

嘉義縣國民中小學 科學展覽會作品說明書

屆 別：65

科 別：物理

組 別：國小組

作品名稱：寒冬送「暖」，「暖呼呼」的擁抱

關 鍵 詞：熱傳導 暖暖包

編 號：A117

寒冬送「暖」~「暖呼呼」的擁抱

摘要

本研究針對暖暖包保溫效果，從不同熱源材料及包裝材料的溫度變化與降溫速率進行實驗。研究結果顯示，不同重量的紅豆顆粒隨著重量增加，保溫效果更佳。另一方面，加入地瓜粉、玉米粉、燕麥粉後均能降低降溫速率，展現出較好的保溫性能，尤其玉米粉以20公克及50公克保溫效果較好。

進一步比較同重量，但不同種類粉末的保溫效果，發現以50公克及100公克紅豆粉末較為理想。本實驗進一步想探討在紅豆粉末中加玉米粉、橘子皮後，是否能改善暖暖包的保溫效果？實驗結果顯示橘子皮組展現了更持久的保溫性能，應更適合做暖暖包。

此外，包裝材料的選擇也對保溫性能具有顯著影響，其中薄不織布在實驗中展現出最佳保溫性能。綜合來看，暖暖包的設計以紅豆粉末加玉米粉、橘子皮後，搭配薄不織布效果最佳。

壹、研究動機

酷寒的冬天，冷颼颼的寒流一波波，暖暖包成為因應寒冬生活中的必需品，尤其是它能即時提供溫暖、輕巧、方便的特性，使得買氣強強滾。然而，這種一次性使用的產品也對環境造成了相當大的負擔。為了減少暖暖包對環境的影響，研究者便將低成本，保溫效果良好的紅豆放入暖暖包，這不僅能提供保暖效果，有助於減少浪費並能降低對環境的負擔。本實驗進一步想研究若將保溫效果良好的紅豆或紅豆粉末，再加上另一種比熱大的澱粉混和，是否能達到一加一大於二的效果，是否會比單一的紅豆或紅豆粉末能更長時間地保持溫度？為了解開這個疑惑，抱持著存疑創新、精益求精的科學精神，開始了一連串的討論與實驗。

貳、研究目的

隨著冬季氣溫持續下降，暖暖包作為一種便捷且普及的個人保暖產品，其保溫效果直接關係到使用者的舒適度與安全性。由於暖暖包的熱效應受多種因素影響，包括內部熱源材料的種類、重量、配方組合以及外部包裝材料等，因此探討這些因素對保溫性能的影響具有重要的實際意義與應用前景。

透過本實驗，希望能夠揭示影響因素在暖暖包保溫性能中的作用機制，並為產品優化設計提供科學依據。研究結果不僅有助於提升暖暖包產品的保溫效果，滿足消費者對高效保暖產品的需求，同時也為綠色環保保暖材料的開發提供參考。

本實驗旨在從以下五個方面對暖暖包的保溫效果進行系統性探討，實驗目的如下：

- 一、分析不同重量的紅豆顆粒在暖暖包中所展現的保溫效果。
- 二、探討在紅豆顆粒中加入各種粉末（如地瓜粉、玉米粉、燕麥粉）後，是否能改善暖暖包的保溫效果，從而延長熱效應。
- 三、研究紅豆粉末做成暖暖包的保溫性能，並與紅豆顆粒、玉米粉進行比較，評估其在不同配方中的應用潛力。
- 四、探討在紅豆粉末中加玉米粉、橘子皮後，是否能改善暖暖包的保溫效果，從而延長熱效應。
- 五、探討不同包裝材料（例如中藥袋、薄不織布、厚不織布）對暖暖包保溫效果的影響，找出最適合延緩熱能散失的外層包裝方案。

參、研究設備及器材

一、測量工具：溫度計、測溫槍、計時器、電子磅秤

二、實驗設備：微波爐、研磨機、濾網、石磨、中藥袋、薄不織布、厚不織布

三、實驗材料：紅豆、紅豆粉末、地瓜粉、玉米粉、燕麥粉、橘子皮

			
溫度計	測溫槍	電子磅秤	微波爐、保麗龍箱
			
實驗工具與設備	中藥袋	薄不織布	厚不織布
			
紅豆	地瓜粉	玉米粉	暖暖包內熱源材料

四、學生實驗操作過程：

		
秤重量	研磨粉末	實驗觀察
		
測量溫度	記錄實驗數據	輸入實驗數據

肆、研究過程或方法

一、研究流程架構圖

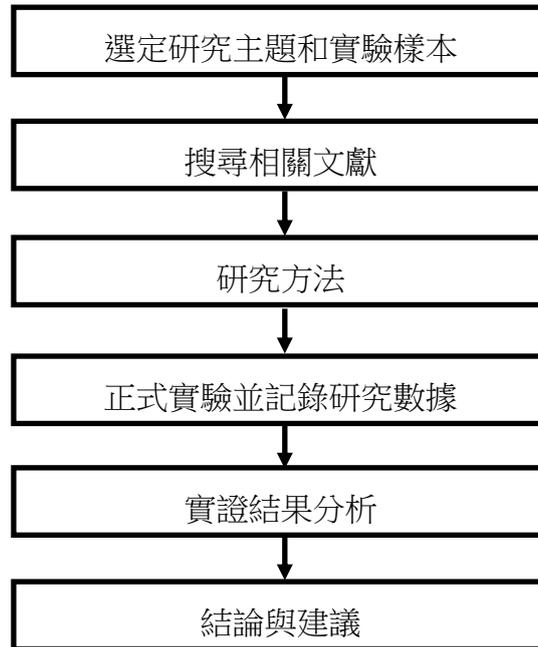


圖4-1 研究流程架構圖

二、正式實驗並記錄研究過程

實驗(一) 不同重量的紅豆顆粒在暖暖包中所展現的保溫效果一樣嗎？

1. 控制變因：測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。
2. 操縱變因：50公克、100公克和150公克紅豆顆粒。

實驗(二) 探討在紅豆顆粒中加入各種粉末（如地瓜粉、玉米粉、燕麥粉）後，是否能改善暖暖包的保溫效果，從而延長熱效應？

前次實驗結果顯示，150公克紅豆顆粒的保溫效果較好，所以本次實驗選擇150g紅豆顆粒加入不同材料，如地瓜粉、玉米粉和燕麥粉是否能增加保溫效果？首先以相同粉末20公克、50公克、100公克比較保溫效果，最後以不同粉末，但同重量粉末相互配對，來比較保溫效果，如加入同重量20公克地瓜粉、玉米粉和燕麥粉，哪一種粉末保溫效果最好？

1. 不同重量地瓜粉的保溫效果
 - (1) 控制變因：150g紅豆，測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。
 - (2) 操縱變因：20公克、50公克和100公克地瓜粉。
2. 不同重量玉米粉的保溫效果
 - (1) 控制變因：150g紅豆，測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，

並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(2) 操縱變因：20公克、50公克和100公克玉米粉。

3. 不同重量燕麥粉的保溫效果

(1) 控制變因：150g紅豆，測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(2) 操縱變因：20公克、50公克和100公克燕麥粉。

4. 比較不同粉末但同重量保溫效果

前面實驗結果，以150g紅豆顆粒加入不同粉末-地瓜粉、玉米粉、燕麥粉都相較於紅豆顆粒保溫性較佳，然而加入地瓜粉較大質量保溫效果最佳，玉米粉和燕麥粉較小質量的保溫較穩定，彼此間模式不同。因此，本實驗將20公克、50公克和100公克相同重量粉末相互配對，比較同重量但不同粉末在不同時刻溫度變化和降溫速率，分析其保溫特性。

(1) 20公克不同粉末的保溫效果

(a) 控制變因：150g紅豆，測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(b) 操縱變因：20公克地瓜粉、20公克玉米粉和20公克燕麥粉。

(2) 50公克不同粉末的保溫效果

(a) 控制變因：150g紅豆，測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(b) 操縱變因：50公克地瓜粉、50公克玉米粉和50公克燕麥粉。

(3) 100公克不同粉末的保溫效果

(a) 控制變因：150g紅豆，測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(b) 操縱變因：100公克地瓜粉、100公克玉米粉和100公克燕麥粉。

實驗(三) 研究紅豆粉末做成暖暖包的保溫性能，並與紅豆顆粒、玉米粉進行比較，評估其在不同配方中的應用潛力。

由實驗二結果得知加入地瓜粉、玉米粉、燕麥粉做成暖暖包都有較佳的保溫效果，加入玉米粉做成暖暖包效果是更理想。本實驗想觀察紅豆粉末保溫效果又如何呢？紅豆顆粒磨成粉末後，紅豆粉末做成暖暖包，不同重量紅豆粉末之間保溫效果有無差異？紅豆粉末有沒有比紅豆顆粒、玉米粉做成的暖暖包效果更好？首先，將紅豆粉末分成50公克、100公克和150公克，以比較不同重量紅豆粉末在不同時刻溫度變化，說明其保溫效果的優

劣。最後，以同重量紅豆顆粒、紅豆粉末跟玉米粉來比較保溫效果。

1. 不同重量紅豆粉末的保溫效果

(1) 控制變因：測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(2) 操縱變因：50公克紅豆粉末、100公克紅豆粉末和150公克紅豆粉末。

2. 比較同重量紅豆顆粒、紅豆粉末跟玉米粉的保溫效果

(1) 50公克紅豆顆粒、50公克紅豆粉末、50公克玉米粉保溫效果

(a) 控制變因：測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(b) 操縱變因：50公克紅豆顆粒、50公克紅豆粉末、50公克玉米粉。

(2) 100公克紅豆顆粒、100公克紅豆粉末、100公克玉米粉保溫效果

(a) 控制變因：測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(b) 操縱變因：100公克紅豆顆粒、100公克紅豆粉末、100公克玉米粉。

(3) 150公克紅豆顆粒、150公克紅豆粉末、150公克玉米粉保溫效果

(a) 控制變因：測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

(b) 操縱變因：150公克紅豆顆粒、150公克紅豆粉末、150公克玉米粉。

實驗(四) 探討在紅豆粉末中加玉米粉、橘子皮後，是否能改善暖暖包的保溫效果，從而延長熱效應。

由前次實驗結果得知100公克紅豆粉末較適合做暖暖包，而橘子皮則因富含天然有機成分和纖維結構，可能在隔熱與緩釋熱能方面發揮作用。因此，透過調整紅豆粉末與玉米粉、橘子皮的搭配，本實驗希望能夠形成一種更優的熱傳導平衡機制，既能迅速釋放熱能，又能延長暖暖包的保溫時間。

1. 控制變因：測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。

2. 操縱變因：100公克紅豆粉末、紅豆粉末與玉米粉各50公克、紅豆粉末與玉米粉各50公克加橘子皮。

實驗(五) 探討不同包裝材料（例如中藥袋、薄不織布、厚不織布）對暖暖包保溫效果的影響，找出最適合延緩熱能散失的外層包裝方案。

此實驗旨在探討不同包裝材料對暖暖包保溫效果的影響，通過比對中藥棉包、薄不織

布及厚不織布等常見包裝材料，分析比較材料的保溫優劣。藉由測量暖暖包在使用過程中的溫度變化，評估各材料在延長保溫時間及降低熱能流失方面的表現，從而為產品設計與改進提供科學依據。此研究不僅有助於提高暖暖包的使用效率，還可促進環保、節能型保暖產品的發展，進一步滿足消費者對高性能保暖用品的需求。

本實驗將中藥棉包、薄不織布及厚不織布等常見包裝材料，比較其保溫方面的表現，提高暖暖包使用需求。

1. 控制變因：紅豆粉末與玉米粉各50公克加橘子皮，測量初始溫度後1分鐘、5分鐘、10分鐘、20分鐘、30分鐘溫度，並計算每個時間點的降溫速率、微波溫度(650w中強微波)。
2. 操縱變因：中藥棉包、薄不織布及厚不織布。

伍、研究結果

實驗結果(一)：根據圖5-1不同重量紅豆顆粒，不同時刻溫度變化和圖5-2不同重量紅豆顆粒降溫速率變化提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

所有紅豆樣本（50公克、100公克、150公克）在加熱後隨著時間增加，都有顯著的下降。比較初始溫度，50公克紅豆顆粒是為53.0°C、100公克紅豆顆粒是57.1°C、150公克紅豆顆粒是66.2°C，重量越大，吸收的熱能越多，因此初始溫度較高。前5分鐘降溫較快，50公克紅豆降溫速率最慢，其次為100公克紅豆，150公克紅豆降溫速率最快。三種不同重量紅豆顆粒5分鐘後降溫漸穩定趨緩，下降速率相當接近。

2. 降溫速率分析：

(1) 1分鐘內降溫速率變化：

50g紅豆顆粒下降速率3.59°C/min，100g紅豆顆粒下降速率0.3°C/min，150g紅豆顆粒下降速率5.8°C/min，所以150公克紅豆在最初1分鐘降溫速率最快，但100公克紅豆降溫最慢。

(2) 30分鐘內降溫速率變化：

觀察三種不同重量紅豆顆粒下降速率，5分鐘後都有漸緩趨勢。在30分鐘時，50g紅豆顆粒下降速率0.8°C/min，100g紅豆顆粒下降速率0.85°C/min，150g紅豆顆粒下降速率1.66°C/min，三種不同重量紅豆顆粒下降速率相當接近，但是較重的紅豆即使經過30分鐘，長時間內仍保留較高溫度，顯示良好的保溫性，因此可能證明較重紅豆的保溫性較佳。

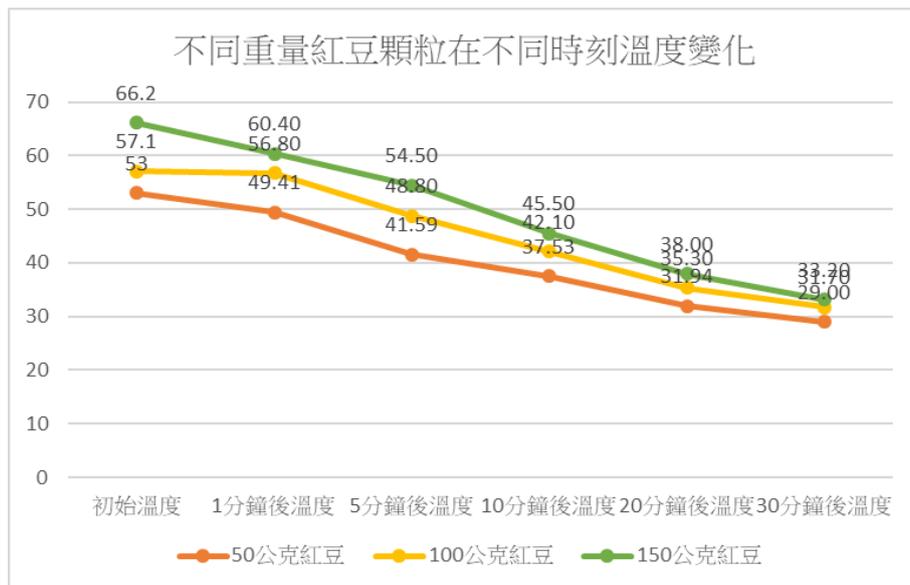


圖5-1不同重量紅豆顆粒不同時刻溫度變化比較

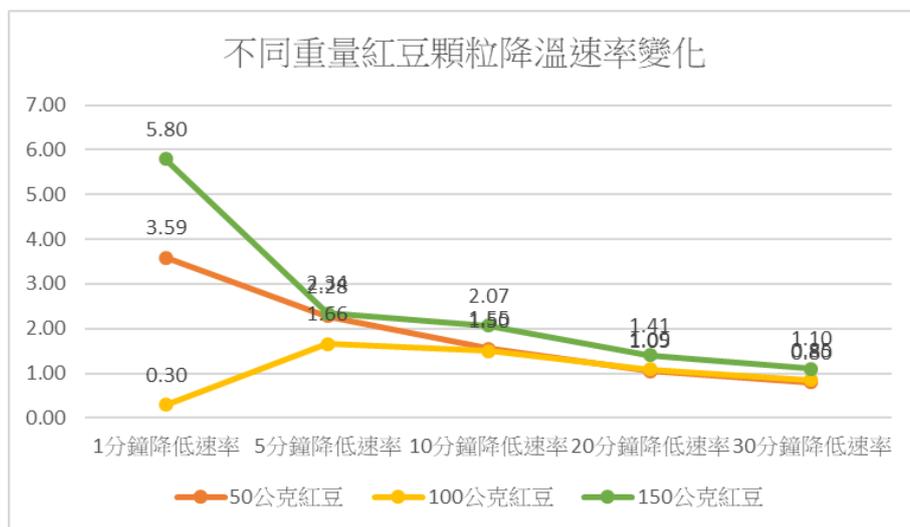


圖5-2不同重量紅豆顆粒降溫速率變化

實驗結果(二)之1：根據圖5-3不同重量地瓜粉不同時刻溫度變化和圖5-4不同重量地瓜粉降溫速率變化提供的數據，進行以下統計敘述：

1. 整體趨勢分析：

所有樣本的溫度隨時間降低，降溫速度在最初5分鐘內較快，之後變化趨緩。比較初始溫度，20公克地瓜粉是70.6°C（最高），50公克地瓜粉是66.4°C，100公克地瓜粉是61.7°C（最低），150公克紅豆顆粒是66.2°C。較少質量的地瓜粉溫度較高，可能因為較小質量容易受熱影響。

2. 降溫速率分析：

(1) 1分鐘內降溫速率變化：

20公克地瓜粉降0.3°C/min，50公克地瓜粉下降2.0°C/min，100公克地瓜粉卻上升

0.2°C/min，150公克紅豆顆粒降溫最快，下降5.8°C/min。由以上觀察顯示，紅豆顆粒降溫最快，顆粒狀比粉末散熱更快。100公克地瓜粉短時間內溫度幾乎不變，有較強的保溫性。

(2) 5分鐘內降溫速率變化：

紅豆顆粒降溫速率仍然最高2.34°C/min，但降溫速率相較於1分鐘時已有下降。20公克地瓜粉(1.42°C/min)降溫速率高於50公克(1.30°C/min)與100公克(0.42°C/min)，顯示較輕的粉末降溫較快。100公克地瓜粉的降溫速率仍偏低（0.42°C/min），顯示其散熱較慢。由以上觀察顯示，紅豆顆粒降溫最多，顯示散熱效果較快。地瓜粉降溫較慢，特別是100公克，可能與其較大的熱容有關。

(3) 30分鐘內降溫速率變化：

紅豆顆粒的降溫速率1.10°C/min仍高於所有地瓜粉樣本。地瓜粉降溫速率持續趨緩，20公克（0.89°C/min）50g（0.71°C/min）100g（0.54°C/min）。由以上觀察顯示，150公克紅豆顆粒降溫最多，顯示其散熱能力較強。地瓜粉100公克仍然保持較高溫度，顯示較強的保溫能力。

由以上各時刻降溫速率分析得到的結論，紅豆顆粒在各時刻的溫度下降速率均高於地瓜粉，顯示地瓜粉有較好的保溫效果。100公克地瓜粉保溫效果最佳，可能因為較大量的地瓜粉能夠緩慢釋放熱能。

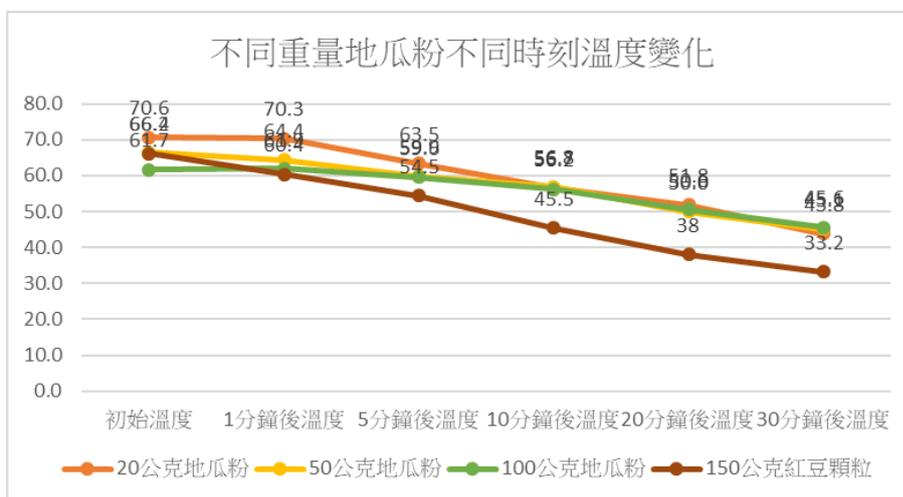


圖5-3不同重量地瓜粉不同時刻溫度變化

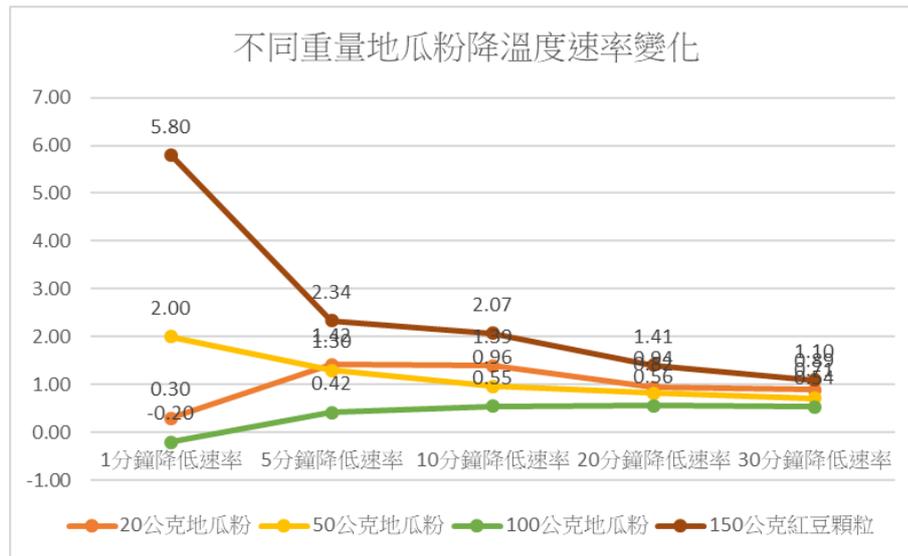


圖5-4不同重量地瓜粉降溫速率變化

實驗結果(二)之2：根據圖5-5不同重量玉米粉不同時刻溫度變化和圖5-6不同重量玉米粉降溫速率變化提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

所有樣本的溫度隨時間降低，降溫速度在前5分鐘內較快，之後趨於穩定。玉米粉的初始溫度較高，紅豆顆粒的初始溫度較低，顯示其吸熱能力可能不同。比較初始溫度，100公克玉米粉86.1°C（最高），50公克玉米粉75.4°C，20公克玉米粉69.9°C，150公克紅豆顆粒66.2°C（最低），較大質量的玉米粉溫度較高，顯示其可能較易吸熱。

2. 降溫速率分析：

(1) 1分鐘內降溫速率變化：

20公克玉米粉下降2.7°C/min，50公克玉米粉下降2.5°C/min，100公克玉米粉下降4.6°C/min，150公克紅豆顆粒降溫最快，下降5.8°C/min。觀察：紅豆顆粒降溫最快，顯示顆粒狀物質比粉末散熱更快。

(2) 5分鐘內降溫速率變化：

20公克玉米粉下降1.44°C/min，50公克玉米粉下降1.38°C/min，100公克玉米粉下降2.8°C/min，150公克紅豆顆粒下降2.34°C/min，觀察顯示100公克玉米粉降溫速率顯著增加，顯示其初始溫度高，散熱較慢，但5分鐘後開始較快降溫。紅豆顆粒仍然降溫最多，顯示其散熱速度較快。

(3) 30分鐘內降溫速率變化：

紅豆顆粒降溫速率（1.10°C/min）仍略高於100公克玉米粉（1.09°C/min），但兩者已趨近。20公克與50公克玉米粉的降溫速率進一步趨同（0.87°C/min和 0.94°C/min）。

由以上觀察得知紅豆顆粒降溫最多，顯示散熱能力較強。100公克玉米粉降溫幅度與紅豆顆粒相近，顯示高質量的玉米粉也較快散熱。

由以上各時刻降溫速率分析得到的結論，紅豆顆粒降溫最快，玉米粉降溫較慢，顯示加入玉米粉可能具有較好的保溫特性。100公克玉米粉降溫速率較高，顯示較大量的玉米粉散熱較快，與地瓜粉的模式不同。

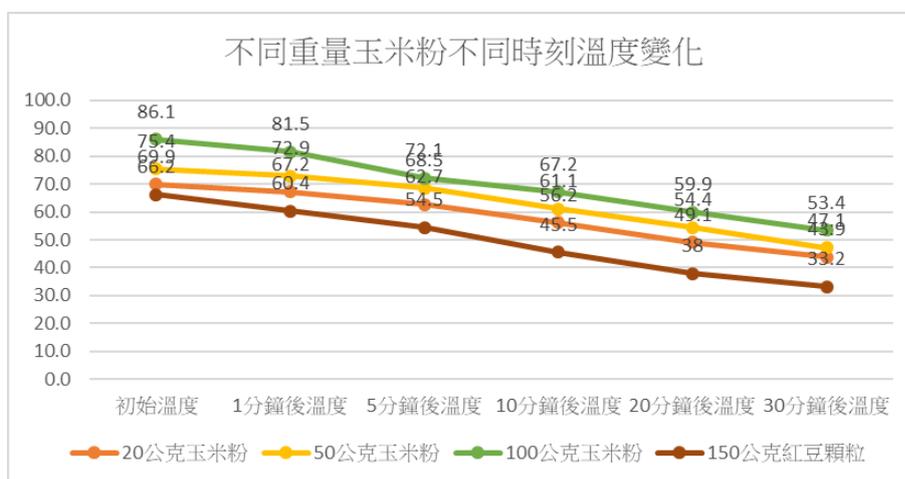


圖5-5不同重量玉米粉不同時刻溫度變化

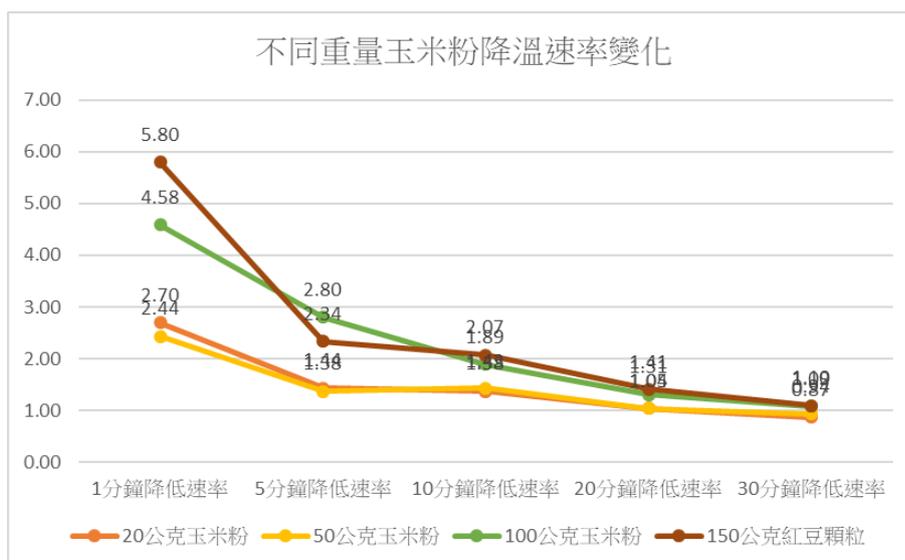


圖5-6不同重量玉米粉降溫速率變化

實驗結果(二)之3：根據圖5-7不同重量燕麥粉不同時刻溫度變化和圖5-8不同重量燕麥粉降溫速率變化提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

150公克紅豆顆粒在各時刻的溫度下降最顯著，顯示其最不具有保溫效果。100公克燕麥粉初始溫度最高（70.8°C），但10分鐘後溫度急降至50.3°C，顯示其前期降溫速度較快。50公克、20公克與100公克燕麥粉降溫較為平穩，變化的幅度較小。20公克燕麥

粉初始溫度最低（63.2°C），降溫趨勢較穩定，整體降溫速率較慢。

2. 降溫速率分析：

(1) 1分鐘內降溫速率變化：

紅豆顆粒的降溫速率最快（5.80°C/min），顯示其快速散熱特性。50公克（2.42°C/min）與20公克燕麥粉（1.58°C/min）降溫較慢，顯示較小質量的燕麥粉降溫較平穩。

(2) 5分鐘內降溫速率變化：

紅豆顆粒仍然降溫最多（2.34°C/min），散熱能力顯著高於燕麥粉。100公克燕麥粉降溫速率1.50°C/min，較1分鐘時顯著下降，顯示降溫速率隨時間減緩。50公克（1.12°C/min）與20g燕麥粉（0.83°C/min）降溫趨勢較為穩定。

(3) 10分鐘內降溫速率變化：

紅豆顆粒降溫速率2.07°C/min，仍然為最高。100公克燕麥粉的降溫速率回升至2.06°C/min，顯示降溫曲線可能有階段性變化。50公克燕麥粉（1.05°C/min）與20公克燕麥粉（1.01°C/min）降溫幅度仍然相對穩定。

(4) 30分鐘內降溫：

紅豆顆粒最終降溫速率仍最高（1.10°C/min）。100公克燕麥粉（0.79°C/min）、50g（0.73°C/min）、20公克（0.68°C/min）變化趨緩，顯示溫度接近環境溫度後降溫速率逐漸降低。

由以上各時刻降溫速率分析得到的結論，紅豆顆粒的降溫速率明顯快於燕麥粉，顯示燕麥粉相較於紅豆顆粒保溫性較佳。20公克與50公克燕麥粉降溫速率相近，顯示較小質量的燕麥粉降溫較穩定。

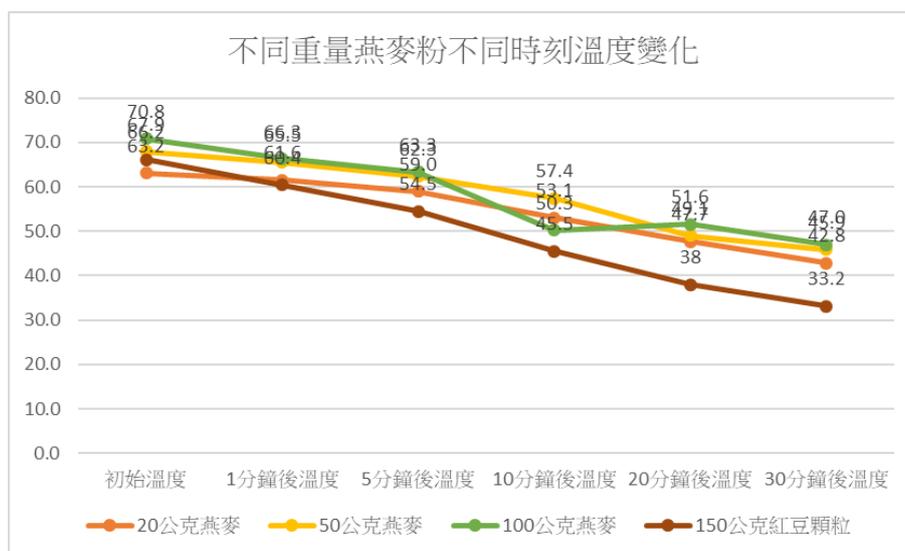


圖5-7不同重量燕麥粉不同時刻溫度變化

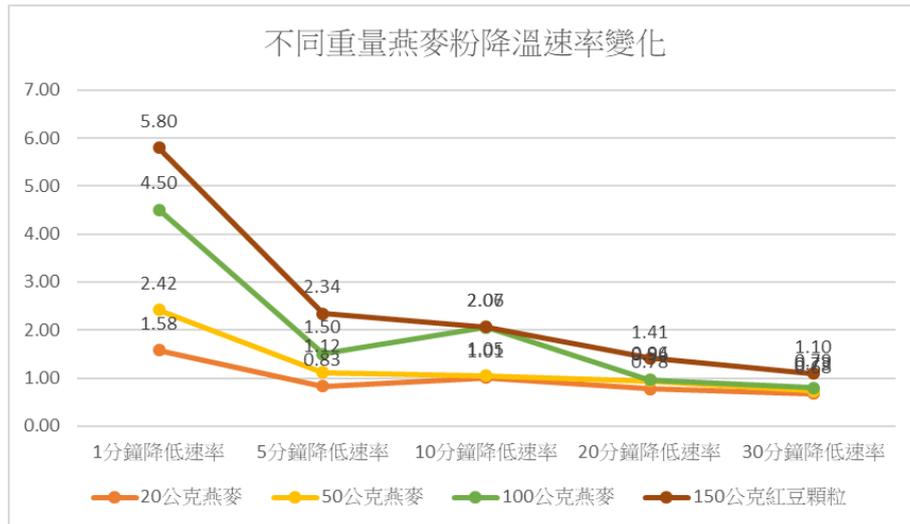


圖5-8不同重量燕麥粉降溫速率變化

實驗結果(二)之4(150g紅豆顆粒添加20公克不同粉末)：

根據圖5-9 20公克不同粉末不同時刻溫度變化和圖5-10 20公克不同粉末速率變化所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 20公克不同粉末的保溫效果

(1) 整體趨勢分析：

初始溫度顯示地瓜粉（70.6°C）>玉米粉（69.9°C）>燕麥粉（63.2°C），地瓜粉初始溫度最高，顯示其吸熱性較強。1分鐘後溫度到20分鐘後溫度，地瓜粉與玉米粉溫度趨近，降溫模式開始相似。30分鐘後溫度，地瓜粉與玉米粉溫度幾乎相同，保溫效果較接近。

(2) 降溫速率分析：

1分鐘後降溫速率，地瓜粉降溫速率最慢（0.3°C/min），顯示保溫能力較強。30分鐘後溫度速率，地瓜粉（0.89°C/min）與玉米粉（0.87°C/min）降溫速率幾乎相同，保溫效果較接近。雖然燕麥粉降溫速率（0.68°C/min）最低，但是溫度是最低的（42.8°C），所以保溫效果地瓜粉和玉米粉是較理想。

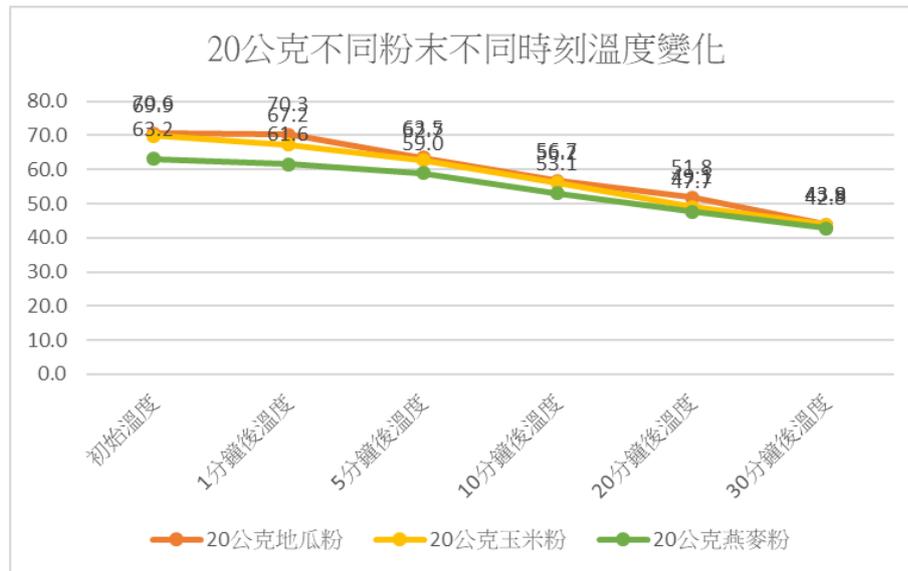


圖5-9 20公克不同粉末不同時刻溫度變化

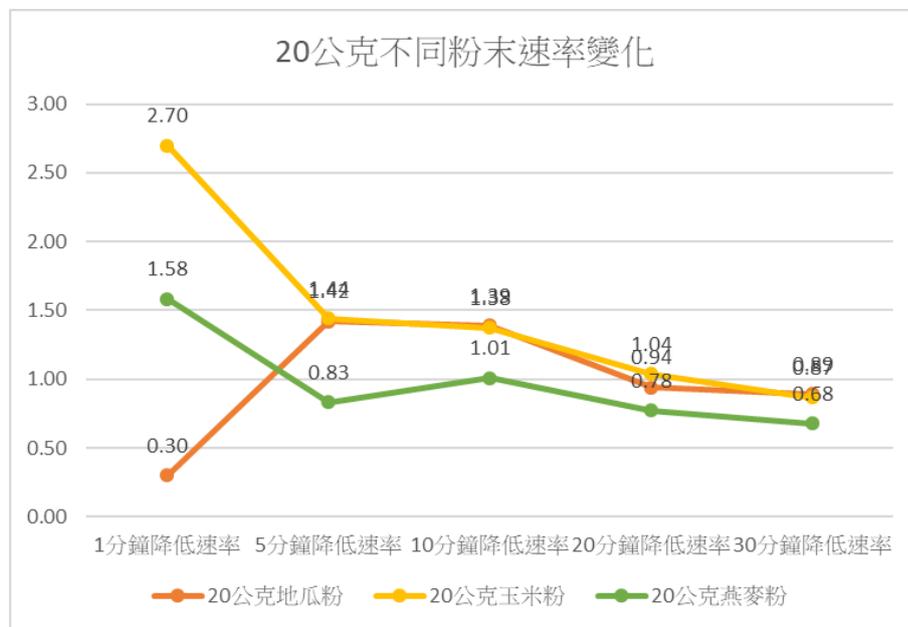


圖5-10 20公克不同粉末速率變化

實驗結果(二)之5(150g紅豆顆粒添加50公克不同粉末)：

根據圖5-11 50公克不同粉末不同時刻溫度變化和圖5-12 50公克不同粉末速率變化圖所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

初始溫度顯示玉米粉(75.4°C) > 燕麥粉(67.9°C) > 地瓜粉 (66.4°C)，玉米粉最高初始溫度最高，顯示其吸熱性較強。30分鐘後溫度，地瓜粉最低(45.1°C)，燕麥粉次之(45.9°C)，玉米粉略高(47.1°C)。

2. 降溫速率分析：

玉米粉初始溫度最高，1分鐘內降溫最快 (2.44°C/min)，雖然30分鐘後仍維持在

47.1°C，說明其散熱效率高且保溫效果相對較弱。地瓜粉初始溫度較低，最終溫度最低(45.1°C)，降溫速度相對較慢(0.71°C/min)，顯示出較強的保溫效果。燕麥粉保溫效果介於玉米粉與地瓜粉之間。

本以做暖暖包為實驗題材，除了觀察暖暖包材料的保溫效果外，做暖暖包材料的吸熱效果，以及實驗暖暖包最後溫度高低也是考慮的重點。地瓜粉有較強的保溫效果，然而，玉米粉初始溫度最高，吸熱性較強，而且30分鐘後溫度，是三種粉末做成暖暖包溫度最高的，暖暖包接觸身體表面具有較好的溫暖效果。因此，加入50公克玉米粉做成暖暖包是較好的。

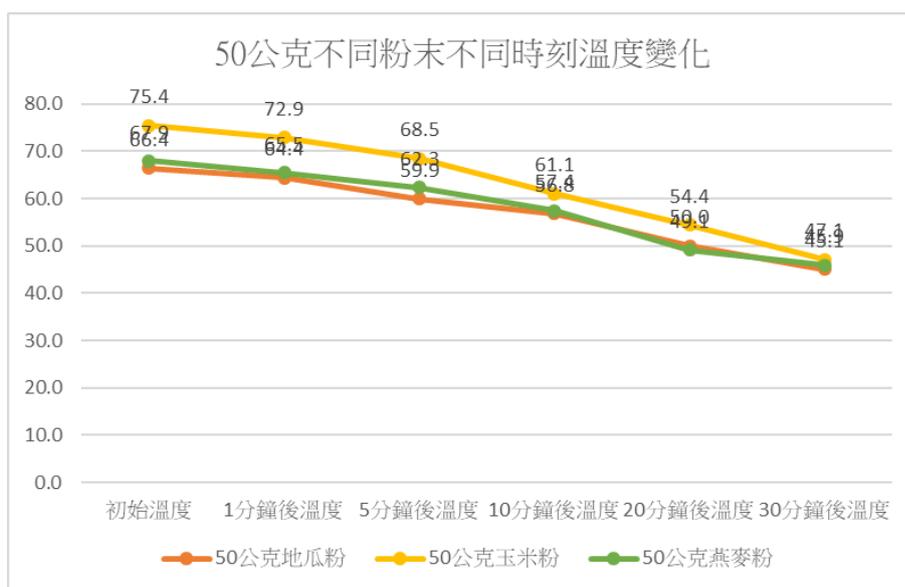


圖5-11 50公克不同粉末不同時刻溫度變化

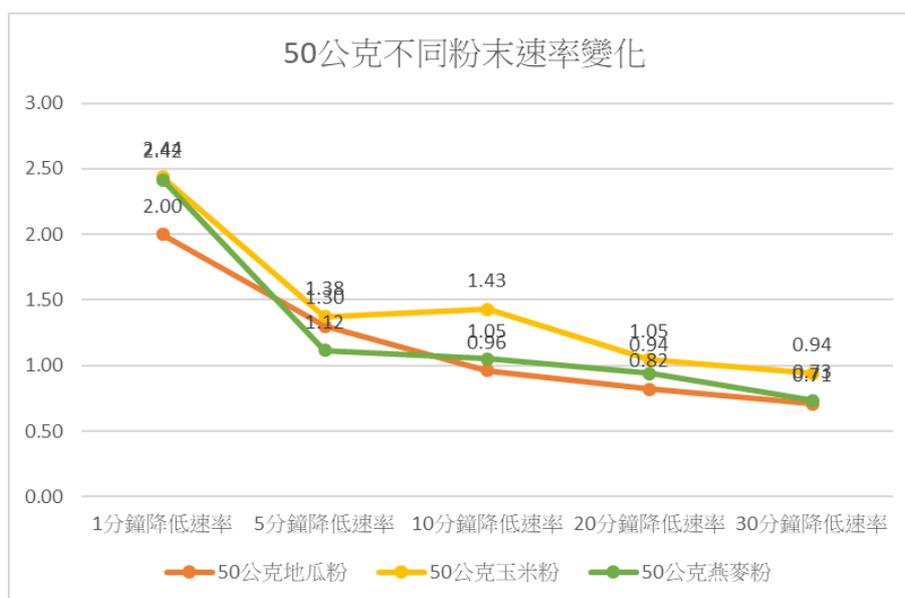


圖5-12 50公克不同粉末速率變化圖

實驗結果(二)之6(150g紅豆顆粒添加100公克不同粉末)：

根據5-13 100公克不同粉末不同時刻溫度變化和圖5-14 100公克不同粉末速率變化所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

初始溫度顯示玉米粉(86.1°C)>燕麥粉(70.8°C)>地瓜粉(61.7°C)，玉米粉初始溫度最高，地瓜粉最低。30分鐘後最終溫度，玉米粉(53.4°C)>燕麥粉(47.0°C)>地瓜粉(45.6°C)，總降溫幅度（初始溫度減30分鐘後溫度）玉米粉降32.7°C，最大降幅，地瓜粉降16.1°C，最小降幅。

2. 降溫速率分析：

初始1分鐘內降溫速率，玉米粉 (4.58°C/min)與燕麥粉(4.50°C/min)明顯較大，表示短時間內散熱最快。地瓜粉出現-0.20°C/min，顯示未降溫甚至略升溫，推測為測量或環境因素所致。5分鐘、10分鐘、20分鐘後，玉米粉在5分鐘仍維持2.80°C/min的高降溫速率，20分鐘雖降至1.31°C/min，仍屬較快。燕麥粉在5分鐘速率1.50°C/min，10分鐘卻升至2.06°C/min，表示在5~10分鐘區段散熱加速，20分鐘雖降至0.96°C/min，顯示散熱才持續穩定下降。地瓜粉降溫速率在5分鐘後才逐漸上升至0.42、0.55、0.56°C/min，整體仍屬較低水準，30分鐘後地瓜粉維持在0.54°C/min，為三者中最低，顯示其降溫最慢，保溫能力最強。

由以上分析得到的結論，和50公克不同粉末的實驗保溫結果一致，玉米粉雖降溫速率快，但初始溫度最高，吸熱性較強，而且30分鐘後溫度，玉米粉做成暖暖包溫度是最高的，具有較好的溫暖效果。因此，加入100公克玉米粉做成暖暖包也是較好的。

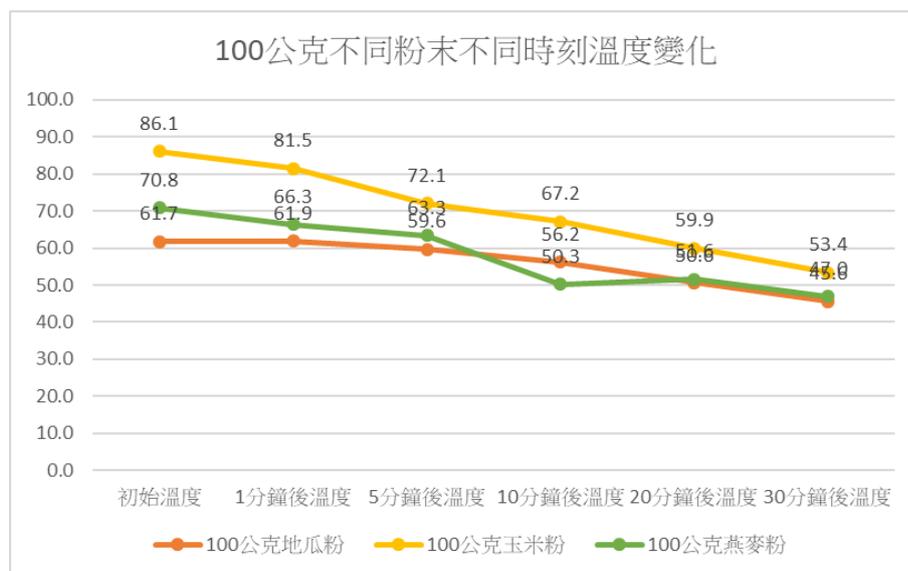


圖5-13 100公克不同粉末不同時刻溫度變化

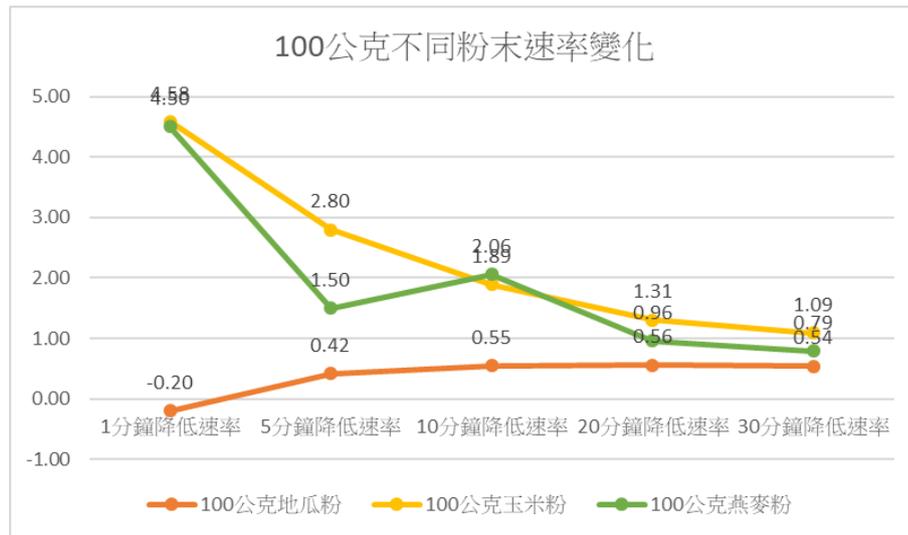


圖5-14 100公克不同粉末速率變化

實驗結果(三)之1(比較不同重量紅豆粉末的保溫效果)：

根據圖5-15不同重量紅豆粉末不同時刻溫度變化和圖5-16不同重量紅豆粉末降溫速率變化所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

紅豆粉末初始溫度顯示50公克（69.9°C最高）>100公克(55.5°C)>150公克(54.7°C最低)，30分鐘後最終溫度，100公克(36.1°C)>50公克(32.4°C)> 150公克(32.2°C最低)。總降溫幅度（初始 溫度減30分鐘後溫度），50公克降幅最大，降37.5°C。100公克降19.4°C，降幅最小。

2. 降溫速率分析：

三種重量的紅豆粉末在各時段均呈現降溫速率隨時間延長而降低的趨勢。50公克在所有時段均顯示最高的降溫速率，尤其在1分鐘時高達6.01°C/min。100公克整體降溫速率最低，從1分鐘的3.06°C/min到30分鐘僅有0.65°C/min。

由以上分析得到的數據顯示，紅豆粉末的保溫效果與其重量密切相關，較輕的樣本散熱迅速，而較重的樣本則保溫效果更好。100公克紅豆粉的降溫速率顯著低於其他兩組，最終溫度在36.1°C，也比其他兩組溫度高。意味著100公克紅豆粉末較適合做暖暖包。

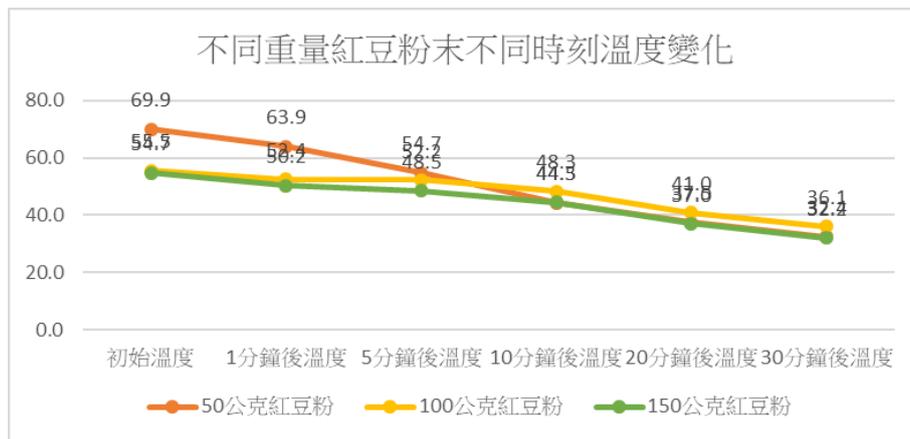


圖5-15不同重量紅豆粉末不同時刻溫度變化

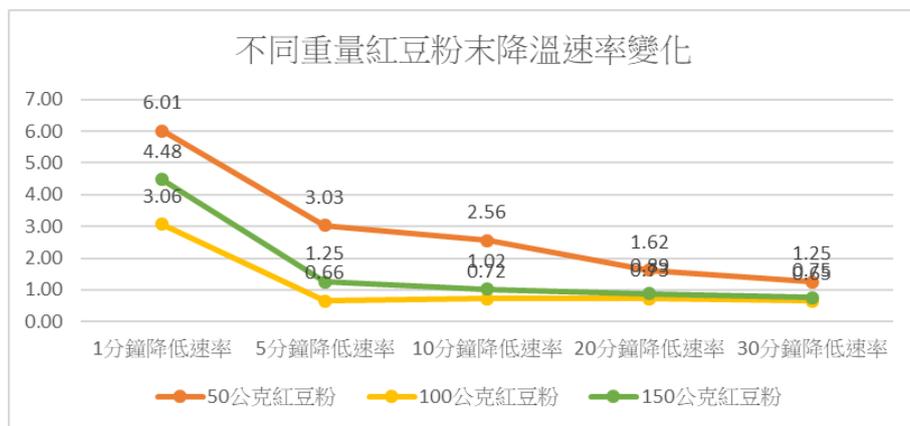


圖5-16不同重量紅豆粉末降溫速率變化

實驗結果(三)之2(50公克紅豆顆粒、50公克紅豆粉末及50公克玉米粉的保溫效果)：

根據圖5-17 50公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉不同時刻溫度變化和圖5-18 50公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉降溫速率變化所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

紅豆粉末的初始溫度最高(69.9°C)，紅豆顆粒次之(53.0°C)，玉米粉最低 (49.0°C)。30分鐘後最終溫度，紅豆粉末(32.4°C)和玉米粉(33.2°C)相差不大，紅豆顆粒(29.0°C)為三者中最低。溫度下降幅度，紅豆粉末從初始69.9°C 降至32.4°C，總降溫幅度達37.5°C，紅豆顆粒從53.0°C降至 29.0°C，總降溫幅度24.0°C，玉米粉從49.0°C降至33.2°C，總降溫幅度15.8°C。雖然紅豆粉末降溫幅度最大，但其最終溫度仍較紅豆顆粒高；玉米粉起始較低，且最終溫度最高，顯示出不同材料的熱傳導和保溫特性。

2. 降溫速率分析：

隨時間延長，三者均呈現降溫速率逐步降低的趨勢。不同材料之間存在明顯差異，紅豆粉末的初始降溫速率最高（6.01°C/min），後續各時段均高於其他兩者，可能因為粉

末形態提供了較大的比表面積和較低密度，有利於散熱。玉米粉的降溫速率最低，無論初期還是後期均低於紅豆系列材料，保溫效果較佳。雖然50公克玉米粉保溫效果較佳，但因玉米粉初始溫度49.0°C較紅豆粉末初始溫度69.9°C差距太大，紅豆粉末吸熱效果較好，玉米粉吸熱效過較差。又因30分鐘後最終溫度三種材料相差不大，所以50公克紅豆粉末較適合做暖暖包。

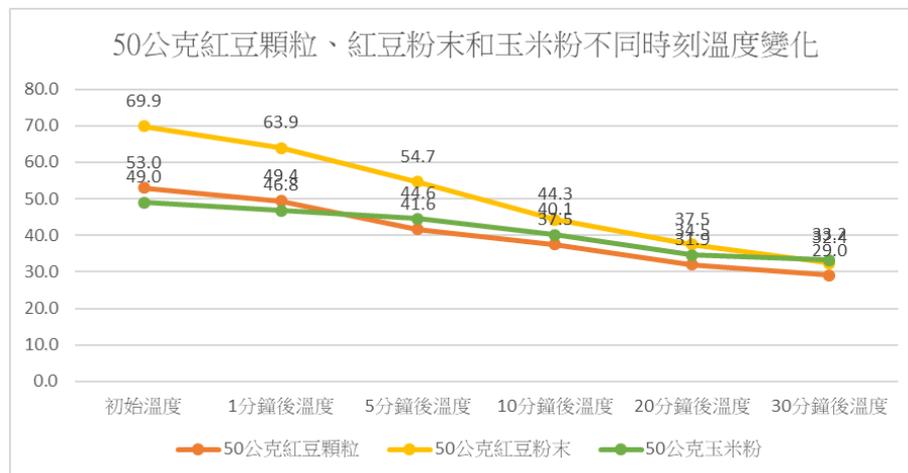


圖5-17 50公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉不同時刻溫度變化

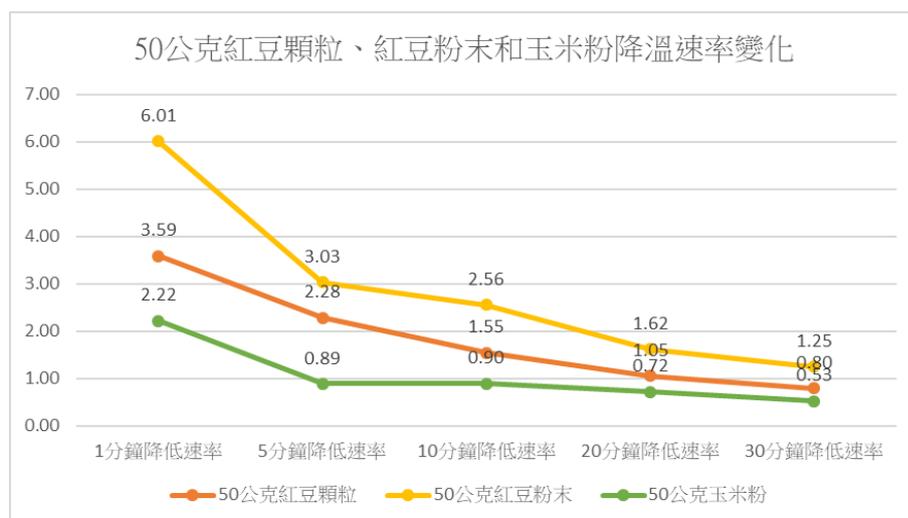


圖5-18 50公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉降溫速率變化

實驗結果(三)之3(100公克紅豆顆粒、100公克紅豆粉末及100公克玉米粉的保溫效果)：

根據圖5-19 100公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉不同時刻溫度變化和圖5-20 100公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉降溫速率變化所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

(1)整體趨勢分析：

三種材料均呈現隨時間逐步冷卻的現象，前期降溫較快，後期則趨於穩定，符合熱傳導冷卻的一般規律。紅豆顆粒初始溫度最高(57.1°C)，紅豆粉末次之(55.5°C)，玉米粉最低(53.1°C)。30分鐘後最終溫度，紅豆粉末36.1°C最高，紅豆顆粒降至31.7°C最低。總降溫幅度

(初始溫度減30分鐘後溫度)，紅豆粉末降幅約19.4°C最低，紅豆顆粒降幅約25.4°C最高。

(2)降溫速率分析：

1分鐘降溫速率:紅豆粉末 > 紅豆顆粒 > 玉米粉，紅豆粉末因細小顆粒和大表面積使其能迅速釋放熱能，故初期散熱快。5分鐘降溫速率，紅豆粉末幾乎停滯（0.05°C/min），此階段保溫效果相對最好。玉米粉次之（約1.575°C/min）。後期階段（10~30 分鐘），所有材料均進入較緩慢散熱狀態。由以上各分析得到的結論，說明紅豆粉末在初期迅速釋放部分熱量後，散熱能力受限，保溫效果較佳。又因紅豆粉末最終溫度36.1°C最高，所以100公克紅豆粉末相當適合做暖暖包。

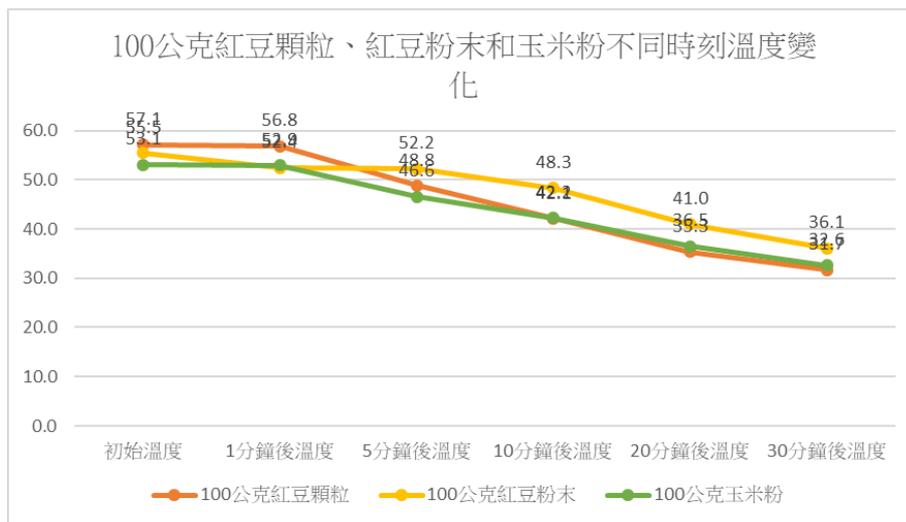


圖5-19 100公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉不同時刻溫度變化

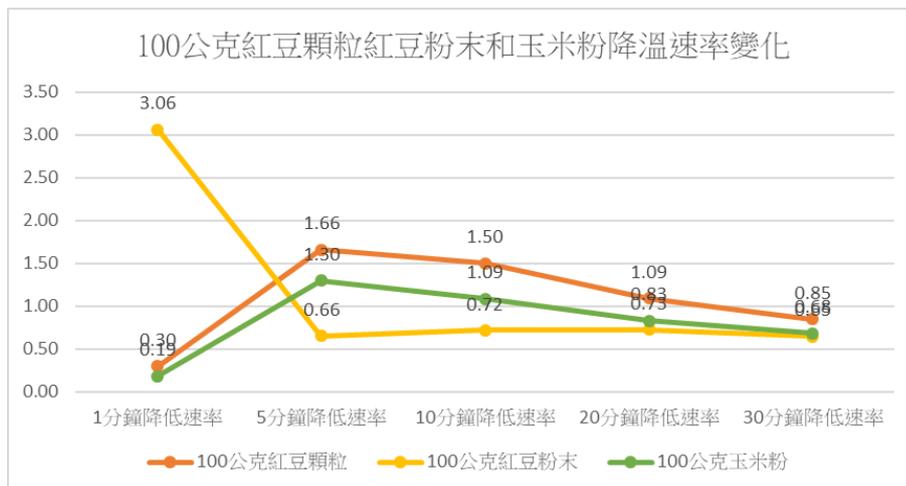


圖5-20 100公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉降溫速率變化

實驗結果(三)之4(150公克紅豆顆粒、150公克紅豆粉末及150公克玉米粉的保溫效果)：

根據圖5-21 150公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉不同時刻溫度變化和圖5-22 150公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉降溫速率變化所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

三種材料均呈現隨時間延長溫度逐步下降的趨勢。初期（0~1 分鐘）降溫較快，隨後降溫速率逐漸變緩。初始溫度差異：紅豆顆粒初始溫度(66.2°C)最高，紅豆粉末(54.7°C)次之，玉米粉初始溫度(46.1°C)最低。30分鐘後最終溫度，玉米粉為34.6°C最高，紅豆粉末為32.2°C最低。總降溫幅度（初始溫度減30分鐘後溫度），紅豆顆粒降幅約33.0°C最高，玉米粉降幅約11.5°C最低。

2. 降溫速率分析：

三種材料均隨時間延長呈現降溫速率下降的趨勢，符合熱傳導冷卻的指數衰減特性。前5分鐘降溫速率紅豆顆粒散熱最強，玉米粉則明顯較慢，隨後降溫速率逐步放緩。最終階段中，紅豆顆粒散熱仍明顯較快，而玉米粉散熱最慢。由以上各分析得到的結論，說明雖然150公克玉米粉保溫效果較佳，但因玉米粉初始溫度46.1°C較紅豆顆粒初始溫度66.2°C差距太大，吸熱效過較差。又因30分鐘後最終溫度三種材料相差不大。

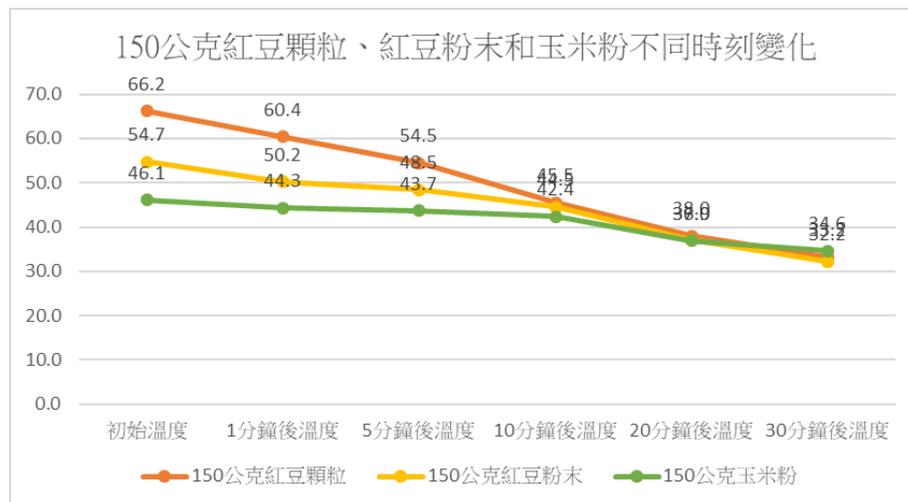


圖5-21 150公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉不同時刻溫度變化

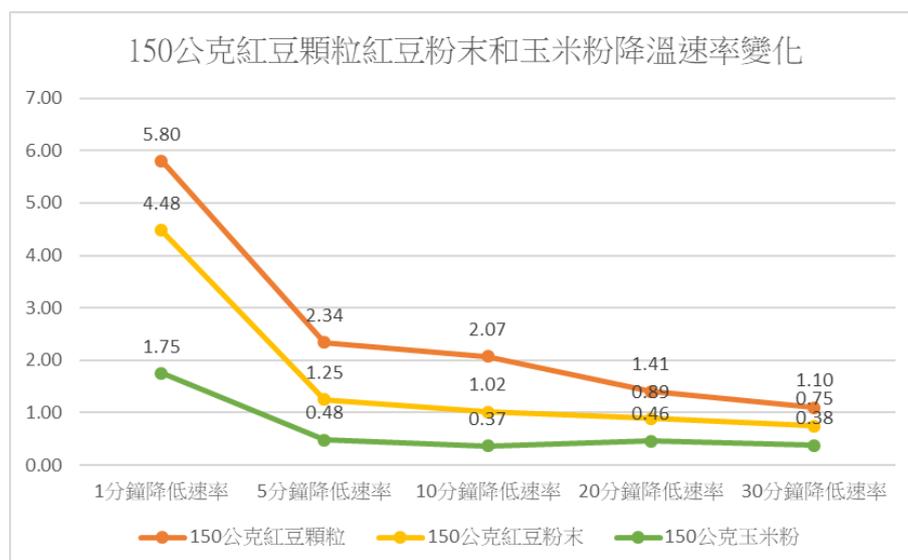


圖5-22 150公克紅豆顆粒、紅豆粉末和玉米粉降溫速率變化

實驗結果(四)：根據圖5-23 紅豆粉與紅豆粉玉米粉混合溫度變化和圖5-24紅豆粉與紅豆粉玉米粉混合降溫速率變化，所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

紅豆粉玉米粉混合的初始溫度最高 (89.7°C)，加橘子皮次高 (84.6°C)，由此可見，加入玉米粉或橘子皮後，起始溫度明顯上升，表示該配方或處理方式能吸收並保持較多熱量。降溫速率與趨勢，前 10 分鐘，三者皆呈快速降溫，紅豆粉玉米粉混合與加橘子皮的溫度依然高於單純紅豆粉；20~30 分鐘，三者溫度皆大幅下降，但加橘子皮組別 30 分鐘後仍能維持在 45.5°C，最高於三者。整體來看，加入橘子皮的配方在 30 分鐘後仍保持最高溫度，保溫效果更顯著。

2. 降溫速率分析：

紅豆粉玉米粉混合在初始階段降溫速率最高 (4.09°C/min)，加橘子皮為3.55°C/min，紅豆粉100公克為3.06°C/min，顯示玉米粉混合組初期散熱最快，橘子皮組次之，單純紅豆粉相對緩慢。30 分鐘後，紅豆玉米粉混合 (1.60°C/min) > 橘子皮 (1.30°C/min) > 紅豆粉 (0.65°C/min)，到後期，雖然玉米粉混合組與橘子皮組仍保持較高的降溫速率，但隨後三種材料的降溫速率逐步放緩。

綜上所述，三種配方在降溫速率與保溫能力之間各有取捨。在紅豆粉末中加入玉米粉或橘子皮確實能提升暖暖包或保溫材料的熱效應，尤其橘子皮組展現了更持久的保溫性能，應更適合做暖暖包。

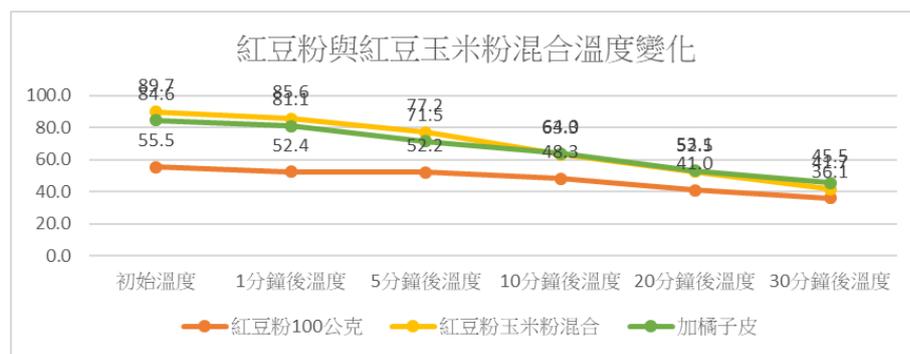


圖5-23 紅豆粉與紅豆粉玉米粉混合溫度變化

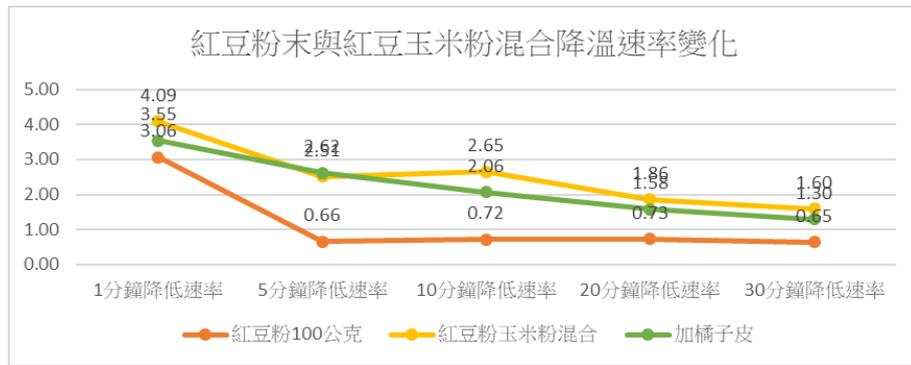


圖5-24紅豆粉與紅豆粉玉米粉混合降溫速率變化

實驗結果(五)：根據圖5-25 不同包裝材料溫度變化和圖5-26不同包裝材料降溫速率變化，所提供的數據，進行以下統計敘述與分析：

1. 整體趨勢分析：

三種包裝材料均呈現隨時間逐漸降溫的現象。一般而言，前10分鐘降溫較明顯，之後下降速率逐漸放緩。薄不織布的初始溫度最高（57.1°C），而中藥袋與厚不織布則略低。30分鐘後，薄不織布仍保持最高溫（41.9°C），中藥袋最低（36.1°C），厚不織布居中（41.0°C）。這說明薄不織布具有最佳的保溫效果。

2. 降溫速率分析：

三種材料均呈現從初期較高、後期逐步降低的趨勢。這符合熱傳導中的指數衰減現象，即初期散熱較快，隨後因內部熱量逐步減少而散熱變慢。中藥袋在1分鐘時降溫速率最高（3.1°C/min），顯示其初期散熱較快，但後續速率穩定在0.7~0.6°C/min。薄不織布初期散熱較慢（0.5°C/min），5分鐘後仍維持低速（0.3°C/min），在10分鐘時略升至0.7°C/min，然後逐漸降低到0.6°C和0.5°C/min。厚不織布的初始速率為1.8°C/min，比薄不織布高，但在5分鐘時迅速降至0.1°C/min，之後呈現0.6、0.5、0.4°C/min的趨勢。由以上各分析得到的結論，說明薄不織布初期散熱緩慢，能較好的隔熱傳導，從而延長保溫時間，30分鐘後溫度相對較高，顯示出較佳的保溫性能。

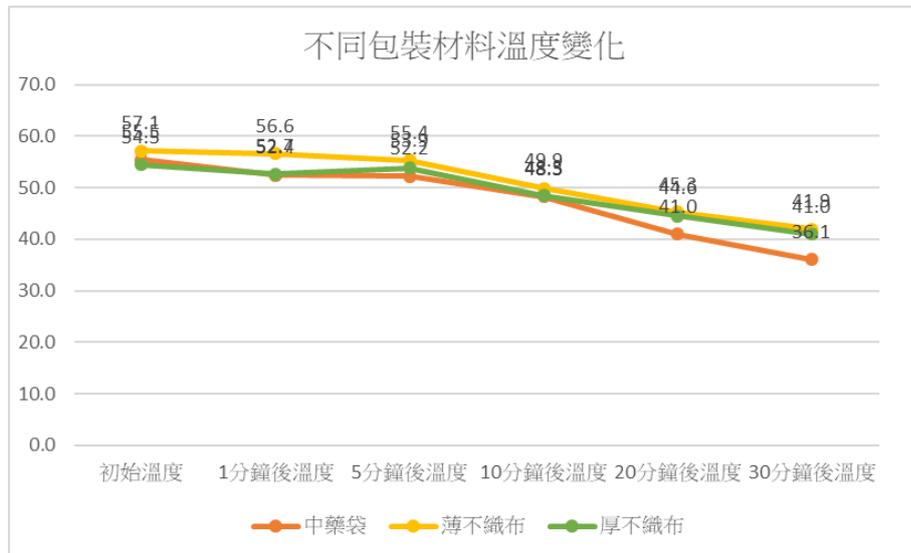


圖5-25 不同包裝材料溫度變化

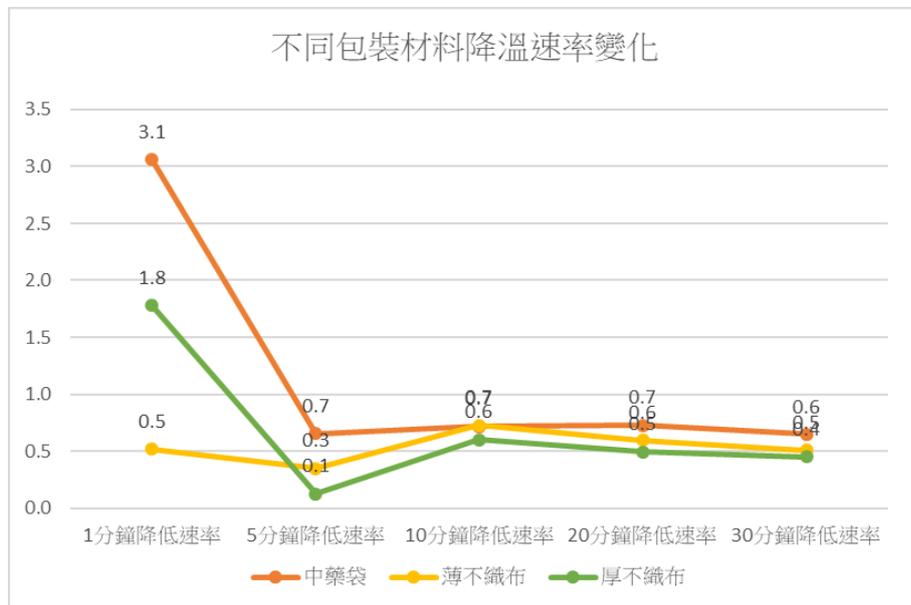


圖5-26不同包裝材料降溫速率變化

陸、結論與建議

本研究通過實驗探討暖暖包中不同熱源材料及包裝材料的保溫效果，實證結果顯示如下：

- 一、不同重量的紅豆顆粒在不同時刻的溫度變化存在明顯差異，重量越大，吸收的熱量越多，冷卻速度越慢，保溫效果較佳。100公克與150公克紅豆顆粒的保溫效果較好，適合需要長時間維持溫度的應用，如燉煮或暖暖包保溫。
- 二、加入地瓜粉、玉米粉、燕麥粉比紅豆顆粒降溫較慢，顯示保溫能力較佳。相同粉末不同重量比較保溫效果，100公克地瓜粉、20公克和50公克玉米粉、20公克燕麥粉的保溫效果最佳，適合用於長時間保溫的應用。
- 三、比較加入同重量但不同粉末保溫效果，加入玉米粉做成暖暖包效果是較理想。
- 四、比較不同重量紅豆粉末的保溫效果，重量越輕，降溫越快。100公克紅豆粉的降溫速率顯著低於其他兩組，最終溫度在36.1°C也高於其它兩組，所以，100公克紅豆粉末較適合做暖暖包。
- 五、觀察紅豆粉末的保溫效果，實驗顯示不同重量紅豆粉末之間比較，100公克紅豆粉末較適合做暖暖包。比較同重量紅豆顆粒、紅豆粉末跟玉米粉的保溫效果，雖然同重量玉米粉保溫效果較好，但玉米粉吸熱效果差，所以，50公克和100公克紅豆粉末適合做暖暖包，150公克紅豆顆粒較適合做暖暖包。
- 六、探討在紅豆粉末中加玉米粉、橘子皮後，是否能改善暖暖包的保溫效果，實驗結果顯示橘子皮組展現了更持久的保溫性能，應更適合做暖暖包。
- 七、分析中藥棉包、薄不織布及厚不織布等材料保溫優劣，薄不織布顯示出較佳的保溫性能。

以SWOT分析暖暖包內的蓄熱材料(紅豆粉末中加玉米粉、橘子皮)：

<p>☑ (strength) 優勢</p>	<p>1.全為天然材料，安全無毒，環保可分解。 2.紅豆粉、玉米粉吸濕保溫，提升熱效能。 3.橘子皮天然的精油，可以提升保溫能力，並散發天然芳香，具放鬆與舒緩效果。 4.成分取得容易，成本相對低廉，可重複使用。</p>
<p>✘ (weakness) 劣勢</p>	<p>1.紅豆粉、玉米粉吸濕後易結塊、受潮。 2.靠粉類儲熱，保溫時間有限，需頻繁加熱，才能保持溫度暖和。</p>
<p>🦋 (opportunity) 機會</p>	<p>1.符合環保趨勢，符合「零廢棄」、「可重複使用」概念，為市場銷售化學暖暖包的替代品，符合「無毒生活」概念。 2.自製暖暖包可以迎合DIY市場的需求，作為創意產品的推廣。</p>
<p>⚠ (threat) 威脅</p>	<p>市售暖暖包爭奪激烈：市面上有即開即熱的鐵粉暖暖包、充電式暖暖包等，這些產品使用較為便利，可能影響消費者對DIY暖暖包的興致。</p>

研究建議：

1. 改善發燒與保溫效果：可研究加入其他天然蓄熱材料（如粗糙米、亞麻籽），提升蓄熱與保溫時間。
2. 升級包裝與防潮設計：使用防潮袋或真空包裝，提高保質期與消費者體驗。

透過這些策略，這款DIY暖暖包有機會成為環保、健康、創意兼具的特色產品，並在特定市場找到合適的定位！

柒、參考文獻及其他

1. 溫暖的小豆豆—暖包 (第 43 屆小學科展作品). (n.d.). 國立臺灣科學教育館. 取得自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/43/pdf/c/080825>
2. 哇！Hot Hot~小暖包—暖暖包祕密 (第 46 屆小學科展作品). (n.d.). 國立臺灣科學教育館. 取得自 <http://science.ntsec.edu.tw/ezfiles/4/1004/attach/10/95285>
3. 愛不「釋」手—自製環保暖暖包保暖效果的研究. (n.d.). 國立臺灣科學教育館. 取得自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/080807.pdf>
4. 環保“豆”寒冬 (第 57 屆小學科展作品). (n.d.). 國立臺灣科學教育館. 取得自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/080804.pdf>
5. 翰林出版. (n.d.). 暖暖包影片 [影片]. YouTube. 取得自 <https://www.youtube.com/watch?v=OHV0oFIsmEk>
6. 中天新聞. (n.d.). 自製化學暖暖包 [影片]. YouTube. 取得自 https://www.youtube.com/watch?v=RX_O5NgpBsA
7. 華視新聞網. (2010, 1 月 6 日). 紅豆暖暖包 保溫效果一級棒! 取得自 <http://news.cts.com.tw/cts/life/201001/201001060383112.html>

附錄

紅豆顆粒(50g)溫度變化登記表											
次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	59	44	37	36	31	29	3.59	2.28	1.55	1.05	0.80
2	57	52	40	37	33	30					
3	57	40	40	36	33	29					
4	46	46	33	31	24	19	1分鐘降低	5分鐘降	10分鐘降	20分鐘降	30分鐘降
5	60	70	52	47	41	39	0.07	0.22	0.29	0.40	0.45
6	65	57	52	46	41	38					
7	52	43	37	34	32	31					
8	37	38	35	34	29	25					
9	51	52	43	38	31	27					
10	55	50	43	36	29	23					
11	55	54	42	34	26	24					
12	39	42	42	45	32	31					
13	71	70	55	39	35	35					
14	58	51	37	35	32	29					
15	35	30	27	26	22	19					
16	54	53	47	42	33	35					
17	50	48	45	42	39	30					
平均	53.0	49.4	41.6	37.5	31.9	29.0					

紅豆顆粒(100g)溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	66	61	55	48	35	30	0.30	1.66	1.50	1.09	0.85
2	58	59	47	44	38	34					
3	63	59	50	41	35	30					
4	44	45	40	36	30	25	1分鐘降低幅度	5分鐘降低幅度	10分鐘降低幅度	20分鐘降低幅度	30分鐘降低幅度
5	56	56	57	42	38	35	0.01	0.15	0.26	0.38	0.44
6	58	55	50	42	38	37					
7	50	53	46	40	27	23					
8	52	50	38	33	36	31					
9	68	73	56	50	40	38					
10	56	57	49	45	36	34					
11											
12											
13											
14											
15											
16											

17											
平均	57.1	56.8	48.8	42.1	35.3	31.7					

紅豆顆粒(150g)溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	68	68	58	48	40	34	5.80	2.34	2.07	1.41	1.10
2	66	60	60	51	44	37					
3	66	61	57	53	31	26	1分鐘降低幅度	5分鐘降低幅度	10分鐘降低幅度	20分鐘降低幅度	30分鐘降低幅度
4	63	53	46	38	39	37	9%	18%	31%	43%	50%
5	49	45	44	31	26	35					
6	67	67	58	48	43	24					
7	68	60	46	41	34	31					
8	67	59	49	41	34	30					
9	81	64	69	55	47	41					
10	67	67	58	49	42	37					
11											
12											
13											
14											
15											
16											

17											
平均	66.2	60.4	54.5	45.5	38.0	33.2					

紅豆顆粒150g+地瓜粉20g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	74	74	74	60	55	43	0.30	1.42	1.39	0.94	0.89
2	71	71	55	58	57	55					
3	59	58	58	54	50	39					
4	56	59	49	42	40	37					
5	81	78	69	58	48	42					
6	72	76	69	61	61	45					
7	68	66	58	57	52	43					
8	80	78	73	58	54	46					
9	65	65	58	54	46	40					
10	80	78	72	65	55	48					
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											

平均	70.6	70.3	63.5	56.7	51.8	43.8					
----	------	------	------	------	------	------	--	--	--	--	--

紅豆顆粒150g+地瓜粉50g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	64	62	58	54	48	44	2.00	1.30	0.96	0.82	0.71
2	71	69	65	60	53	47					
3	66	63	59	55	49	44					
4	67	65	61	56	50	44					
5	67	65	61	57	51	46					
6	65	61	58	55	50	46					
7	71	70	61	62	56	51					
8	68	66	62	58	50	45					
9	63	62	58	59	48	43					
10	62	61	56	52	45	41					
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											

平均	66.4	64.4	59.9	56.8	50.0	45.1					
----	------	------	------	------	------	------	--	--	--	--	--

紅豆顆粒150g+地瓜粉100g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1							-0.20	0.42	0.55	0.56	0.54
2											
3											
4											
5											
6	52	52	51	49	45	40					
7	58	58	56	53	48	43					
8	67	65	61	57	50	44					
9	58	57	56	53	48	44					
10	58	58	55	51	47	41					
11	66	65	63	58	51	45					
12	70	70	65	61	54	49					
13	64	67	65	62	53	50					
14	62	62	60	58	55	50					
15	62	65	64	60	55	50					
16											
17											

平均	61.7	61.9	59.6	56.2	50.6	45.6					
----	------	------	------	------	------	------	--	--	--	--	--

紅豆顆粒150g+玉米粉20g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	57	54	57	55	52	46	2.70	1.44	1.38	1.04	0.87
2	62	60	61	59	52	50					
3	89	87	76	64	61	53					
4	67	67	60	58	47	34					
5	76	75	74	55	44	42					
6	66	66	65	45	36	33					
7	71	71	71	65	59	52					
8	70	69	70	60	54	50					
9	64	64	57	54	40	38					
10	73	66	62	51	43	37					
11	74	74	71	67	60	54					
12	74	73	73	66	58	51					
13	72	69	63	58	52	45					
14	58	60	59	55	51	45					
15	77	70	67	65	53	48					
16	64	54	48	40	35	33					
17	75	66	61	53	47	40					
18	70	64	54	46	41	38					
19	75	71	55	56	50	43					
20	64	64	50	51	47	45					

平均	69.9	67.2	62.7	56.2	49.1	43.9					
----	------	------	------	------	------	------	--	--	--	--	--

紅豆顆粒150g+玉米粉50g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	94	92	93	88	76	66	2.44	1.38	1.43	1.05	0.94
2	86	81	81	76	73	62					
3	78	78	75	68	55	53					
4	85	85	80	66	54	50					
5	56	55	50	53	48	44					
6	67	62	53	56	53	46					
7	67	66	63	63	53	50					
8	59	59	57	53	40	35					
9	73	73	69	56	53	48					
10	68	64	65	56	54	48					
11	69	62	61	49	42	38					
12	60	60	58	41	41	38					
13	82	81	73	68	62	53					
14	80	79	73	66	62	50					
15	91	86	77	60	53	38					

16	91	84	68	58	52	35					
平均	75.4	72.9	68.5	61.1	54.4	47.1					

紅豆顆粒150g+玉米粉20g溫度變化登記表											
次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	90	89	85	76	66	65	4.58	2.80	1.89	1.31	1.09
2	86	85	83	78	70	60					
3	87	82	61	61	56	44					
4	86	67	61	47	54	45					
5	85	80	65	62	55	44					
6	70	65	66	61	37	35					
7	76	76	72	68	52	51					
8	70	70	53	45	52	48					
9	77	70	76	55	64	40					
10	88	78	57	72	52	60					
11	115	115	96	93	81	75					
12	103	101	90	88	80	74					
13											
14											
15											

16											
17											
平均	86.1	81.5	72.1	67.2	59.9	53.4					

紅豆顆粒150g+燕麥20g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	62	62	55	44	41	38	1.58	0.83	1.01	0.78	0.68
2	58	52	54	43	37	37					
3	57	57	57	44	39	38					
4	57	57	51	49	45	39					
5	72	72	65	61	48	44					
6	65	65	56	57	47	41					
7	77	70	69	59	53	49					
8	64	62	64	53	47	41					
9	64	63	61	57	48	42					
10	64	63	63	61	57	53					
11	64	64	63	61	57	54					
12	54	52	50	48	53	38					
13											
14											
15											
16											
17											

18											
19											
20											
平均	63.2	61.6	59.0	53.1	47.7	42.8					

紅豆顆粒150g+燕麥50g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	60	59	55	55	41	38	2.42	1.12	1.05	0.94	0.73
2	60	55	52	49	39	36					
3	80	76	69	54	50	46					
4	80	73	64	59	53	50					
5	69	66	60	53	47	46					
6	68	67	65	58	43	37					
7	70	69	68	63	57	55					
8	73	73	69	66	62	59					
9	63	63	62	56	48	44					
10	71	70	65	61	50	49					
11	66	60	66	63	54	49					
12	55	55	53	52	45	42					
13											
14											
15											
16											
17											

18											
19											
20											
平均	67.9	65.5	62.3	57.4	49.1	45.9					

紅豆顆粒150g+燕麥100g溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	70	65	57	53	44	41	4.50	1.50	2.06	0.96	0.79
2	52	50	44	42	42	41					
3	68	62	56	56	47	49					
4	73	67	59	59	54	52					
5	55	55	54	48	41	39					
6	66	42	42	35	30	27					
7	62	64	68	63	53	48					
8	120	120	113	12	98	75					
9	75	71	65	56	44	39					
10	68	59	68	51	50	41					
11	77	77	72	71	61	57					
12	64	64	62	57	55	55					
13											
14											
15											
16											
17											

18											
19											
20											
平均	70.8	66.3	63.3	50.3	51.6	47.0					

紅豆粉末(50g)溫度變化登記表

次數	最高 溫度	1分鐘 溫度	5分鐘 溫度	10分鐘 溫度	20分鐘 溫度	30分鐘 溫度	1分鐘降低速 率	5分鐘降低速 率	10分鐘降低 速率	20分鐘降低 速率	30分鐘降低 速率
1	73.6	72	60.3	54.2	48.6	37.9	6.01	3.03	2.56	1.62	1.25
2	91.4	78.2	77.5	62.5	44	31.4					
3	62.3	48.9	69.9	50.1	39	36.4					
4	81.7	65	63.2	51.9	37	37.3					
5	87.4	87.6	62.3	46.4	43.5	33.9					
6	86.8	79.6	63.4	51.2	35.5	32.7					
7	101	96.5	85.1	60.9	43.5	34.4					
8	75.1	90.7	59	53.9	38.4	35.2					
9	72.5	56.2	48.8	43	36.4	35					
10	82.6	64.7	51.8	43.8	35.7	28.4					
11	49.1	44.9	37.9	35.6	34.8	27.1					
12	47.8	48.5	43.1	39.2	34.1	29.6					
13	55.2	43.3	41.1	37.7	33	30.2					
14	54.2	48.8	38.7	39.4	30.2	27.2					
15	50.2	47.4	40.6	36.7	30	27.5					
16	59.1	51.2	48.1	4.5	39.1	34.8					
17	67.8	70.9	54.6	49.5	36	30.4					
18	67.2	68.2	54.1	46.6	40.8	33.2					
19	68.1	59.6	50.4	41	35	29.9					
20	64.1	55.1	44.4	37.7	34.5	35.2					
平均	69.9	63.9	54.7	44.3	37.5	32.4					

紅豆粉末(100g)溫度變化登記表

次數	最高 溫度	1分鐘 溫度	5分鐘 溫度	10分鐘 溫度	20分鐘 溫度	30分鐘 溫度	1分鐘降低速 率	5分鐘降低速 率	10分鐘降低 速率	20分鐘降低 速率	30分鐘降低 速率
1	66.6	73.4	77	63.8	55.3	38.2	3.06	0.66	0.72	0.73	0.65
2	61.2	59.9	68.2	56.2	47.2	41.5					
3	68	51	78.4	56.5	52	35.2					
4	80	55.3	59.2	55.1	48.2	41.4					
5	57.6	54.4	47.3	50.3	39.2	39.6					
6	51.6	68.6	47.9	48.8	38.4	33.9					
7	49.1	58.9	48.8	52.1	40.6	37.4					
8	49.5	5.6	48.9	49.3	45.5	38.1					
9	46.7	53.3	51	46.4	38.9	35.8					
10	49.7	49.2	50	41.9	36	35.1					
11	51.2	46.2	46	44.7	38.2	33.5					
12	49.5	52.8	48.1	45	37.8	34.2					
13	60	51.4	46.6	47.5	36.7	35.8					
14	51.1	55	41.6	42.9	37.4	33.3					
15	54.6	52.7	48.9	43.8	35	33.3					
16	56.7	57.6	51.4	47.5	38.1	34.5					
17	48.1	56.8	50.1	42.7	41.2	36.1					
18	48.5	46	45.5	45.5	38.4	35.3					
19	50.3	52.3	45.2	44	37.1	34.2					
20	59.7	48.1	44.1	42.2	38.1	35.2					
平均	55.5	52.4	52.2	48.3	41.0	36.1					

紅豆粉末(150g)溫度變化登記表

次數	最高 溫度	1分鐘 溫度	5分鐘 溫度	10分鐘 溫度	20分鐘 溫度	30分鐘 溫度	1分鐘降低速 率	5分鐘降低速 率	10分鐘降低 速率	20分鐘降低 速率	30分鐘降低 速率
1	58.5	50	47	53.6	34.1	31	4.48	1.25	1.02	0.89	0.75
2	58.1	53.6	50.3	44.2	37.2	32					
3	52.5	56.4	46.9	44.1	36.3	29.9					
4	53.6	55.6	47.4	47.8	38.7	33					
5	52.5	48.8	43.6	44.3	36.3	31.4					
6	68.2	52.6	51	48.3	39.36	36.5					
7	63.6	50.3	46.6	44.4	44.9	35.2					
8	60.1	48.2	47.3	41.8	36.5	34.8					
9	51.9	56.2	47.5	43	38	31					
10	58.5	48.4	51.2	44	34.7	32.8					
11	47.2	53.8	51.7	42.5	35.5	31.9					
12	47.5	46.5	50.3	44.2	35.1	31					
13	57.2	47.3	47.8	44.2	35.4	31.1					
14	50.2	45.8	47	41.2	34	30.5					
15	50.7	48.1	49	42.9	33.4	29.9					
16	46.5	44	45.5	43.4	36.8	31.3					
17	53	48	49.1	43.2	36	33.9					
18	58.5	52.3	51.3	44.3	38.5	32.5					
19	52.6	51.8	49.6	45.5	41.4	31.3					
20	53.2	46.9	49.3	43.3	37.5	32.1					
平均	54.7	50.2	48.5	44.5	37.0	32.2					

玉米粉(50g)溫度變化登記表

次數	最高 溫度	1分鐘 溫度	5分鐘 溫度	10分鐘 溫度	20分鐘 溫度	30分鐘 溫度	1分鐘降低速 率	5分鐘降低速 率	10分鐘降低 速率	20分鐘降低 速率	30分鐘降低 速率
1	49.4	51.1	45.5	40.3	33.9	32.4	2.22	0.89	0.90	0.72	0.53
2	50.9	49.1	50.3	44.4	34.6	32.8					
3	54.9	51.6	49.5	43.6	35.5	32.7					
4	51	44.5	52.7	40.9	35.5	32.9					
5	45.9	49.7	49	42.2	34.1	34.5					
6	52.9	46.3	47.2	40.5	36.4	35.8					
7	46	50.1	47.7	41.8	36.1	36.6					
8	54	50.7	45	40.5	35.5	34.8					
9	56.2	51.6	46.4	42.6	34.7	33.4					
10	44	42.1	44.1	40.4	36.3	34.5					
11	47.8	47	42.9	38.6	34	32.4					
12	46.5	44.8	40.5	38.3	36	32.6					
13	45.6	44.1	41.3	40	33.1	32.3					
14	47.2	45.1	40.5	38.6	34.3	33.1					
15	45.4	42.9	39.5	38	34.4	32.9					
16	49.9	45.3	40.9	36.1	32.8	31.5					
17	46.5	44.5	41.9	37	33	32.4					
18	48.6	45.3	40.9	38.6	32	32.1					
19	49.2	46.3	42.8	40.7	35.2	32.7					
20	48.8	44.2	43.3	38.6	33.4	31.4					
平均	49.0	46.8	44.6	40.1	34.5	33.2					

玉米粉(100g)溫度變化登記表

次數	最高 溫度	1分鐘 溫度	5分鐘 溫度	10分鐘 溫度	20分鐘 溫度	30分鐘 溫度	1分鐘降低速 率	5分鐘降低速 率	10分鐘降低 速率	20分鐘降低 速率	30分鐘降低 速率
1	63.5	54.3	46.9	42.3	35	32.7	0.19	1.30	1.09	0.83	0.68
2	53.3	51.8	47.9	46.6	36.9	34.4					
3	61.2	52.6	52.1	44.1	37.5	34.5					
4	54.3	50.3	47.2	43	38.4	35.1					
5	55.8	52.9	46	41.9	34.9	33.5					
6	56.9	53.5	46.8	42.2	38.3	34.7					
7	59.6	56.1	49.3	43.5	36.7	34.4					
8	58.5	53.5	46.5	43.1	37.7	34.2					
9	56.6	52.1	47	41.7	36.4	33.7					
10	58.9	53.1	43.1	41.1	35.9	31					
11	53.4	51.2	44.5	40.8	34.7	33.2					
12	51.8	52	45.2	40.6	35.8	34.5					
13	51.9	53.4	45	40.3	34.4	33.7					
14	53.1	51.9	44.8	40.7	35.4	33.3					
15	56	53.3	47.4	42.6	36.2	33.6					
16	51	51.6	45.1	40.7	37.6	33.8					
17	53.9	52.1	46.3	41.3	36.4	34					
18	52.6	54	47.4	41	37.1	33.7					
19	56.6	56.7	48	45.7	37.4	34.7					
20	52.9	51.3	45.2	41	36.7	37.7					
平均	53.1	52.9	46.6	42.2	36.5	32.6					

玉米粉(150g)溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	45.9	42.1	41.7	47.2	35.9	36.3	1.75	0.48	0.37	0.46	0.38
2	43.9	40.8	46.6	44	38.9	35.5					
3	46.9	42.1	45.5	42.7	39	35.4					
4	45.5	43.9	43.5	44.7	39.6	36.8					
5	48	43.9	44	41.8	36.7	34.3					
6	47.2	44.6	43	42.1	34.4	36.5					
7	48.3	45.7	46.8	43.8	36	35.3					
8	51.2	43.8	44.3	43.6	36.1	36.1					
9	47.8	45.7	42.1	40.2	36.8	34.1					
10	49.5	46.5	43.4	41.6	36.1	33.9					
11	44.8	43.5	42.9	41.8	36	32.3					
12	42.5	44.4	40.4	40.6	36.1	33.2					
13	44.9	42.6	42.2	42	35.9	34					
14	44	43.6	43	41.4	35.8	32.4					
15	43.5	46	43.8	41.7	37.3	33.5					
16	45	45.7	44	42	37.1	34.2					
17	46.4	46.2	43.2	43.3	37.4	35.3					
18	44.2	44.2	43.5	40.7	37.5	33.98					
19	45.4	44.9	44.2	41.5	37.4	35.8					
20	46.7	46.4	45.7	41.2	38.1	34.1					
平均	46.1	44.3	43.7	42.4	36.9	34.6					

中藥袋裝紅豆粉末(100g)溫度變化登記表

次數	最高 溫度	1分鐘 溫度	5分鐘 溫度	10分鐘 溫度	20分鐘 溫度	30分鐘 溫度	1分鐘降低速 率	5分鐘降低速 率	10分鐘降低 速率	20分鐘降低 速率	30分鐘降低 速率
1	66.6	73.4	77	63.8	55.3	38.2	3.06	0.66	0.72	0.73	0.65
2	61.2	59.9	68.2	56.2	47.2	41.5					
3	68	51	78.4	56.5	52	35.2					
4	80	55.3	59.2	55.1	48.2	41.4					
5	57.6	54.4	47.3	50.3	39.2	39.6					
6	51.6	68.6	47.9	48.8	38.4	33.9					
7	49.1	58.9	48.8	52.1	40.6	37.4					
8	49.5	5.6	48.9	49.3	45.5	38.1					
9	46.7	53.3	51	46.4	38.9	35.8					
10	49.7	49.2	50	41.9	36	35.1					
11	51.2	46.2	46	44.7	38.2	33.5					
12	49.5	52.8	48.1	45	37.8	34.2					
13	60	51.4	46.6	47.5	36.7	35.8					
14	51.1	55	41.6	42.9	37.4	33.3					
15	54.6	52.7	48.9	43.8	35	33.3					
16	56.7	57.6	51.4	47.5	38.1	34.5					
17	48.1	56.8	50.1	42.7	41.2	36.1					
18	48.5	46	45.5	45.5	38.4	35.3					
19	50.3	52.3	45.2	44	37.1	34.2					
20	59.7	48.1	44.1	42.2	38.1	35.2					
平均	55.5	52.4	52.2	48.3	41.0	36.1					

薄不織布袋裝紅豆粉末(100g)溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	50.5	56.9	51.9	46.6	42.1	40.7	0.52	0.35	0.73	0.59	0.51
2	52	49.7	48.4	44.9	42.5	40.5					
3	52.9	51.5	49.1	45.5	41.5	40.8					
4	49.2	51.6	50.6	44.9	43.2	40.2					
5	52.2	51.2	47.1	47	40.9	41.9					
6	55	56.3	51.2	47.8	43.3	41.9					
7	55.5	55.2	51.9	48	44.6	41.1					
8	54.5	54.7	52	47.2	43.3	40.5					
9	54.5	48.3	48.7	44.6	42.7	40.2					
10	53	55.9	52.9	46	42.4	38.7					
11	61.5	61.4	60.2	51.4	47.1	41					
12	53.5	57.3	59.1	52.2	47.4	42.9					
13	64.4	58.2	61.4	54.1	48.7	42.5					
14	60	56.3	59.5	56.9	48.1	45.5					
15	57.7	57.4	58	52.5	47	41.1					
16	62.2	61.8	60.1	53	46.1	45.4					
17	59.4	55.9	58.6	53.6	49.7	45.8					
18	64.9	61.9	65.3	56.3	49.8	45.9					
19	65.4	66	64	55.4	49.5	42.1					
20	64.6	65	57.9	49.4	45.2	40					
平均	57.1	56.6	55.4	49.9	45.3	41.9					

薄不織布袋裝紅豆粉末(100g)溫度變化登記表

次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	50.5	56.9	51.9	46.6	42.1	40.7	0.52	0.35	0.73	0.59	0.51
2	52	49.7	48.4	44.9	42.5	40.5					
3	52.9	51.5	49.1	45.5	41.5	40.8					
4	49.2	51.6	50.6	44.9	43.2	40.2					
5	52.2	51.2	47.1	47	40.9	41.9					
6	55	56.3	51.2	47.8	43.3	41.9					
7	55.5	55.2	51.9	48	44.6	41.1					
8	54.5	54.7	52	47.2	43.3	40.5					
9	54.5	48.3	48.7	44.6	42.7	40.2					
10	53	55.9	52.9	46	42.4	38.7					
11	61.5	61.4	60.2	51.4	47.1	41					
12	53.5	57.3	59.1	52.2	47.4	42.9					
13	64.4	58.2	61.4	54.1	48.7	42.5					
14	60	56.3	59.5	56.9	48.1	45.5					
15	57.7	57.4	58	52.5	47	41.1					
16	62.2	61.8	60.1	53	46.1	45.4					
17	59.4	55.9	58.6	53.6	49.7	45.8					
18	64.9	61.9	65.3	56.3	49.8	45.9					

19	65.4	66	64	55.4	49.5	42.1					
20	64.6	65	57.9	49.4	45.2	40					
平均	57.1	56.6	55.4	49.9	45.3	41.9					

厚不織布袋紅豆粉末(100g)溫度變化登記表											
次數	最高溫度	1分鐘溫度	5分鐘溫度	10分鐘溫度	20分鐘溫度	30分鐘溫度	1分鐘降低速率	5分鐘降低速率	10分鐘降低速率	20分鐘降低速率	30分鐘降低速率
1	45.7	49.1	50.8	46.6	43.8	39.6	1.78	0.13	0.60	0.50	0.45
2	48.8	48.2	52.5	45.4	44.4	39.5					
3	47.5	49.7	51.9	46.7	41.7	38.5					
4	46.4	47.9	51.9	46.2	43	37.6					
5	48.6	46.1	49	45.4	40.4	36.1					
6	47.5	46.8	51.8	45.9	42.3	38.1					
7	51.9	48.3	49.2	45.2	40.9	38.6					
8	50.6	50.6	49	44.8	41.4	37					
9	49.9	48.8	50.3	42.5	39.6	36.5					
10	47.2	46.3	46.2	44.6	40.8	37.7					
11	59.3	61.1	57.9	52.4	46.7	41.6					
12	60.8	58.5	64.1	52.3	49.9	43.2					
13	64.7	59.6	56.1	55	44.4	44.1					
14	59.7	57	57.7	54.2	46.8	44.5					
15	57.2	55.2	56.8	49.3	47.9	43.8					
16	63.1	57	57.2	50.9	46.8	43.8					
17	60.8	54.8	55.1	51.6	48.8	44.3					
18	59	54.3	57.9	50.4	47.5	47.1					
19	57.1	57.5	56.1	49.1	48.2	44.7					

20	64.1	57.5	55.7	51.5	46.4	43.7					
平均	54.5	52.7	53.9	48.5	44.6	41.0					