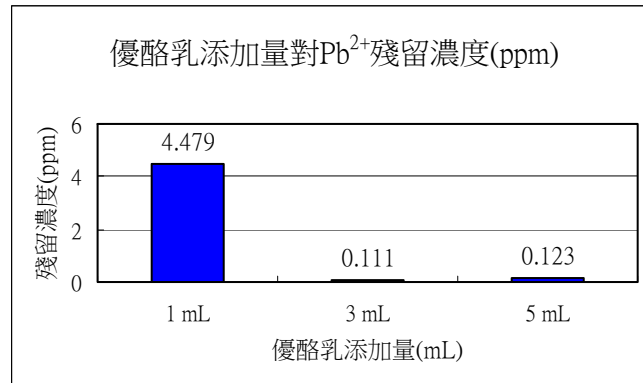


圖九：豆漿添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

2.優酪乳對 Pb²⁺的殘留濃度(ppm)

優酪乳 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	4.009	5.074	4.354	4.479
3 mL	0.065	0.076	0.193	0.111
5 mL	0.075	0.142	0.151	0.123

表十一:優酪乳添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

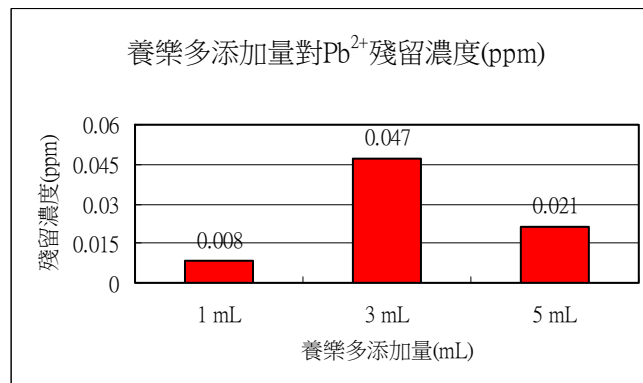


圖十：優酪乳添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

3.養樂多對 Pb²⁺的殘留濃度(ppm)

養樂多 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	0.005	0.000	0.019	0.008
3 mL	0.010	0.023	0.016	0.047
5 mL	0.018	0.025	0.019	0.021

表十二：養樂多添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

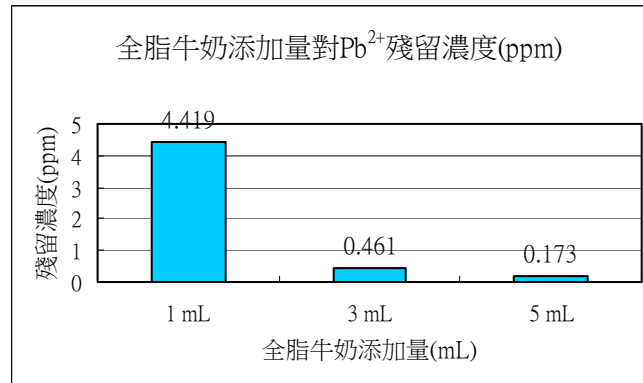


圖十一：養樂多添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

4.全脂牛奶對 Pb²⁺的殘留濃度(ppm)

全脂牛奶 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	4.410	4.290	4.558	4.419
3 mL	0.475	0.551	0.358	0.461
5 mL	0.109	0.222	0.187	0.173

表十三：全脂牛奶添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

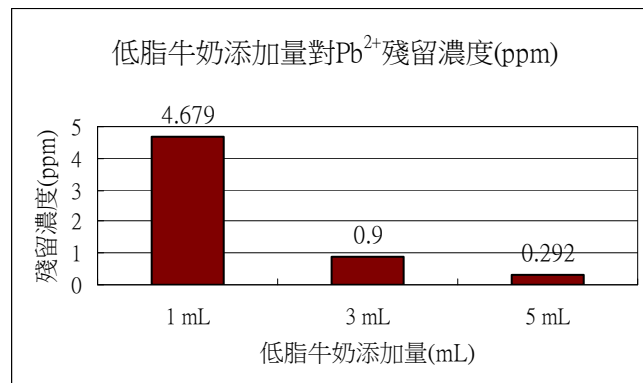


圖十二：全脂牛奶添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

5.低脂牛奶對 Pb²⁺的殘留濃度(ppm)

低脂牛奶 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	4.293	4.560	5.183	4.679
3 mL	0.763	1.120	0.817	0.900
5 mL	0.328	0.194	0.355	0.292

表十四:低脂牛奶添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討



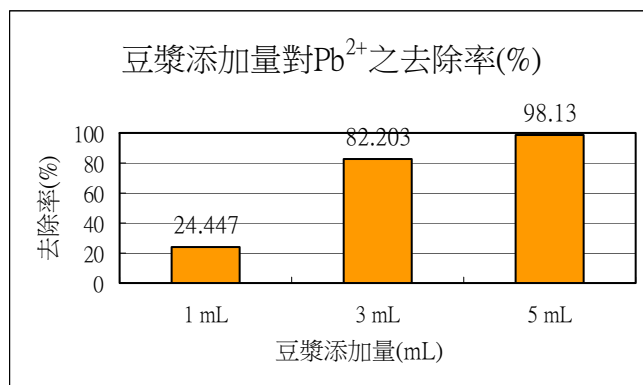
圖十三：低脂牛奶添加量對 Pb²⁺殘留濃度(ppm)之探討

(三)去除率

1.豆漿對 Pb^{2+} 的去除率(%)

豆漿 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	25.92	18.06	29.36	24.447
3 mL	81.33	84.30	80.98	82.203
5 mL	98.41	98.48	97.50	98.130

表十五：豆漿添加量對 Pb^{2+} 去除率(%)之探討

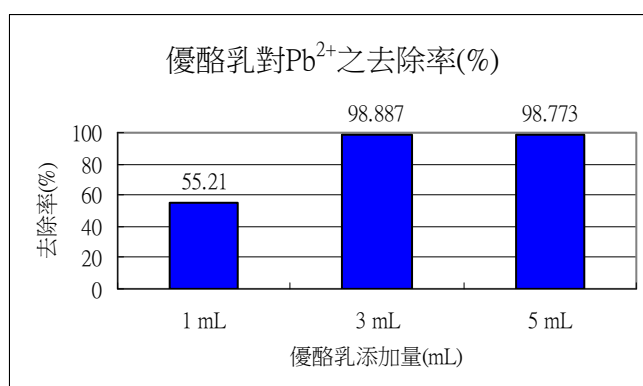


圖十四：豆漿添加量對 Pb^{2+} 去除率(%)之探討

2.優酪乳對 Pb^{2+} 的去除率(%)

優酪乳 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	59.91	49.26	56.46	55.210
3 mL	99.35	99.24	98.07	98.887
5 mL	99.25	98.58	98.49	98.773

表十六：優酪乳添加量對 Pb^{2+} 去除率(%)之探討

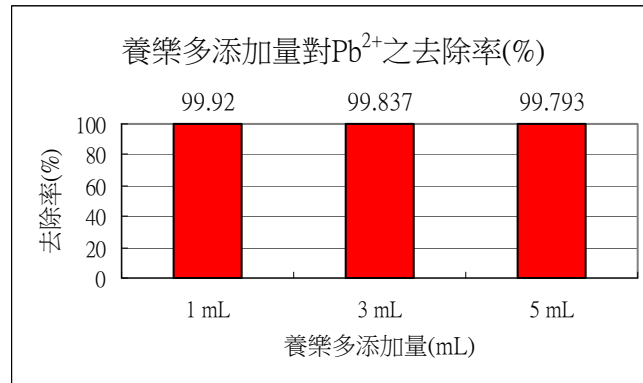


圖十五：優酪乳添加量對 Pb^{2+} 去除率(%)之探討

3. 養樂多對 Pb^{2+} 的去除率(%)

養樂多 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	99.95	100	99.81	99.920
3 mL	99.90	99.77	99.84	99.837
5 mL	99.82	99.75	99.81	99.793

表十七：養樂多添加量對 Pb^{2+} 去除率(%)之探討

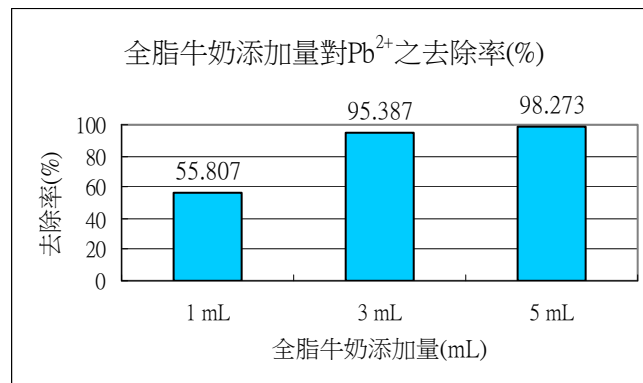


圖十六：養樂多添加量對 Pb^{2+} 去除率(%)之探討

4. 全脂牛奶對 Pb^{2+} 的去除率(%)

全脂牛奶 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	55.90	57.10	54.42	55.807
3 mL	95.25	94.49	96.42	95.387
5 mL	98.91	97.78	98.13	98.273

表十八：全脂牛奶添加量對 Pb^{2+} 去除(%)率之探討

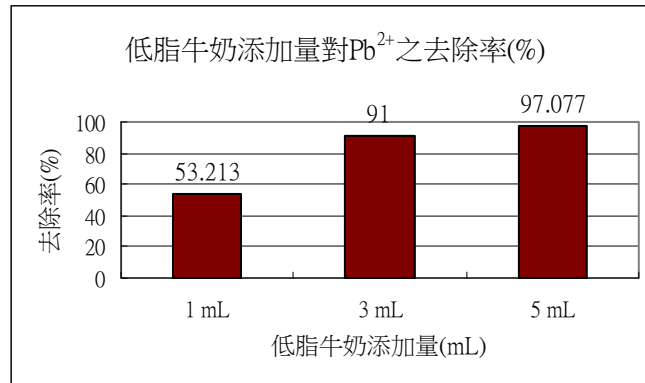


圖十七：全脂牛奶添加量對 Pb^{2+} 去除率(%)之探討

5.低脂牛奶對 Pb²⁺ 的去除率(%)

低脂牛奶 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	57.07	54.40	48.17	53.213
3 mL	92.37	91.83	88.80	91.000
5 mL	96.72	98.06	96.45	97.077

表十九：低脂牛奶添加量對 Pb²⁺ 去除率(%)之探討



圖十八：低脂牛奶添加量對 Pb²⁺ 去除率(%)之探討

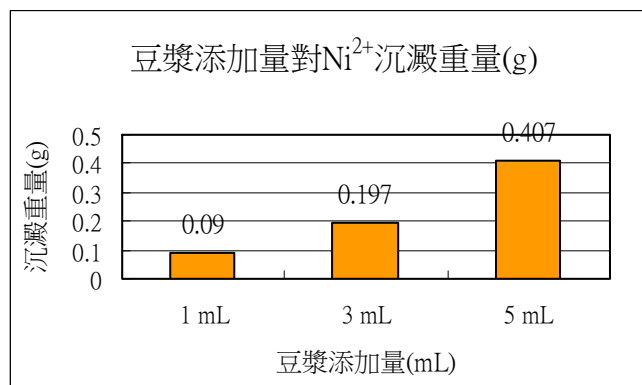
二、Ni²⁺ 重金屬溶液與膠體溶液之探討

(一)沉澱重量(g)

1.豆漿對 Ni²⁺ 的沉澱重量(g)

豆漿 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.10	0.09	0.08	0.090
3 mL	0.19	0.21	0.19	0.197
5 mL	0.40	0.41	0.41	0.407

表二十：豆漿添加量對 Ni²⁺ 沉澱重量(g)之探討

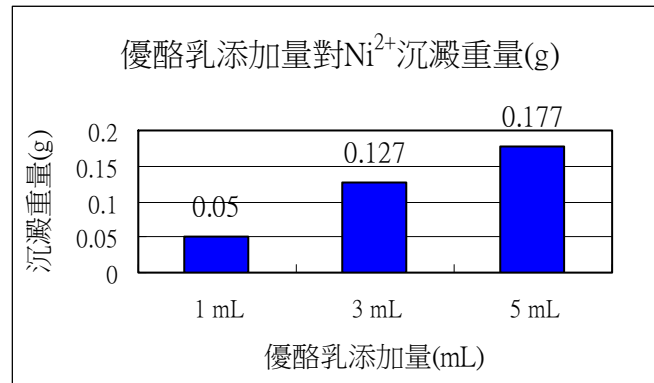


圖十九：豆漿添加量對 Ni²⁺ 沉澱重量(g)之探討

2.優酪乳對 Ni²⁺的沉澱重量(g)

優酪乳 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.04	0.06	0.05	0.050
3 mL	0.12	0.12	0.14	0.127
5 mL	0.19	0.19	0.15	0.177

表二十一：優酪乳添加量對 Ni²⁺沉澱重量(g)之探討

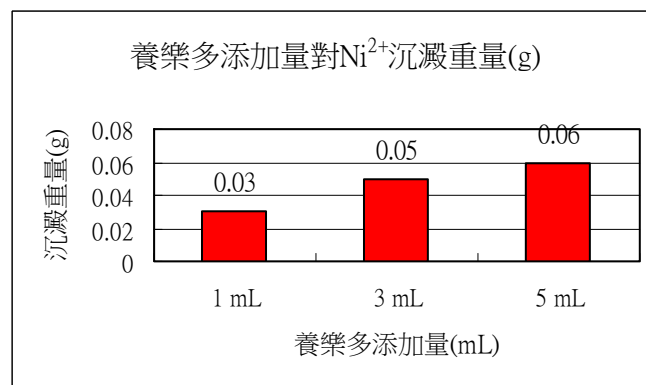


圖二十：優酪乳添加量對 Ni²⁺沉澱重量(g)之探討

3.養樂多對 Ni²⁺的沉澱重量(g)

養樂多 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.03	0.03	0.03	0.030
3 mL	0.06	0.04	0.05	0.050
5 mL	0.07	0.05	0.06	0.060

表二十二：養樂多添加量對 Ni²⁺沉澱重量(g)之探討

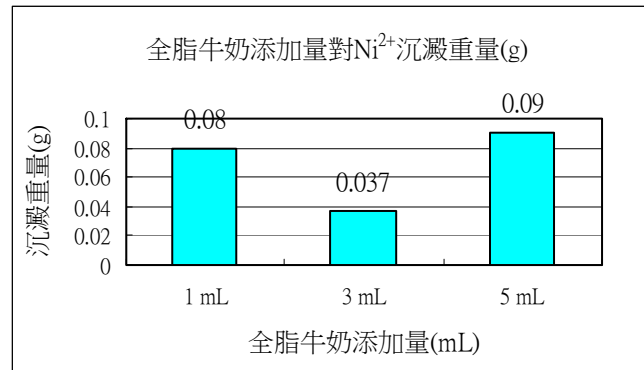


圖二十一：養樂多添加量對 Ni²⁺沉澱重量(g)之探討

4.全脂牛奶對 Ni²⁺的沉澱重量(g)

全脂牛奶 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.09	0.06	0.09	0.080
3 mL	0.02	0.04	0.05	0.037
5 mL	0.08	0.09	0.10	0.090

表二十三：全脂牛奶添加量對 Ni²⁺沉澱重量(g)之探討

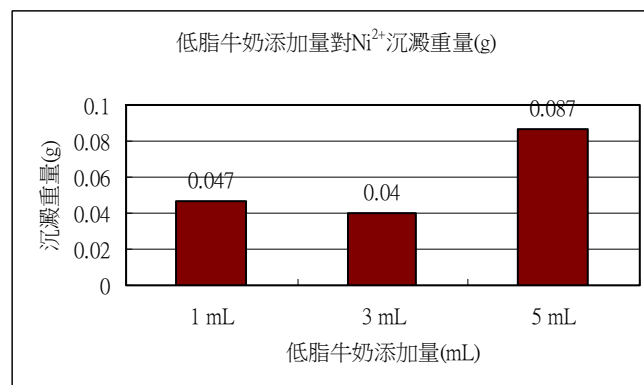


圖二十二：全脂牛奶添加量對 Ni²⁺沉澱重量(g)之探討

5.低脂牛奶對 Ni²⁺的沉澱重量(g)

低脂牛奶 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.04	0.05	0.05	0.047
3 mL	0.04	0.04	0.04	0.040
5 mL	0.09	0.08	0.09	0.087

表二十四：低脂牛奶添加量對 Ni²⁺沉澱(g)之探討



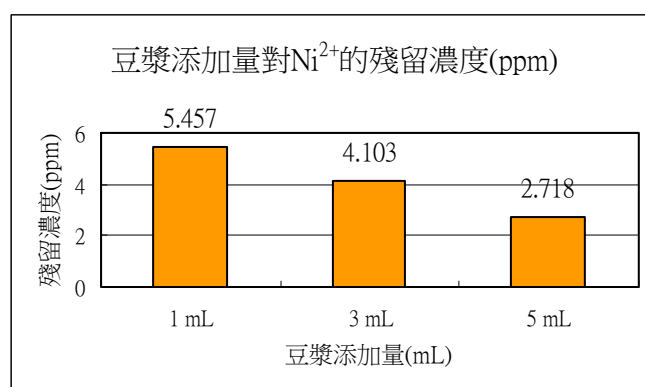
圖二十三：低脂牛奶添加量對 Ni²⁺沉澱(g)之探討

(二)稀釋 100 倍後的殘留濃度(ppm)

1.豆漿對 Ni²⁺的殘留濃度(ppm)

豆漿 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	5.673	5.550	5.147	5.457
3 mL	4.208	3.933	4.167	4.103
5 mL	2.538	2.873	2.744	2.718

表二十五：豆漿添加量對 Ni²⁺殘留濃度(ppm)之探討

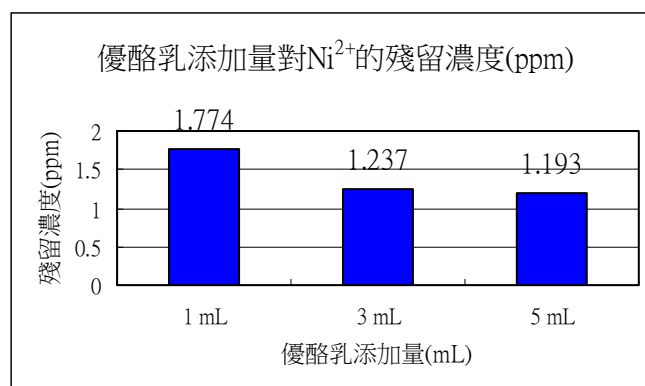


圖二十四：豆漿添加量對 Ni²⁺殘留濃度(ppm)之探討

2.優酪乳對 Ni²⁺的殘留濃度(ppm)

優酪乳 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	2.373	1.859	1.091	1.774
3 mL	1.322	1.472	0.918	1.237
5 mL	1.299	1.124	1.156	1.193

表二十六：優酪乳添加量對 Ni²⁺殘留濃度(ppm)之探討

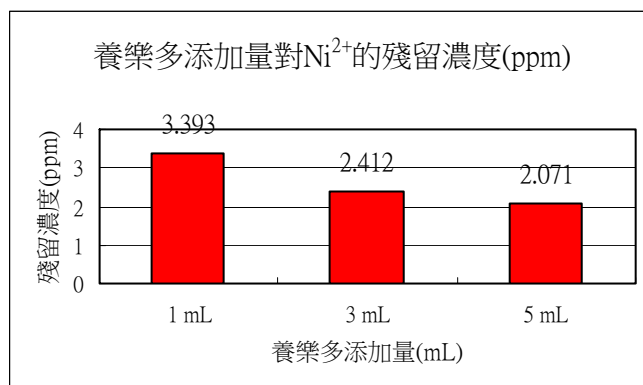


圖二十五：優酪乳添加量對 Ni²⁺殘留濃度(ppm)之探討

3. 養樂多對 Ni²⁺ 的殘留濃度(ppm)

養樂多 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	3.212	4.001	2.966	3.393
3 mL	2.216	2.486	2.533	2.412
5 mL	2.362	1.808	2.042	2.071

表二十七：養樂多添加量對 Ni²⁺ 殘留濃度(ppm)之探討

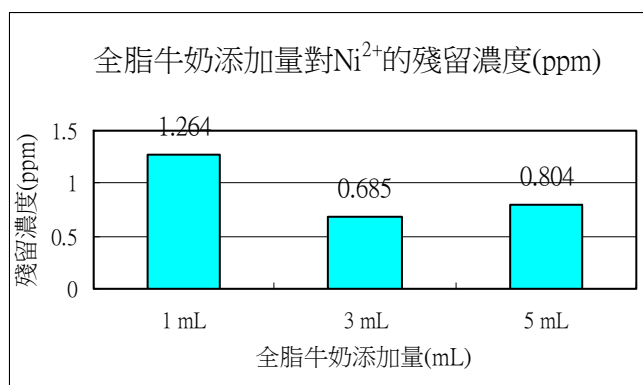


圖二十六：養樂多添加量對 Ni²⁺ 殘留濃度(ppm)之探討

4. 全脂牛奶對 Ni²⁺ 的殘留濃度(ppm)

全脂牛奶 添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	1.347	1.345	1.101	1.264
3 mL	0.602	0.811	0.643	0.685
5 mL	0.852	0.731	0.828	0.804

表二十八：全脂牛奶添加量對 Ni²⁺ 殘留濃度(ppm)之探討

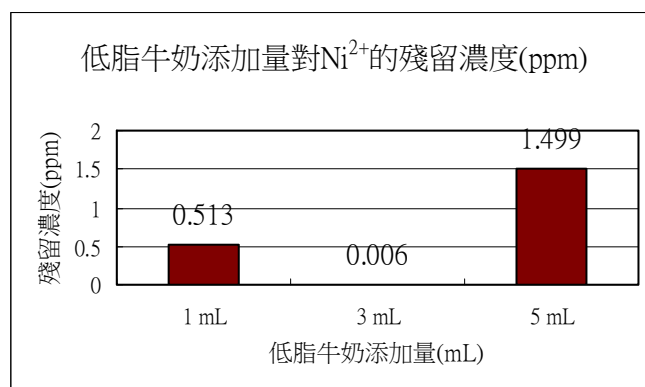


圖二十七：全脂牛奶添加量對 Ni²⁺ 殘留濃度(ppm)之探討

5.低脂牛奶對 Ni²⁺的殘留濃度(ppm)

低脂牛奶添加量	第一組	第二組	第三組	平均
1 mL	0.441	0.572	0.527	0.513
3 mL	0.019	0	0	0.006
5 mL	2.623	0.966	0.907	1.499

表二十九：低脂牛奶添加量對 Ni²⁺殘留濃度(ppm)之探討



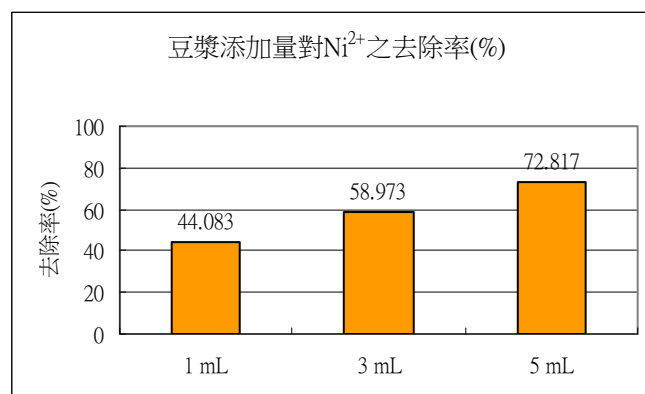
圖二十八：低脂牛奶添加量對 Ni²⁺殘留濃度(ppm)之探討

(三)去除率

1.豆漿對 Ni²⁺的去除率(%)

豆漿添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	43.27	40.45	48.53	44.083
3 mL	57.92	60.67	58.33	58.973
5 mL	74.62	71.27	72.56	72.817

表三十：豆漿添加量對 Ni²⁺去除率(%)之探討

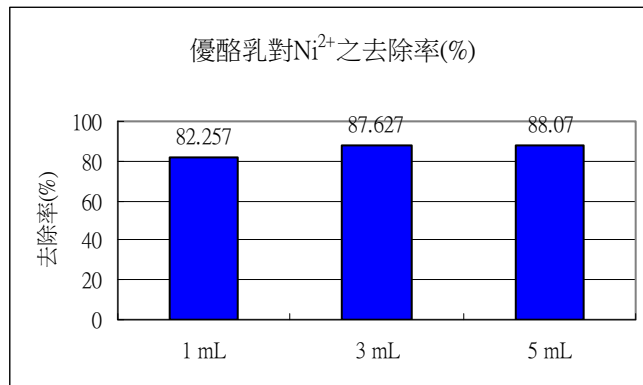


圖二十九：豆漿添加量對 Ni²⁺去除率(%)之探討

2.優酪乳對 Ni²⁺ 的去除率(%)

優酪乳 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	76.27	81.41	89.09	82.257
3 mL	86.78	85.28	90.82	87.627
5 mL	87.01	88.76	88.44	88.070

表三十一：優酪乳添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討

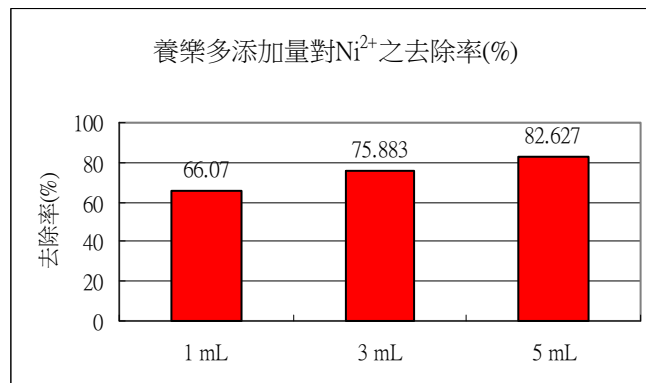


圖三十：優酪乳添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討

3.養樂多對 Ni²⁺ 的去除率(%)

養樂多 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	67.88	59.99	70.34	66.070
3 mL	77.84	75.14	74.67	75.883
5 mL	76.38	91.92	79.58	82.627

表三十二：養樂多添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討

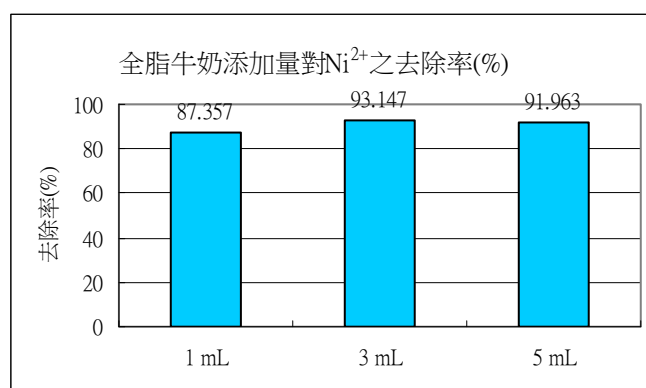


圖三十一：養樂多添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討

4.全脂牛奶對 Ni²⁺ 的去除率(%)

全脂牛奶 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	86.53	86.55	88.99	87.357
3 mL	93.98	91.89	93.57	93.147
5 mL	91.48	92.69	91.72	91.963

表三十三：全脂牛奶添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討

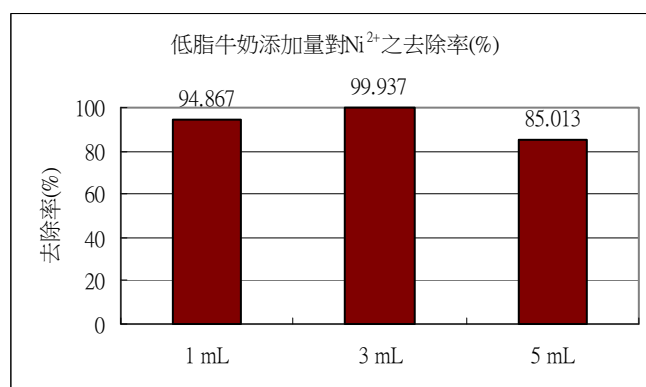


圖三十二：全脂牛奶添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討

5.低脂牛奶對 Ni²⁺ 的去除率(%)

低脂牛奶 添加量	第一次	第二次	第三次	平均
1 mL	95.59	94.28	94.73	94.867
3 mL	99.81	100	100	99.937
5 mL	73.77	90.34	90.93	85.013

表三十四：低脂牛奶添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討



圖三十三：低脂牛奶添加量對 Ni²⁺ 去除率(%)之探討

陸、討論

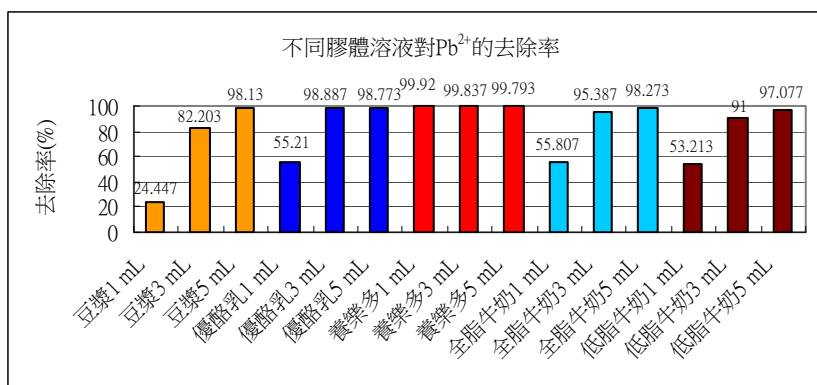
- 一、雖然我們得到膠體溶液的去除效果不一，但可以發現其去除率皆高於 50%，因此可知膠體溶液確實有去除重金屬離子的效果。
- 二、由於蛋白質有 COOH^- ，因此能吸附帶正電的重金屬離子，故推測膠體溶液即為天然的螯合劑，能吸附重金屬離子。
- 三、針對 Pb^{2+} ，以養樂多和優酪乳的去除率最佳。由於兩者皆含有乳酸菌，而乳酸菌所帶電荷為負電荷，因此能吸附金屬陽離子。在本實驗中 Pb^{2+} 的去除率是以養樂多為最佳化條件，這是因為養樂多為牛奶發酵而來的乳製品，所以乳酸菌會將蛋白質分解成分子較小的肽鏈和胺基酸，因此分子總數量變大，螯合作用更徹底。
- 四、針對 Ni^{2+} ，以低脂牛奶和全脂牛奶的去除率最佳。這是因為由於不同重金屬離子所需的最佳螯合劑不同，所以同樣的膠體溶液對 Pb^{2+} 的去除效果並不一定和 Ni^{2+} 的符合。而從此實驗中，我們可以推測出對 Ni^{2+} 的去除率以動物性蛋白的乳製品為最佳，植物性蛋白的豆漿相對而言較差。
- 五、綜合以上兩點，我們整理出因為不同重金屬離子所需的最佳螯合劑不同，普遍而言膠體溶液對於 Pb^{2+} 的去除率較高，故推測蛋白質中的胺基酸可做其螯合劑的種類較多，適用的螯合劑比較廣泛；對 Ni^{2+} 而言，蛋白質中的胺基酸可做其螯合劑的種類較少。
- 六、依據動物性蛋白和植物性蛋白可將我們使用的膠體溶液分為兩大類：乳製品以及豆漿。從實驗數據中我們可以發現乳製品的去除率多高於豆漿，由於植物性蛋白的整體結構較動物性蛋白不完備，因此我們推論植物性蛋白所缺少的結構是造成豆漿去除率較低的原因。

每 100 mL 所含 成分的重量(g)	碳水化合物	蛋白質	脂質	Pb 平均去除率	Ni 平均去除率
豆漿	6.4g	3.5g	1.9g	68.3%	58.624%
優酪乳	12.6g	3.2g	0.4g	84.3%	85.985%
養樂多	17.5g	1.0g	0.0g	99.9%	74.860%
全脂牛奶	4.7g	3.3g	2.4g	83.2%	90.822%
低脂牛奶	16.8g	3.2g	1.4g	81.4%	93.272%

表三十五：每 100 mL 的膠體溶液所含的成分

柒、結論

一、不同膠體溶液對含 Pb^{2+} 重金屬溶液的去除率(%)之探討



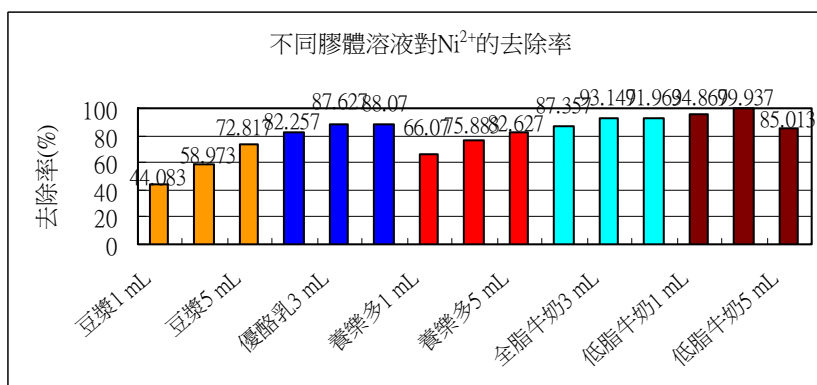
圖三十四：不同膠體溶液對 Pb^{2+} 的去除率(%)

(一)不同膠體溶液不同添加量

- 1.豆漿：豆漿去除率與豆漿添加量呈正相關。
- 2.優酪乳：去除率由高至低 3 mL、5 mL、1 mL。
- 3.養樂多：養樂多去除率皆超過 99%。
- 4.全脂牛奶：全脂牛奶去除率與全脂牛奶添加量呈正相關。
- 5.低脂牛奶：低脂牛奶去除率與低脂牛奶添加量呈正相關。

(二)整體去除率由多到少依次為：養樂多、優酪乳、全脂牛奶、低脂牛奶、豆漿。其中又以加入養樂多 1 mL 時，對 Pb^{2+} 的去除率最高。

二、不同膠體溶液對含 Ni^{2+} 重金屬溶液的去除率(%)之探討



圖三十五：不同膠體溶液對 Ni^{2+} 的去除率(%)

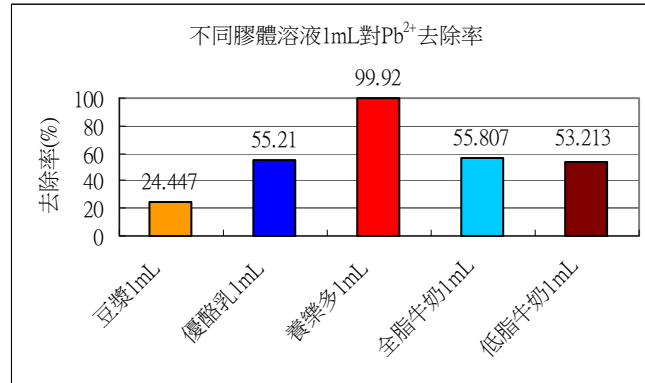
(一)不同膠體溶液不同添加量

- 1.豆漿：豆漿去除率與豆漿添加量呈正相關。
- 2.優酪乳：優酪乳去除率與優酪乳添加量呈正相關。
- 3.養樂多：養樂多去除率與養樂多添加量呈正相關。
- 4.全脂牛奶：去除率由高至低 3 mL、5 mL、1 mL。
- 5.低脂牛奶：去除率由高至低 3 mL、1 mL、5 mL。

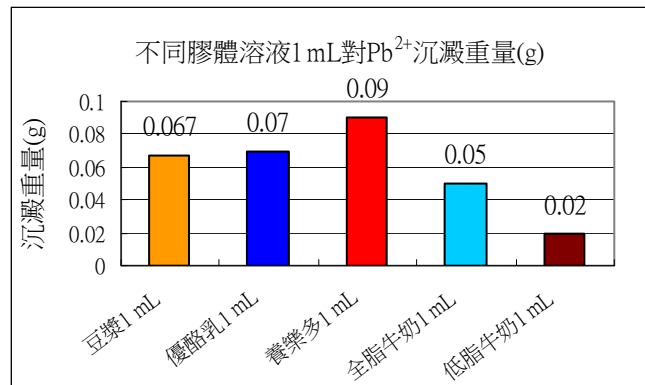
(二)整體去除率由多到少依次為：低脂牛奶、全脂牛奶、優酪乳、養樂多、豆漿。其中又

以加入低脂牛奶 3 mL 時，對 Pb^{2+} 的去除率最高。

三、1 mL 不同膠體溶液對含 Pb^{2+} 重金屬溶液的去除率(%)和沉澱重量(g)之探討



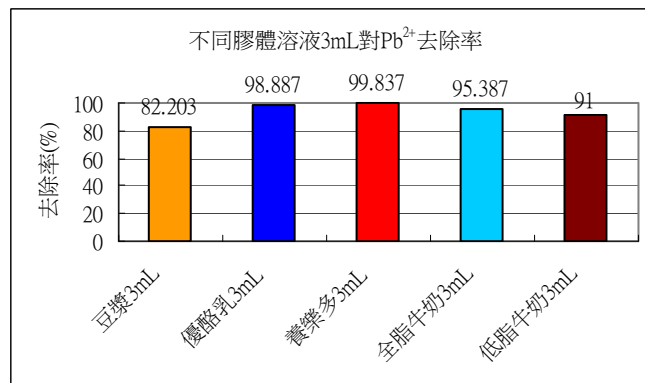
圖三十六：不同膠體溶液(1 mL 添加量)對 Pb^{2+} 的去除率(%)



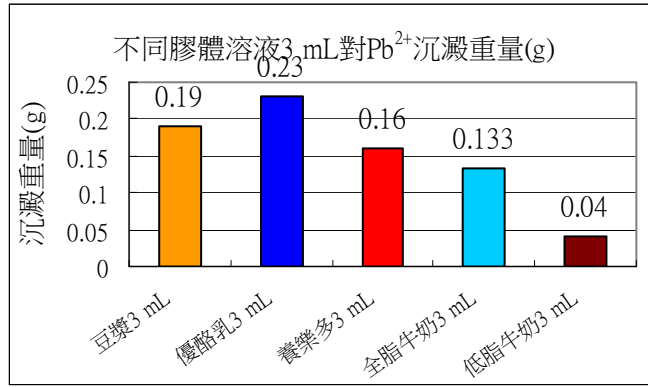
圖三十七：不同膠體溶液(1 mL 添加量)對 Pb^{2+} 的沉澱重量(g)

對於 Pb^{2+} ，在 1 mL 的添加量下，去除率由高到低依序為低脂牛奶、全脂牛奶、優酪乳、豆漿、養樂多。此外在 1 mL 的添加量下，沉澱重量由多到少為養樂多、優酪乳、豆漿、全脂牛奶、低脂牛奶。

四、3 mL 不同膠體溶液對含 Pb^{2+} 重金屬溶液的去除率(%)和沉澱重量(g)之探討



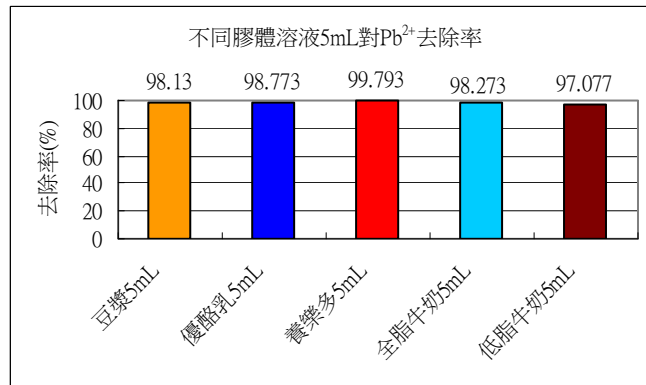
圖三十八：不同膠體溶液(3 mL 添加量)對 Pb^{2+} 的去除率(%)



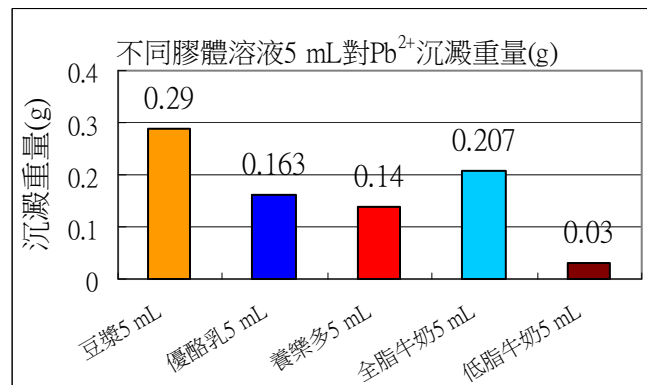
圖三十九：不同膠體溶液(3 mL 添加量)對 Pb²⁺的沉澱(g)

對於 Pb²⁺，在 3 mL 的添加量下，去除率由高到低依序為全脂牛奶、養樂多、優酪乳、低脂牛奶、豆漿。此外在 3 mL 的添加量下，沉澱重量由多到少為優酪乳、豆漿、養樂多、全脂牛奶、低脂牛奶。

五、5 mL 不同膠體溶液對含 Pb²⁺ 重金屬溶液的去除率(%)和沉澱重量(g)之探討



圖四十：不同膠體溶液(5 mL 添加量)對 Pb²⁺的去除率(%)

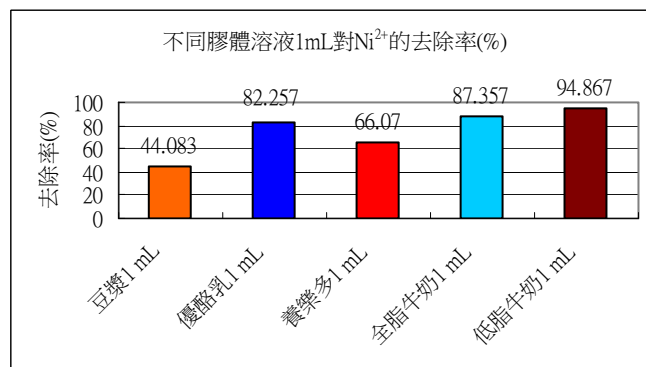


圖四十一：不同膠體溶液(5 mL 添加量)對 Pb²⁺的沉澱重量(g)

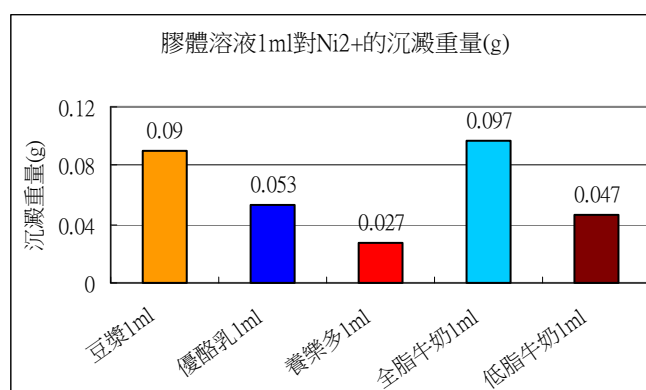
對於 Pb²⁺，在 5 mL 的添加量下，去除率由高到低依序為全脂牛奶、低脂牛奶、養樂多、優酪乳、豆漿。此外在 5 mL 的添加量下，沉澱重量由多到少為豆漿、低脂牛奶、全脂牛奶、

優酪乳、養樂多。

六、1 mL 不同膠體溶液對含 Ni²⁺ 重金屬溶液的去除率(%)和沉澱重量(g)之探討



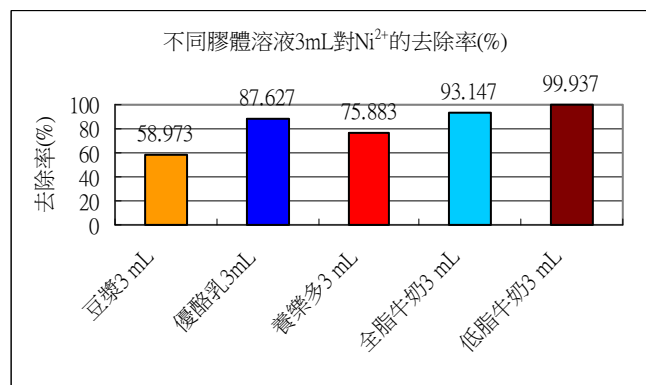
圖四十二：不同膠體溶液(1 mL 添加量)對 Ni²⁺ 的去除率(%)



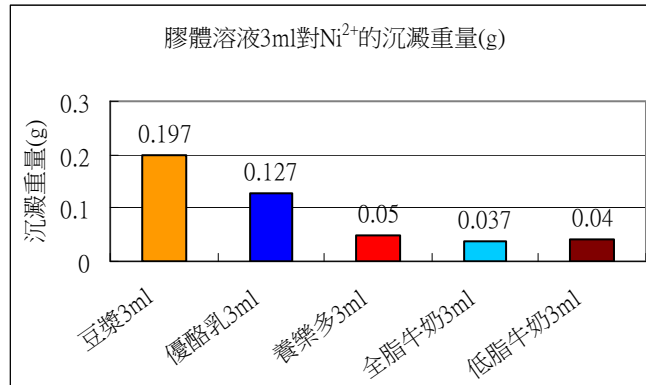
圖四十三：不同膠體溶液(1 mL 添加量)對 Ni²⁺ 的沉澱重量(g)

對於 Ni²⁺，在 1 mL 的添加量下，去除率由高到低依序為低脂牛奶、全脂牛奶、優酪乳、養樂多、豆漿。此外在 1 mL 的添加量下，沉澱重量由多到少為全脂牛奶、豆漿、優酪乳、低脂牛奶、養樂多。

七、3 mL 不同膠體溶液對含 Ni²⁺ 重金屬溶液的去除率(%)和沉澱重量(g)之探討



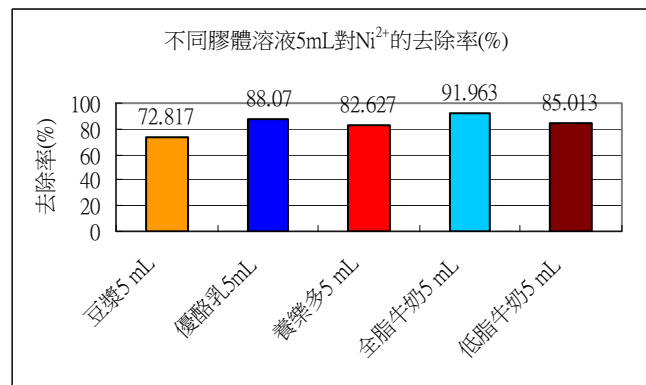
圖四十四：不同膠體溶液(3 mL 添加量)對 Ni²⁺ 的去除率(%)



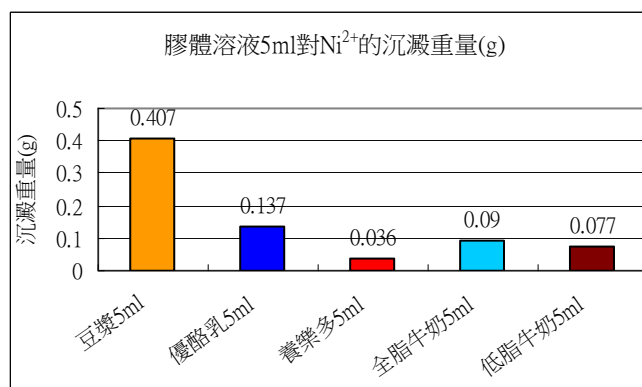
圖四十五：不同膠體溶液(3 mL 添加量)對 Ni²⁺的沉澱重量(g)

對於 Ni²⁺，在 3 mL 的添加量下，去除率由高到低依序為低脂牛奶、全脂牛奶、優酪乳、養樂多、豆漿。此外在 3 mL 的添加量下，沉澱重量由多到少為豆漿、優酪乳、養樂多、低脂牛奶、全脂牛奶。

八、5 mL 不同膠體溶液對含 Ni²⁺重金屬溶液的去除率(%)和沉澱重量(g)之探討



圖四十六：不同膠體溶液(5 mL 添加量)對 Ni²⁺的去除率(%)



圖四十七：不同膠體溶液(5 mL 添加量)對 Ni²⁺的沉澱重量(g)

對於 Ni²⁺，在 5 mL 的添加量下，去除率由高到低依序為全脂牛奶、優酪乳、低脂牛奶、養樂多、豆漿。此外在 5 mL 的添加量下，沉澱重量由多到少為豆漿、優酪乳、全脂牛奶、低脂牛奶、養樂多。

捌、參考資料及其他

- 一、趙匡華編著 化學通史(下) 初版 新竹市 凡異出版社 民國 81 年出版
- 二、中華民國第 42 屆中小學科學展覽會高中化學科—當我們聚在一起-談膠體溶液的凝析現象及應用
- 三、高中化學教學網之諮詢問答—膠體粒子與牛奶中所含之蛋白質 蛋白質沉澱
- 四、柯以侃、吳明珠編著 儀器分析(第二版) 新文京出版社 民國 96 年

【評語】 040212

利用家用的「膠體溶液」食品如：牛奶、養樂多、豆漿等進行重金屬離子吸附實驗，雖有巧思，卻忽略了碳足跡、經濟成本等概念，跨科常識不足。