

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

040804

吸金ㄟ牛奶

臺北縣私立東海高級中學

作者姓名：

高二 林慧嘉 高二 許浣筑 高二 陳彤昀

高二 張慧雯

指導老師：

張建國 許修銘

科別：生活與應用科學

組別：高中組

作品名稱：「吸金」牛奶

關鍵詞：牛奶解毒、金屬、沉澱、活體實驗

編號：

目錄

摘要

壹、研究動機

貳、研究目的

參、研究設備及器材

肆、研究過程或方法

伍、研究結果

陸、討論

柒、結論

捌、參考資料及其他

摘要

牛奶與金屬離子藉由沉澱實驗，可看出全脂、脂低與混乳對於金屬離子的影響，並推測全脂牛乳對金屬沉澱效果最佳。此外牛奶的 pH 值愈低時，不利於金屬離子的沉澱（如鉛離子），但對銅離子則不受影響；另外，在不同的溫度下加熱牛奶，牛奶被加熱的溫度愈高，對金屬的沉澱量相對減少。對於牛奶與金屬離子的沉澱反應，其原因可能為乳蛋白與金屬的配位而生成大分子沉澱，或是破壞膠體溶液的帶電性而產生沉澱，仍尚待研究。

利用小白鼠進行活體實驗，餵食小白鼠硝酸鉛水溶液後再餵食牛奶，發現只餵食硝酸鉛水溶液的小白鼠體重與食量明顯與有餵食牛奶的小白鼠有差別，且發現未餵食牛奶的小白鼠有類似鉛中毒的情況，有餵食牛奶的小白鼠則否，所以可以推論牛奶對於鉛有一定的解毒效果，若能增加實驗天數，若是利用其他哺乳類動物，可能可以得到更接近預定的結果。

壹、研究動機

隨著時代的進步，工業與科技也隨之發達。科技也帶來了許多環境的污染和病害造成生活在當下的人們因為外在環境的污染而生病，其中以工業污染所帶來的重金屬中毒特別多。

由於近年來，科技日漸發達。金屬利用在工業上的次數越來越頻繁。也因為一些工廠業者排放污水或廢氣，導致海洋的動植物、生活的飲用水、農田等，遭受污染。更危險的是，許多人在不知情的狀況下，食用或飲用下這些受金屬污染的東西，生了病。例如：鎘米事件的痛痛病等。

上課時老師曾告訴我們加油站的員工在下班時，主管會要求員工必須喝鮮乳方可離開，且在報章雜誌上也曾看過相同的報導，為什麼加油站員工會在工作完後喝『牛奶』呢？經過調查與詢問過後，原來是牛奶可以解毒。

上述情況讓我們有了一探究竟的動機，所以我們決定去研究牛奶解毒的秘密與情況。

貳、研究目的

加油站員工所接觸的汽油中可能會有些揮發性氣體產生，或是會吸入汽機車排放出來的廢氣，氣體內可能含有些重金屬或是其他有毒物質，再加上以前在書中曾讀到有關重金屬中毒的部分。

所以我們這次的研究目的是利用容易於實驗室中配置的重金屬溶液，和市面上販售的鮮乳與調味乳進行沉澱反應，以推測牛奶是否可以抓住金屬，解重金屬中毒，並在最後利用小白鼠來進行活體實驗，更進一步來檢測牛奶的解毒效果。

。

參、研究設備及器材

(研究一)

硫酸銅 (CuSO_4) 0.1M、硫酸鋅 (ZnSO_4) 0.1M、硝酸鉛 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) 0.1M

統一全脂牛奶、統一低脂牛奶、統一蘋果牛奶

燒杯

量筒

滴管

玻璃棒

刮杓

濾紙

三腳架

酒精燈

溫度計

石綿芯網

磁石加熱器

電子天秤

pH 值滴定器

烘箱

抽濾裝置

(研究二)

硝酸鉛 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)、全脂牛奶

小白鼠(品種為 ICR 的四週大公鼠，自台大動物中心購得)

磨牙飼料

木屑

100W 燈泡

電子天秤

除濕機

鼠籠

飼養水瓶

針筒

肆、研究過程或方法

(研究一)

一、配製濃度 0.1 M 的硫酸銅、硫酸鋅和硝酸鉛。

二、測量三種牛奶與各金屬離子溶液之 pH 值。

三、分成室溫下的牛奶、加熱的牛奶兩組。

(一) 量取三種牛奶各 20 毫升，金屬離子溶液各 10 毫升、20 毫升，純水 10 毫升、20 毫升 (對照組)。

1. 牛奶 20 毫升 + 水 10 毫升。(對照組)。

2. 牛奶 20 毫升 + 金屬離子溶液 10 毫升。

3. 牛奶 20 毫升 + 水 20 毫升。(對照組)。

4. 牛奶 20 毫升 + 金屬離子溶液 20 毫升。

(二) 量取三種牛奶各 20 毫升，隔水加熱至 100°C、80°C、60°C、40°C 5 分鐘後，取出加入金屬水溶液。

1. 牛奶 20 毫升 (100°C、80°C、60°C、40°C) + 水 20 毫升。(對照組)。

2. 牛奶 20 毫升 (100°C、80°C、60°C、40°C) + 金屬離子溶液 20 毫升。

3. 將加熱後並混合金屬溶液的牛奶放至室溫。

四、把以上溶液均勻攪拌後，測量各混合液的 pH 值。

五、以抽吸裝置過濾出各溶液之沉澱物。

六、過濾後沉澱物烘乾並秤重。

(研究二)

一、先將小白鼠分為五組，每組有三隻老鼠飼養於老鼠籠中，先馴養一個禮拜再做實驗。

二、五組老鼠中對照組每天利用針筒為食 0.1cc 的硝酸鉛水溶液後馬上餵食 0.5cc 的牛奶

(附圖九)；其他四組分為：

實驗組一：餵食 0.1 cc (含 0.01g 的鉛離子) 硝酸鉛水溶液後餵食 0.5cc 清水

實驗組二 餵食 0.1 cc (含 0.01g 的鉛離子) 硝酸鉛水溶液餵食 0.5 cc 全脂牛奶

實驗組三 餵食 0.1 cc (含 0.1g 的鉛離子) 硝酸鉛水溶液餵食 0.5cc 清水

實驗組四 餵食 0.1 cc (含 0.1g 的鉛離子) 硝酸鉛水溶液餵食 0.5 cc 全脂牛奶

三、每天固定給小白鼠約 30g 磨牙飼料，並且紀錄小白鼠的體重變化與食量，並觀察小白鼠的活動情況，將每天的觀察所得到的實驗數據製成表格與曲線圖加以探討。

四、為確保小白鼠的安危與控制變因，利用燈泡與除濕機把氣溫維持在 20°C~25°C 之間。

伍、研究結果

表一、(金屬水溶液、三種牛奶) pH 值

	CuSO ₄	ZnSO ₄	Pb(NO ₃) ₂	全脂牛奶	低脂牛奶	蘋果牛奶
pH 值	pH4.2	pH4.3	pH3.5	pH6.0	pH6.4	pH5.0

表二、(金屬水溶液+三種牛奶) pH 值

(室溫下的牛奶 28°C)

	全脂牛奶 ^c	低脂牛奶 ^c	蘋果牛奶 ^c
水 ^a	pH6.0	pH6.4	pH5.0
CuSO ₄ ^a	pH4.2	pH4.2	pH3.6
ZnSO ₄ ^a	pH5.0	pH4.9	pH4.3
Pb(NO ₃) ₂ ^a	pH3.7	pH4.0	pH3.5
水 ^b	pH6.6	pH6.6	pH5.1
CuSO ₄ ^b	pH4.1	pH4.0	pH3.5
ZnSO ₄ ^b	pH4.6	pH4.7	pH4.4
Pb(NO ₃) ₂ ^b	pH3.7	pH3.7	pH3.5

a、各溶液的體積為 10mL。b、各溶液的體積為 20mL。c、各溶液的體積為 20mL。

表三、(金屬水溶液+三種牛奶) pH 值

(加熱後的牛奶)

	CuSO ₄ ^a	ZnSO ₄ ^a	Pb(NO ₃) ₂ ^a
全脂牛奶 ^b	pH3.7 ^c	pH4.8 ^c	pH3.3 ^c
	pH3.8 ^d	pH4.9 ^d	pH3.4 ^d
	pH3.8 ^e	pH5.1 ^e	pH3.4 ^e
	pH3.9 ^f	pH5.2 ^f	pH3.6 ^f
低脂牛奶 ^b	pH4.5 ^c	pH4.9 ^c	pH3.5 ^c
	pH4.3 ^d	pH4.5 ^d	pH3.6 ^d
	pH4.2 ^e	pH4.6 ^e	pH3.4 ^e
	pH4.2 ^f	pH4.7 ^f	pH3.5 ^f
蘋果牛奶 ^b	pH3.5 ^c	pH4.2 ^c	pH3.3 ^c
	pH3.7 ^d	pH4.2 ^d	pH2.8 ^d
	pH3.8 ^e	pH4.1 ^e	pH2.9 ^e
	pH3.5 ^f	pH4.5 ^f	pH3.0 ^f

a、各溶液體積為 20mL。b、各溶液體積為 20mL。c、牛奶加熱至 100°C 再與金屬溶液均勻混合。d、牛奶加熱至 80°C 再與金屬溶液均勻混合。e、牛奶加熱至 60°C 再與金屬溶液均勻混合。f、牛奶加熱至 40°C 再與金屬溶液均勻混合。

表四、(金屬水溶液 + 三種牛奶) 沉澱物重 (室溫下的牛奶 28°C)

單位克(g)

	全脂牛奶 ^c	低脂牛奶 ^c	蘋果牛奶 ^c
水 ^a	0.25	0.27	0.27
CuSO ₄ ^a	1.44	1.39	1.36
ZnSO ₄ ^a	1.57	1.49	0.30
Pb(NO ₃) ₂ ^a	1.49	1.48	1.45
水 ^b	0.27	0.29	0.29
CuSO ₄ ^b	1.49	1.44	1.43
ZnSO ₄ ^b	1.61	1.55	0.28
Pb(NO ₃) ₂ ^b	1.59	1.57	1.56

a、各溶液的體積為 10mL。b、各溶液的體積為 20mL。c、各溶液的體積為 20mL。

表五、(金屬水溶液 + 三種牛奶) 沉澱物重 (加熱後的牛奶)

單位克(g)

	CuSO ₄ ^b	ZnSO ₄ ^b	Pb(NO ₃) ₂ ^b
全脂牛奶 ^a	1.74 ^c	1.68 ^c	2.03 ^c
	1.74 ^d	1.65 ^d	2.06 ^d
	1.77 ^e	1.85 ^e	2.01 ^e
	1.73 ^f	1.81 ^f	2.05 ^f
低脂牛奶 ^a	1.30 ^c	1.20 ^c	1.55 ^c
	1.28 ^d	1.27 ^d	1.52 ^d
	1.34 ^e	1.17 ^e	1.57 ^e
	1.31 ^f	1.27 ^f	1.62 ^f
蘋果牛奶 ^a	1.01 ^c	0.30 ^c	1.12 ^c
	1.00 ^d	0.31 ^d	1.14 ^d
	1.07 ^e	0.30 ^e	1.26 ^e
	1.05 ^f	0.33 ^f	1.28 ^f

a、各溶液體積為 20mL。b、各溶液體積為 20mL。c、牛奶加熱至 100°C 再與金屬溶液均勻混合。d、牛奶加熱至 80°C 再與金屬溶液均勻混合。e、牛奶加熱至 60°C 再與金屬溶液均勻混合。f、牛奶加熱至 40°C 再與金屬溶液均勻混合。

表六、小白鼠餵食硝酸鉛水溶液與牛奶後的體重變化

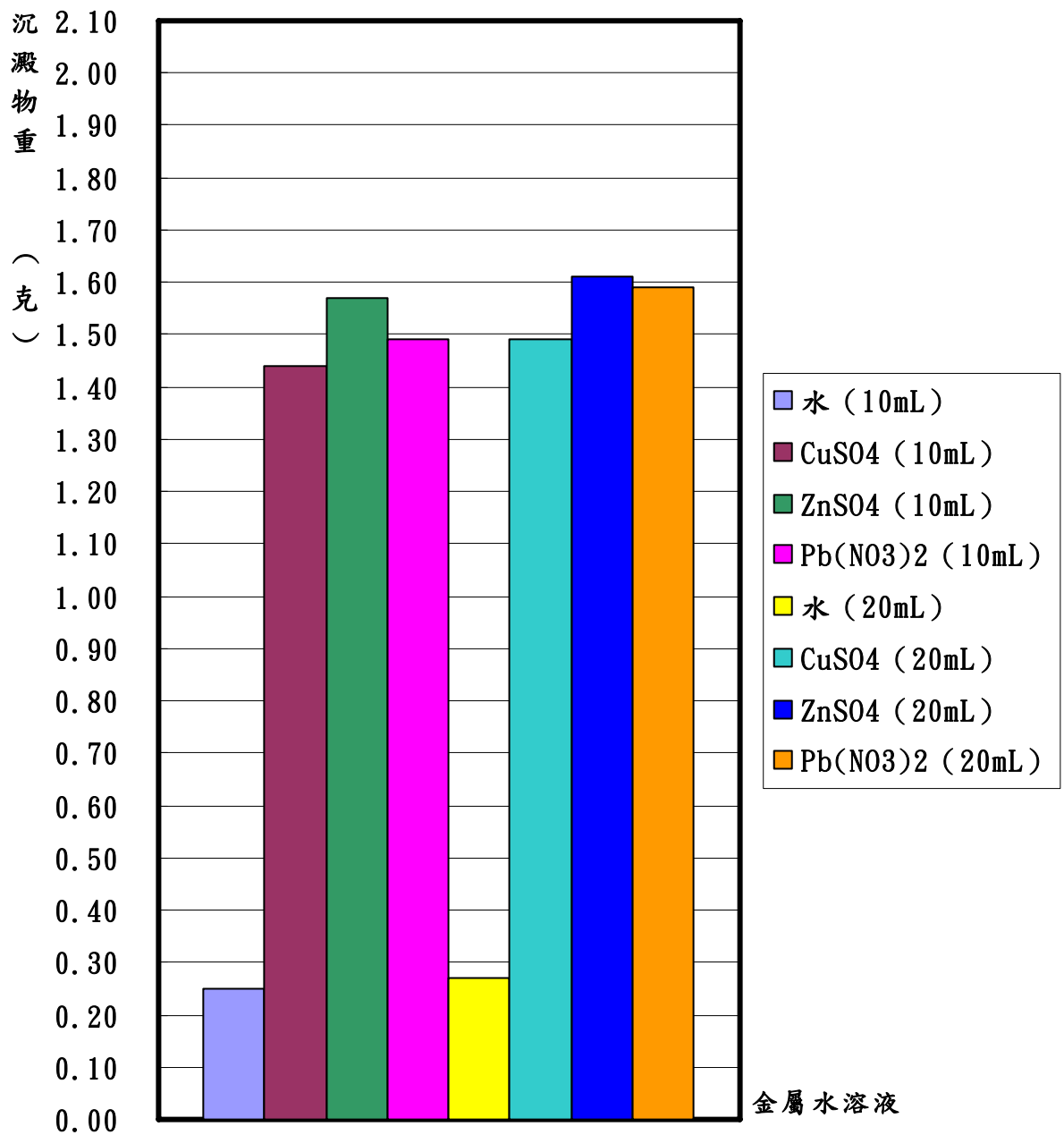
單位公克 (g)

名稱 \ 日期	日期									
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	第九天	第十天
第一組	37.56	37.97	38.51	38.34	38.52	38.83	38.87	38.98	39.23	39.81
第二組	36.30	36.73	36.92	36.95	37.14	38.09	37.23	37.86	37.93	37.84
第三組	32.29	32.29	32.84	33.96	33.43	34.08	33.54	33.99	33.63	34.60
第四組	35.59	36.68	37.03	37.43	37.71	37.96	37.74	37.82	37.82	38.52
對照組	36.05	36.85	36.72	36.36	36.94	36.34	36.15	35.77	35.70	36.49

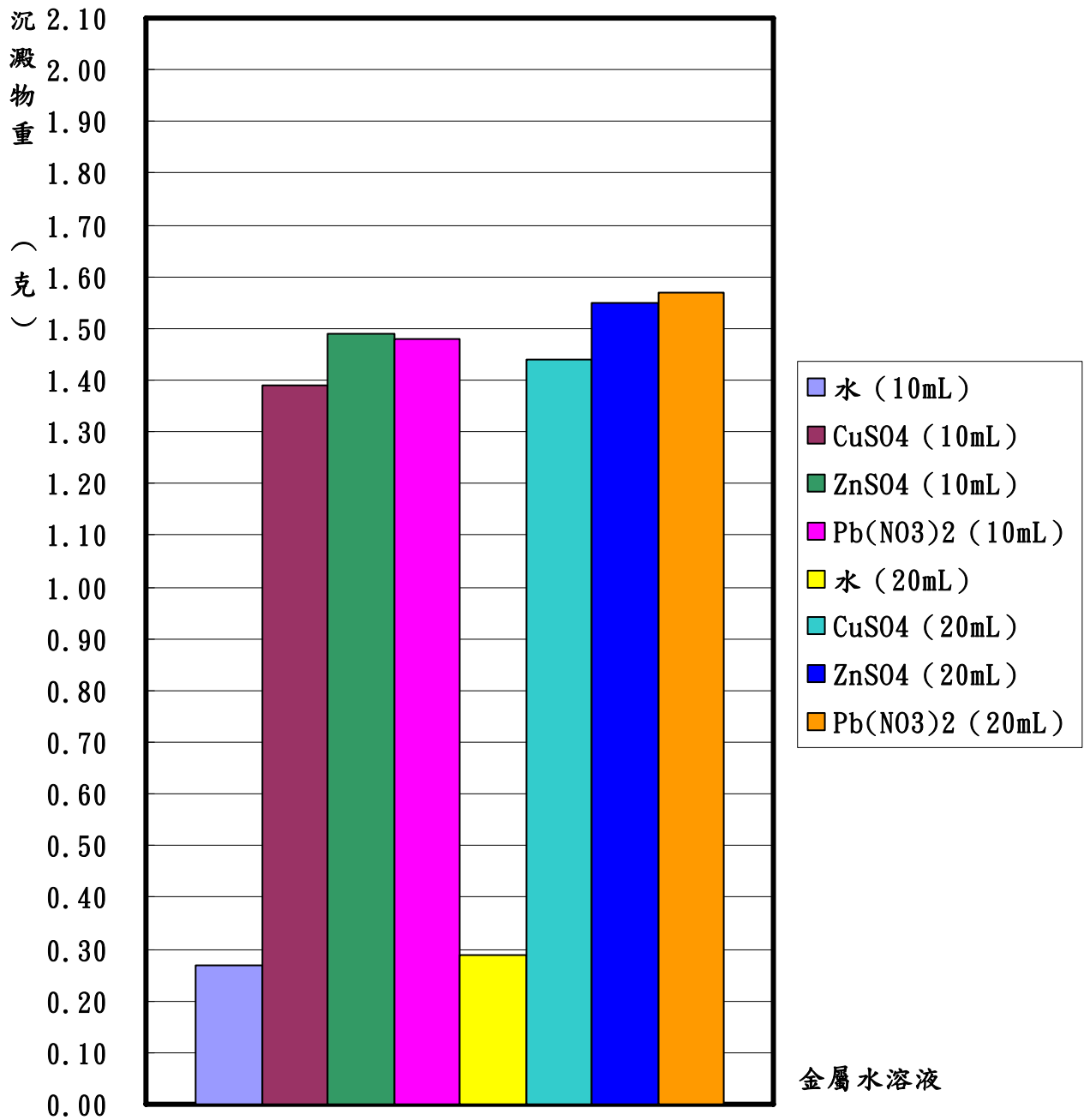
表七、小白鼠餵食硝酸鉛水溶液與牛奶後的食量變化 (飼料重量)

單位公克 (g)

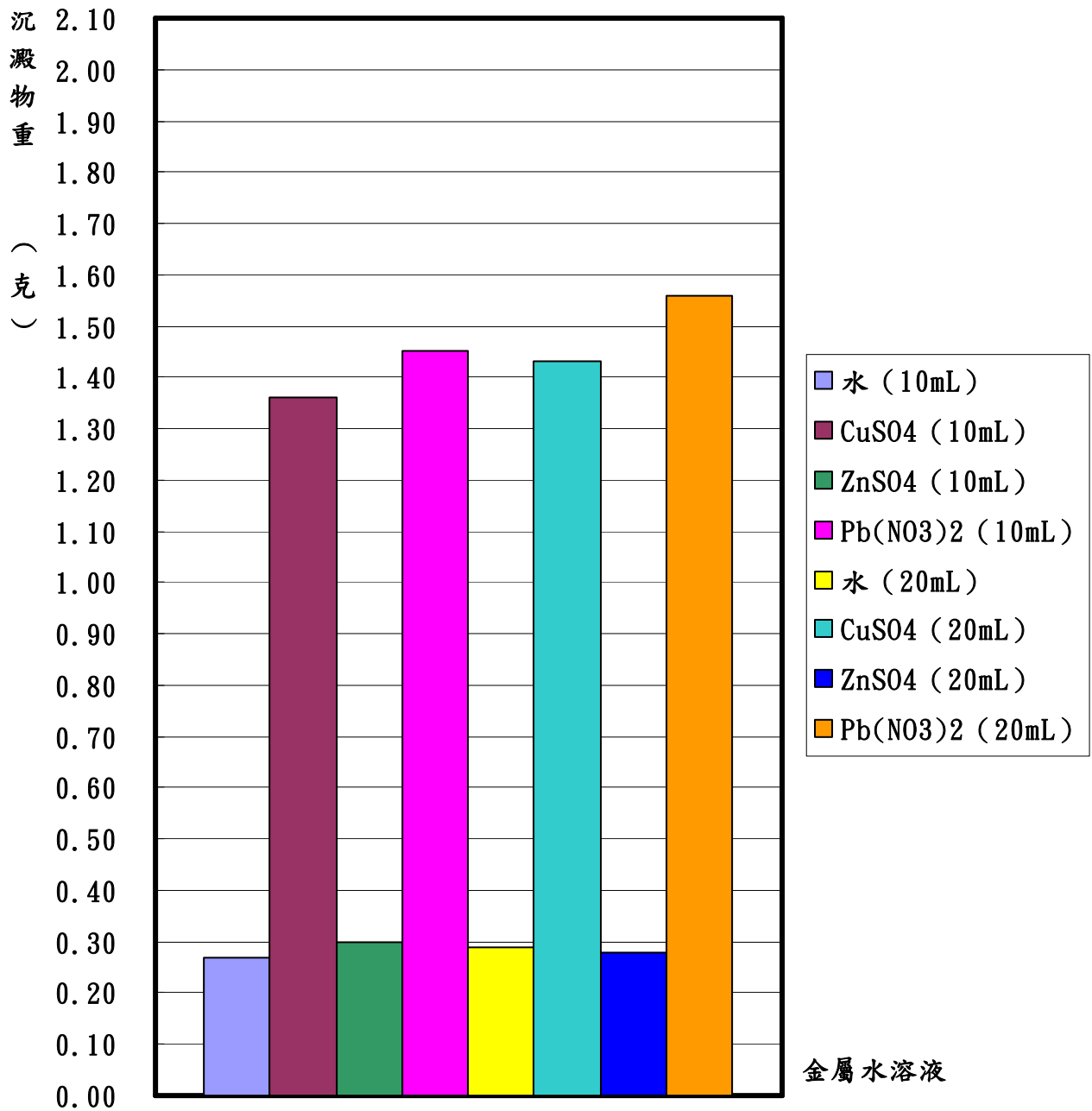
名稱 \ 日期	日期									
	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	第六天	第七天	第八天	第九天	第十天
第一組	10.01	10.00	9.98	10.04	6.59	9.99	9.95	10.04	7.36	9.94
第二組	10.03	9.99	9.42	9.98	6.65	9.97	9.99	9.97	7.75	10.30
第三組	9.98	10.04	9.00	10.00	6.62	10.03	10.01	9.99	7.75	10.00
第四組	15.09	15.10	14.44	14.98	9.97	15.00	15.04	14.91	11.83	15.02
對照組	15.07	14.96	14.11	15.07	14.86	14.99	14.91	15.00	11.64	14.86



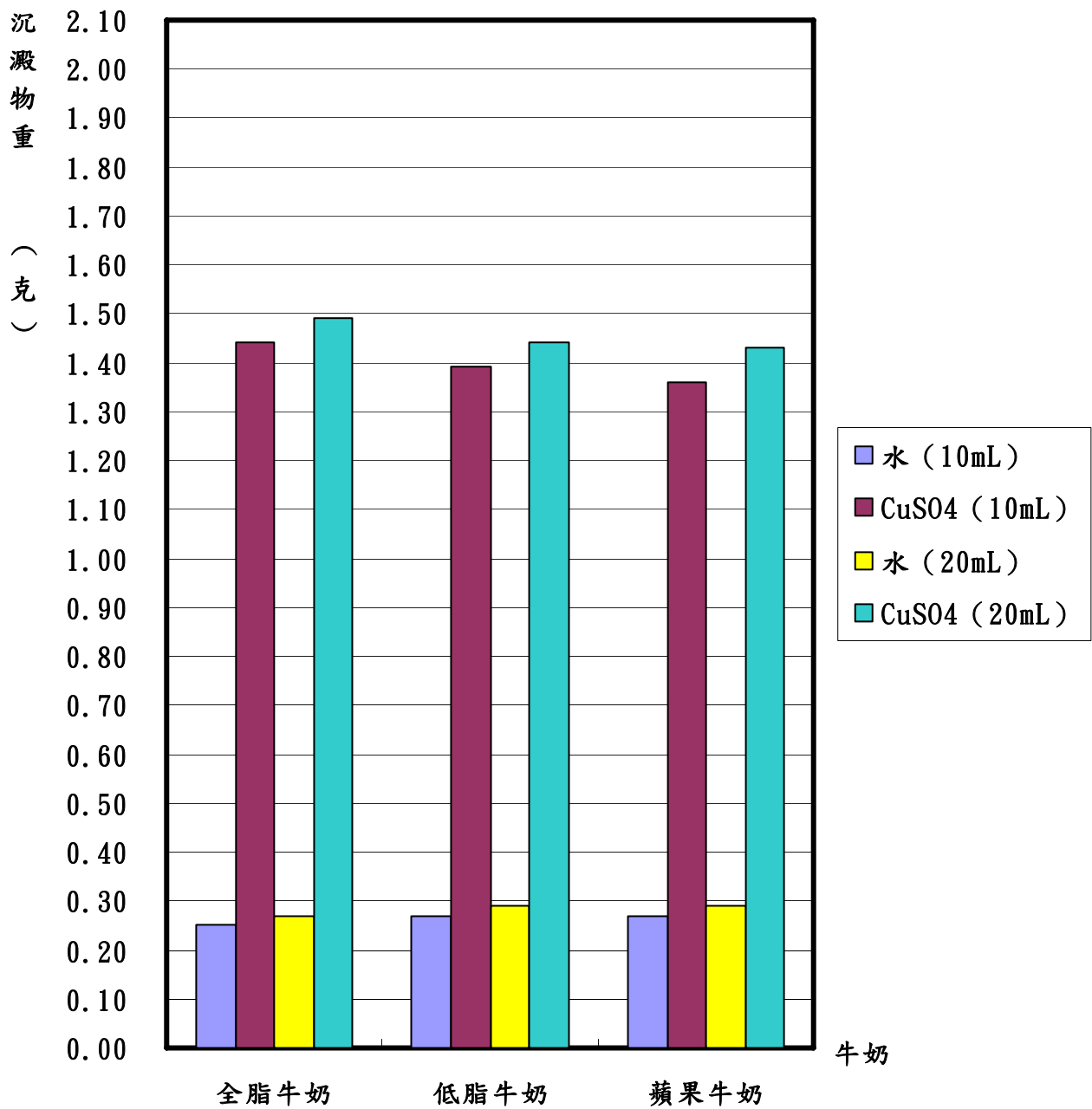
圖一、全脂牛奶與金屬離子反應之沉澱物重量變化。(室溫下的牛奶 28°C)



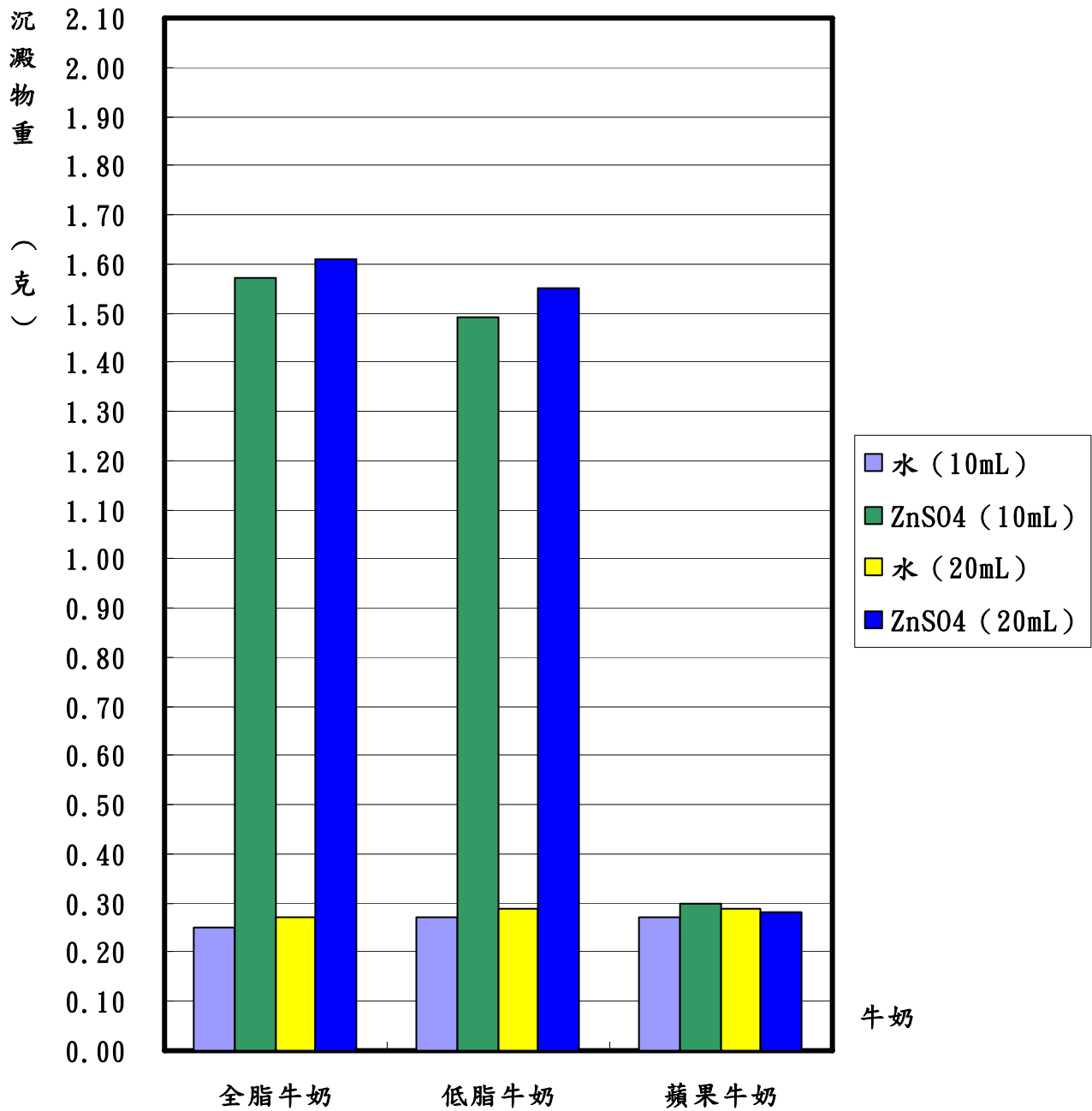
圖二、低脂牛奶與金屬離子反應之沉澱物重量變化。(室溫下的牛奶 28°C)



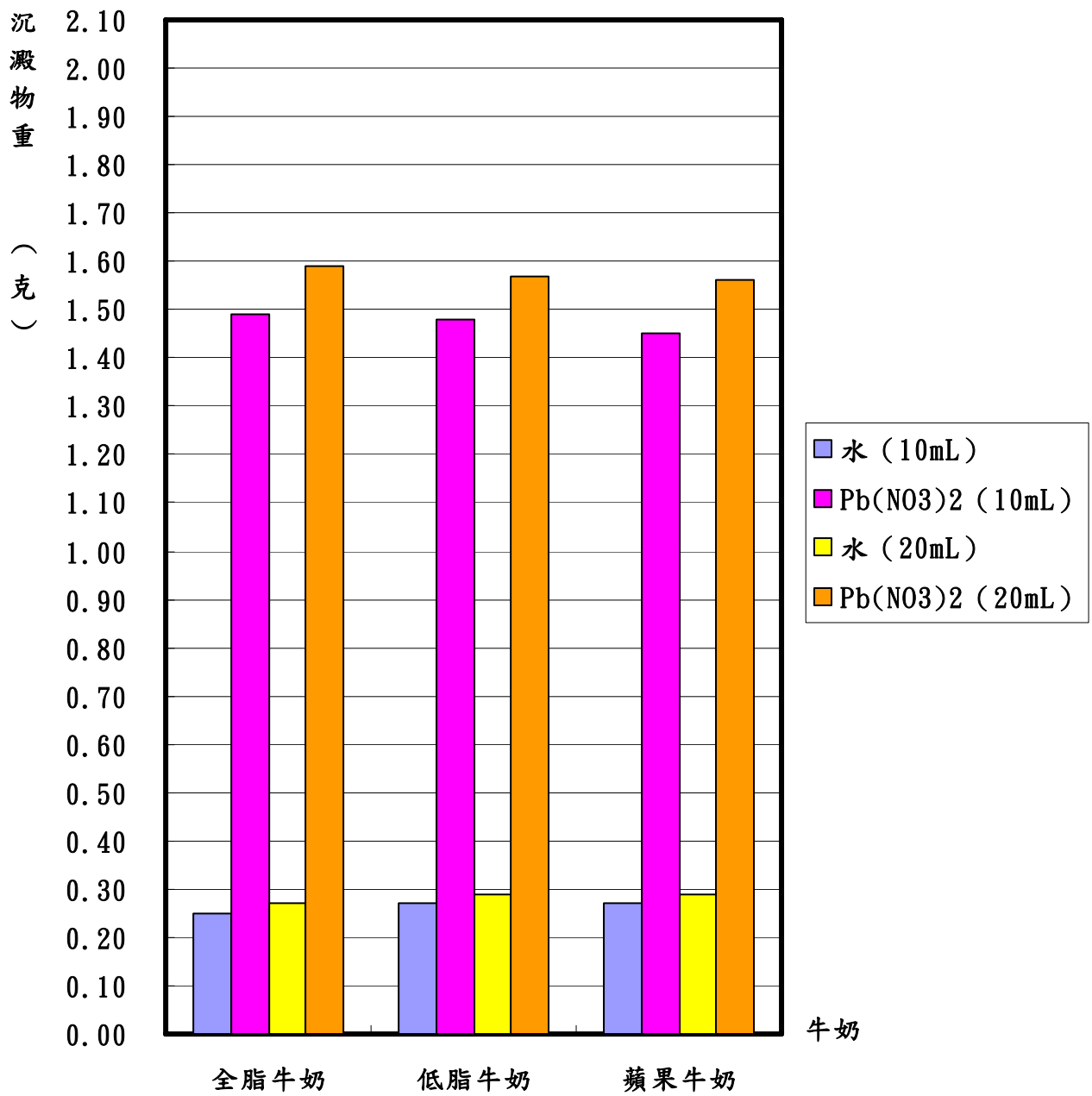
圖三、蘋果牛奶與金屬離子反應之沉澱物重量變化。(室溫下的牛奶 28°C)



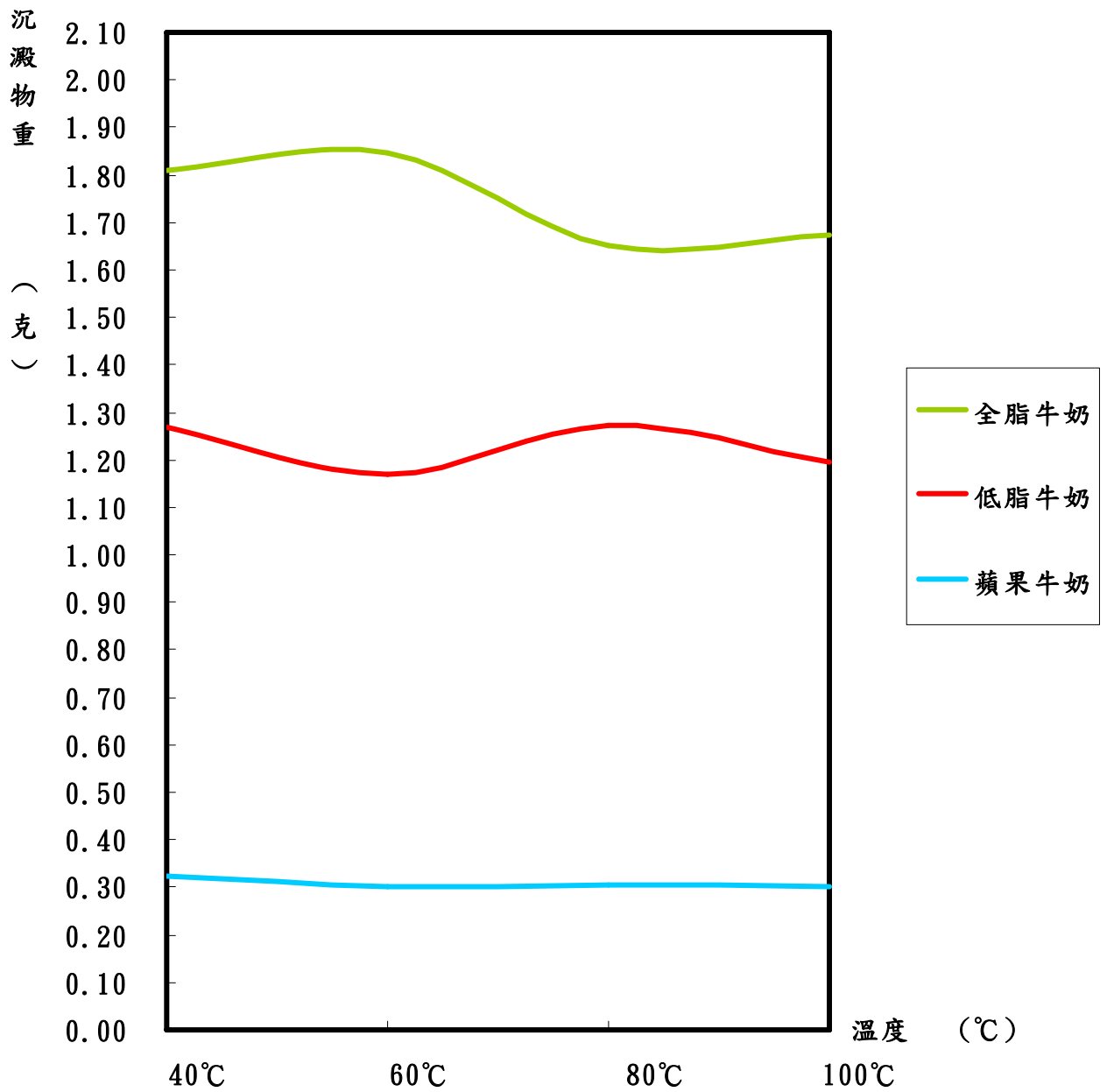
圖四、硫酸銅對三種牛奶的沉澱物重量比較，並與水做對照。(室溫下的牛奶 28°C)



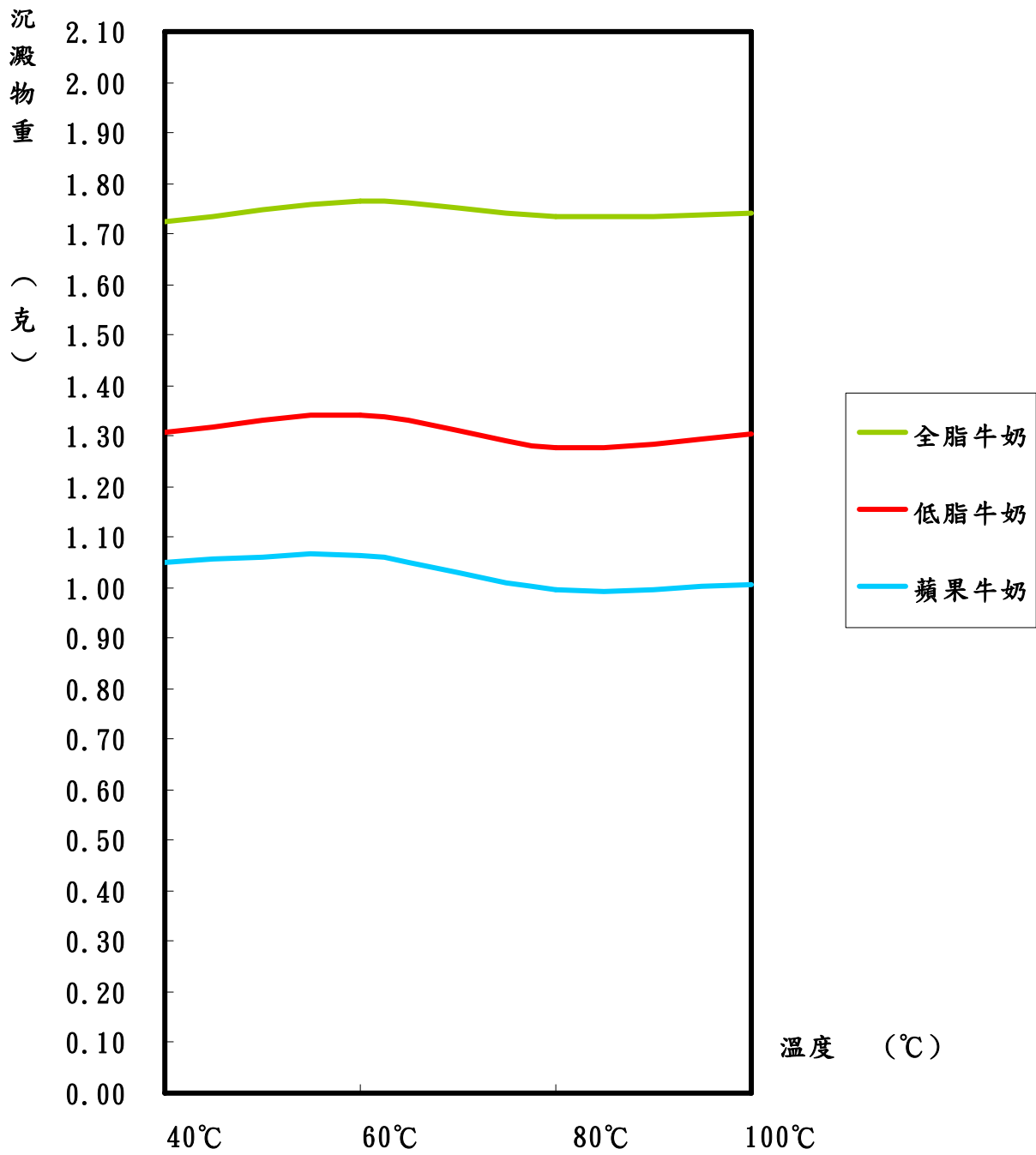
圖五、硫酸鋅對三種牛奶沉澱物重量比較，並與水做對照。(室溫下的牛奶 28°C)



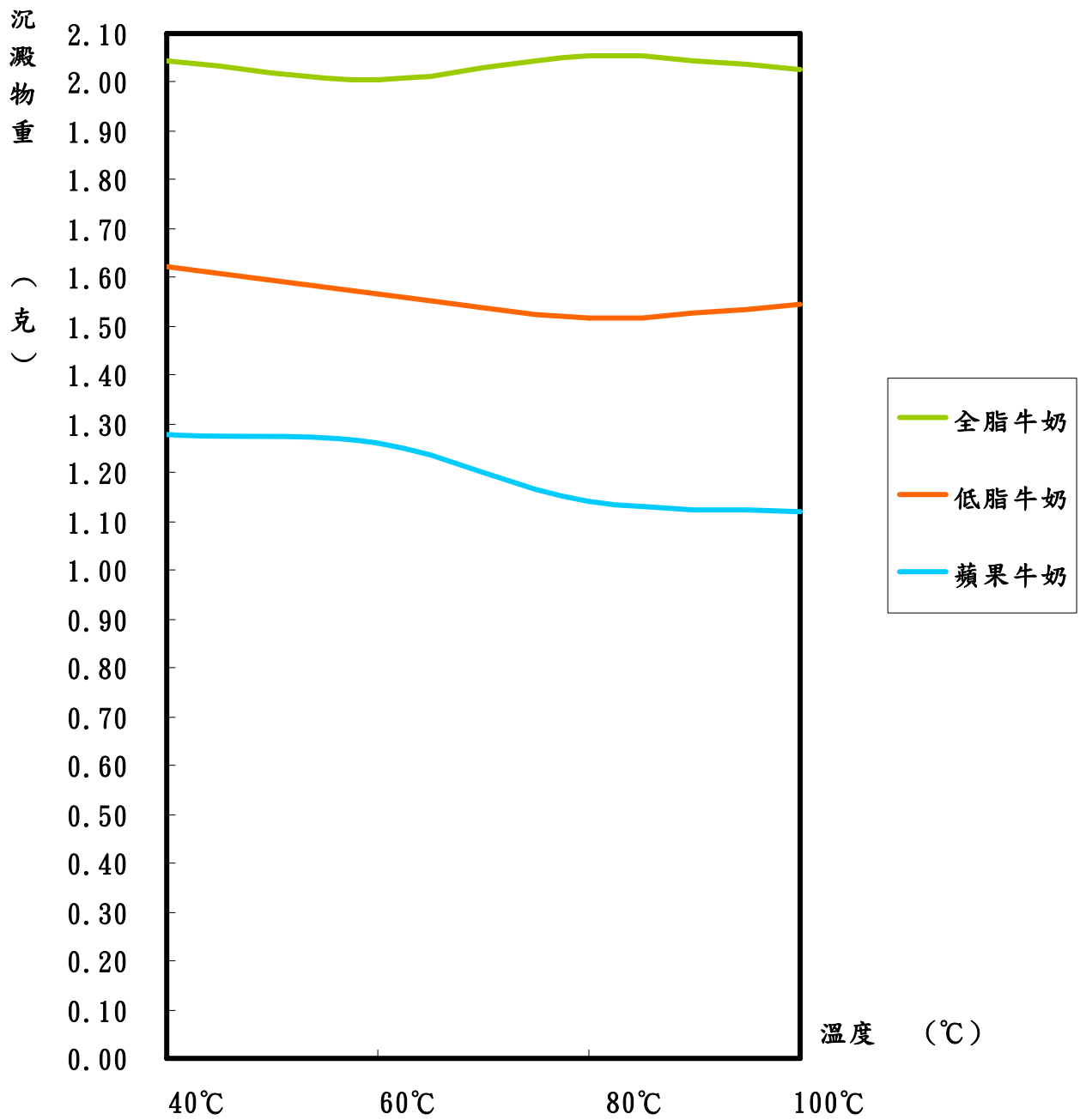
圖六、硝酸鉛對三種牛奶沉澱物重量比較，並與水做對照。(室溫下的牛奶 28°C)



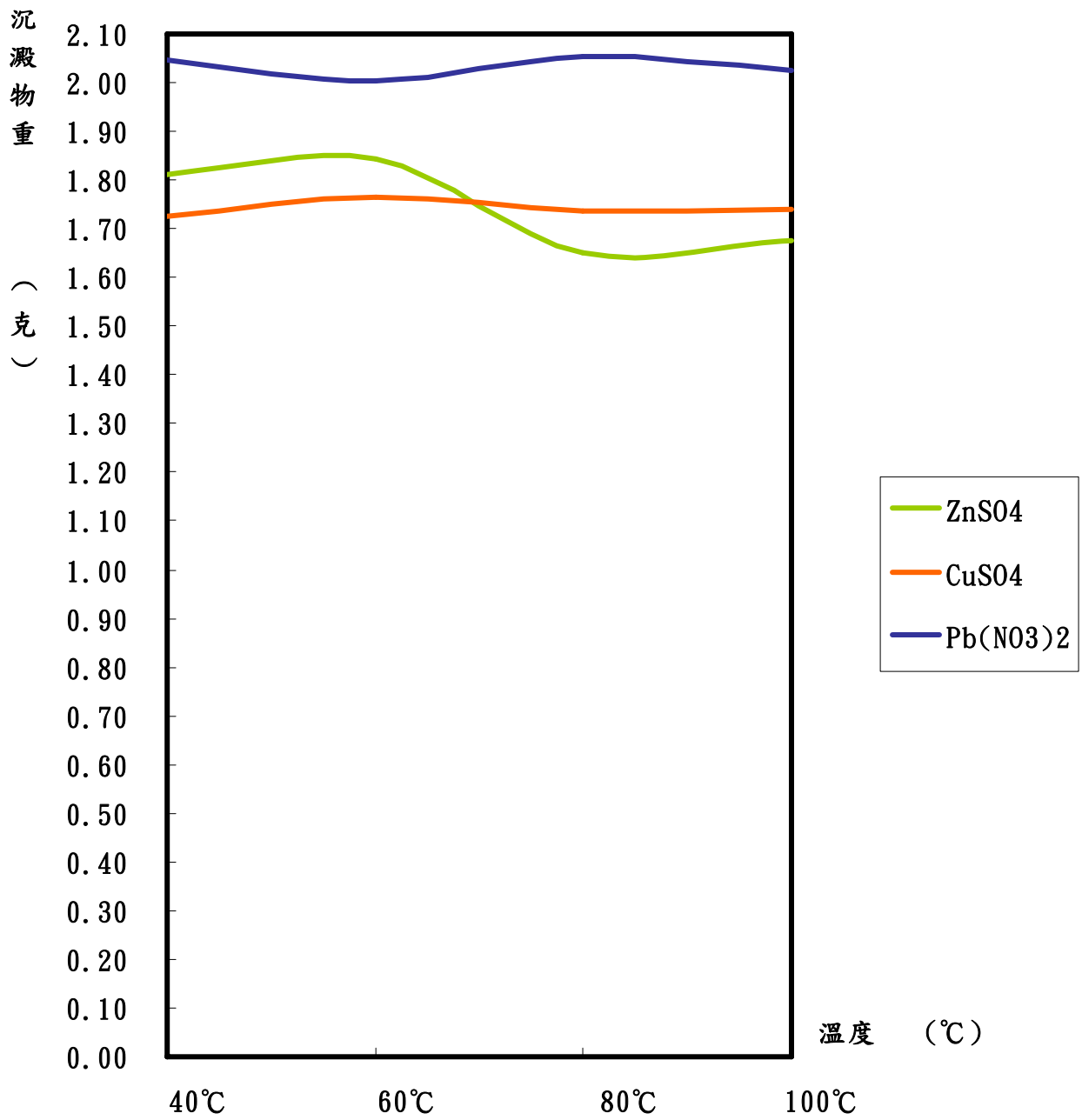
圖七、硫酸鋅加牛奶沉澱物之重量變化。(加熱後的牛奶)



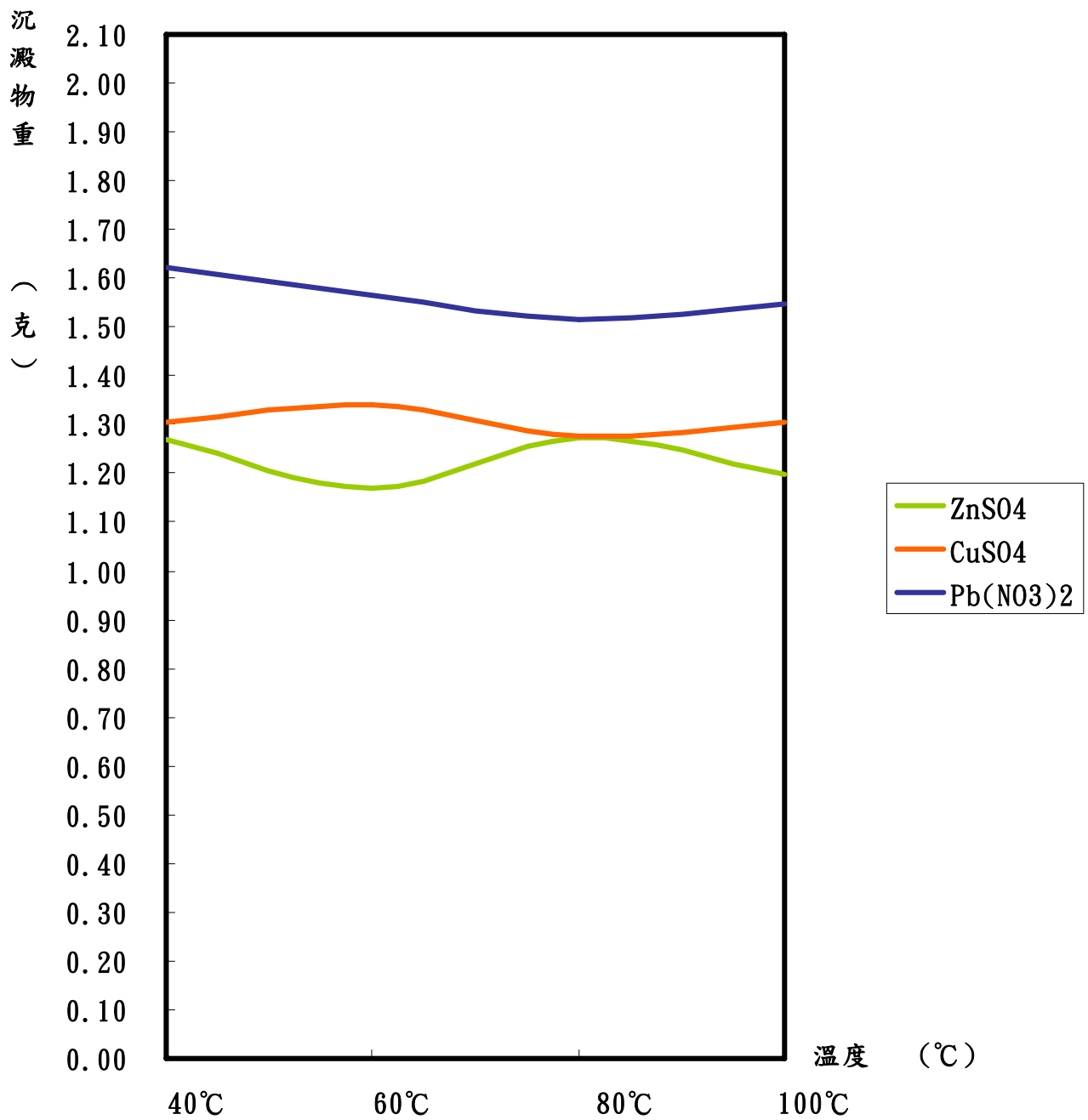
圖八、硫酸銅加牛奶沉澱物之重量變化。(加熱後的牛奶)



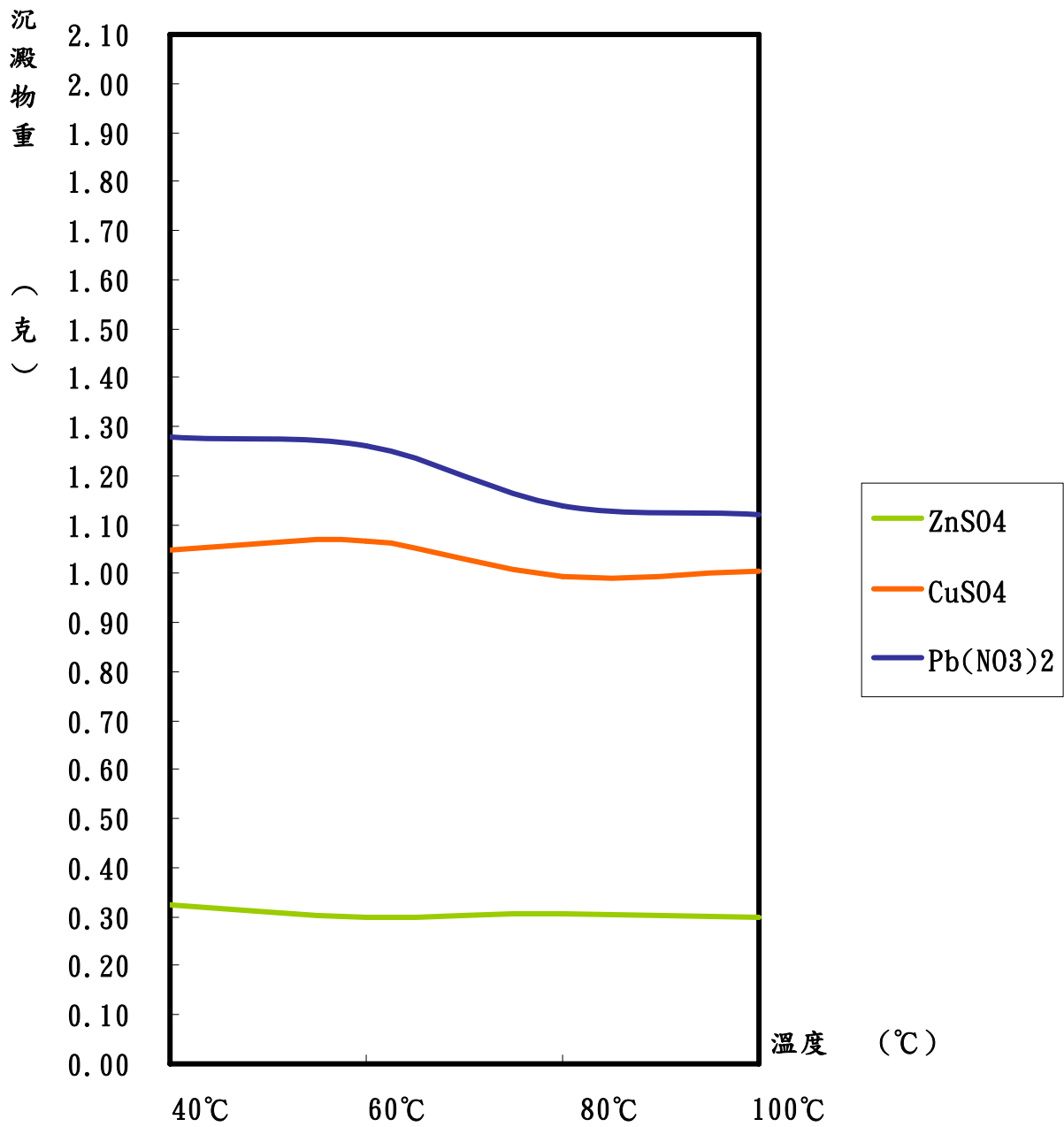
圖九、硝酸鉛加牛奶沉澱物之重量變化。(加熱後的牛奶)



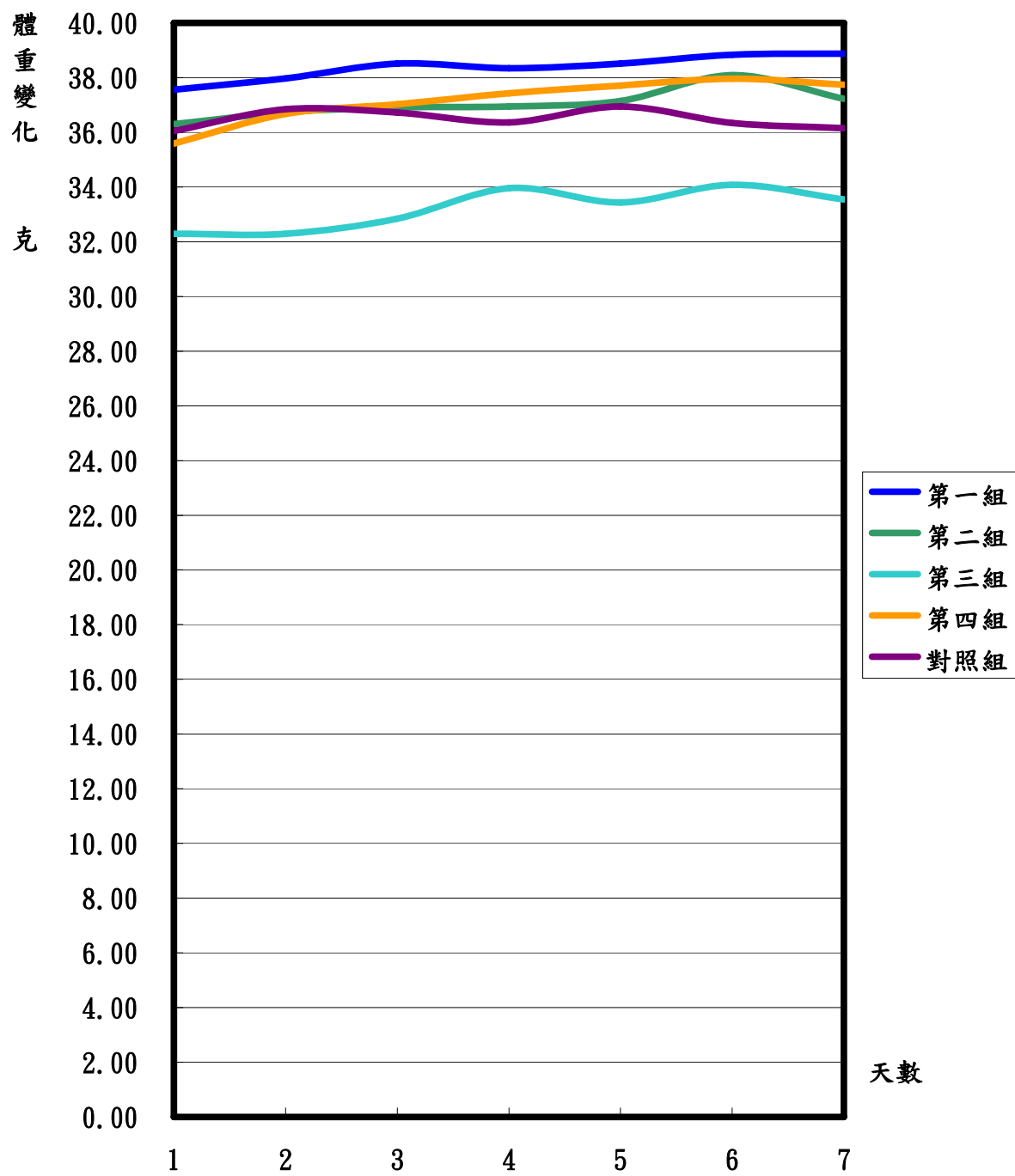
圖十、全脂牛奶加金屬水溶液之沉澱物重。(加熱後的牛奶)



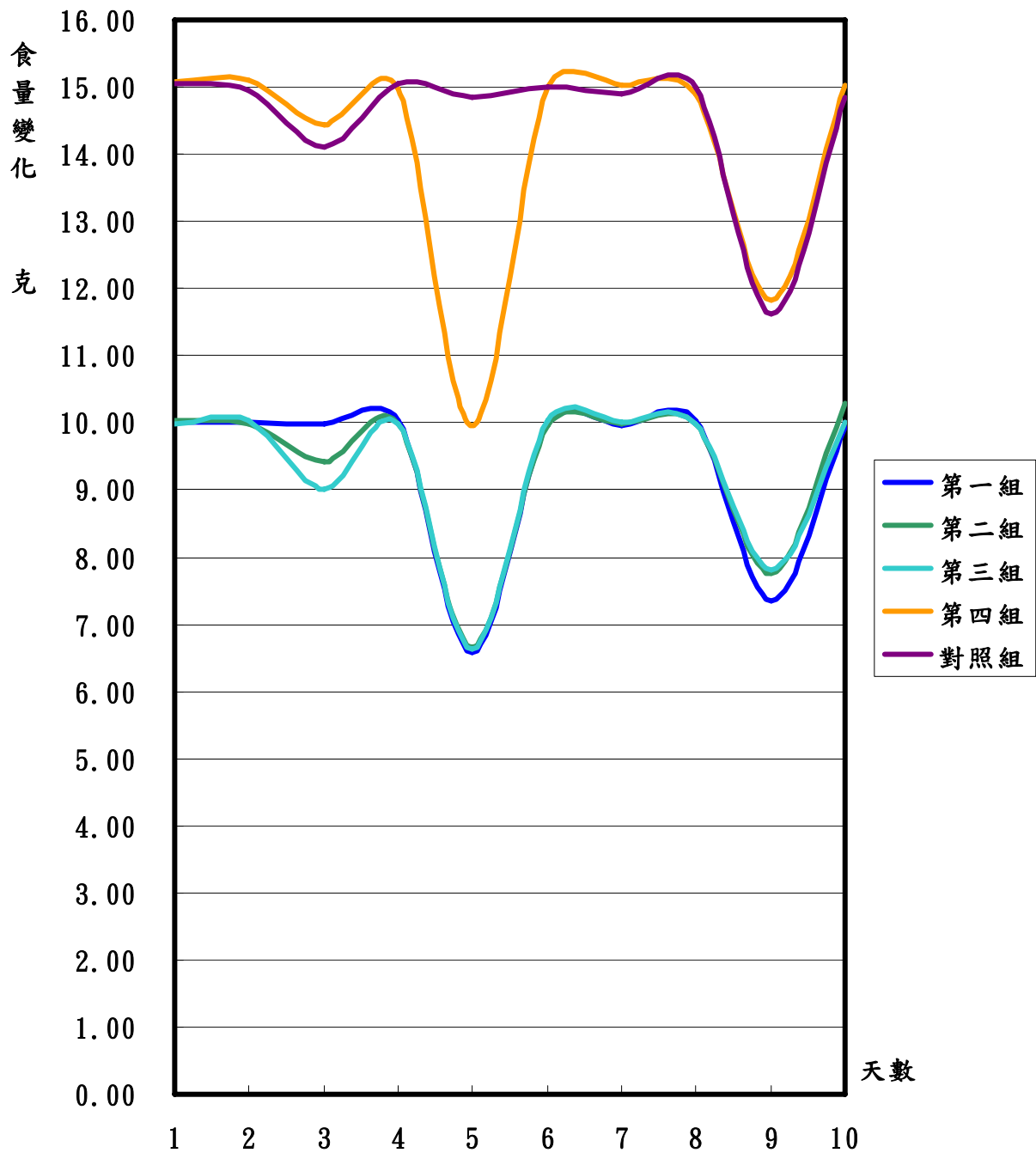
圖十一、低脂牛奶加金屬水溶液之沉澱物重。(加熱後的牛奶)



圖十二、蘋果牛奶加金屬水溶液之沉澱物重。(加熱後的牛奶)



圖十三、餵食硝酸鉛水溶液與牛奶後體重變化量曲線圖



圖十四、餵食硝酸鉛水溶液與牛奶後食量變化量曲線圖

陸、討論

- 一、由圖一、二可以看出，全脂和低脂牛奶與鋅、鉛離子的沉澱量較多。
- 二、由圖三可以看出，蘋果牛奶與鋅離子的沉澱量最少。
- 三、由圖四、五、六來看可得知這三種牛奶中，各種金屬離子被抓取難易大小：全脂 > 低脂 > 蘋果。
- 四、由圖七、八、九可以看出，加熱後的三種牛奶對於金屬離子的沉澱量的大小：全脂 > 低脂 > 蘋果。
- 五、由圖十、十一、十二來看，三種金屬離子對於加熱後的牛奶，以鉛離子的沉澱量為最大。
- 六、由圖七至圖十二來看，牛奶對金屬離子反應後的沉澱量隨著溫度上升而有下降的趨勢。
- 七、根據表六、表七及圖十三、圖十四的結果，可以發現第三組(餵食含 0.1g 鉛的溶液)與第四組(餵食含 0.1g 鉛的溶液且再餵食牛奶)的小白鼠的體重有明顯的差距，可能原因是餵食含 0.1g 鉛溶液後會影響其活動力與食量，進而影響到體重，而加以餵食牛奶則可能將鉛的毒性降低。
- 八、由表六、表七及圖十三、圖十四的結果發現第一組(餵食含 0.01g 鉛的溶液)與第二組(餵食含 0.01g 鉛的溶液且再餵食牛奶)在體重與食量上並沒有明顯差距，可能原因是鉛的含量較低，且重金屬中毒所產生的影響並不能在短時間觀察的到，所以只有較高含鉛量的第三組與第四組有明顯差距，且也發現無論哪一組的小白鼠其體重並沒有明顯隨天數降低的趨勢，若能繼續實驗下去，可能可以得到預想中較為明顯的結果。
- 九、活體實驗選用鉛的原因是因為在研究目的中有提到，加油站的員工在工作時可能會吸入一些有毒氣體，或是由汽機車排放出來的含鉛廢氣，所以喝牛奶主要是為了解毒，並且也由一些參考資料中得知牛奶可以阻止人體吸收食物中有毒的金屬鉛和鎘，具有輕度的解毒功能(參考資料二、三)，且由圖二及圖六也顯示出無論是全脂或是脫脂牛奶對鉛都有較好的沉澱反應，故選擇以鉛來進行活體試驗。
- 十、雖然第一組與第二組的小白鼠在體重與食量上沒有明顯差距，但是卻發現第一組與第三組(皆未餵食牛奶)的小白鼠非常愛睡覺，一但清醒便非常焦躁不安，衝來衝去，且有點脫肛的現象，而第二組及第四組(餵食牛奶)與對照組則沒有此現象產生，可能是因為鉛中毒可能會造成神經衰弱、幻覺、神經錯亂、食欲不振及貧

血等症狀(參考資料五)，而牛奶的確有些解毒的效果。

十一、表六及圖十四的結果中，第五天與第九天的食量皆較其他天數低許多，而第九天連對照組也有下降，可能原因是這兩天氣溫變化較大所致。

十二、原先預定每組小白鼠為四隻，所以從台大醫院實驗動物中心購得了 20 隻小白鼠，但經過一個星期的馴養後，有 5 隻小白鼠在前三天因不適應天氣變化而死亡，故趕緊利用燈泡與除濕機來控制溫度，所以最後每組小白鼠改為三隻。

柒、結論

- 一、由本實驗中可看出，改變溫度後，仍以全脂牛奶與金屬離子最容易造成沉澱。
- 二、由本實驗中可看出，所使用的金屬離子中，以鋅、鉛離子與牛奶的沉澱量較多，但在混乳中，鋅離子反而不易被抓取。
- 三、由表二與各種實驗數據比較，混合溶液後的 pH 值變化，似乎與沉澱量無顯著的變化，但 pH 改變時，是否影響牛奶抓取金屬離子的能力，有待進一步的實驗與探討。
- 四、根據交大毛仁淡教授的論文指出，其研究做出一種抗體可辨識出乳球蛋白質被破壞的部位，並可與之結合，才證實鮮乳中的乳球蛋白質已遭破壞，而本國牛奶的乳蛋白含量比外國牛奶的乳蛋白少許多。我們依此推測可能是牛奶中的乳蛋白成分被高溫破壞，造成吸金能力降低，但因本國牛奶裡所含的乳蛋白成分較少，故不易看出沉澱變化量。而對於本國及外國的牛奶與奶粉所含的乳蛋白量是否會造成沉澱影響正是我們接下來探討的方向。
- 五、另外，抓取金屬的成分究竟是乳蛋白或是其他成分，而抓下來的沉澱物又是什麼，也是我們急需探討與研究的方向。
- 六、抓取金屬離子的機制是金屬離子與牛奶中某成分物質形成配位，還是膠態溶液的沉澱，仍有待實驗證明。
- 七、餵食含 0.1g 鉛的水溶液組別的小白鼠，其體重與食量明顯比再餵食牛奶組別的小白鼠少，但是含鉛量為 0.01g 的時候，有無再餵食牛奶再體重與食量上並沒有差別。
- 八、餵食含鉛溶液未餵食牛奶的小白鼠，在行為上與有餵食牛奶的小白鼠和對照組有些不同，例如非常愛睡覺，一但清醒便非常焦躁不安，衝來衝去，有點脫肛的現象等，而餵食牛奶的小白鼠與對照組則沒有這些現象。

捌、參考資料及其他

一、參考資料

- (一) 自然科學概論 1 楊永華 張祥光 侯平君著 東大圖書公司
- (二) <http://tj.xinhuanet.com/>
- (三) 長春市食品藥品放心工程公眾網
- (四) http://www.bud.org.tw/question/Que_Chemistry98.htm 化學加油站
- (五) <http://news.yam.com/chinatimes/life/200411/20041121487520.html>
番薯藤—新聞—交大牛奶分析 世界知名期刊背書 江昭青/台北報導
- (六) 高級中學 物質科學(化學篇)上 第四章溶液
楊永華 張麗英 羅世焜 何金錫著 三民書局

二、其他

(一) 附錄

1、膠態溶液性質：

- (1) 光線通過膠體溶液時，因為膠體粒子較大，足以散射光線，而顯現一條光亮的通路，此種現象稱為廷得耳效應。
- (2) 當光線通過膠體溶液，以顯微鏡再垂直於光方向觀察時，可見窠粒子成無數光點，並且不停地做急速運動，稱為布郎運動。
- (3) 膠體粒子表面有於吸附溶液中的離子而帶有電荷。同一膠體粒子帶有相同電荷，彼此產生靜電斥力，互相排斥而無法聚集，因而懸浮於溶液中。
膠體溶液中若加入少許電解質，或插入正、負兩電極通電，則膠體粒子所帶的電荷，立即被電性相反的離子或電荷中和而凝聚析出。

2、牛奶成分：

(1) 全脂牛奶

主原料：生乳

成分：乳脂肪 3.0% 以上未滿 3.8%、非脂肪乳固形物 8.25% 以上

熱量 187 大卡、蛋白質 8.7 公克、脂肪 10.7 公克

碳水化合物 13.9 公克、糖 13.9 公克、鈉 131 毫克、鈣 290 毫克

(2) 低脂牛奶

主原料：生乳（低脂）99% 副原料：寡糖 1.0%

成分：乳脂肪 0.5% 以上未滿 1.5%、非乳脂肪固形物 8.25 以上

熱量 105 大卡、蛋白質 6.9 公克、脂肪 3.4 公克

碳水化合物 12.2 公克、糖 11 公克、鈉 6.6 毫克、鈣 230 毫克

(3) 蘋果牛奶

主原料：生乳、蘋果汁

副原料：水、蔗糖、高果糖糖漿、羧甲基纖維素鈉、蘋果酸、乳化劑

天然蘋果酸、 β -胡蘿蔔素、胭脂紅

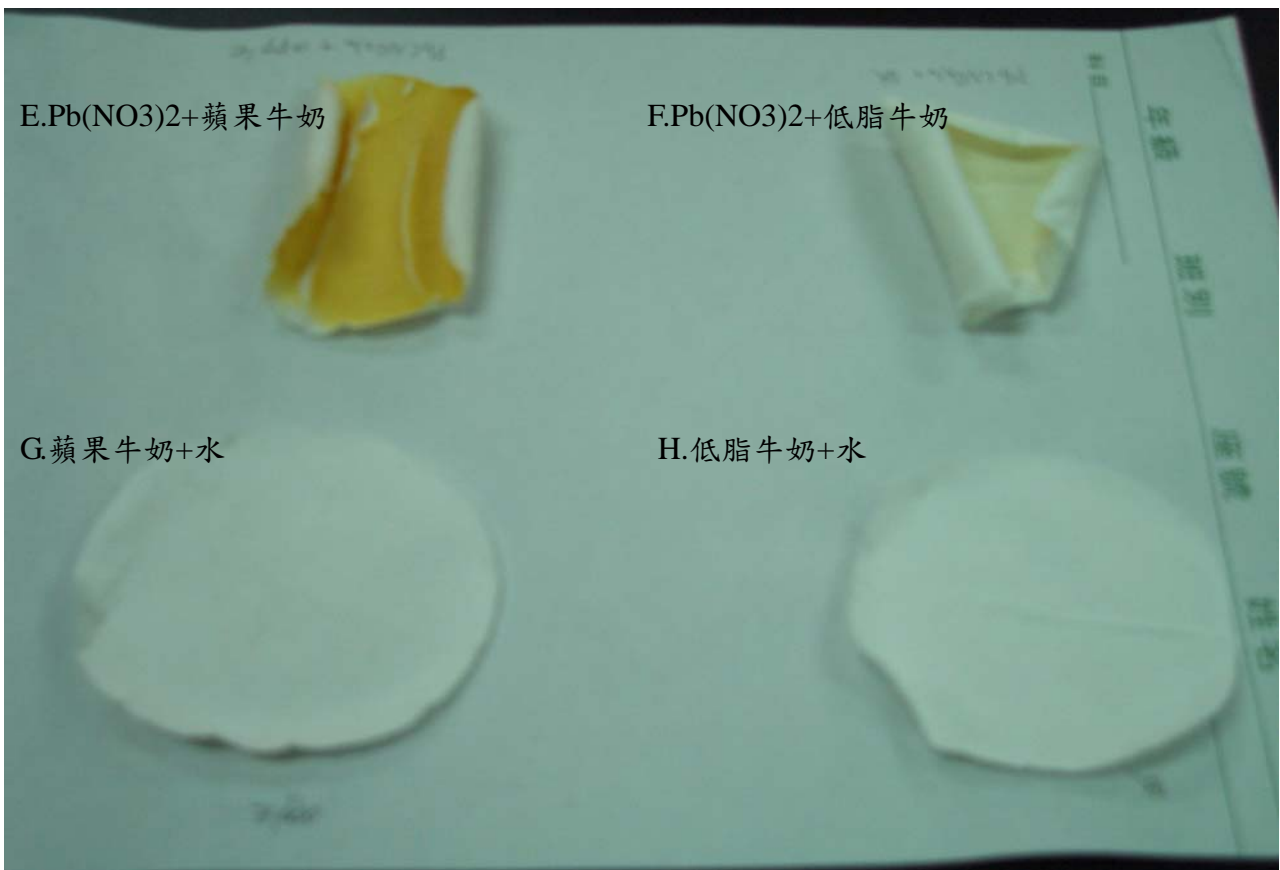
成分：熱量 63 大卡、蛋白質 1.5 公克、脂肪 1.3 公克

碳水化合物 11.2 公克、鈉 52 毫克

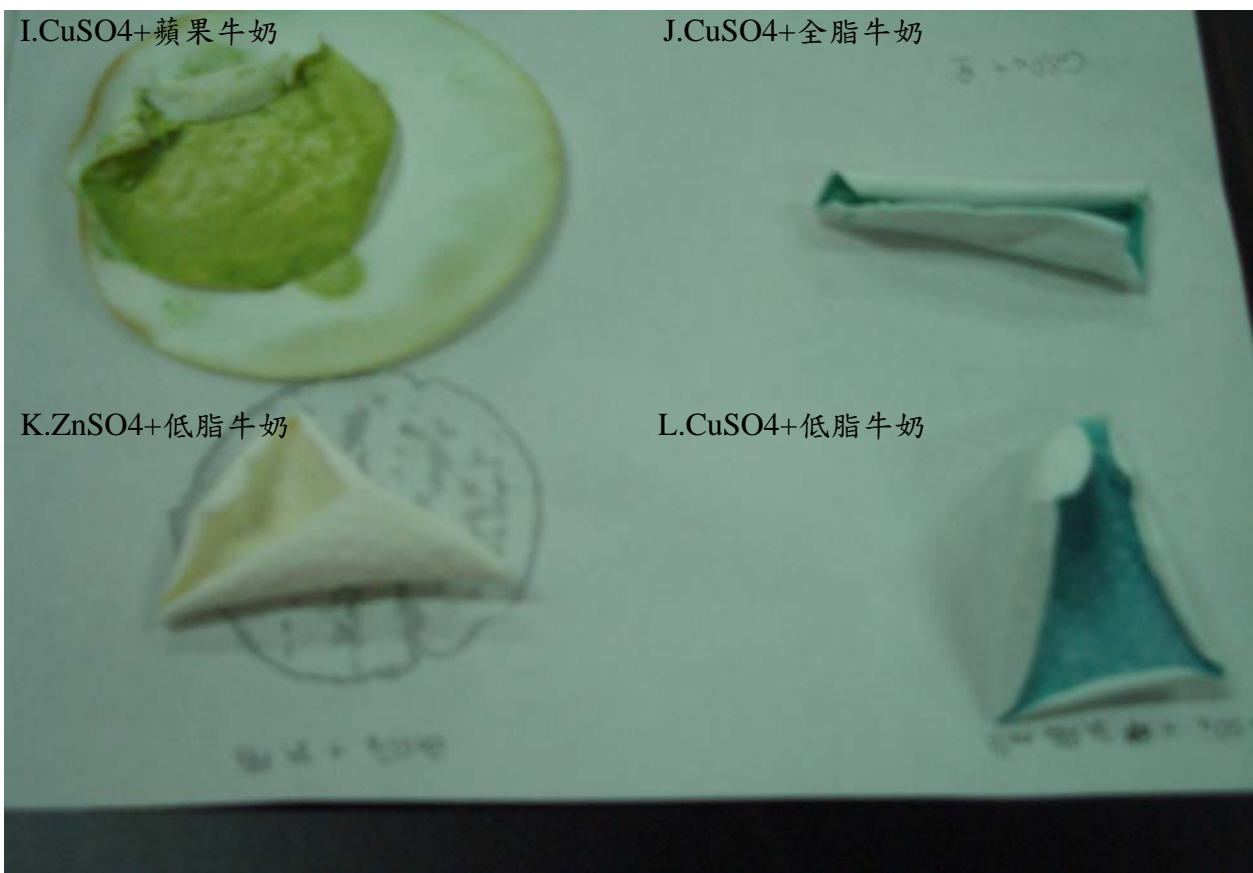
(二) 附圖



(附圖一)



(附圖二)



(附圖三)

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 生活與應用科學科

040804

吸金ㄟ牛奶

臺北縣私立東海高級中學

評語：

優點：能提出一種測試洗淨程度的新方法，且方法確實可行，有創意，可供廠商(洗衣機、清潔劑等)自我檢測，或供消基會對消費者提出建議。

改進：報告及口述應針對上述方法，且操作背景的一致性應更提高要求。資料的獲取也應更為精密。