

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國小-化學科

科 別：化 學 科

組 別：國 小 組

作品名稱：是誰在搞鬼~小燒包成分的探討

關 鍵 詞：氧化生熱量、溫度上升速度、金屬替代物

編 號：080215

學校名稱：

臺北市內湖區文湖國民小學

作者姓名：

郭祖皓、黃宜慧、李宇濤、蔡沛芩

指導老師：

吳中良、鄭怡慧



壹、摘要：

整個實驗是探討市售小燒包中各成份—鐵粉、活性碳和食鹽的作用和原理。實驗分成兩個部份，第一部份是探討小燒包主要成份鐵粉、食鹽以及活性碳在發熱過程中所扮演的角色，鐵粉為發熱物質、活性碳為保溫作用、食鹽為催化劑；第二部用是將唯一的金屬物質置換成鋅、鋁、銅粉三種常見的金屬，藉以了解哪種金屬的發熱效果最好，發現鐵粉溫度上升最快。最後考慮經濟因素與發熱效果，了解到鐵粉溫度上升最高且價錢最便宜，所以廠商使用鐵粉當小燒包中主要發熱物質。

貳、研究動機

在冬天時，常常讓人冷的雙手冰冷，這時要是有一個暖暖的小燒包（也有人說是暖暖包），讓人都溫暖起來，但是為什麼小燒包，只要搓一搓，但能有溫熱的感覺呢？到底小燒包的成分中，隱含著哪些科學秘密呢？便讓我們有了探索小燒包的動機，開始了研究之旅。

參、研究目的

- 一、了解小燒包的成分，鐵粉、食鹽、活性碳三種物質在發熱過程中的作用。
- 二、燒包主要成分鐵粉換成鋁、鋅粉、銅粉時，比較哪一種金屬上昇的溫度最高。
- 三、小燒包主要成分鐵粉換成鋁、鋅粉、銅粉時，比較哪一種金屬上昇的溫度最快。

肆、文獻探討

- 一、市售小燒包的成分：鐵粉、食鹽、活性碳、水。

用天秤去測量市售小燒包的重量，測量後發現市售的小燒包有 52 公克。並且用電子溫度計測量溫度可以上升至 40 度以上。

- 二、生鏽：

金屬表面因氧化而產生的氧化物或氫氧化物，稱做鏽。鏽在有氧及潮濕的環境中，最容易產生，如果有酸的存在，會加速鏽的產生。生鏽屬於緩慢的氧化反應。生鏽不只發生在鐵而已，其他金屬也可能會生鏽。

（自然科學彩色辭典 4 物理、化學，269 頁至 270 頁）

三、氧化：

物質和氧反應或失去氫、失去電子的作用，稱為氧化。而物質失去氧的反應或物質與氫化合、獲得電子的作用稱為還原。還原與氧化必定伴隨發生，二者不能單獨進行。

（自然科學彩色辭典 4 物理、化學，269 頁至 270 頁）

四、鐵為什麼容易生鏽：

鐵容易生鏽，除了化學性質活潑外，與外界的條件也極有關係。只有當空氣中的氧氣溶解在水裡，才會使鐵生鏽。鐵鏽的成分主要是氧化鐵。

（十萬個為什麼 P99、P100 國際少年村）

五、為什麼鋁不容易生鏽：

鋁很容易與氧氣化合生成鋁鏽，簡稱氧化鋁。這層氧化鋁緊緊地貼在鋁的表面，可以防止裡頭的鋁與氧氣結合。

（十萬個為什麼 P140 國際少年村）

六、金屬的活潑順序依次為：

鉀、鈉、鈣、鎂、鋁、鋅、鐵、鉛、銅、汞、銀、鉑、金

（十萬個為什麼 P140 國際少年村）

伍、研究設備器材

一、電子式溫度計	2 個
二、保溫杯	2 個
三、攪拌棒	2 隻
四、碼表	1 個
五、鐵粉 500 公克	2 罐
六、鋅粉 500 公克	1 罐
七、鋁粉 500 公克	1 罐
八、銅粉 500 公克	1 罐
九、食鹽	1 罐
十、活性碳 500 公克	1 包



(保溫杯、攪拌棒、電子溫度計、碼表)



(各種金屬粉末)

十一、各項金屬粉末價錢

名稱	規格	價錢
鐵粉	500 公克	100
鋅粉	500 公克	200
鋁粉	500 公克	300
銅粉	500 公克	800

陸、研究過程及結果分析：

◎實驗裝置：

在保溫杯的蓋子上各鑽兩個洞，一個洞是用來裝設電子溫度計，另一個洞則是插入玻璃棒模擬市售小燒包需搓揉的行為。

實驗一：小燒包的成分中，鐵粉有何作用？

一、實驗方法：

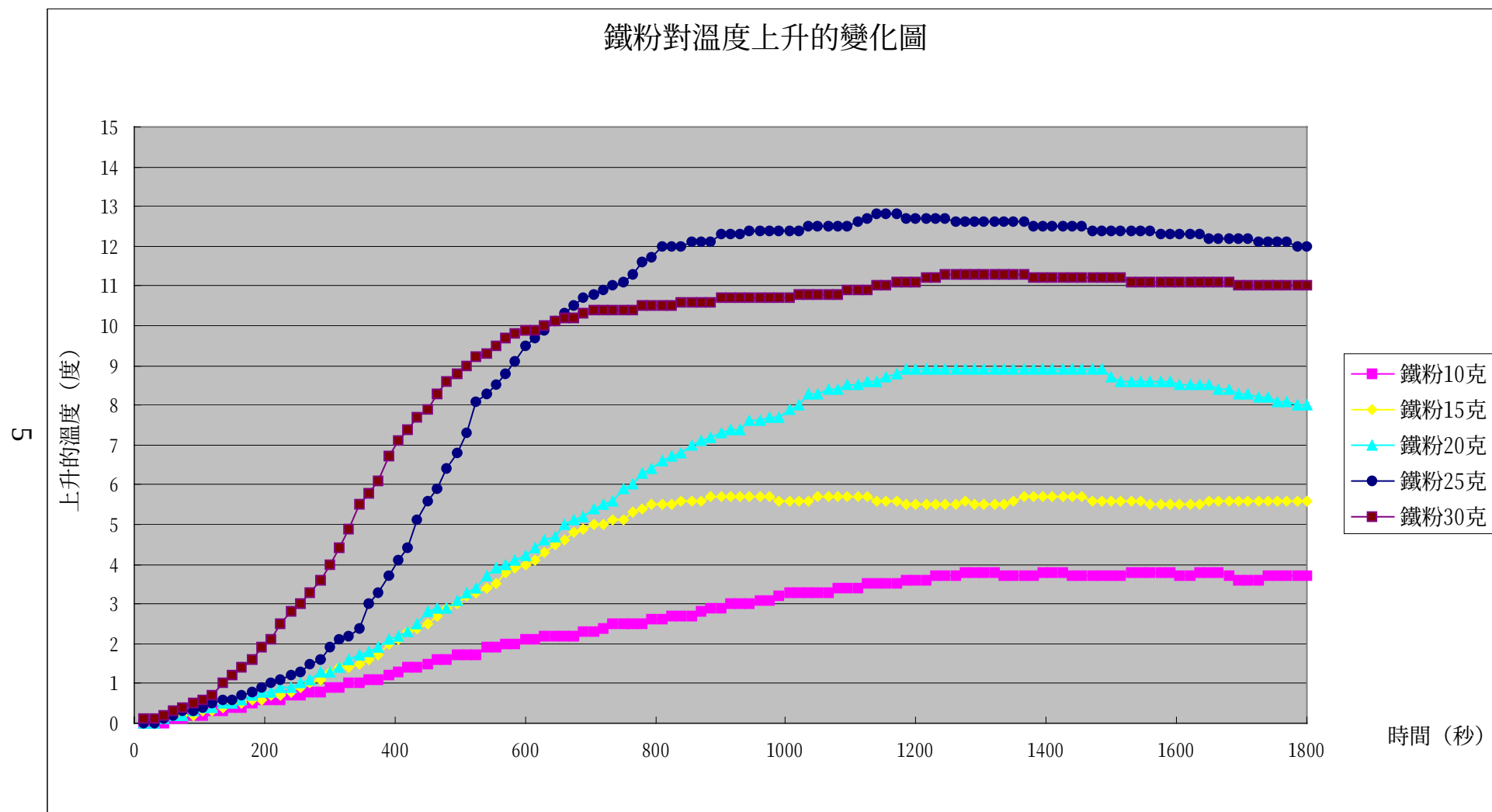
- (一) 秤量食鹽 2 克、活性碳 2 克以及鐵粉各 10、15、20、25、30 克共五組。
- (二) 分別將秤量好的鐵粉、活性碳、食鹽倒入保溫杯中，並加入飽和食鹽水 5 滴。
- (三) 蓋上蓋子連續以玻璃棒輕輕攪動三十分，並紀錄三十分鐘內的溫度變化。
- (四) 共測五組，比較不同重量的鐵粉對小燒包溫度有何影響。



(用天秤秤量各種物質)



圖 1 鐵粉對溫度的變化圖



二、討論：

(一) 圖 1 中，發現鐵粉從 10 克、15 克、20 克、25 克、30 克溫度上升的速度，隨著鐵粉的量增加，上升的速度加快。

(二) 從圖 1 的五條折線中，可以看出溫度上升最高的是鐵粉 25 克，其次是鐵粉 30 克、20 克、15 克、10 克。

從鐵粉 10 克、15 克、20 克、25 克四條折線中，發現鐵粉每增加 5 克溫度就會跟著增加溫度 2 度到 3 度。而且 15 克的最高溫幾乎是 10 克的 1.5 倍；20 克的最高溫幾乎是 10 克的 2 倍，所以小燒包最高溫度應該是跟鐵粉的多寡成正比。但是 30 克的最高溫度卻沒有這個現象。

(三) 圖 1 中，可以發現鐵粉 30 克與鐵粉 25 克的兩條圖形有一個交點，而鐵粉 25 克上升的最高溫度比鐵粉 30 克高。

圖形會有一個交點可能的原因推測有兩個：

1. 鐵粉開始作用時，鐵粉 30 克與鐵粉 25 克與空氣接觸的面積是一樣，而熱量的產生是因為最上層的鐵粉與氧氣作用，下層的鐵粉因為沒與氧氣接觸而未作用，但產生的熱量為達到熱平衡，會分給未作用的鐵粉。因此鐵粉 30 克的量比較多，最高溫度就會比鐵粉之 25 克低，兩條折線就會有一個交點。
2. 前 600 秒鐵粉 30 克溫度上升速度比鐵粉 25 克快，所以鐵粉 30 克消耗的氧氣比鐵粉 25 克快，但新鮮空氣從孔洞擴散至保溫杯中的速度是固定的，因此一開始氧氣充足的時候，鐵粉 30 克上升的溫度比鐵粉 25 克快，當保溫杯裡氧氣來不及補充時，鐵粉 30 克上升的溫度就會忽然變慢許多，才会有交點的出現。

綜合以上兩點，鐵粉 30 克的最高溫度比鐵粉 25 克低，且兩條折線就會有一個交點。

(四) 預測鐵粉 35 克時的最高溫度比 30 克低，出現最高溫的時間也比較晚。

因為保溫杯的形狀與容積固定，鐵粉的量越多氧氣的量就減少，從第（三）點討論可以知道鐵粉越多最高溫度卻不會上升。

(五) 由前 4 點可以推論小燒包上升的最高溫度與鐵粉的量成正比，就是小燒包的成分中，鐵粉氧化生鏽產生熱量是用來提高溫度。在我們的實驗中，受到保溫杯的形狀與容量限制，當鐵粉的量為 25 克時，會有最高的溫度。



(鐵粉)



(實驗完成後的討論)



(記錄溫度變化的情形)



實驗二：小燒包的成分中，食鹽有何作用？

一、實驗方法：

1. 秤量鐵粉 10 克、活性碳 2 克以及食鹽各 1、2、3、4、5 克五組
2. 保溫杯中加入鐵粉 10 克、活性碳 2 克、食鹽 1 克以及飽和食鹽水 5 滴。
3. 最後蓋上蓋子連續以玻璃棒輕輕攪動三十分，紀錄三十分鐘內的溫度變化。
4. 將第（1）項中食鹽 1 克依次置換成 2 克、3 克、4 克、5 克，重複（1）（2）（3）項步驟
5. 共測五組，比較食鹽不同量對小燒包溫度有何影響。



（秤量食鹽）



（秤量鐵粉）

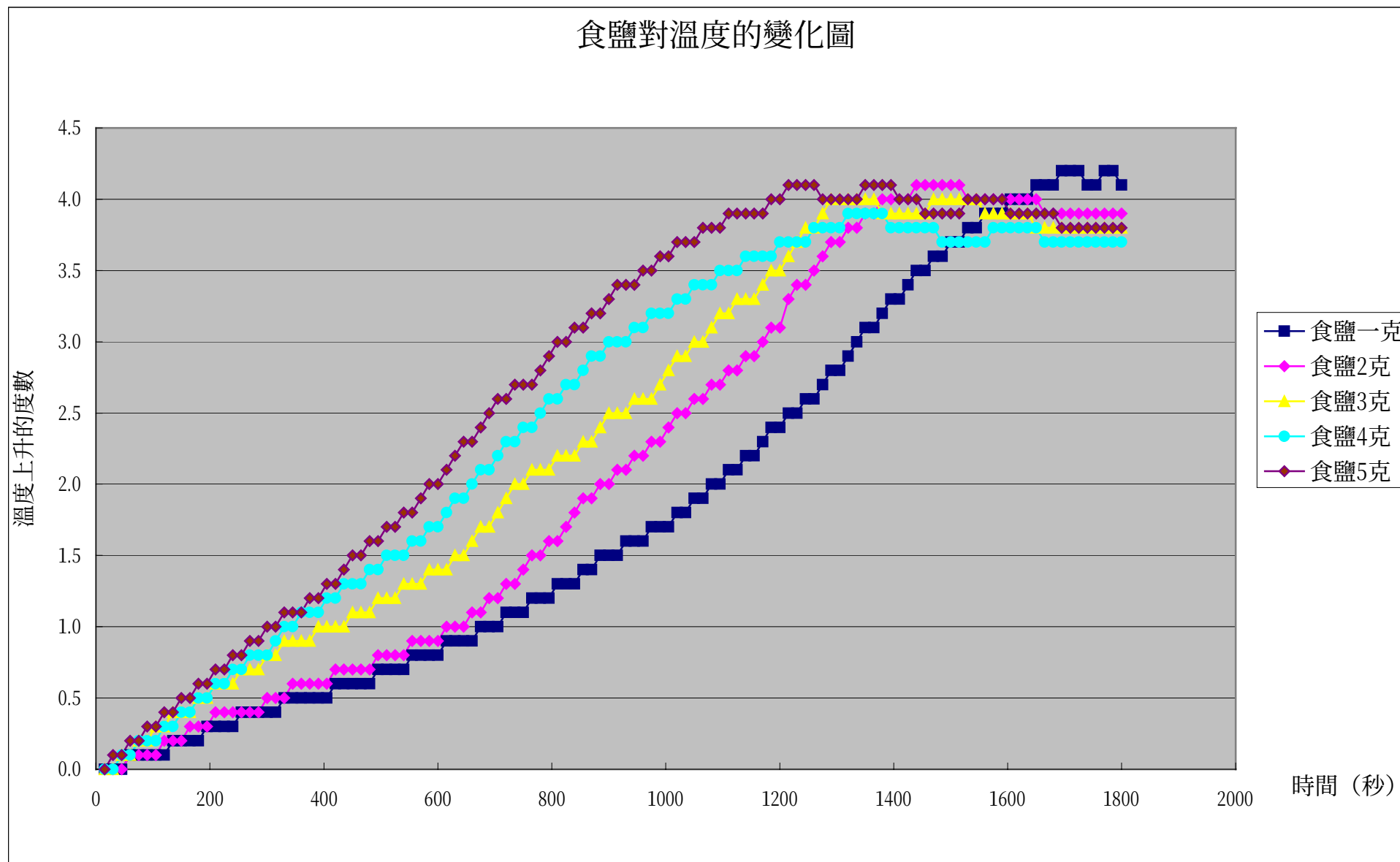


（秤量活性碳）



（實驗裝置）

圖 2 食鹽對溫度的變化圖



二、討論：

(一) 圖 2 中，發現食鹽從 1 克到 5 克上升的最高溫度都集中在 4 度左右。

- 1.在實驗中，操縱變因鐵粉的量都是 10 克與活性碳的量都是 2 克，透過溫度的變化瞭解食鹽有什麼作用。
- 2.在圖形中看到食鹽從 1 克、2 克、3 克、4 克一直到 5 克，上升的溫度則分別是 4.2 度、4.1 度、4 度、3.9 度、4.1 度。不管食鹽的量如何增加，最高溫度都集中在 4 度左右。而且從實驗一可以知道，鐵粉的量是影響最高溫度的因素，所以改變食鹽的量不會增加熱量的產生。

(二) 從圖 2 的五條折線中，發現食鹽從 1 克、2 克、3 克、4 克、5 克溫度上升的速度，隨著食鹽的量增加，上升的速度越快。

- 1.從圖 2 中發現後半段的最高溫度都集中在四度左右，而前半段五條線才有明顯的分開，也就是食鹽的量是在影響前半段溫度上升。
- 2.從圖形中可以知道食鹽的量越多，前半段溫度上升速度越快。1005 秒時食鹽從 1 克、2 克、3 克、4 克、到 5 克，上升溫度分別是 1.7 度、2.4 度、2.8 度、3.2 度、以及 3.6 度，因此食鹽越多，溫度上升越快。

綜合 1、2 兩點可以知道食鹽的量影響溫度上升的速度，當食鹽的量越多，溫度上升就越快，並不會影響最高溫度。

(三) 由前面的推論，食鹽的量會影響小燒包前半段溫度上升的速度，將食鹽的量增加，就可使小燒包溫度上升速度加快，減少食鹽的量就會使小燒包溫度上升的速度減緩。但是食鹽的量卻不會影響所能上升的最高溫度，不管如何增加食鹽的量，小燒包能夠上升的溫度不變。

實驗三：小燒包的成分中，活性碳有何作用？

一、實驗方法：

- (一) 秤量鐵粉 10 克、食鹽 2 克以及活性碳各 1、2、3、4、5 克五組。
- (二) 保溫杯中加入鐵粉 10 克、活性碳 1 克、食鹽 2 克以及飽和食鹽水 5 滴。
- (三) 蓋上蓋子連續以玻璃棒輕輕攪動三十分，紀錄三十分鐘內的溫度變化。
- (四) 將第（一）項中活性碳 1 克依次置換成 2 克、3 克、4 克、5 克，重複（一）（二）（三）項步驟。
- (五) 共測五組，比較活性碳不同量對小燒包溫度有何影響。

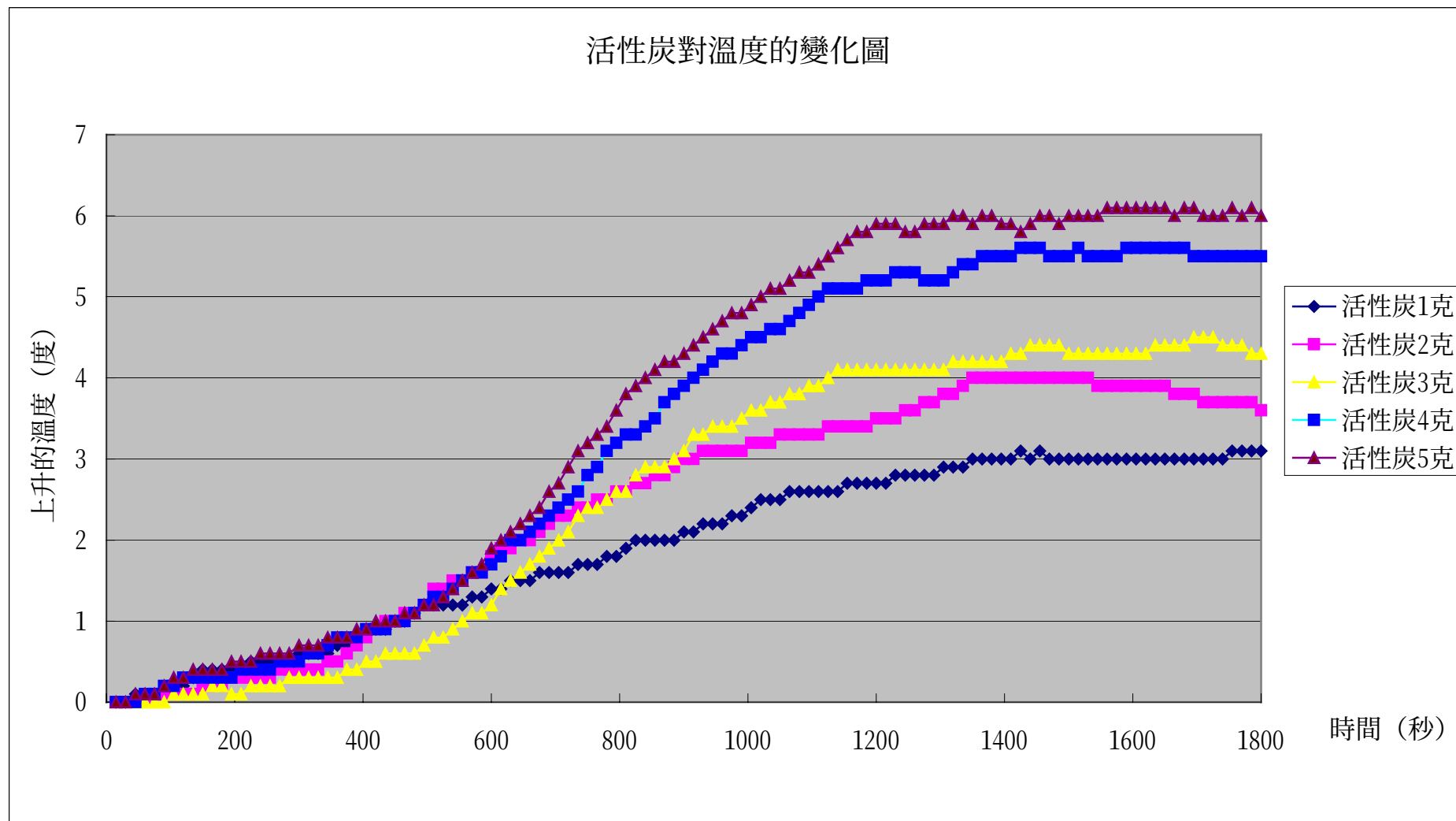


（觀察溫度上升的情形）



（實驗完成後的討論）

圖3 活性炭對溫度的變化圖



二、討論：

(一) 圖形 3 可以發現圖形可以分成前 600 秒五條線都重疊在一起。

活性碳從 1 克、2 克、3 克、4 克、到 5 克在前 600 秒會重疊在一起，溫度沒有明顯的差別，因此推測活性碳的量對一開始溫度的上升速度沒有影響。這段時間內熱量是在加溫空氣，熱量散失不明顯，當空氣的成分沒有改變時，溫度上升的幅度相近。

(二) 600 秒到 1200 秒左右，各組溫度曲線開始不同，活性碳 5 克的溫度上升幅度最大，活性碳 1 克的溫度上升幅度最小。

600 秒到 1200 秒左右圖形的溫度開始明顯變化，在所有的條件沒有改變的情況下，產生的熱量是一樣多。5 克的活性碳溫度上升最高，這也表示熱量散失最少；1 克的活性碳溫度上升最低，也表示熱量散失最多。在這個階段，看到活性碳的作用與熱量散失有關。

(三) 1200 秒到 1800 秒這一部份，溫度幾乎不再上升，而 5 克的活性碳溫度最高，1 克的活性碳溫度最低。

最後在 1200 秒到 1800 秒各組的溫度已經達到最高溫度，且溫度的高低有明顯的不同，最高的是活性碳 5 克最高，其次是 4 克、3 克、2 克、1 克，這一部份跟實驗一鐵粉的情形是相似的，但是最高溫度卻沒有像鐵粉一樣是成正比的情形。

(四) 綜合前三點可以知道活性碳會影響溫度上升的速度，也會影響最高溫。

與實驗一比較：鐵粉的量增加，最高溫度也會增加，而且會成正比；但是活性碳卻沒有成正比。

與實驗二比較：食鹽會影響溫度上升的速度，不會影響最高溫度；活性碳會影響最高溫度。

(五) 從文獻中發現活性碳能保留熱量，且市售的小燒包的包裝說明上有寫到溫度可以保持 18 小時，所以活性碳可能是用來保溫的。因此決定再做兩個實驗三-A 及實驗三-B 來探討活性碳是否真的有保溫的作用。

實驗三--A：活性碳的量對溫度下降的情形

一、實驗方法：

- (一) 活性碳 3 克、5 克，分別加入試管 A 與試管 B 的兩隻試管中。
- (二) 試管 A 與試管 B 同時放入大燒杯中隔水加熱，隔水加熱至溫度約 50 度以上。
- (三) 試管 A 與試管 B 同時從大燒杯中取出。
- (四) 記錄開始下降的溫度以及室溫，觀察試管 A 與試管 B 在三十分鐘將溫度下降的情形。

實驗三--B：是否加入活性碳對溫度下降的情形

一、實驗方法：

- (一) 量鐵粉 10 克加入試管 C 中，秤量活性碳 2 克及鐵粉 10 克加入試管 D 中。
- (二) 試管 C 與試管 D 同時放入大燒杯中隔水加熱，隔水加熱至溫度約 50 度以上。
- (三) 試管 C 與試管 D 同時從大燒杯中取出。
- (四) 記錄開始下降的溫度以及室溫，觀察試管 C 與試管 D 在三十分鐘內溫度下降的情形。



(隔水加熱實驗裝置)



(觀察溫度下降情形)

圖 3-A 活性碳的量對溫度下降的變化圖（沒有加入鐵粉）

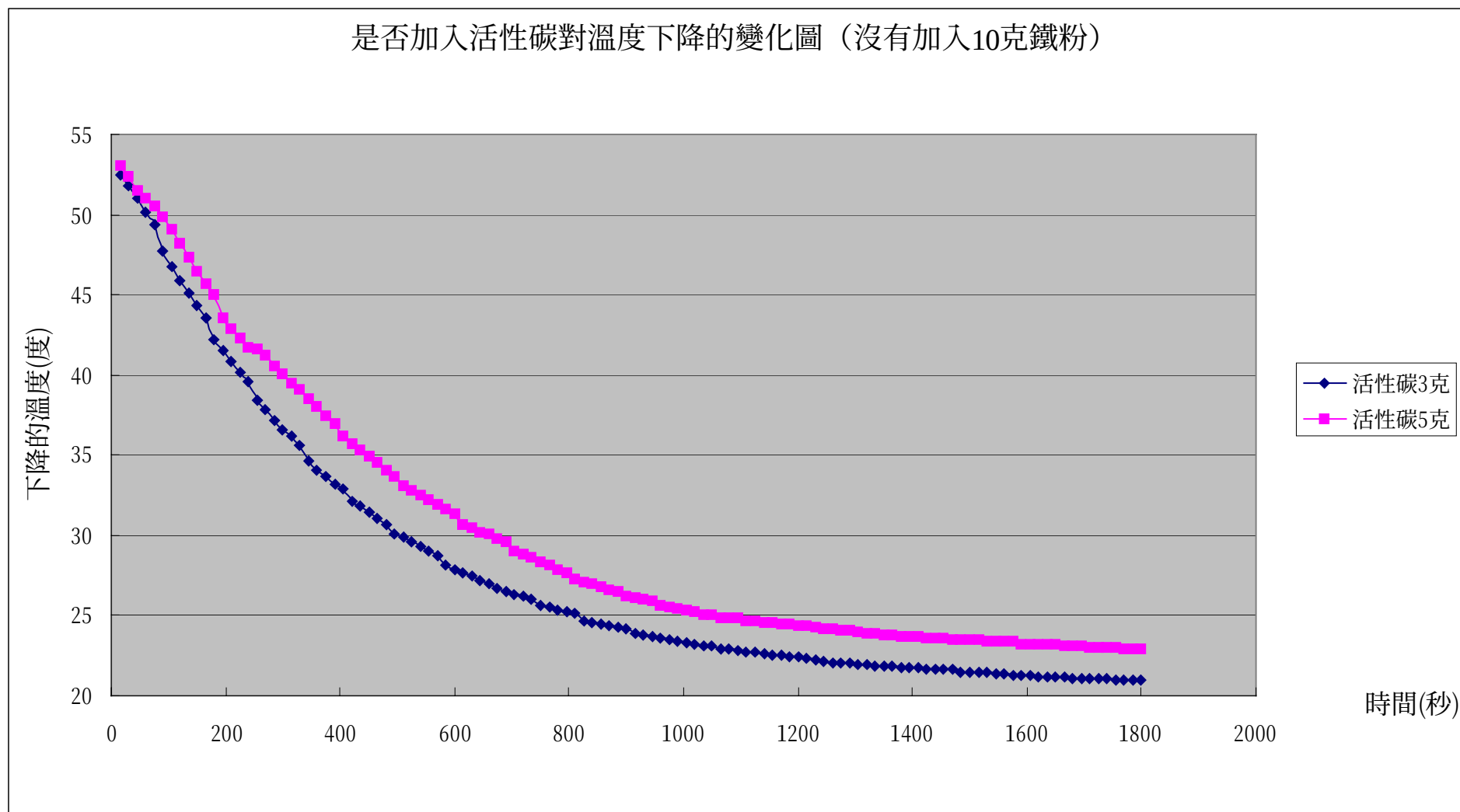
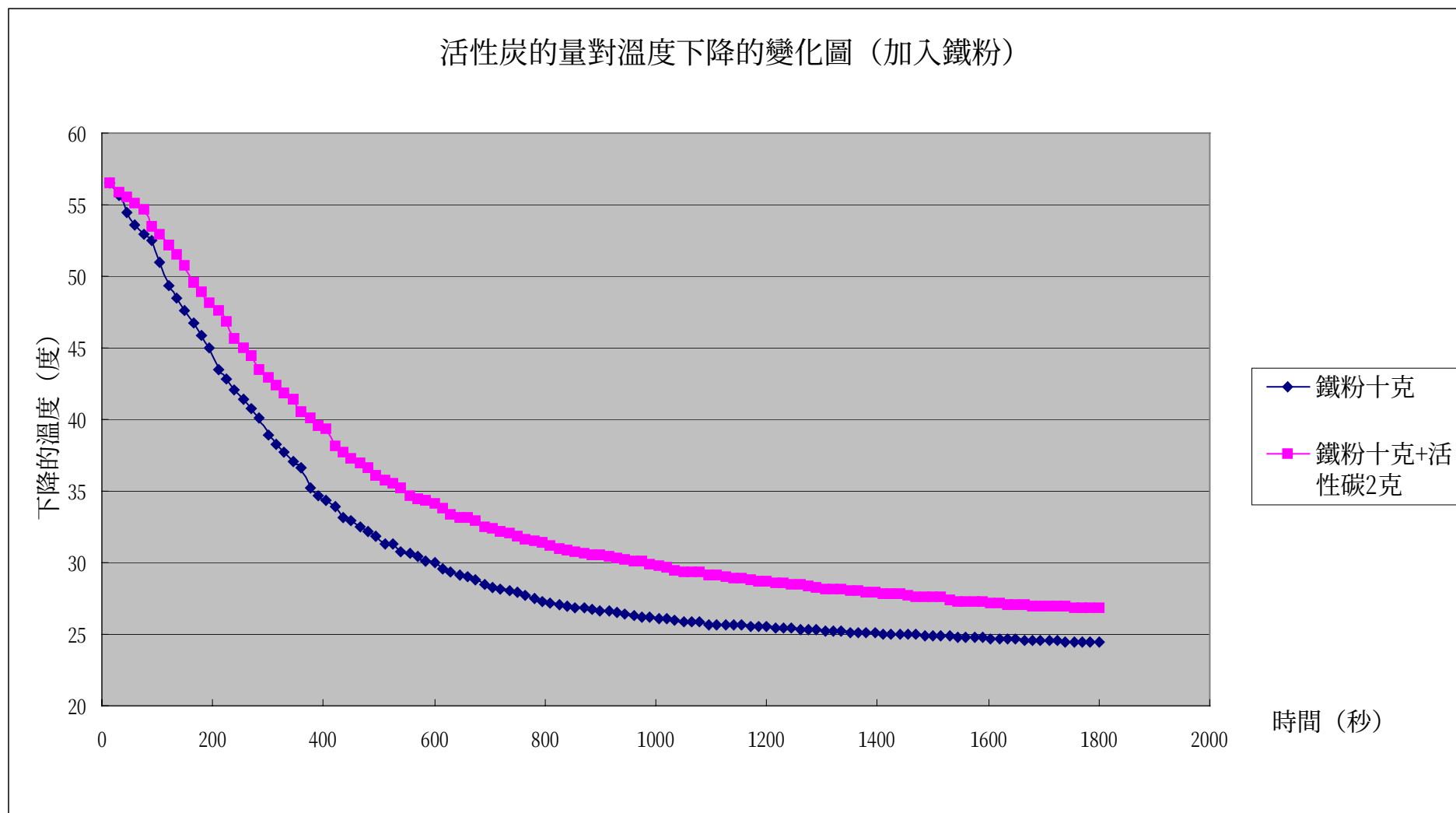


圖 3-B 是否加入活性碳對溫度下降的變化圖（加入 10 克鐵粉）



二、討論：

(一) 由圖 3-A 中可以看出活性碳 3 克的試管 A 溫度下降比較快。

可以知道在 360 秒試管 A (活性碳 5 克) 與試管 B (活性碳 3 克) 相差的溫度最高可到達 3.9 度, 前 900 秒的降溫過程, 溫度下降是活性碳 3 克最快。接近室溫時, 活性碳 3 克溫度下降的速度有明顯變慢。過程中以活性碳 3 克降溫最快, 所以活性碳較多的試管 B 溫度下降最慢。

(二) 圖 3-A 中, 900 秒以後, 活性碳 5 克(試管 B)的溫度與比活性碳 3 克 (試管 A) 的溫度相差在 3 度左右。

900 秒以後, 兩條曲線維持一個平行的圖形, 溫度相差在 3 度左右。而試管 A 與試管 B 唯一不同的條件只有活性碳的量不同, 證明在相同的散熱時間下: 活性碳越多, 可以維持比較高的溫度。

(三) 圖 3-B 中, 試管 D (活性碳 2 克+鐵粉 10 克) 溫度下降的比較慢, 試管 C (鐵粉 10 克) 溫度下降則比較快。

加入鐵粉是為了使實驗三--B 的條件更接近實驗三。從圖 3-B 中可以發現在降溫過程中, 以試管 C 溫度下降的最快, 與實驗三—A 相同的情況, C、D 兩條曲線維持 3 °C 左右的溫度差。可看出有加活性碳的試管溫度下降的較慢, 下降的曲線比沒有加活性碳下降的曲線更平緩。

(四) 圖 3 在 1200 秒以後溫度以活性碳 5 克最高, 其次是活性碳 4 克、3 克、2 克、1 克。從實驗三—A 與實驗三—B 中可知道這現象是活性碳本身保溫的特性所造成, 不是因活性碳影響了鐵粉的生熱量。

因此知道活性碳在小燒包中的作用是減少熱量散失。

比較實驗一、實驗二、實驗三與實驗三—A、實驗三—B

一、小燒包中三種主要物質的作用：

- (一) 從實驗一知道，鐵粉是用來產生熱量的，鐵粉的量越多產生的熱量越多。受到實驗容器的影響，實驗一中升高的溫度只能上升 12.8 度，若將容器變大，產生的熱量更多。
- (二) 從實驗二知道，食鹽的量越多，最高溫度不改變，溫度上升的速度會加快，所以食鹽的作用是加快鐵粉與氧氣產生反應。
- (三) 由實驗三—A 知道活性碳越多，溫度下降的越慢，使散失的熱量減少；由實驗三—B 知道鐵粉加入活性碳也能使溫度下降的越慢，使散失的熱量減少。實驗三後半段最高溫度的差別是活性碳「保溫」的作用，所以活性碳的作用是減少熱量的散失。

二、從圖 1、圖 2、圖 3 中發現在 1200 秒後，溫度的上升變慢、停止甚至有下降的現象出現。這種情形因為產生熱量的速度與散失熱量的速度相等，溫度就會保持不變；當產生熱量的速度比散失熱量的速度慢則溫度會開始下降。

三、在實驗一中，發現在保溫杯的限制下，升溫效果最好的是鐵粉 25 克與 20 克。從實驗二中知道食鹽越多能使溫度上升的更快；實驗三中知道活性碳越多保溫效果越好。考慮到鐵粉在與空氣有接觸的情形下才能產生熱量，避免食鹽與活性碳過多影響鐵粉與空氣接觸，在下一個實驗（不同金屬對氧化生熱的影響），將活性碳的量與食鹽的量都是 2 克，而替代的金屬都設定為 20 克與 25 克。

實驗四：將鐵粉換成其他金屬，比較其他金屬升溫效果

一、實驗方法：

- (一) 秤量鋅粉、鋁粉三種金屬各 20 克與 25 克共六組。
- (二) 杯中加入銅粉 20 克、活性碳 2 克、食鹽 1 克以及飽和食鹽水 5 滴。
- (三) 蓋上蓋子連續以玻璃棒輕輕攪動三十分，紀錄三十分鐘內的溫度變化。
- (四) 將（一）項中銅粉 20 克依次置換成銅粉 25 克、20 克鋅粉 20 克、25 克、鋁粉 20 克、25 克，重複（一）（二）（三）項步驟。
- (五) 共做六組，比較其他金屬對小燒包溫度有何影響。



(鐵粉)



(鋅粉)



(銅粉)



(鋁粉)

圖 4 20 克的各種金屬對溫度的變化圖

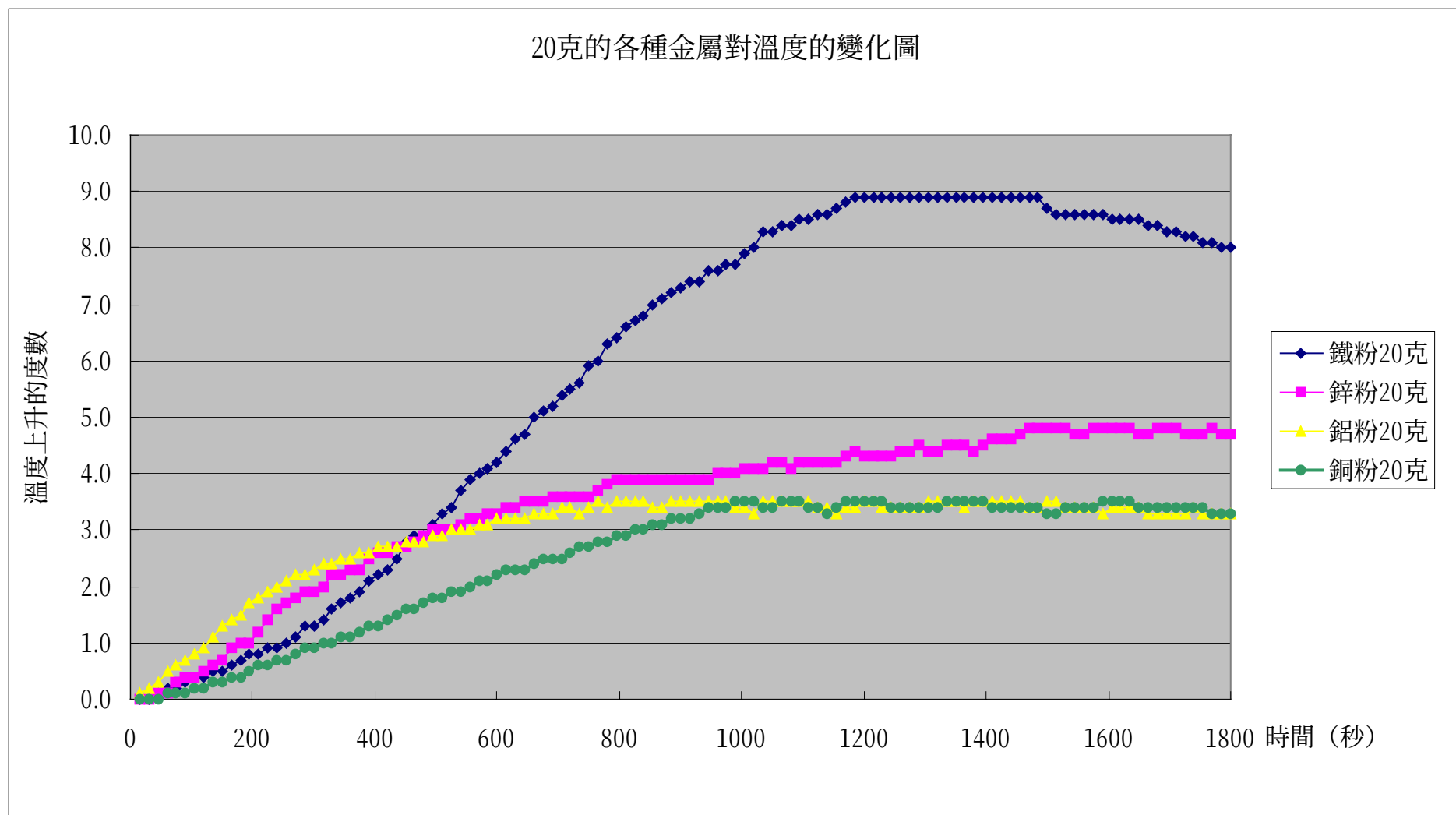
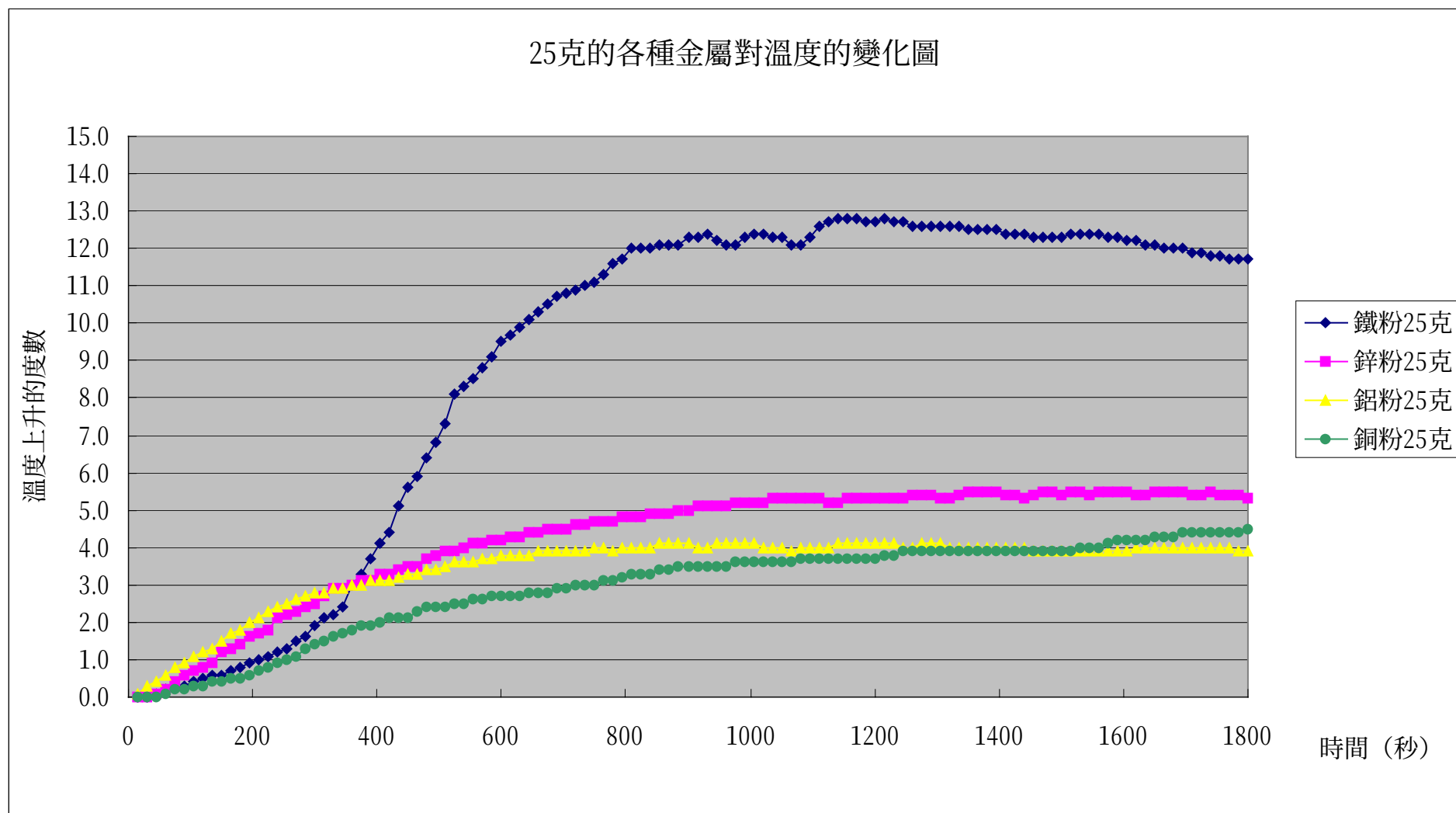


圖 5 25 克的各種金屬對溫度的變化圖



二、討論：

(一) 由圖 4 與圖 5 中，發現從開始升溫到 400 秒左右，溫度上升快慢依次是鋁粉、鋅粉、鐵粉，最後是銅粉。

所有的金屬都會與氧氣產生氧化作用，並且釋放出熱量。400 秒前的溫度以鋁粉溫度產生的熱量最多，其次是鋅粉、鐵粉、銅粉，代表鋁粉最容易與氧氣作用，其次是鋅粉、鐵粉、銅粉。從文獻中知道金屬容不容易與氧氣作用與金屬的活性有關係，書中也提到這四種金屬的活性依序是：鋁>鋅>鐵>銅。參考文獻的資料與我們實驗四的結果相符。

(二) 從圖 4 與圖 5 中，溫度最高的是鐵粉、再來是鋅粉、鋁粉，最後是銅粉。

1. 從圖形中知道鐵粉在 400 秒之後溫度持續上升，在 1200 秒之後溫度達到最高。表示在 400 秒之後，鐵粉持續氧化生熱，並且生熱速度比散熱速度快。
2. 鋁的活性最大，但是從圖形中發現鋁粉的最高溫比鐵粉低。從文獻中知道鋁很容易與氧氣化合生成鋁鏽，簡稱氧化鋁。氧化鋁緊緊地貼在鋁的表面，防止裡頭的鋁繼續與氧氣結合產生熱量。所以在 400 秒之後，鋁粉的溫度不會持續上升。
3. 鋅粉的最高溫介於鐵粉與鋁粉，鋅粉與氧氣作用產生的氧化鋅，會像鋁粉生鏽那樣保護內部的鋅粉。
4. 雖然氧化銅不像氧化鋁和氧化鋅一樣會隔絕裡面的金屬持續與氧氣產生反應，但是氧化銅的活性最小，所以產生熱量的速度也最慢，因此最高溫度比其他三種金屬低。

(三) 從第 2 點的討論知道，鐵粉的溫度會最高，因為氧化鐵的質地鬆散使得裡面的鐵能夠持續與外面的氧氣反應產生熱量。

綜合以上三點知道哪一種金屬能夠產生最多的熱量，要從金屬的活性與氧化物是否會隔絕裡面的金屬與氧氣反應來決定。

柒、結論

- 一、小燒包的溫度上升是因為鐵粉與氧氣反應產生熱量。食鹽的作用會加快鐵粉與氧氣反應的速度。活性炭是用來減少熱量的散失。
- 二、實驗四中，比較鐵粉、鋅粉、鋁粉與銅粉的生熱效果，看到鐵粉的溫度上升最高。從文獻知道這是因為氧化鐵的質地比其他三種金屬鬆散，無法隔絕裡面的鐵與外面的氧氣產生作用。
- 三、金屬的活性越大，氧化的速度越快。但氧化後的最高溫度則考慮金屬的氧化物是否會隔絕外部的氧氣與內部金屬作用。
- 四、在實驗中，鐵粉氧化後上升的最高溫度是 12.8 度，市售小燒包能夠上升四十幾度，我們推測可能的原因如下：
 - (一) 市售小燒包中鐵粉的量約 50 公克，比我們實驗的鐵粉量來的多。
 - (二) 準備的鐵粉在實驗前已經與空氣接觸，有部分的鐵粉已經氧化成氧化鐵；小燒包中的鐵粉在使用前尚未與空氣接觸。
 - (三) 小燒包的外包裝是使用透氣的布料，所以鐵粉能不斷且快速與氧氣作用；實驗中所使用的是保溫杯，氧氣要從縫細補充，所以鐵粉與氧氣作用受到限制。
- 五、市面上所能購買到金屬價格如下表：

名 稱	鐵粉	鋅粉	鋁粉	銅粉
規 格	500 公克	500 公克	500 公克	500 公克
價 錢	100 元	200 元	300 元	800 元

從實驗知道：相同的重量下，鐵粉產生的熱量比鋅粉、鋁粉、銅粉多。而從上表知道，鐵粉的價格是四種常見金屬當中最便宜的。
綜合這兩點原因，可以瞭解市面上小燒包使用鐵粉當作主要成分。

捌、參考資料：

- 一、少年國際村，十萬個為什麼，初版，少年國際村，
- 二、黃台香、蕭淑美，自然科學彩色辭典 4，初版，華視出版社，民 76 年
- 三、率地球國際有限公司，自然科學大百科－聲、光、熱，初版，綠地球國際有限公司，1992
- 四、鄧美貴、吳榮邦主編，自然教學指引第八冊，初版，康軒出版社，民 91 年
- 五、鄧美貴、吳榮邦主編，自然教學指引第八冊，初版，康軒出版社，民 91 年
- 六、賴惠鳳，漫畫科學小百科－光音熱的魔術，初版，東方出版社