

屏東縣第65屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(二) (含生物科技/食品科學)

組 別：國小組

作品名稱：保鮮一夏~探究透過模擬生物結構(仿生)散熱策略
運用於食物保鮮成效

關 鍵 詞： 仿生 、 散熱 、 保鮮

編號：A7027

目錄

摘要	1
壹、前言	2
一、研究動機.....	2
二、研究目的與研究問題.....	2
(一)研究目的	2
(二)研究問題.....	3
三、文獻討論與原理說明.....	3
(一)仿生科技的散熱應用	3
(二)散熱降溫與食物保鮮.....	4
貳、研究設備及器材	5
參、研究過程與方法	6
一、研究架構.....	6
二、研究過程.....	7
肆、研究結果與討論	10
一、實驗一 探討各種不同生物散熱降溫策略與效果.....	10
(一) 模擬黑白斑馬條紋散熱效果	10
(二) 模擬銀蟻毛髮反光散熱效果	10
(三) 模擬蝴蝶翅脈散熱效果	11
二、實驗二 探究模擬各種不同生物策略的降溫保鮮效果表現.....	11
(一) 黑白斑馬條紋散熱保鮮效果實驗.....	11
(二) 銀蟻散熱保鮮效果實驗.....	16
(三) 蝴蝶翅脈散熱保鮮效果實驗	20
三、實驗三 模擬各種生物策略設計的食品保鮮盒與保溫袋之降溫保鮮效果表現	24
(一)模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品容納盒之降溫保鮮效果表現	24
(二)模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品保溫袋之降溫保鮮效果表現	27
伍、結論	29
陸、參考資料及其他	30

保鮮一夏

探究透過模擬生物結構(仿生)散熱策略運用於食物保鮮成效

摘要

近年來，全球暖化導致氣溫升高，使食物更易腐敗，特別是在台灣這類炎熱潮濕地區。許多動物具備獨特的散熱機制，如斑馬條紋、銀蟻體毛與蝴蝶翅脈，若能應用於食物保鮮，或許可開發節能高效的降溫方法。本研究探討仿生技術如何提升食物保鮮效果，透過實驗比較仿生散熱材料與一般材料的保鮮差異，並設計基於仿生學的保鮮盒與保溫袋。結果顯示：

- (1) 斑馬條紋透過冷熱對流減少熱吸收，仿生條紋能降低內部溫度變化；
- (2) 銀蟻毛髮反光策略可有效反射陽光，延緩溫度升高；
- (3) 蝴蝶翅脈結構助於均勻導熱，提升保鮮效果。

綜合來看，仿生散熱策略確實能降低內部溫度，提高食物保鮮效果，並可應用於食品包裝與冷藏技術，提供環保高效的解決方案。

壹、前言

一、研究動機

近年來，全球暖化帶來了很多環境問題，例如海平面上升、動植物滅絕、乾旱、熱浪、森林大火等現象。這些災害不僅導致了大量的財產損失，更造成許多人員傷亡。由於各地區的最高溫度記錄不斷創下新高，即使人們採取了各種方法來減緩全球溫度上升，仍舊成效不彰。而我們所處的台灣更是天氣潮濕炎熱易發霉，讓我們需要維持低溫的食物容易腐壞，正因為台灣近年來天氣越來越炎熱，我們看許多人的保溫方式並沒有比較好的效果來保鮮食物。剛好在自然課時老師介紹了許多仿生科技，像是模擬蜂巢結構的散熱建築、蓮葉效應的防水材料等等，在五上自然課「熱對物質的影響」單元的時候，老師教我們看到了動物如何散熱，所以我們就思考打算模仿動物的散熱效果來進行更有效的保溫保鮮，進一步查了資料後發現斑馬能在炎熱的天氣生活，對他的黑白斑馬身上的歐 條紋提起了興趣，我們去做了研究和實驗，還尋找其他種動物散熱方式，採用了幾種特別的散熱方式，像是銀蟻可以用他的毛來反射陽光，還有蝴蝶的翅膀，都有其散熱的應用，於是我們利用他們的散熱特色，來讓食物保溫保鮮。



圖 1：動物散熱圖
(圖源：參考資料 7)

一開始，我們認為模仿「生物散熱」的特性非常有趣，如果能善用這種「符合大自然又節省資源」的特性，應該能夠有效減緩溫度的提升，達到散熱目的。為了驗證這一個想法，我們上網查了許多資料並閱讀了一些相關的書籍，發現以黑白斑馬條紋、銀蟻毛髮反射光以及蝴蝶翅膀上的微結構可幫助散熱是比較能運用在食物保冷保鮮的應用。因此，我們開始設計並進行仿生科技保溫保鮮的相關實驗，其中包括：(1)找出不同生物散熱降溫策略與效果(2)探究模擬各種不同生物策略的降溫保鮮效果表現與(3)實際應用—探究透過模擬比對各種生物策略的效果，設計需要低溫保存的食品容納盒及袋子，研究其降溫保鮮效果表現。藉此，我們希望透過此次的研究將仿生科技保溫保鮮應用在生活當中。

二、研究目的與研究問題

(一)研究目的

1. 探討各種不同生物散熱降溫策略與效果
2. 探究模擬各種不同生物策略的降溫保鮮效果表現
3. 探究透過模擬比對各種生物策略的效果，設計需要低溫保存的食品容納盒與保溫袋之降溫保鮮效果表現

(二)研究問題

1. 各種不同生物散熱降溫策略與效果為何？

1-1 模擬斑馬黑白條紋的散熱降溫策略效果為何？

1-2 模擬銀蟻毛髮反光的散熱降溫策略效果為何？

1-3 模擬蝴蝶翅脈的散熱降溫策略效果為何？

2. 模擬各種不同生物策略的降溫保鮮效果表現為何？

2-1 採用斑馬黑白條紋散熱策略的食物降溫保鮮效果為何？

2-2 採用銀蟻毛髮反光散熱策略的食物降溫保鮮效果為何？

2-3 採用蝴蝶翅膀散熱策略的食物降溫保鮮效果為何？

3. 模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品容納盒與保溫袋之降溫保鮮效果表現為何？

3-1 模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品容納盒之降溫保鮮效果表現為何？

3-2 模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品保溫袋之降溫保鮮效果表現為何？

三、文獻討論與原理說明

(一) 仿生科技的散熱應用

1. 銀蟻✎及其散熱原理——猶如鏡子可反光的三角形體毛

撒哈拉沙漠銀蟻可在攝氏 70 度以上的沙漠中生存，主要因為身上有類似稜鏡的三角形體毛的獨特的抗熱秘方，可反射大部分的陽光，同時放射紅外光，達到降溫的功效。撒哈拉沙漠銀蟻身上長滿銀色體毛，毛髮橫切面成三角形，猶如鏡子一般可以反光，減低身體吸收的日照，達到降溫的效果。科學家仔細研究發現，這種橫切面為三角形的毛同時具有兩種功能：1. 把炙熱陽光反射掉，2. 引導體內的熱往外散出，撒哈拉銀蟻除了行動飛快、足以避免腳被地面燙熟外，還身披反光散熱服，難怪可以在別的生物都躲起來的大白天外出覓食。



圖 2：銀蟻散熱示意圖
(圖源：參考資料 6)

科學家用掃描式電子顯微鏡仔細觀察了非洲銀蟻的毛髮。他們發現這些銀色的毛髮截面為三角形，接近身體的一面比較平滑，而另外兩面則呈現皺摺狀，這些毛髮就像是小稜鏡一樣，可以把這些入射光以全反射的方式全部反射掉。換句話說，非洲銀蟻的表面就像一面鏡子一樣，可以反射掉絕大多數的陽光，所以不會提昇自己的溫度。科學家透過實驗比較去毛與未去毛的銀蟻，發現未去毛的個體對光的反射效果高出十倍，並且體溫平均低 2°C。此外，電腦模擬顯示，若銀蟻的毛髮為圓柱形，反射效果會大幅降低，使其難以適應沙漠環境。因此，這種獨特的體毛結構是銀蟻耐高溫的關鍵。

2. 黑白斑馬及其散熱原理——黑白溫差導致空氣對流

斑馬的黑白條紋除了是其標誌性特徵，也可能在體溫調節中發揮重要作用。研究顯示，黑白條紋與熱輻射相互作用，產生溫差並促進空氣對流，有助於散熱：黑色條紋吸收較多太陽熱能，迅速升溫，形成局部熱空氣層。白色條紋反射大部分太陽輻射，保持較低表面溫度。這種溫差促使皮膚表面產生氣流循環，加快汗液蒸發，提高散熱效率。研究發現，在最熱的時段，黑色紋的溫度比白色紋高約 13°C ，進一步加強空氣對流作用。

此外，條紋的密度與寬度因亞種與環境而異。生活在炎熱地區的斑馬通常擁有更細密的條紋，以增強對流降溫效果。研究亦指出，斑馬皮膚可分泌「泡沫汗」，與黑色條紋吸熱升溫的特性相結合，在條紋交界處形成氣旋，提高降溫效果。因此，黑白條紋可能透過熱輻射與空氣對流的交互作用，幫助斑馬適應高溫環境。



圖 3：黑白條紋散熱示意圖
(圖源：參考資料 4)

3. 蝴蝶翅脈及其散熱原理

蝴蝶的翅脈不僅支撐翅膀，還具有散熱功能，幫助調節體溫。翅脈內含「血淋巴」，類似於動物的血液，能將身體熱量傳遞至翅膀，並散發到空氣中。飛行時，蝴蝶胸部因翅膀拍動而升溫，翅脈則將熱量導向翅膀邊緣，加速降溫。研究發現，翅脈越密集，散熱效果越佳，而翅脈較少的蝴蝶則能保留熱量，以適應寒冷環境。翅膀顏色亦影響散熱：深色翅膀吸熱較多，而淺色翅膀則能反射熱量。蝴蝶可透過翅脈調節熱量傳導，避免過熱。此外，蝴蝶會根據氣溫改變翅膀姿勢，例如在炎熱時展開翅膀以加速散熱，在寒冷時收攏翅膀以減少熱量流失。翅脈的結構類似「散熱器」，由中央環形主脈向外延伸至邊緣支脈，使熱量快速傳遞，保持體溫穩定。仿生研究發現，翅脈的流道冷卻機制可應用於散熱與保鮮技術，提供更均勻的溫度分布與高效熱傳導能力。

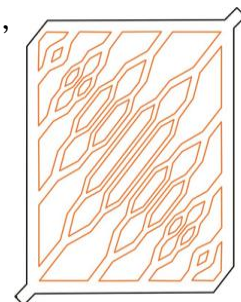


圖 4：蝶翅仿生流道
(圖源：參考資料 5)

(二)散熱降溫與食物保鮮

我們日常使用冰箱來保存食物，主要是透過降溫減緩細菌與微生物的活動，防止食物變質。細菌在低溫環境下活動減緩，甚至停止繁殖，使食物能保存更久。降溫保鮮的優勢包括：延長保存期限：減少食物腐敗，降低浪費。保持新鮮與營養：減少細菌分解，維持食物的顏色、味道與營養價值。提升運輸便利性：低溫保存可確保生鮮食品在運輸過程中不變質。

散熱是物體將熱量從內部傳遞至外部的過程，當食物處於高溫環境時，微生物活躍，導致腐敗速度加快。因此，控制溫度是保鮮的關鍵，有效減少細菌的生長，從而保持食物的新鮮。散熱在食物保鮮過程中扮演著重要角色，確保它們的溫度穩定，使食物保持較長時間的新鮮，延長食物的保質期。

貳、研究設備及器材

(一)實驗器具：量筒、燒杯、攪拌棒、塑膠盤、保溫盒、保溫袋、熱源(陽光與燈源)、
熱融膠槍、雙面膠、魔鬼氈、AB 膠

量筒	燒杯	攪拌棒	陽光	燈源
				
塑膠盤	保溫/保鮮盒	保溫袋	熱融膠槍、雙面膠	魔鬼氈
				
模擬斑馬黑白線條散熱		模擬銀蟻的反光體毛散熱		
木塊	壓克力顏料(黑、白)	鏡面紙	平口冰棒棍/木片	
				
模擬蝴蝶的翅脈散熱				
不鏽鋼吸管	切割器/鋸子	打磨器	冰水	AB 膠
				
測試材料				
飲料	布丁	茶凍	愛玉	
				

(二) 數據紀錄與分析工具：i-pad (拍攝)、溫度計、計算機。

i-pad	食物溫度計	環境溫度計	計算機
			

參、研究過程與方法

一、研究架構

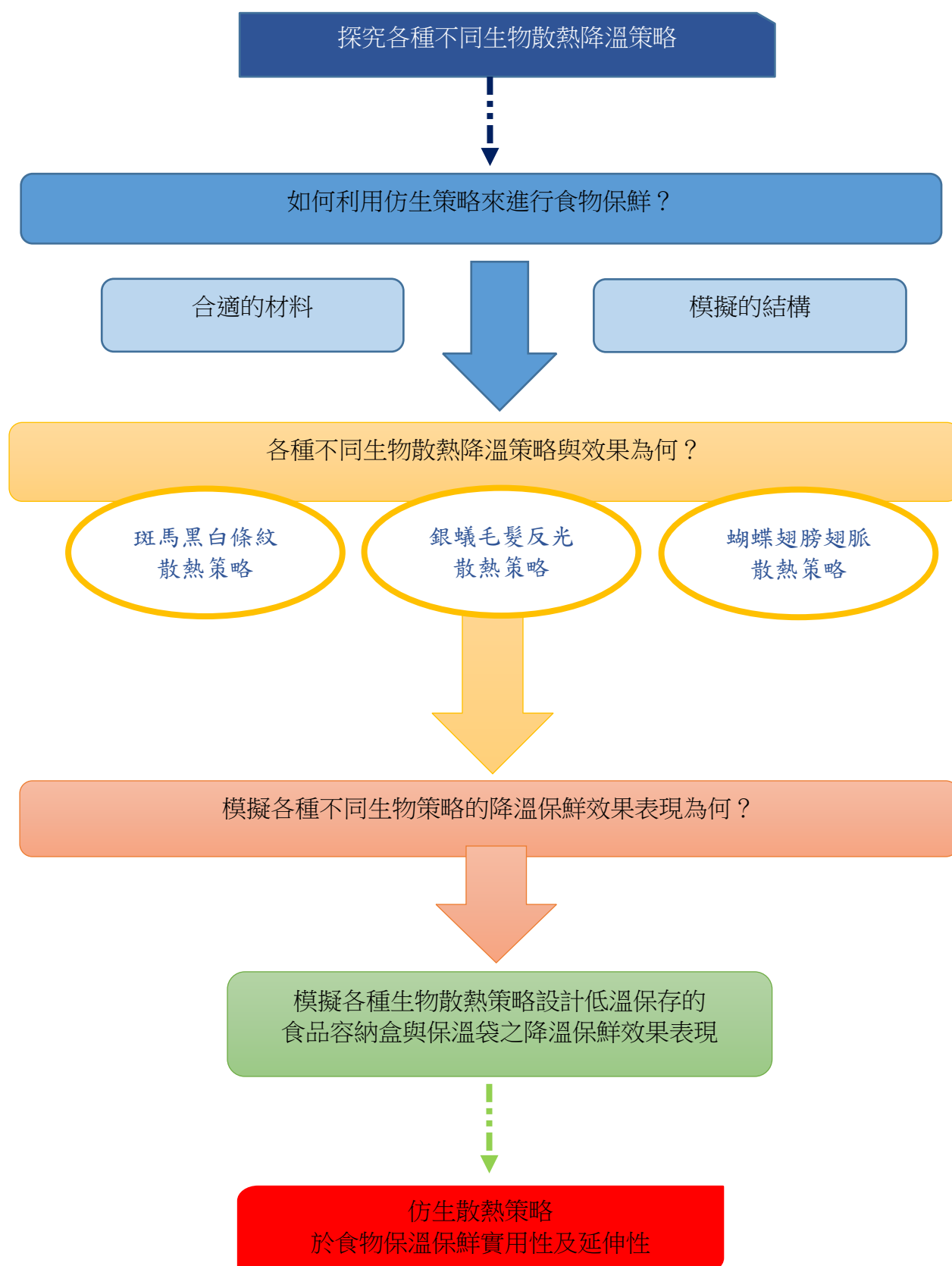


圖 3：研究架構圖

二、研究過程

☞ 實驗一 探討各種不同生物散熱降溫策略與效果

1. 探討斑馬黑白條紋散熱降溫策略

- (1) 用黑白壓克力顏料塗木塊，放在塑膠板上作為實驗組，另一個無木塊的塑膠板為對照組。
- (2) 測量對照組與實驗組起始溫度。
- (3) 在燈源下照射 30 分鐘，測量溫度變化並記錄結果，分析黑白條紋的散熱效果。



圖 4：斑馬黑白條紋散熱實驗圖

2. 探討銀蟻毛髮反光散熱降溫策略

- (1) 製作銀蟻毛髮結構（將木製三角柱貼上鏡面紙），放置於塑膠板上作為實驗組，另一個塑膠板為對照組。
- (2) 測量兩組的起始溫度。
- (3) 在燈源下照射 30 分鐘，測量溫度變化並記錄結果，分析銀蟻毛髮的反光降溫效果。



圖 5：銀蟻毛髮反光散熱實驗圖(自拍)

3. 探討蝴蝶翅膀翅脈散熱降溫策略

- (1) 用不鏽鋼吸管模擬蝴蝶翅脈結構，黏合後放置於塑膠板上作為實驗組，另一個塑膠板為對照組。
- (2) 測量兩組的起始溫度。
- (3) 在燈源下照射 30 分鐘，測量溫度變化並記錄結果，分析翅脈結構的散熱效果。

☞ 實驗二 探究模擬各種不同生物策略的降溫保鮮效果表現

1. 模擬斑馬黑白條紋散熱策略實驗過程：

- (1) 用黑白壓克力顏料塗木塊，並黏貼於保鮮盒外層作為實驗組，另一個普通保鮮盒為對照組。
- (2) 在在兩組保鮮盒中倒入 100 毫升飲料，放置於陽光下。
- (3) 測量一個小時的溫度改變：每隔 10 分鐘測量一次室溫以及兩個保鮮盒的盒外溫度和盒內溫度(飲料)。
- (4) 測量一天(8 小時)溫度改變：每隔一小時測量一次室溫以及盒外溫度和盒內溫度(飲料)。
- (5) 測量完，紀錄實驗結果，計算出實驗組和對照組測量出的數據的差距，比較黑白條紋散熱保鮮的效果差異。



圖 6：模擬斑馬黑白條紋散熱策略實驗圖(自拍)

2. 模擬銀蟻毛髮反光散熱策略實驗過程：

- (1) 將木條切成三角柱，貼上鏡面紙後固定於保鮮盒外層作為實驗組，另一個普通保鮮盒為對照組。



圖 7：模擬銀蟻毛髮反光散熱結構圖(自拍)

- (2) 在兩組保鮮盒中倒入 100 毫升飲料，放置於陽光下。
- (3) 測量一個小時的溫度改變：每隔 10 分鐘測量一次室溫以及兩個保鮮盒的盒外溫度和盒內溫度(飲料)。
- (4) 測量一天(8 小時)溫度改變：每隔一小時測量一次室溫以及盒外溫度和盒內溫度(飲料)。
- (5) 測量完，紀錄實驗結果，計算出實驗組和對照組測量出的數據的差距，比較銀蟻毛髮反光散熱保鮮的效果差異。

3. 模擬蝴蝶翅脈散熱策略實驗過程：

- (1) 將不鏽鋼吸管切短並排列成翅脈結構，黏合後放入保鮮盒底部，並加入 100 毫升冰水作為實驗組，另一個普通保鮮盒為對照組。
- (2) 在兩組保鮮盒中倒入 100 毫升飲料，放置於陽光下。
- (3) 測量一個小時的溫度改變：每隔 10 分鐘測量一次室溫以及兩個保鮮盒的盒外溫度和盒內溫度(飲料)。
- (4) 測量一天(8 小時)溫度改變：每隔一小時測量一次室溫以及盒外溫度和盒內溫度(飲料)。
- (5) 測量完，紀錄實驗結果，計算出實驗組和對照組測量出的數據的差距，比較蝴蝶翅脈散熱保鮮的效果差異。



圖 8：模擬蝴蝶翅脈散熱策略實驗圖(自拍)

☞ 實驗三模擬各種生物策略設計需要低溫保存的食品容納盒與保溫袋之降溫保鮮效果表現

保溫盒的設計靈感來自仿生結構，透過銀蟻、斑馬和蝴蝶的特性提升盒體的散熱與保鮮效能。側邊參考撒哈拉銀蟻微結構，設置三角柱以反射陽光並降低熱吸收。前後長邊採黑白木塊循環設計，黑色吸熱、白色反射，形成冷熱對流，促進內部溫度調節。底部則借鑑蝴蝶翅脈結構，引導熱能至特定區域，加速散熱，確保盒內溫度穩定並減少能源消耗。

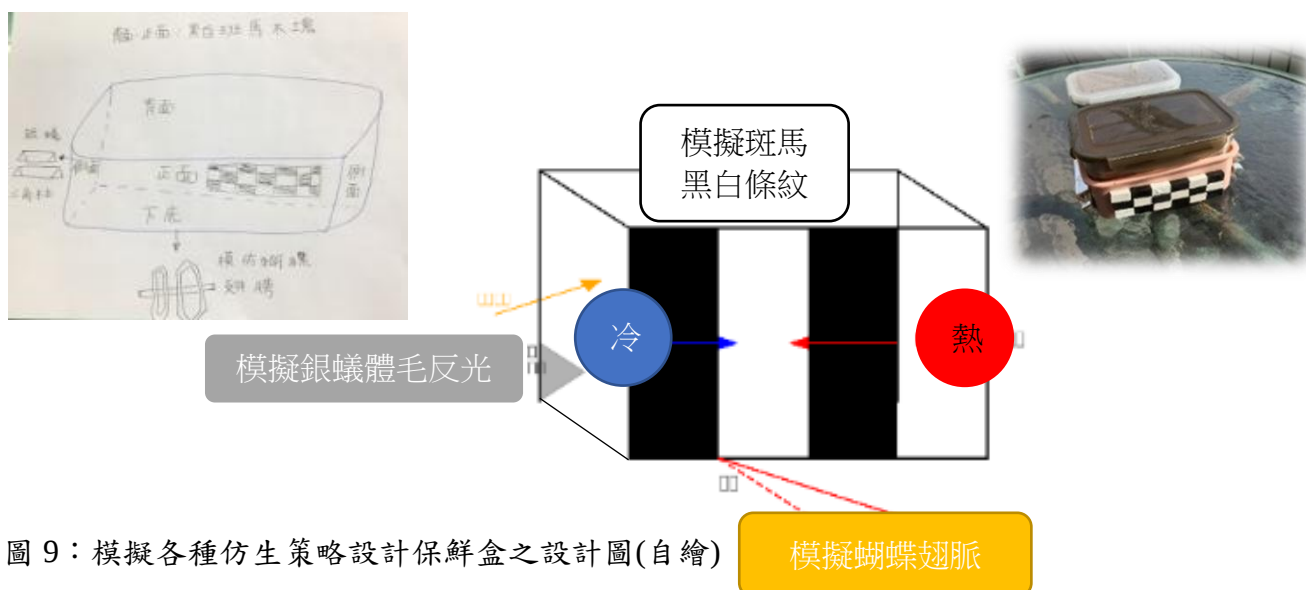


圖 9：模擬各種仿生策略設計保鮮盒之設計圖(自繪)

保溫袋設計結合銀蟻、斑馬與蝴蝶的仿生機制。外層銀蟻三角柱可高效反射陽光，將光線導向內部黑白木塊區域，增強冷熱循環。黑白木塊透過黑色吸熱、白色反射的特性，形成冷熱對流，穩定內部溫度並減少熱量流失。內部則運用仿生蝴蝶翅脈結構，引導並散出熱氣，防止局部過熱，確保溫度均衡，提升保溫效果。

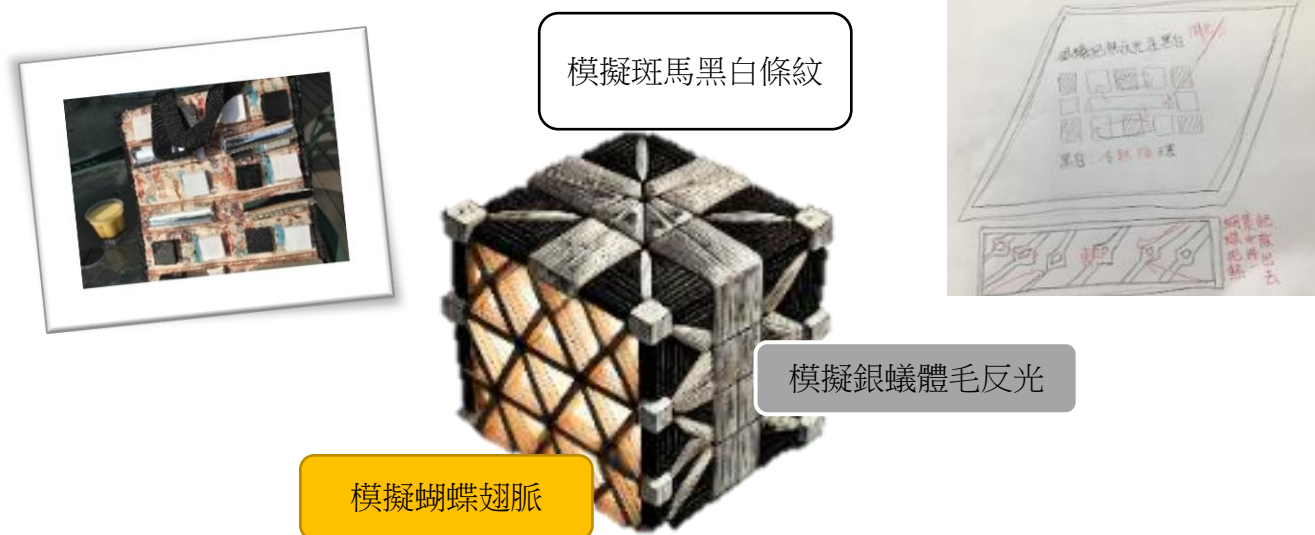


圖 10：模擬各種仿生策略設計保溫袋之設計圖(自繪)

1. 模擬各種生物策略設計需要低溫保存的食品容納盒降溫保鮮效果表現

- (1) 將上述實驗製作的黑白木塊與銀蟻三角柱規律的貼在保鮮盒外側上，而蝴蝶的翅膀構造放在盒子底部，作為實驗組。另外準備一個一模一樣的保鮮盒為對照組。
- (2) 分別測量一個小時的溫度改變：每隔 10 分鐘測量一次室溫以及兩個保鮮盒的盒外溫度和盒內溫度(飲料)。以及測量一天(8 小時)的溫度改變：每隔一小時測量一次室溫以及兩個保鮮盒的盒外溫度和盒內溫度(飲料)。
- (3) 測量完，紀錄實驗結果，計算出實驗組和對照組測量出的數據的差距，比較散熱保鮮的效果差異。

2. 模擬各種生物策略設計需要低溫保存的食品保溫袋之降溫保鮮效果表現

- (1) 將上述實驗製作的黑白木塊與銀蟻三角柱貼上魔鬼氈，規律的貼在保鮮盒外側上，而蝴蝶的翅膀構造放在袋子底部，作為實驗組。
- (2) 準備同樣的保鮮食材，一個放置於室外，一個放置於一般保溫袋，另一個則放置於仿生散熱的保溫袋。
- (3) 然後放在太陽下之後每隔 10 分測一次，共計 1 小時，測完後比較兩者間的數據差異，之後整理出相差值和統計表。

肆、研究結果與討論

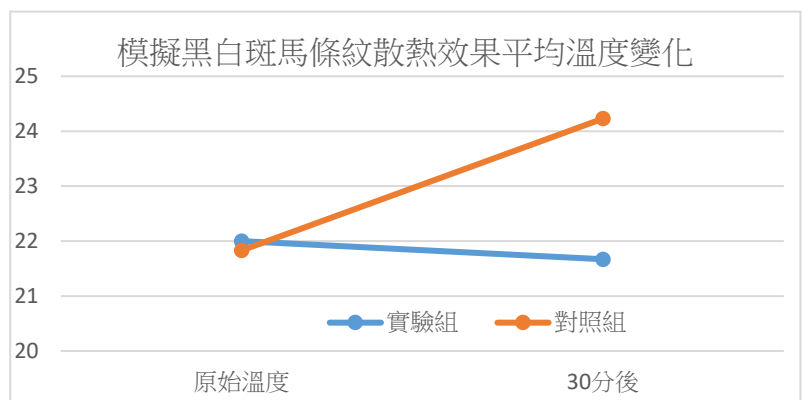
一、實驗一 探討各種不同生物散熱降溫策略與效果

(一) 模擬黑白斑馬條紋散熱效果

表 4-1-1 模擬黑白斑馬條紋散熱實驗結果

次數 \ 溫度	實驗組			對照組		
	原始溫度	30 分後	溫度變化	原始溫度	30 分後	溫度變化
第一次	21.1	20.8	-0.3	21.5	21.8	0.3
第二次	21.2	21.3	0.1	21.2	27.2	6
第三次	23.7	22.9	-0.8	22.8	23.7	0.9
平均	22	21.67	-0.33	21.83	24.23	2.4

我們透過三次實驗探討黑白斑馬紋路的散熱降溫效果，並與對照組比較。結果顯示，實驗組的溫度變化較小，甚至部分實驗出現降溫，而對照組普遍升溫。例如，實驗組在第三次實驗中，溫度從 23.7°C 降至 22.9°C (-0.8°C)，而對照組則從 22.8°C 上升至 23.7°C (+0.9°C)。整體而言，實驗組平均溫度從 22°C 降至 21.67°C (-0.33°C)，對照組則從 21.83°C 升至 24.23°C (+2.4°C)。這顯示黑白條紋可能有助於反射陽光並促進空氣流動，從而提升散熱效果。

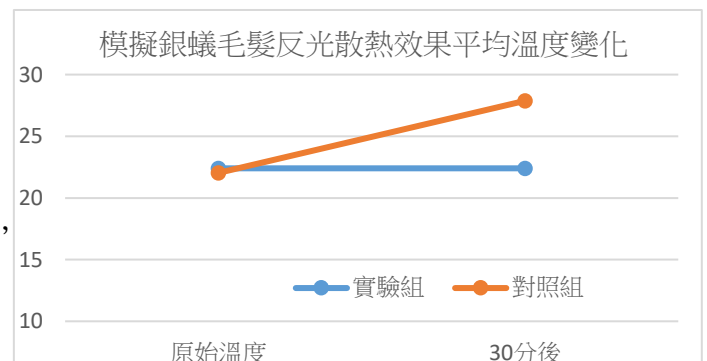


(二) 模擬銀蟻毛髮反光散熱效果

表 4-1-2 模擬銀蟻毛髮散熱實驗結果

次數 \ 溫度	實驗組			對照組		
	原始溫度	30 分後	溫度變化	原始溫度	30 分後	溫度變化
第一次	21.2	22.4	1.2	21.2	30.6	9.4
第二次	22.3	21.5	-0.8	21.9	29.6	7.7
第三次	23.7	23.3	-0.4	23	23.4	0.4
平均	22.4	22.40	0.00	22.03	27.87	5.8

我們透過三次實驗探討銀蟻體毛的散熱降溫效果，並與對照組比較。結果顯示，實驗組的溫度變化較小，甚至部分實驗出現降溫，而對照組則大幅升溫。例如，第一次實驗中，實驗組溫度上升 1.2°C，而對照組上升 9.4°C。整體而言，實驗組平均溫度維持在 22.4°C (變化 0°C)，而對照組則從 22.03°C 升至 27.87°C (+5.8°C)。雖然在第一次實驗中溫度略微上升，但其他兩次實驗都出現了降溫現象。實驗組的平均溫度保持不變，而對照組卻大幅升溫，這顯示模擬銀蟻體毛的反光結構可能有效降低熱能吸收，提升散熱效果。

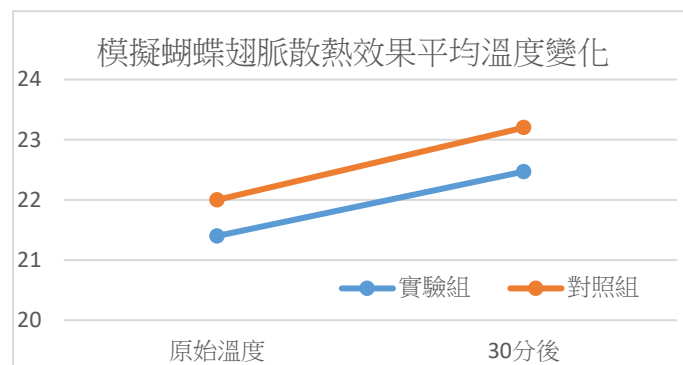


(三) 模擬蝴蝶翅脈散熱效果

表 4-1-3 模擬蝴蝶翅脈散熱散熱實驗結果

溫度 次數	實驗組			對照組		
	原始溫度	30 分後	溫度變化	原始溫度	30 分後	溫度變化
第一次	21.1	23.1	2	22.9	22.9	0
第二次	22.1	22	-0.1	22.1	23.3	1.2
第三次	21	22.3	1.3	21	23.4	2.4
平均	21.4	22.47	1.07	22.00	23.20	1.2

我們透過三次實驗探討蝴蝶翅脈在溫度變化中的作用，並與對照組比較。結果顯示，雖然實驗組溫度大多上升，但升幅普遍小於對照組，且第二次實驗甚至出現降溫現象（-0.1℃）。整體而言，實驗組平均溫度從 21.4℃ 上升至 22.47℃（+1.07℃），對照組則從 22℃ 上升至 23.2℃（+1.2℃）。這顯示蝴蝶翅脈可能具備一定的散熱效果，幫助調節溫度。



二、實驗二 探究模擬各種不同生物策略的降溫保鮮效果表現

我們選定了黑白斑馬、銀蟻體毛反光與蝴蝶翅脈的散熱策略來進行食物保溫保鮮實驗，分別檢測一個小時與一整天觀察其溫度改變，首先檢視與室溫的差距效果，再進行同樣時間點溫度改變的情況比較。

(一) 黑白斑馬條紋散熱保鮮效果實驗

1. 一個小時黑白斑馬條紋散熱仿生保鮮盒的保鮮效果

這次實驗測試了黑白斑馬條紋對飲料的散熱保鮮效果，觀察一個小時內不同時間點的溫度變化。將兩瓶相同的飲料分別放入黑白斑馬條紋保鮮盒與一般保鮮盒內，每 10 分鐘測量室溫、盒內外溫度，以及飲料內部溫度，共記錄 60 分鐘。觀察兩組的溫度變化，判斷哪一組的保鮮效果較好。

表 4-2-1 一個小時黑白斑馬條紋散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 113.12.6，保鮮食物：茶裏王

時間	室溫	實驗組						對照組					
		盒外			盒內			盒外			盒內		
		溫度	室溫差距	溫度變化	內溫 (飲料)	室溫差距	溫度變化	溫度	室溫差距	溫度變化	內溫 (飲料)	室溫差距	溫度變化
原本溫度	25	25.3	0.3	0	9.6	-15.4	0	25.2	0.2	0	10.6	-14.4	0
10 分後	24.3	24.5	0.2	-0.8	14.7	-9.6	5.1	22.6	-1.7	-2.6	14.4	-9.9	3.8
20 分後	24.9	37	12.1	12.5	17.3	-7.6	2.6	35.2	10.3	12.6	17.9	-7	3.5
30 分後	27	37.9	10.9	0.9	20.3	-6.7	3	35.6	8.6	0.4	20.7	-6.3	2.8
40 分後	27.7	37.8	10.1	-0.1	23.9	-3.8	3.6	35.8	8.1	0.2	25	-2.7	4.3
50 分後	26.9	36.8	9.9	-1	25.5	-1.4	1.6	34.3	7.4	-1.5	27.1	0.2	2.1
60 分後	26.6	37	10.4	0.2	26.3	-0.3	0.8	37.4	10.8	3.1	29.4	2.8	2.3
整體變化	1.6	11.7			16.7			12.2			18.8		

結果發現：10 分鐘後盒內飲料的溫度開始快速上升，實驗組盒內上升 5.1℃，對照組盒內上升 3.8℃。盒外飲料出現降溫現象，實驗組盒外降 0.8℃，對照組盒外降 2.6℃，可能

與空氣對流相關。30 分鐘後的變化現象，盒外飲料急劇升溫，實驗組盒外升 10.9°C，對照組盒外升 8.6°C。盒內飲料相對穩定，實驗組盒內上升 3°C，對照組盒內上升 2.8°C。經過 60 分鐘，實驗組盒內飲料升溫 16.7°C，對照組升溫 18.8°C。盒外溫度，實驗組升 11.7°C，對照組升 12.2°C。從上述研究結果可知，在前 10 至 30 分鐘內，盒外飲料溫度急劇上升，可能與環境空氣對流及日照影響有關。盒內飲料的升溫幅度明顯小於盒外，顯示保鮮盒能有效減緩熱量傳導。經過一個小時的施測，可知模擬斑馬黑白條紋散熱能減緩盒外溫度的上升，盒內溫度也能上升比較少，有較佳的保溫保鮮效果。

表 4-2-2 一個小時黑白斑馬條紋散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 113.12.9，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組						對照組					
		盒外			盒內			盒外			盒內		
		溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化	溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化
原本溫度	25.5	22	-3.5	0	7.8	-17.7	0	22.1	-3.4	0	7.4	-18.1	0
10 分後	26.1	25	-1.1	3	15.2	-10.9	7.4	24	-2.1	1.9	14.9	-11.2	7.5
20 分後	25.3	23.3	-2	-1.7	18.4	-6.9	3.2	23.9	-1.4	-0.1	18.5	-6.8	3.6
30 分後	24.7	25.1	0.4	1.8	21.5	-3.2	3.1	25.3	0.6	1.4	21	-3.7	2.5
40 分後	25.7	25.3	-0.4	0.2	23.2	-2.5	1.7	26.3	0.6	1	23.6	-2.1	2.6
50 分後	27.2	26.5	-0.7	1.2	23.4	-3.8	0.2	27.1	-0.1	0.8	24.7	-2.5	1.1
60 分後	27.3	26.8	-0.5	0.3	23.5	-3.8	0.1	27.4	0.1	0.3	25.3	-2	0.6
整體變化	1.8	4.8			15.7			5.3			17.9		

結果發現：經過一個小時的施測，實驗組盒外溫度從 22°C 上升至 26.8°C，而對照組則從 22.1°C 上升至 27.4°C，整體實驗組盒外溫度上升了 4.8°C，對照組上升了 5.3°C，顯示實驗組的盒外溫度上升較少；盒內溫度部分，實驗組從 7.8°C 上升至 23.5°C，對照組則是從 7.4°C 上升至 25.3°C，經過一小時，實驗組的盒內溫度上升 15.7°C，對照組則上升了 17.9°C，實驗組的盒內溫度上升較少，雖然兩組的麥茶溫度都逐漸升高，但實驗組的溫度上升幅度比對照組稍微小一點，顯示保溫盒可以減少外界環境對飲料的影響。此外，隨著時間增加，無論是盒內還是盒外的溫度都慢慢接近室溫，說明保溫效果不是絕對的，還是會受到環境影響。可知模擬斑馬黑白條紋能減緩盒外溫度的上升，盒內溫度也上升較少，可以延緩飲料溫度變化，有較佳的保溫保鮮效果，但不能完全阻止溫度上升或下降。

表 4-2-3 一個小時黑白斑馬條紋散熱保鮮第三次實驗結果

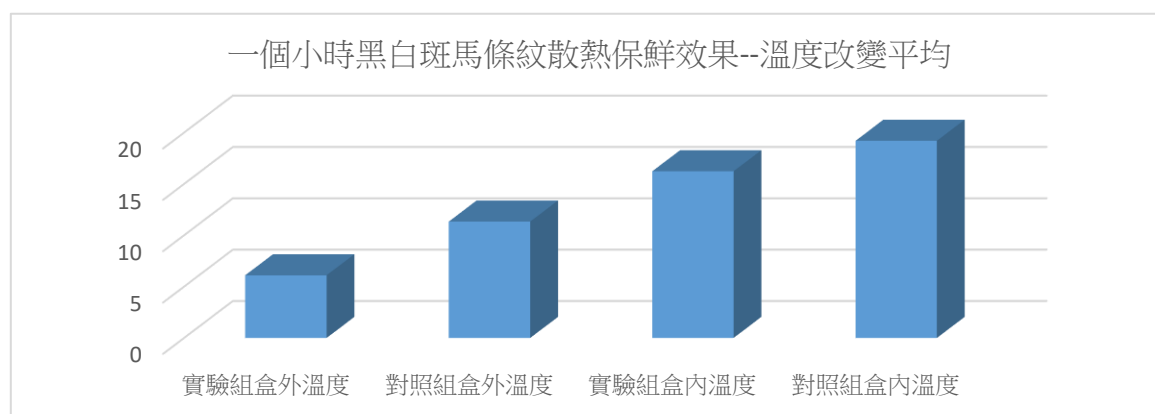
第三次實驗檢測：日期 113.12.12，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組						對照組					
		盒外			盒內			盒外			盒內		
		溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化	溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化
原本溫度	18.2	22	3.8	0	8.5	-9.7	0	24.2	6	0	8.6	-9.6	0
10 分後	18.2	22.1	3.9	0.1	14.2	-4	5.7	24.6	6.4	0.4	16.8	-1.4	8.2
20 分後	18.1	22.2	4.1	0.1	15.4	-2.7	1.2	25.2	7.1	0.6	18.6	0.5	1.8
30 分後	18.2	22.6	4.4	0.4	18.3	0.1	2.9	25.5	7.3	0.3	20.4	2.2	1.8
40 分後	18.2	23	4.8	0.4	20.8	2.6	2.5	26.1	7.9	0.6	22.8	4.6	2.4
50 分後	18.3	23.2	4.9	0.2	20.5	2.2	-0.3	30.4	12.1	4.3	22.8	4.5	0
60 分後	18.2	23.8	5.6	0.6	24.8	6.6	4.3	40.7	22.5	10.3	29.5	11.3	6.7
整體變化	0	1.8			16.3			16.5			20.9		

結果發現：前 30 分鐘兩組溫度變化不大，但 60 分鐘後，對照組飲料溫度明顯上升，顯示保溫盒能有效延緩溫度變化，長時間存放效果更佳。經過一個小時的施測，實驗組盒外溫度從 22°C 上升至 23.8°C，整體上升了 1.8°C，而對照組則從 24.2°C 上升至 40.7°C，上升 16.5°C，顯示實驗組的盒外溫度上升較少，有較佳的散熱效果；盒內溫度部分，實驗組從 8.5°C 上升至 24.8°C，上升了 16.3°C，對照組則是從 8.6°C 上升至 29.5°C，上升了 20.9°C，實驗組的盒內溫度上升較少，有較佳的散熱保溫及保鮮的效果。可知模擬斑馬黑白條紋散熱能減緩盒外溫度的上升，盒內溫度也能上升比較少，有較佳的保溫保鮮效果，可以有效減少飲料溫度的快速變化，讓飲料的溫度維持較長時間，不會受到環境影響而快速升溫或降溫。

一個小時黑白斑馬條紋散熱仿生保鮮盒的保鮮效果統整比較

表 4-2-4 一個小時黑白斑馬條紋散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	11.7	16.7	12.2	18.8
第二次	4.8	15.7	5.3	17.9
第三次	1.8	16.3	16.5	20.9
平均	6.10	16.23	11.33	19.20



結果發現：(1)黑白斑馬條紋保溫盒有抑制溫度變化的效果：實驗組內部的飲料溫度變化平均為 16.23°C，比對照組的 19.20°C 低，表示保溫盒能有效減少溫度變化，延長飲料的保鮮效果。同時，實驗組盒外溫度的變化（6.10°C）比對照組（11.33°C）低，顯示保溫盒也能減少外界環境對內容物的影響。(2)對照組的飲料溫度變化較大：無保溫盒的對照組飲料溫度變化最大，平均達 19.20°C，顯示飲料更容易受環境影響，升溫或降溫較快。從上述結果可知，黑白斑馬條紋保溫盒能有效減少飲料溫度變化，延長溫度穩定時間，提升保鮮效果。

2.一整天(8 小時)黑白斑馬條紋散熱仿生保鮮盒的保鮮效果

這次實驗測試了黑白斑馬條紋對飲料的散熱保鮮效果，觀察一天(8 小時)內的溫度變化。將兩瓶相同的飲料分別放入黑白斑馬條紋保鮮盒與一般保鮮盒內，每小時測量室溫、盒內外溫度，以及飲料內部溫度，總共 8 小時。觀察兩組的溫度變化，判斷哪一組的保鮮效果較好。

表 4-2-5 整天黑白斑馬條紋散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 113.10.11，保鮮食物：果醋													
時間	室溫	實驗組						對照組					
		盒外			盒內			盒外			盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	28.5	27.3	-1.2	0	16.1	-12.4	0	26.3	-2.2	0	15	-13.5	0
1 小時後	26	31.6	5.6	4.3	31.9	5.9	15.8	33.5	7.5	7.2	31.7	5.7	16.7
2 小時後	29.8	35.6	5.8	4	36.2	6.4	4.3	35.5	5.7	2	36.1	6.3	4.4
3 小時後	33.7	36.7	3	1.1	37.9	4.2	1.7	36.6	2.9	1.1	37.8	4.1	1.7
4 小時後	28	37	9	0.3	37.4	9.4	-0.5	36.8	8.8	0.2	37.1	9.1	-0.7
5 小時後	26.7	29.5	2.8	-7.5	32.2	5.5	-5.2	29.7	3	-7.1	31.6	4.9	-5.5
6 小時後	26	30	4	0.5	32	6	-0.2	30	4	0.3	33	7	1.4
7 小時後	27	30.6	3.6	0.6	32.5	5.5	0.5	30.8	3.8	0.8	34.2	7.2	1.2
8 小時後	27.4	30.8	3.4	0.2	32.7	5.3	0.2	31.8	4.4	1	35.4	8	1.2
整體變化	-1.1	3.5			16.6			5.5			20.4		
初溫與最高溫差距		9.7			21.8			10.5			22.8		

實驗結果顯示，黑白斑馬條紋保溫盒能減少果醋的溫度變化。實驗組溫度從 16.1°C 上升至 32.7°C，變化 16.6°C，對照組則從 15°C 上升至 35.4°C，變化 20.4°C，顯示對照組飲料更易受環境影響。前 3 小時內，果醋溫度快速上升，顯示環境影響較大。4 小時後，溫度趨於穩定，變化減小，可能因飲料逐漸接近室溫。對照組在 1 小時內上升 16.7°C，實驗組上升 15.8°C，顯示保溫盒能減緩溫度變化。8 小時後，實驗組飲料溫度比對照組低約 2.7°C，顯示黑白斑馬條紋可降低吸熱速度，提升保鮮效果。盒外溫度方面，實驗組從 27.3°C 升至 30.8°C，對照組從 26.3°C 升至 31.8°C，分別上升 3.5°C 與 5.5°C，顯示實驗組散熱效果較佳。綜合而言，黑白斑馬條紋設計能有效減緩飲料溫度變化，提升保鮮與散熱效果，具保鮮設計潛力。

表 4-2-6 整天黑白斑馬條紋散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 113.10.25，保鮮食物：菊花茶													
時間	室溫	實驗組						對照組					
		盒外			盒內			盒外			盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	28	30.8	2.8	0	17.7	-10.3	0	29.3	1.3	0	18.1	-9.9	0
1 小時後	28.3	31	2.7	0.2	21.9	-6.4	4.2	29.7	1.4	0.4	22	-6.3	3.9
2 小時後	28.5	30.4	1.9	-0.6	29.4	0.9	7.5	30.1	1.6	0.4	29.2	0.7	7.2
3 小時後	29.4	30.6	1.2	0.2	30.8	1.4	1.4	30.2	0.8	0.1	30.6	1.2	1.4
4 小時後	35.2	36.1	0.9	5.5	35	-0.2	4.2	36.9	1.7	6.7	35.5	0.3	4.9
5 小時後	32.1	31.8	-0.3	-4.3	28.5	-3.6	-6.5	31.8	-0.3	-5.1	29	-3.1	-6.5
6 小時後	33	32.5	-0.5	0.7	28.7	-4.3	0.2	32.5	-0.5	0.7	30	-3	1
7 小時後	33.7	33.3	-0.4	0.8	34.9	1.2	6.2	33.3	-0.4	0.8	34.9	1.2	4.9
8 小時後	32.1	33.5	1.4	0.2	34.4	2.3	-0.5	33.9	1.8	0.6	36.5	4.4	1.6
整體變化	4.1	2.7			16.7			4.6			18.4		
初溫與最高溫差距		5.3			17.3			7.6			18.4		

實驗結果顯示，黑白斑馬條紋保溫盒能有效減緩飲料溫度變化。經過一小時，實驗組盒內溫度上升 16.7°C，較對照組的 18.4°C 低，證實保溫盒對飲料的保鮮與減緩飲料溫度變化有顯著效果。與最高溫的差距也顯示類似趨勢，說明對照組飲料溫度較易受環境影響而變化較大。前 3 小時內溫度上升顯著，4 小時後達最高點，5 小時後開始下降，對照組溫差比實驗組高 1.7°C，顯示保溫盒能穩定溫度變化。盒外溫度方面，實驗組升幅 2.7°C，對照組 4.6°C，顯示保溫盒具較佳散熱效果。整體而言，黑白斑馬條紋設計可提升飲料保鮮與環境耐受性。

表 4-2-7 整天黑白斑馬條紋散熱保鮮第三次實驗結果

第三次實驗檢測：日期 113.12.10，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組						對照組					
		盒外			盒內			盒外			盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	24.2	23.2	-1	0	17.4	-6.8	0	23.1	-1.1	0	17.4	-6.8	0
1 小時後	26.2	24.5	-1.7	1.3	18.2	-8	0.8	25.2	-1	2.1	24.6	-1.6	7.2
2 小時後	27.4	33.5	6.1	9	33.1	5.7	14.9	38.8	11.4	13.6	33.5	6.1	8.9
3 小時後	29.1	28.2	-0.9	-5.3	32.2	3.1	-0.9	37	7.9	-1.8	39.1	10	5.6
4 小時後	24.5	26.7	2.2	-1.5	28	3.5	-4.2	27.8	3.3	-9.2	29.6	5.1	-9.5
5 小時後	25.1	27.4	2.3	0.7	27.1	2	-0.9	27.6	2.5	-0.2	27.3	2.2	-2.3
6 小時後	20.4	22.7	2.3	-4.7	21.7	1.3	-5.4	23.8	3.4	-3.8	23.4	3	-3.9
7 小時後	20.8	27.5	6.7	4.8	27.4	6.6	5.7	27.6	6.8	3.8	27.5	6.7	4.1
8 小時後	21.2	27.8	6.6	0.3	27.6	6.4	0.2	28.6	7.4	1	28.5	7.3	1
整體變化	-3	4.6			10.2			5.5			11.1		
初溫與最高溫差距		10.3			15.7			15.7			21.7		

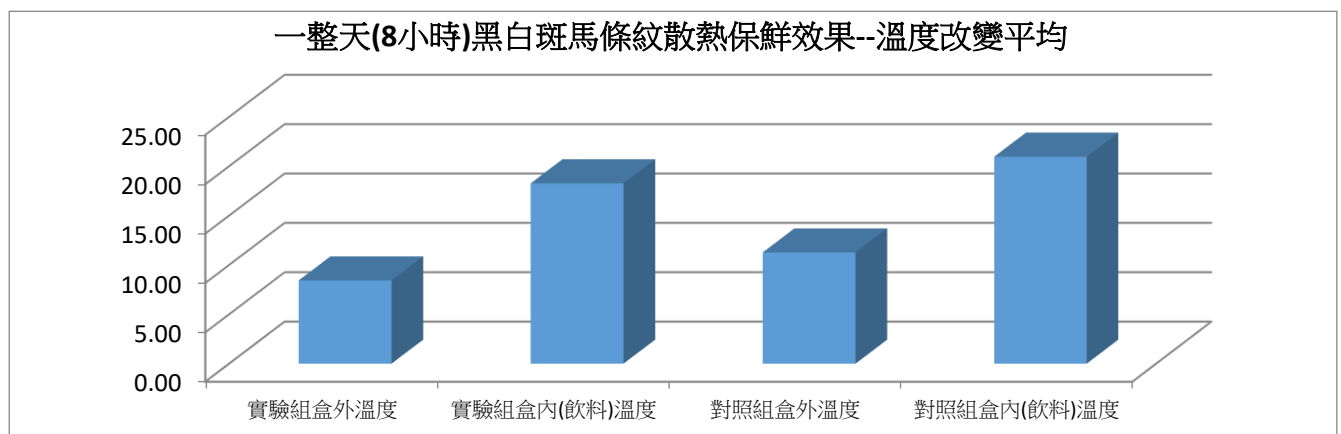
實驗結果顯示，黑白斑馬條紋保溫盒能有效減少麥茶溫度變化，提高穩定性。實驗組盒內溫度上升 10.2℃，較對照組的 11.1℃ 低，顯示較佳的散熱與保鮮效果。盒外溫度變化亦較小（實驗組 4.6℃，對照組 5.5℃），證明其能減緩環境影響。初溫與最高溫差，實驗組 15.7℃，對照組 21.7℃，進一步證實保溫盒的穩定作用。前 2 小時內飲料溫度快速上升，之後趨於穩定，顯示保溫盒對降溫速度有顯著影響，可維持飲料溫度較長時間。

📖 一整天(8 小時)黑白斑馬條紋散熱保鮮效果統整比較(最高溫變化幅度)

表 4-2-8 整天黑白斑馬條紋散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	9.7	21.8	10.5	22.8
第二次	5.3	17.3	7.6	18.4
第三次	10.3	15.7	15.7	21.7
平均	8.43	18.27	11.27	20.97

結果發現：從平均溫度變化來看，盒外溫度變化平均，實驗組為 8.43℃，對照組為 11.27℃，呈現實驗組的盒外溫度變化較小，顯示保溫盒減少了外部環境對內部溫度的影響。盒內飲料溫度變化平均，實驗組為 18.27℃，對照組為 20.97℃，對照組的飲料溫度變化較大，表示飲料的保溫效果較差。從上數據可知，實驗組的溫度變化比對照組小，證明保溫盒的有效性，黑白斑馬條紋保溫盒能有效減少盒內飲料的溫度變化，提升保鮮效果。



(二) 銀蟻散熱保鮮效果實驗

1. 一個小時銀蟻毛髮反光散熱仿生保鮮盒的保鮮效果

此次實驗測試了模擬銀蟻體毛反光對飲料的散熱保鮮效果，觀察一個小時內不同時間點的溫度變化。將相同的飲料分別放入銀蟻體毛反光保鮮盒與一般保鮮盒內，每 10 分鐘測量室溫、盒內外溫度及飲料溫度，共記錄 60 分鐘。觀察兩組溫度變化，判斷其保鮮效果。

表 4-2-9 一個小時銀蟻毛髮反光散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 113.10.15，保鮮食物：舒跑													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	28	27.3	-0.7	0	12.6	-15.4	0	26.2	-1.8	0	13.3	-14.7	0
10 分後	28	27.5	-0.5	0.2	13.5	-14.5	0.9	26.5	-1.5	0.3	14.2	-13.8	0.9
20 分後	27.6	27.4	-0.2	-0.1	17	-10.6	3.5	23.9	-3.7	-2.6	16.5	-11.1	2.3
30 分後	32.4	27.5	-4.9	0.1	18.8	-13.6	1.8	24.9	-7.5	1	18.6	-13.8	2.1
40 分後	27.6	25.2	-2.4	-2.3	19.7	-7.9	0.9	25.9	-1.7	1	19.9	-7.7	1.3
50 分後	33.7	27.9	-5.8	2.7	20.6	-13.1	0.9	25.5	-8.2	-0.4	21.2	-12.5	1.3
60 分後	30.1	27.4	-2.7	-0.5	20.9	-9.2	0.3	27.7	-2.4	2.2	23.2	-6.9	2
整體變化	2.1	0.1			8.3			1.5			9.9		

結果發現：實驗組的飲料溫度變化較小，從 12.6°C 上升至 20.9°C (8.3°C)，而對照組的飲料溫度變化較大，從 13.3°C 上升至 23.2°C (9.9°C)，表示銀蟻散熱盒確實能影響飲料的溫度變化。實驗組的盒外溫度從 27.3°C 上升至 27.4°C，上升了 0.1°C，而對照組則從 26.2°C 上升至 27.7°C，上升了 1.5°C，顯示實驗組的盒外溫度上升較少，代表銀蟻散熱盒有一定的影響，能夠調節飲料與外界溫度的交換速度，有較好的散熱。從上表研究結果可知模擬銀蟻散熱保鮮效果實驗能減緩盒外溫度上升，盒內溫度也能上升比較少，有較佳的保溫保鮮效果。

表 4-2-10 一個小時銀蟻毛髮反光散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 113.11.01，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	27.6	27.3	-0.3	0	12.1	-15.5	0	25.8	-1.8	0	11.8	-15.8	0
10 分後	28.2	27.8	-0.4	0.5	14.1	-14.1	2	26.3	-1.9	0.5	16.1	-12.1	4.3
20 分後	28.3	27.3	-1	-0.5	17.8	-10.5	3.7	24.6	-3.7	-1.7	18.6	-9.7	2.5
30 分後	27.4	27.2	-0.2	-0.1	19.9	-7.5	2.1	25.2	-2.2	0.6	19	-8.4	0.4
40 分後	28.3	27.1	-1.2	-0.1	20.4	-7.9	0.5	25.3	-3	0.1	20.4	-7.9	1.4
50 分後	26.5	27.2	0.7	0.1	21.9	-4.6	1.5	26.7	0.2	1.4	22.6	-3.9	2.2
60 分後	25.2	28.6	3.4	1.4	27.2	2	5.3	28.1	2.9	1.4	28.1	2.9	5.5
整體變化	-2.4	1.3			15.1			2.3			16.3		

結果發現：實驗組盒外溫度從 27.3°C 上升至 28.6°C，而對照組則從 25.8°C 上升至 28.1°C，整體實驗組盒外溫度上升了 1.3°C，對照組上升了 2.3°C；盒內飲料溫度部分，實驗組從 12.1°C 上升至 27.2°C，對照組則是從 11.8°C 上升至 28.1°C，實驗組的內部飲料溫度上升 15.1°C，對照組則上升 16.3°C，實驗組的盒內溫度變化較小，但仍然會逐漸上升，表示銀蟻散熱盒有一定溫度控制的保溫效果，說明銀蟻散熱盒影響了飲料的散熱速度。對照組的盒內溫度變化幅度較大，顯示飲料較快受到環境溫度影響。從上述可知，模擬銀蟻散熱保鮮效果實驗能減緩盒外與盒內溫度的上升，有較佳的保溫保鮮效果，雖然保鮮效果有限，但可略微減緩飲料升溫的速度。若想進一步提高保鮮效果，可能需要搭配其他方式來增強散熱功能！

表 4-2-11 一個小時銀蟻毛髮反光散熱保鮮第三次實驗結果

第三次實驗檢測：日期 113.11.22，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	27	26.8	-0.2	0	14.5	-12.5	0	24	-3	0	13	-14	0
10 分後	27.2	27.3	0.1	0.5	16	-11.2	1.5	24.5	-2.7	0.5	14.9	-12.3	1.9
20 分後	32.1	26	-6.1	-1.3	16.6	-15.5	0.6	23.9	-8.2	-0.6	16.9	-15.2	2
30 分後	26.3	25.6	-0.7	-0.4	18.6	-7.7	2	24.3	-2	0.4	17.5	-8.8	0.6
40 分後	27.5	26.1	-1.4	0.5	19.7	-7.8	1.1	24.9	-2.6	0.6	19.7	-7.8	2.2
50 分後	28.3	26	-2.3	-0.1	20.2	-8.1	0.5	24.8	-3.5	-0.1	19.8	-8.5	0.1
60 分後	28.2	26.3	-1.9	0.3	21.5	-6.7	1.3	25.6	-2.6	0.8	20.9	-7.3	1.1
整體變化	1.2	-0.5			7			1.6			7.9		

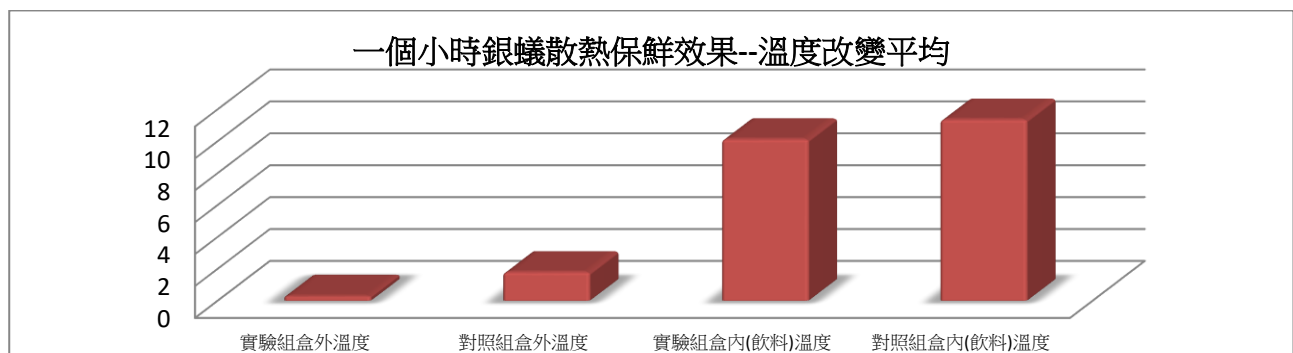
結果發現：實驗組飲料溫度從 14.2°C 上升至 28.2°C，對照組則是從 18.6°C 上升至 28.4°C，實驗組的內部飲料溫度上升 7°C，對照組的內部飲料溫度上升 7.9°C，實驗組的升溫速度較慢，顯示銀蟻散熱盒能略微減緩飲料溫度上升。實驗組的盒外溫度變化較小(-0.5°C)，從 26.8°C 下降至 26.3°C，顯示銀蟻散熱盒對內部環境的影響較穩定。對照組則從 24°C 上升至 25.6°C 的盒外溫度變化較大(1.6°C)，顯示其更容易受環境溫度影響。銀蟻散熱盒能減緩升溫速度，但最終飲料溫度仍接近環境溫度。從上列結果可發現，模擬銀蟻散熱保鮮效果實驗能減緩盒外溫度的上升，盒內溫度也能上升比較少，有較佳的保溫保鮮效果，銀蟻散熱盒對麥茶的散熱與保鮮效果有限，但仍能降低飲料升溫的速度。

一個小時銀蟻散熱保鮮效果統整比較

表 4-2-12 一個小時銀蟻毛髮反光散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	0.1	8.3	1.5	9.9
第二次	1.3	15.1	2.3	16.3
第三次	-0.5	7	1.6	7.9
平均	0.3	10.13	1.8	11.37

結果發現：實驗組平均盒外溫度變化：0.3°C，對照組平均盒外溫度變化：1.8°C。對照組的盒外溫度變化較大，顯示沒有銀蟻散熱設計的盒子更容易受環境影響。實驗組平均飲料溫度變化：10.13°C，對照組平均飲料溫度變化：11.37°C，實驗組飲料溫度上升較慢，顯示銀蟻散熱盒有一定的保鮮效果。從上列結果可發現，銀蟻散熱盒能夠減少盒內溫度上升的速度，但長時間使用後，飲料溫度仍然會逐漸接近環境溫度。如果要進一步提升保鮮效果，建議可以搭配冰塊或其他保冷材來增強冷卻能力。



2.一整天(8小時)銀蟻散熱保鮮效果

這次實驗測試了銀蟻體毛反光對飲料的散熱保鮮效果，觀察一天(8 小時)內的溫度變化。

將兩瓶相同的飲料分別放入銀蟻體毛反光保鮮盒與一般保鮮盒內，每小時測量室溫、盒內外溫度，以及飲料內部溫度，總共 8 小時。觀察兩組的溫度變化，判斷哪一組的保鮮效果較好。

表 4-2-13 整天銀蟻毛髮反光散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 113.11.08，保鮮食物：果醋													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	24.1	22.6	-1.5	0	14.2	-9.9	0	20.5	-3.6	0	13.6	-10.5	0
1 小時後	24.3	23.5	-0.8	0.9	17.2	-7.1	3	22.6	-1.7	2.1	18.8	-5.5	5.2
2 小時後	23.3	24.4	1.1	0.9	22.3	-1	5.1	24.5	1.2	1.9	22.8	-0.5	4
3 小時後	25.1	26.6	1.5	2.2	25.3	0.2	3	27.1	2	2.6	26.2	1.1	3.4
4 小時後	27.6	28.3	0.7	1.7	27.8	0.2	2.5	28.6	1	1.5	29.5	1.9	3.3
5 小時後	28	28.9	0.9	0.6	29.9	1.9	2.1	30.2	2.2	1.6	30.4	2.4	0.9
6 小時後	26.5	28.8	2.3	-0.1	31	4.5	1.1	31.6	5.1	1.4	31.6	5.1	1.2
7 小時後	29.4	27.8	-1.6	-1	28.5	-0.9	-2.5	27.7	-1.7	-3.9	28.8	-0.6	-2.8
8 小時後	28.8	27.6	-1.2	-0.2	28.2	-0.6	-0.3	27.8	-1	0.1	28.4	-0.4	-0.4
整體變化	4.7	5			14			7.3			14.8		
初溫與最高溫差距		6.3			16.8			11.1			18		

結果發現：實驗結果顯示，銀蟻散熱設計可穩定盒外與內部溫度。實驗組盒外溫度上升 5°C，低於對照組的 7.3°C，顯示普通盒子更易受環境影響，而銀蟻散熱設計有助於穩定外部溫度。實驗組飲料溫度上升 14°C，對照組上升 14.8°C，顯示銀蟻散熱盒能降低內部溫度變化幅度。與最高溫比較，實驗組溫度由 14.2°C 升至 31°C（上升 16.8°C），對照組則由 13.6°C 升至 31.6°C（上升 18°C），說明銀蟻散熱盒可在長時間內減少飲料升溫幅度。前 4 小時，銀蟻散熱盒明顯減緩升溫；5 小時後，兩組溫度趨近相同；7 小時後，環境降溫，兩組同步下降。整體而言，銀蟻散熱盒能有效減緩內部溫度上升，使飲料維持較低溫度，但隨時間延長，飲料仍會逐漸接近環境溫度。若需延長保鮮效果，建議搭配冰塊或保冷材以增強降溫效果。

表 4-2-14 整天銀蟻毛髮反光散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 113.11.26，保鮮食物：十六茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	24.6	25.2	0.6	0	16.6	-8	0	30.7	6.1	0	14	-10.6	0
1 小時後	24.9	25.6	0.7	0.4	19.9	-5	3.3	30.9	6	0.2	21.1	-3.8	7.1
2 小時後	25.4	26.4	1	0.8	24.2	-1.2	4.3	32.7	7.3	1.8	28.1	2.7	7
3 小時後	28.1	31.5	3.4	5.1	31.8	3.7	7.6	35.8	7.7	3.1	32.1	4	4
4 小時後	28.6	32.6	4	1.1	32.7	4.1	0.9	36.3	7.7	0.5	35.2	6.6	3.1
5 小時後	23.4	27.7	4.3	-4.9	29.7	6.3	-3	29	5.6	-7.3	30.6	7.2	-4.6
6 小時後	23.9	28.4	4.5	0.7	27.5	3.6	-2.2	28.6	4.7	-0.4	28	4.1	-2.6
7 小時後	22.7	27.9	5.2	-0.5	28.3	5.6	0.8	28.2	5.5	-0.4	28.4	5.7	0.4
8 小時後	25.5	28	2.5	0.1	28	2.5	-0.3	28.2	2.7	0	28.3	2.8	-0.1
整體變化	0.9	2.8			11.4			-2.5			14.3		
初溫與最高溫差距		7.4			16.1			5.6			21.2		

實驗結果顯示，銀蟻散熱設計能有效減少飲料溫度變化，提升保鮮效果。實驗組飲料溫度變化較小，尤其在前幾小時內升溫較慢。8 小時後，內部溫度總變化僅 2.5°C，顯示保鮮效果穩定；對照組則在 3 小時後溫度顯著上升，整體變化達 14.3°C，顯示缺乏有效保鮮措施會

導致溫度劇烈變化。實驗組初溫與最高溫差距為 7.4℃，對照組則為 21.2℃，顯示銀蟻散熱設計能穩定飲料溫度，延長保鮮時間。相比之下，對照組飲料溫度變化劇烈，保鮮效果較差。實驗結果證明，銀蟻散熱保鮮功能可有效延緩飲料升溫，特別是在前幾小時效果更為明顯。

表 4-2-15 整天銀蟻毛髮反光散熱保鮮第三次實驗結果

第三次實驗檢測：日期 113.11.29，保鮮食物：菊花茶

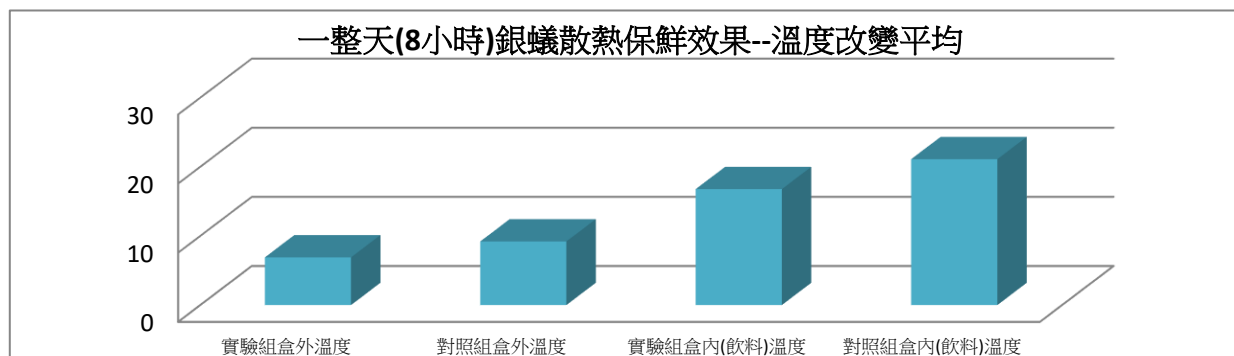
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化	溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化
原本溫度	22.4	22.2	-0.2	0	12.5	-9.9	0	21.3	-1.1	0	12.2	-10.2	0
1 小時後	22.6	22.6	0	0.4	14.1	-8.5	1.6	21.5	-1.1	0.2	14.4	-8.2	2.2
2 小時後	20.6	25.2	4.6	2.6	29.8	9.2	15.7	26	5.4	4.5	29.2	8.6	14.8
3 小時後	23.7	26.2	2.5	1	35.3	11.6	5.5	29.1	5.4	3.1	36.3	12.6	7.1
4 小時後	28	28.9	0.9	2.7	29.9	1.9	-5.4	30.2	2.2	1.1	30.4	2.4	-5.9
5 小時後	28.7	29.2	0.5	0.3	29.8	1.1	-0.1	32.2	3.5	2	32.8	4.1	2.4
6 小時後	19.7	24.3	4.6	-4.9	27.7	8	-2.1	25.7	6	-6.5	27.6	7.9	-5.2
7 小時後	20.1	26	5.9	1.7	26.5	6.4	-1.2	27.1	7	1.4	27.1	7	-0.5
8 小時後	22.8	25.6	2.8	-0.4	26.6	3.8	0.1	26.9	4.1	-0.2	26.9	4.1	-0.2
整體變化	0.4	3.4			14.1			5.6			14.7		
初溫與最高溫差距		7			17.4			10.9			24.1		

結果發現：實驗組飲料的初溫 12.5℃，最高溫 35.3℃，上升 17.4℃。在第 2-3 小時內升溫最快，飲料溫度上升 15.7℃。4 小時後，飲料內溫開始下降，並趨於穩定。對照組飲料的初溫 12.2℃，最高溫 36.3℃，上升 24.1℃。同樣在前 3 小時內升溫最快，飲料溫度上升 14.8℃。銀蟻能有效降低飲料內部溫度的上升幅度，使飲料保鮮時間更長。在前 3 小時內，銀蟻的散熱效果較佳，飲料溫度雖然上升，但比對照組低 1℃ 左右。4 小時後，實驗組飲料溫度變化較小，顯示散熱效果較穩定，能有效延緩飲料升溫速度。相比之下，對照組飲料的內部溫度變化更劇烈，顯示較差的保鮮效果。實驗證明銀蟻的散熱保鮮技術能有效降低飲料的溫度變化，使飲料保鮮時間更長，與對照組相比，實驗組的最高溫度較低，顯示銀蟻能有效延緩飲料升溫，有助於飲料長時間保持較低溫狀態，延長保鮮時間。

📖 一整天(8 小時)銀蟻散熱保鮮統整比較(與最高溫差距)

表 4-2-16 整天銀蟻毛髮反光散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	6.3	16.8	11.1	18
第二次	7.4	16.1	5.6	21.2
第三次	7	17.4	10.9	24.1
平均	6.9	16.77	9.2	21.1



根據三次實驗數據分析，銀蟻散熱裝置可穩定盒外與內部溫度。實驗組盒外溫度變化平均為 6.9°C，低於對照組的 9.2°C，顯示其隔熱效果較佳，能減少外部環境影響。實驗組飲料溫度變化平均 16.77°C，對照組則為 21.1°C，相差 4.33°C，證明銀蟻技術能有效降低飲料溫度變化幅度，延長保鮮時間。整體而言，銀蟻散熱技術可減少環境溫度對飲料的影響，使溫度更穩定，提升保冷與保溫效果，達到最佳的保鮮功能。

(三) 蝴蝶翅脈散熱保鮮效果實驗

1. 一個小時蝴蝶翅脈散熱保鮮效果

本實驗探討蝴蝶翅脈結構對食物保鮮影響，透過比較翅脈實驗組與對照組在 1 小時內的溫度變化，每 10 分鐘測量盒內外及飲料溫度，並與室溫變化比較，以評估保鮮效果。

表 4-2-17 一個小時蝴蝶翅脈散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 113.12.20，保鮮食物：茶裏王													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化	溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化
原本溫度	14.6	24.4	9.8	0	10.6	-4	0	20.3	5.7	0	10.4	-4.2	0
10 分後	14.8	24.8	10	0.4	13.2	-1.6	2.6	21	6.2	0.7	17.3	2.5	6.9
20 分後	17.6	20.4	2.8	-4.4	17.6	0	4.4	22.2	4.6	1.2	18.8	1.2	1.5
30 分後	15	33.9	18.9	13.5	22	7	4.4	36.9	21.9	14.7	22.9	7.9	4.1
40 分後	17.8	27.6	9.8	-6.3	24.1	6.3	2.1	30	12.2	-6.9	25.4	7.6	2.5
50 分後	18.3	31.3	13	3.7	24.9	6.6	0.8	41.6	23.3	11.6	27.9	9.6	2.5
60 分後	26.3	34.6	8.3	3.3	26.1	-0.2	1.2	40.5	14.2	-1.1	29.7	3.4	1.8
整體變化	11.7	10.2			15.5			20.2			19.3		

實驗結果顯示，蝴蝶翅脈技術能減少盒外與內部溫度變化。盒外溫度變化方面，實驗組為 11.7°C，較對照組的 15.5°C 低 3.8°C，顯示其能穩定盒外溫度，減少環境影響。盒內溫度變化方面，實驗組為 10.2°C，遠低於對照組的 19.3°C，相差 9.1°C，證明其可有效減緩飲料溫度變化，達到更好的保鮮效果。綜合數據分析，蝴蝶翅脈技術能有效降低環境影響，使盒內飲料維持穩定溫度，其保冷與保溫能力更佳，適合作為食品與飲料的保鮮機制。

表 4-2-18 一個小時蝴蝶翅脈散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 113.12.24，保鮮食物：茶裏王													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化	溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化
原本溫度	16.8	17.5	0.7	0	16.2	-0.6	0	17.6	0.8	0	15	-1.8	0
10 分後	16.8	17.8	1	0.3	16.7	-0.1	0.5	17.8	1	0.2	15.7	-1.1	0.7
20 分後	20.6	17.7	-2.9	-0.1	16.2	-4.4	-0.5	17.5	-3.1	-0.3	16.9	-3.7	1.2
30 分後	16.9	17.9	1	0.2	17.2	0.3	1	17.8	0.9	0.3	17.1	0.2	0.2
40 分後	18.3	17.5	-0.8	-0.4	17.4	-0.9	0.2	17.3	-1	-0.5	17.6	-0.7	0.5
50 分後	17.4	17.9	0.5	0.4	17.8	0.4	0.4	18.1	0.7	0.8	18	0.6	0.4
60 分後	17.6	17.8	0.2	-0.1	17.8	0.2	0	18.3	0.7	0.2	18.4	0.8	0.4
整體變化	0.8	0.3			1.6			0.7			3.4		

實驗結果顯示，蝴蝶翅脈技術可以減少盒外與內部溫度變化。實驗組盒外溫度變化僅 0.8°C，低於對照組的 1.6°C，顯示其能穩定盒外溫度，降低外部環境影響。實驗組盒內溫度變化僅 0.3°C，遠低於對照組的 3.4°C，相差 3.1°C，證明此技術可有效減緩飲料溫度變化，保持較佳的保鮮效果。綜合分析，蝴蝶翅脈技術能減少環境影響，顯著提升保鮮性能。特別是在短時間內（1 小時），其可有效維持飲料溫度穩定，使保鮮效果優於對照組。

表 4-2-19 一個小時蝴蝶翅脈散熱保鮮第三次實驗結果

第三次實驗檢測：日期 113.12.26，保鮮食物：茶裏王													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	24.7	25	0.3	0	12.5	-12.2	0	20.3	-4.4	0	12.6	-12.1	0
10 分後	24.5	25.1	0.6	0.1	14.5	-10	2	20.5	-4	0.2	13.6	-10.9	1
20 分後	21.8	22.4	0.6	-2.7	19.6	-2.2	5.1	22.9	1.1	2.4	18.2	-3.6	4.6
30 分後	23.2	23.7	0.5	1.3	20.5	-2.7	0.9	24.2	1	1.3	20.3	-2.9	2.1
40 分後	22.1	23.9	1.8	0.2	21	-1.1	0.5	25	2.9	0.8	21.6	-0.5	1.3
50 分後	24	23.8	-0.2	-0.1	22.3	-1.7	1.3	25	1	0	22.9	-1.1	1.3
60 分後	20.1	24.1	4	0.3	22.7	2.6	0.4	24.6	4.5	-0.4	23.5	3.4	0.6
整體變化	-4.6	-0.9			10.2			4.3			10.9		

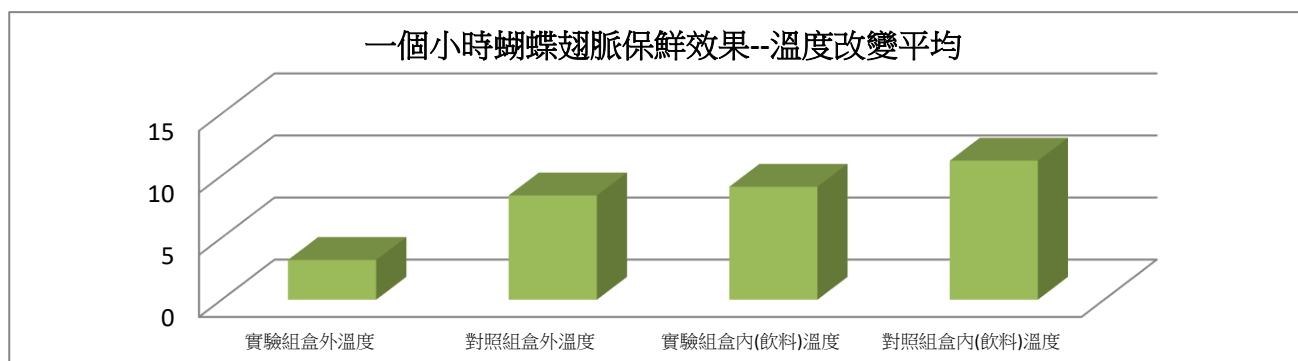
結果發現：實驗組的盒外溫度變化是 -0.9°C ，對照組變化為 4.3°C ，實驗組盒外溫度變化幅度較小，對照組盒外溫度變化較大，顯示蝴蝶翅脈技術能有效穩定外部溫度。實驗組盒內飲料溫度變化是 10.2°C ，對照組變化為 10.9°C ，兩組飲料溫度都明顯上升，但實驗組的溫度變化比對照組小 0.7°C ，顯示蝴蝶翅脈技術能夠減少飲料溫度變化，發揮一定的保鮮效果。

一個小時蝴蝶翅脈保鮮效果統整比較

表 4-2-20 一個小時蝴蝶翅脈散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	10.2	15.5	20.2	19.3
第二次	0.3	1.6	0.7	3.4
第三次	-0.9	10.2	4.3	10.9
平均	3.2	9.1	8.4	11.2

實驗結果顯示，蝴蝶翅脈技術可減少盒外與內部溫度變化。盒外溫度變化方面，實驗組平均變化 3.2°C ，遠低於對照組的 8.4°C ，顯示其能穩定盒外溫度，減少外界影響。盒內（飲料）溫度變化方面，實驗組平均變化 9.1°C ，較對照組的 11.2°C 低 2.1°C ，證明其具備一定的保溫效果。整體而言，蝴蝶翅脈技術能有效減少環境影響，使盒內外溫度更穩定。雖飲料溫度仍有變化，但幅度較小，顯示其具備良好的保鮮效果。



2.一整天(8小時)蝴蝶翅脈散熱保鮮效果

此次實驗旨在研究蝴蝶翅脈結構對食物保鮮效果的影響，如何減緩溫度上升，從而延長食物的保鮮時間。我們測量了蝴蝶翅脈結構設計的「實驗組」與普通盒子的「對照組」在 8 小時內的溫度變化。每小時測量盒內外溫度以及飲料溫度的變化，以確認兩組之間的差異，評估蝴蝶翅脈的保鮮效果。

表 4-2-21 整天蝴蝶翅脈散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 113.12.13，保鮮食物：茶裏王

時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	20.6	17.6	-3	0	15.2	-5.4	0	17.5	-3.1	0	15.2	-5.4	0
1小時後	20.7	20	-0.7	2.4	17.5	-3.2	2.3	20.7	0	3.2	18.6	-2.1	3.4
2小時後	22.5	22.7	0.2	2.7	22	-0.5	4.5	23.9	1.4	3.2	23.8	1.3	5.2
3小時後	22.3	22.2	-0.1	-0.5	23.2	0.9	1.2	23.1	0.8	-0.8	24.4	2.1	0.6
4小時後	24	24.7	0.7	2.5	24.1	0.1	0.9	27.1	3.1	4	26.1	2.1	1.7
5小時後	24.5	26	1.5	1.3	26.1	1.6	2	27.5	3	0.4	28.7	4.2	2.6
6小時後	25.5	26.6	1.1	0.6	26	0.5	-0.1	27.9	2.4	0.4	28.7	3.2	0
7小時後	26.4	26.8	0.4	0.2	26	-0.4	0	28.1	1.7	0.2	29	2.6	0.3
8小時後	26.5	26.8	0.3	0	26.2	-0.3	0.2	28.5	2	0.4	29.3	2.8	0.3
整體變化	5.9		9.2			11			11			14.1	
初溫與最高溫差距			9.2			11			11			14.1	

結果發現：實驗組的盒外溫度由最初 17.6°C，上升了 9.2°C 至 26.8°C。對照組則由最初 17.5°C，上升了 11°C 至 28.5°C。由此可見，實驗組的盒外溫度上升幅度較小，顯示蝴蝶翅脈可能對溫度控制有所幫助。實驗組的盒內飲料溫度從 15.2°C 上升到 26.2°C，增幅 11°C。：對照組飲料溫度從 15.2°C 上升到 29.3°C，增幅 14.1°C。顯示實驗組的飲料溫度上升較少，蝴蝶翅脈結構可能有效減緩內部溫度上升，對食物保鮮有幫助。根據實驗數據，使用蝴蝶翅脈結構的盒子能夠有效減緩盒內與飲料的溫度上升，顯示其在保鮮方面有潛在的應用價值。

表 4-2-22 整天蝴蝶翅脈散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 113.12.20，保鮮食物：茶裏王

時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	14.6	24.4	9.8	0	10.6	-4	0	20.3	5.7	0	10.4	-4.2	0
1小時後	15	33.9	18.9	9.5	22	7	11.4	36.9	21.9	16.6	22.2	7.2	11.8
2小時後	16.5	28	11.5	-5.9	27	10.5	5	35.4	18.9	-1.5	31.8	15.3	9.6
3小時後	16.7	27.4	10.7	-0.6	28.8	12.1	1.8	26.7	10	-8.7	28.4	11.7	-3.4
4小時後	17.3	29.6	12.3	2.2	30.8	13.5	2	26.6	9.3	-0.1	33.2	15.9	4.8
5小時後	20.4	24.2	3.8	-5.4	25.1	4.7	-5.7	23.5	3.1	-3.1	24.6	4.2	-8.6
6小時後	20.5	23.3	2.8	-0.9	23.4	2.9	-1.7	23.4	2.9	-0.1	23.6	3.1	-1
7小時後	20.4	22.7	2.3	-0.6	21.7	1.3	-1.7	23.8	3.4	0.4	23.4	3	-0.2
8小時後	22.2	28.6	6.4	5.9	23.1	0.9	1.4	28.7	6.5	4.9	26.5	4.3	3.1
整體變化	7.6		4.2			12.5			8.4			16.1	
初溫與最高溫差距			5.2			20.2			8.4			22.8	

結果發現：實驗組的盒外溫度從 24.4°C 變為 28.6°C，增加 4.2°C。對照組的盒外溫度從 20.3°C 變為 28.7°C，增加 8.4°C。對照組的盒外溫度上升幅度較大，顯示蝴蝶翅脈結構有助於減緩外部溫度變化，減少環境影響。實驗組的盒內飲料溫度從 10.6°C 上升到 23.1°C，增加 12.5°C。對照組的飲料溫度從 10.4°C 上升到 26.5°C，增加 16.1°C。實驗組的盒內最高溫為 30.8°C，比起始溫高 20.2°C，對照組盒內最高溫則為 33.2°C，比起始溫高 22.8°C。實驗組的內溫升溫幅度較小，證明蝴蝶翅脈結構可降低盒內溫度變化幅度，對於保鮮效果有所幫助，具有穩定食物保鮮的潛力。實驗顯示，使用蝴蝶翅脈結構設計的盒子能有效減緩飲料溫度上升，相較於普通保鮮盒，溫度變化幅度更小，且仍能保持較低的內部溫度，證實蝴蝶翅脈對於減緩熱量傳遞的作用，顯示其具備隔熱與散熱調節的特性，對食物的保鮮效果較佳。

表 4-2-23 整天蝴蝶翅脈散熱保鮮第三次實驗結果

第三次實驗檢測：日期 113.12.27，保鮮食物：麥茶

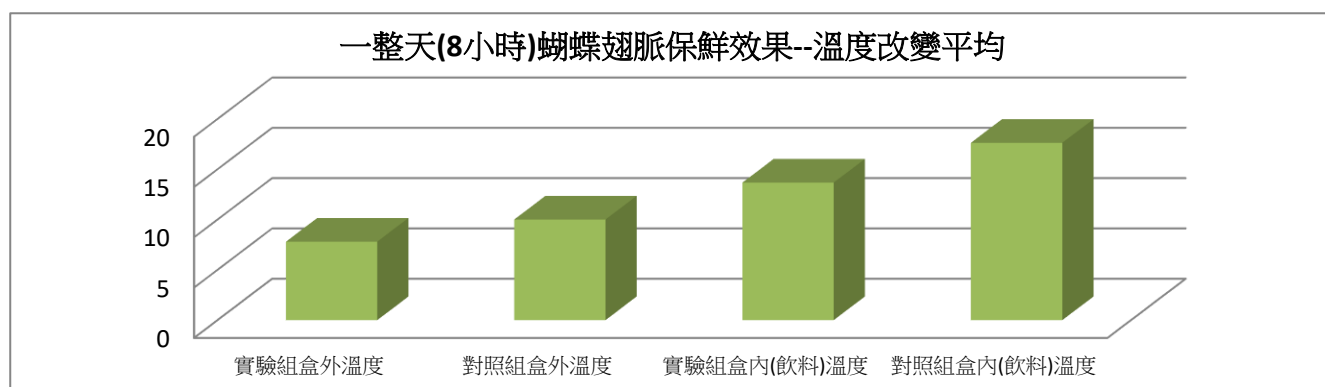
時間	室溫	實驗組						對照組					
		盒外			盒內			盒外			盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	17	17.6	0.6	0	14.7	-2.3	0	17.6	0.6	0	13.7	-3.3	0
1 小時後	16.8	17.8	1	0.2	16.7	-0.1	2	17.8	1	0.2	15.7	-1.1	2
2 小時後	21.5	25	3.5	7.2	22.1	0.6	5.4	24.6	3.1	6.8	24	2.5	8.3
3 小時後	22.7	26.6	3.9	1.6	24.5	1.8	2.4	28.2	5.5	3.6	29.7	7	5.7
4 小時後	21.4	21.6	0.2	-5	21.5	0.1	-3	22.1	0.7	-6.1	22.6	1.2	-7.1
5 小時後	21.8	21.6	-0.2	0	22.1	0.3	0.6	22.3	0.5	0.2	22.8	1	0.2
6 小時後	21	22.4	1.4	0.8	22.6	1.6	0.5	22.5	1.5	0.2	23.4	2.4	0.6
7 小時後	19.7	20.9	1.2	-1.5	21.2	1.5	-1.4	20.8	1.1	-1.7	21.3	1.6	-2.1
8 小時後	20.1	20.8	0.7	-0.1	21	0.9	-0.2	21.2	1.1	0.4	21.2	1.1	-0.1
整體變化	3.1	3.2			6.3			3.6			7.5		
初溫與最高溫差距		9			9.8			10.6			16		

結果發現：實驗結果顯示，蝴蝶翅脈結構有助於穩定內外部溫度。實驗組的盒外最高溫為 26.6°C，比初始溫度上升 9.0°C，對照組則為 28.2°C，上升 10.6°C，顯示普通盒較易受環境影響，而蝴蝶翅脈結構能部分減緩外部溫度升高。在飲料內部溫度方面，實驗組的最高溫為 24.5°C，升溫 9.8°C；對照組則為 29.7°C，升溫 16.0°C，證明蝴蝶翅脈結構能有效減緩飲料升溫速度，穩定內部環境。4 小時後，實驗組飲料溫度下降 3°C，對照組下降 7.1°C，顯示實驗組內部溫度更穩定，降溫速度較慢。綜合來看，蝴蝶翅脈結構能有效減少溫度波動，維持較穩定的內部環境，延長保鮮時間，對比對照組具有顯著的保鮮效果。

📖 一整天(8 小時)蝴蝶翅脈保鮮統整比較(與最高溫差距)

表 4-2-24 整天蝴蝶翅脈散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	9.2	11	11	14.1
第二次	5.2	20.2	8.4	22.8
第三次	9	9.8	10.6	16
平均	7.8	13.67	10	17.63



從上述數據與圖表可得以下結論：實驗組的盒外溫度平均升高 7.8°C，對照組則平均升高 10°C，對照組的盒外溫度變化較大，顯示普通保鮮盒更容易受到環境溫度影響，而蝴蝶翅脈結構有助於降低外部溫度變動幅度。實驗組的飲料溫度平均提升 13.67°C，對照組則平均提升 17.63°C，對照組飲料溫度變化較大，顯示普通盒內部溫度更容易上升或下降，而實

驗組可有效減緩內部飲料的溫度變化，有助於保鮮效果。從以上結果可知，蝴蝶翅脈結構能減少環境溫度對盒內食物與飲料的影響，延長保鮮時間。

三、實驗三 模擬各種生物策略設計需低溫保存的食品容納盒與保溫袋之降溫保鮮效果表現

(一)模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品容納盒之降溫保鮮效果表現

1.一個小時組合的保鮮盒散熱保鮮效果

準備結合黑白斑馬條紋、銀蟻體毛反光與蝴蝶翅脈不同散熱技術的保鮮盒，以及一般保鮮盒，將相同的飲料分別放入組合散熱保鮮盒與一般保鮮盒內，每 10 分鐘測量室溫、盒內外溫度及飲料內部溫度，共記錄 60 分鐘。觀察兩組的溫度變化，判斷哪組的保鮮效果較好。

表 4-3-1 一個小時組合的保鮮盒散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 114.01.03，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	22	20.2	-1.8	0	12.5	-9.5	0	19.4	-2.6	0	11.5	-10.5	0
10 分後	18.6	19	0.4	-1.2	17.3	-1.3	4.8	19.2	0.6	-0.2	16.9	-1.7	5.4
20 分後	18.4	19.3	0.9	0.3	17.7	-0.7	0.4	20.4	2	1.2	17.9	-0.5	1
30 分後	18.4	20.3	1.9	1	18.4	0	0.7	19.9	1.5	-0.5	19.3	0.9	1.4
40 分後	19.1	20.2	1.1	-0.1	18.6	-0.5	0.2	20.4	1.3	0.5	19.8	0.7	0.5
50 分後	19.7	21	1.3	0.8	19	-0.7	0.4	21	1.3	0.6	21	1.3	1.2
60 分後	19.6	20.6	1	-0.4	19.7	0.1	0.7	21.4	1.8	0.4	21.3	1.7	0.3
整體變化	-2.4	0.4			7.2			2			9.8		

結果發現：在 1 小時內，對照組的飲料溫度從 11.5°C 上升到 21.3°C，而實驗組的飲料溫度從 12.5°C 上升到 19.7°C。整體來看，實驗組的飲料溫度比對照組低了約 1.6°C，顯示組合散熱保鮮技術能有效減少飲料吸收熱量的速度，使補給飲料的升溫較慢，達到更好的保鮮效果。此外，對照組的溫度最高上升了 9.8°C，而實驗組僅上升 7.2°C，進一步證明組合散熱技術有助於降低環境對飲料溫度的影響，延長飲料的低溫狀態。組合散熱技術能有效減緩補給飲料的升溫速度，使飲料維持較低溫度，具備良好的保鮮效果，適合作為保鮮設計！

表 4-3-2 一個小時組合的保鮮盒散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 114.01.07，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	22	20.2	-1.8	0	15.1	-6.9	0	20.6	-1.4	0	15.1	-6.9	0
10 分後	22.3	20.3	-2	0.1	16.2	-6.1	1.1	18.9	-3.4	-1.7	16.8	-5.5	1.7
20 分後	18	20.4	2.4	0.1	19.2	1.2	3	23.5	5.5	4.6	16.5	-1.5	-0.3
30 分後	16.6	21.4	4.8	1	20.3	3.7	1.1	22.5	5.9	-1	18.5	1.9	2
40 分後	16.1	21.3	5.2	-0.1	21.2	5.1	0.9	24.4	8.3	1.9	21.6	5.5	3.1
50 分後	17.1	27.1	10	5.8	23.2	6.1	2	37.9	20.8	13.5	28.4	11.3	6.8
60 分後	20	28	8	0.9	25.4	5.4	2.2	38	18	0.1	31.5	11.5	3.1
整體變化	-2	7.8			10.3			17.4			16.4		

結果發現：在 1 小時內，對照組的麥茶溫度從 15.1°C 上升到 31.5°C，而實驗組的麥茶溫度從 15.1°C 上升到 25.4°C。整體來看，實驗組的飲料溫度比對照組低了約 6.1°C，顯示組合散熱保鮮技術能有效減少飲料吸收熱量的速度，使麥茶的升溫較慢，達到更好的保鮮效果。此外，對照組的溫度最高上升了 16.4°C，而實驗組僅上升 10.3°C，進一步證明組合散熱技術有助於降低環境對飲料溫度的影響，延長飲料的低溫狀態。

表 4-3-3 一個小時組合的保鮮盒散熱保鮮第三次實驗結果

第三次實驗檢測：日期 114.01.10，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化	溫度	室溫差距	溫度變化	內溫(飲料)	室溫差距	溫度變化
原本溫度	19.6	21.6	2	0	12.6	-7	0	19.8	0.2	0	9.2	-10.4	0
10 分後	21.7	21.8	0.1	0.2	13.4	-8.3	0.8	20	-1.7	0.2	10.2	-11.5	1
20 分後	14.9	16.3	1.4	-5.5	18	3.1	4.6	16.8	1.9	-3.2	13.2	-1.7	3
30 分後	19.7	17.7	-2	1.4	17.9	-1.8	-0.1	17.5	-2.2	0.7	15.5	-4.2	2.3
40 分後	18.1	23	4.9	5.3	20.8	2.7	2.9	26.1	8	8.6	22.8	4.7	7.3
50 分後	18.2	22.2	4	-0.8	20.5	2.3	-0.3	30.4	12.2	4.3	22.8	4.6	0
60 分後	18.3	23.8	5.5	1.6	24.8	6.5	4.3	40.7	22.4	10.3	29.5	11.2	6.7
整體變化	-1.3		2.2			12.2			20.9			20.3	

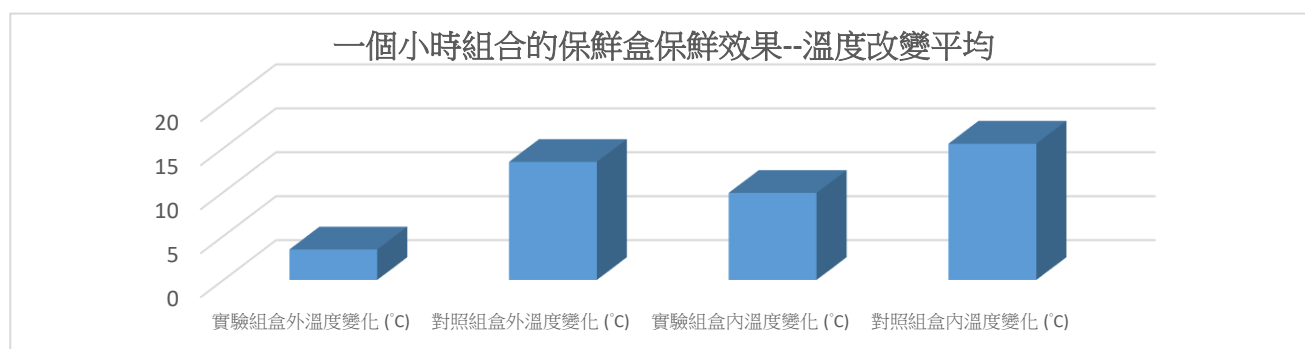
結果發現：在 1 小時內，對照組的麥茶溫度從 9.2°C 上升到 29.5°C，而實驗組的麥茶溫度從 12.6°C 上升到 24.8°C。整體來看，實驗組的飲料溫度比對照組低了約 4.7°C，顯示組合散熱保鮮技術能有效減少飲料吸收熱量的速度，使麥茶的升溫較慢，達到更好的保鮮效果。此外，對照組的溫度最高上升了 20.3°C，而實驗組僅上升 12.2°C，進一步證明組合散熱技術有助於降低環境對飲料溫度的影響，延長飲料的低溫狀態。

一個小時組合的保鮮盒保鮮效果統整比較

表 4-3-4 一個小時組合的保鮮盒散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	0.4	7.2	2	9.8
第二次	7.8	10.3	17.4	16.4
第三次	2.2	12.2	20.9	20.3
平均	3.47	9.9	13.43	15.5

結果發現：實驗組的盒外溫度平均升溫 3.47°C，顯示組合散熱保鮮技術可減少外界溫度影響。對照組平均升溫 13.43°C，升溫幅度明顯較大，代表普通盒子無法有效阻擋外界熱量。實驗組飲料平均升溫 9.9°C，比對照組低 5.6°C，證明實驗組確實減緩飲料升溫速度。對照組飲料平均升溫 15.5°C，顯示普通盒內的飲料受外界溫度影響較大，保鮮效果較差。組合散熱保鮮技術有效降低盒內飲料的升溫速度，顯示其在保鮮方面具有良好的應用潛力！



2.一天(8 小時)組合散熱保鮮效果

準備結合黑白斑馬條紋、銀蟻體毛反光與蝴蝶翅脈不同散熱技術的保鮮盒，以及一般的保鮮盒，將兩瓶相同的飲料分別放入組合散熱保鮮盒與一般保鮮盒內，每一小時測量室溫、盒內外溫度及飲料內部溫度，共記錄 8 小時。觀察兩組的溫度變化，判斷其保鮮效果。

表 4-3-5 整天組合的保鮮盒散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 113.12.31，保鮮食物：十六茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	21.2	21	-0.2	0	12.6	-8.6	0	20.8	-0.4	0	12.6	-8.6	0
1小時後	21.3	21.4	0.1	0.4	15.4	-5.9	2.8	20.9	-0.4	0.1	17.3	-4	4.7
2小時後	21.5	25	3.5	3.6	22.1	0.6	6.7	24.6	3.1	3.7	24	2.5	6.7
3小時後	22.7	26.6	3.9	1.6	24.5	1.8	2.4	28.2	5.5	3.6	29.7	7	5.7
4小時後	24	26.5	2.5	-0.1	31.5	7.5	7	27.6	3.6	-0.6	29.1	5.1	-0.6
5小時後	24.7	26.7	2	0.2	28	3.3	-3.5	28.8	4.1	1.2	30.1	5.4	1
6小時後	24.2	27.8	3.6	1.1	28.1	3.9	0.1	24.3	0.1	-4.5	30.8	6.6	0.7
7小時後	21.7	27.9	6.2	0.1	28.2	6.5	0.1	28.8	7.1	4.5	31.4	9.7	0.6
8小時後	20.1	27.8	7.7	-0.1	28	7.9	-0.2	28.2	8.1	-0.6	30.2	10.1	-1.2
整體變化	-1.1	6.8			15.4			7.4			17.6		
初溫與最高溫差距		6.9			18.9			8			18.8		

實驗結果顯示，實驗組盒外溫度變化 6.8°C，對照組 7.4°C，差異不大，顯示環境溫度影響相似。實驗組飲料升溫 15.4°C，對照組 17.6°C，實驗組升溫較慢，短時間內（1-4 小時）能有效減緩升溫，顯示組合散熱保鮮技術可減緩升溫速度。然而，長時間後（6-8 小時），兩組溫差縮小，最終飲料溫度接近環境，顯示散熱設計對長時間保鮮影響有限。因而可知，在短時間內，該技術能有效減緩飲料升溫，對溫度保持有顯著效果，適合短時間內保持飲料低溫。但隨時間延長，保鮮效果逐漸減弱，若需延長保鮮效果，可能需額外保冷措施。

表 4-3-6 整天組合的保鮮盒散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 114.01.03，保鮮食物：十六茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	18.2	19	0.8	0	12.5	-5.7	0	20.2	2	0	11.5	-6.7	0
1小時後	18.4	19.3	0.9	0.3	17.7	-0.7	5.2	20.4	2	0.2	17.9	-0.5	6.4
2小時後	19	20.2	1.2	0.9	19.9	0.9	2.2	21.4	2.4	1	21.3	2.3	3.4
3小時後	21	21.2	0.2	1	21.3	0.3	1.4	22.7	1.7	1.3	22.5	1.5	1.2
4小時後	20	23.4	3.4	2.2	24.8	4.8	3.5	23.8	3.8	1.1	25.6	5.6	3.1
5小時後	22.8	23.9	1.1	0.5	25.2	2.4	0.4	24.9	2.1	1.1	26.3	3.5	0.7
6小時後	22.5	21.8	-0.7	-2.1	24.9	2.4	-0.3	24.6	2.1	-0.3	25.4	2.9	-0.9
7小時後	20.4	22.6	2.2	0.8	22.6	2.2	-2.3	21.3	0.9	-3.3	22.8	2.4	-2.6
8小時後	20.2	21.5	1.3	-1.1	21.5	1.3	-1.1	21.6	1.4	0.3	21.7	1.5	-1.1
整體變化	2	2.5			9			1.4			10.2		
初溫與最高溫差距		4.9			12.7			4.7			14.8		

結果發現：實驗組的盒外溫度上升 2.5°C，對照組的盒外溫度上升 1.4°C，表示盒子本身對周圍環境溫度的影響不大，但可能因為保溫或散熱設計影響內部飲料的溫度變化。實驗組的盒內（飲料）溫度升溫 9°C，對照組升溫 10.2°C，實驗組的升溫速度較慢，顯示散熱保鮮技術對抑制溫度上升有一定效果，但長時間後（6~8 小時）仍趨向環境溫度。實驗組飲料最高溫 25.2°C，對照組飲料最高溫 26.3°C，實驗組升溫 12.7°C，對照組升溫 14.8°C，實驗組升溫較慢。從上述結果可知，短時間內（1~4 小時）保鮮盒能有效減少飲料升溫幅度，長時間後（6~8 小時），溫度趨近環境，保鮮效果逐漸減弱，但仍比對照組稍微降低升溫幅度。

表 4-3-7 整天組合的保鮮盒散熱保鮮第三次實驗結果

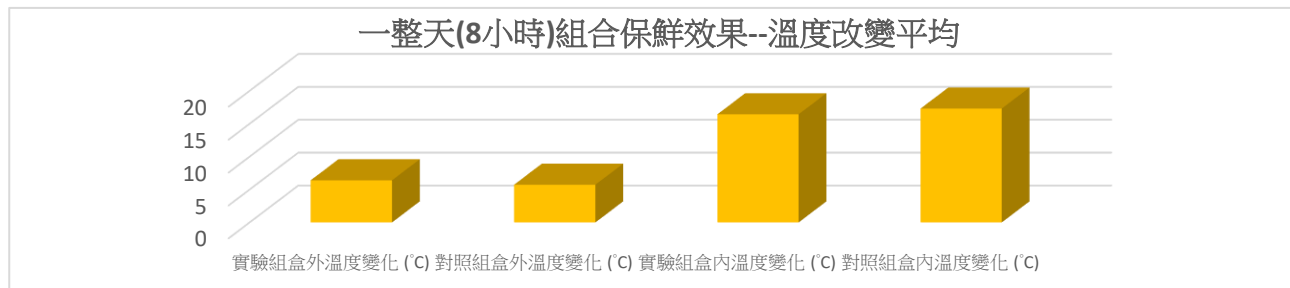
第三次實驗檢測：日期 114.01.07，保鮮食物：麥茶													
時間	室溫	實驗組盒外			實驗組盒內			對照組盒外			對照組盒內		
		溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化	溫度	室溫 差距	溫度 變化	內溫 (飲料)	室溫 差距	溫度 變化
原本溫度	16	21	5	0	15.1	-0.9	0	24.2	8.2	0	15.1	-0.9	0
1小時後	16.1	21.3	5.2	0.3	21.2	5.1	6.1	24.4	8.3	0.2	21.6	5.5	6.5
2小時後	20.5	28.4	7.9	7.1	26.8	6.3	5.6	36	15.5	11.6	32.3	11.8	10.7
3小時後	21.6	27.2	5.6	-1.2	28.4	6.8	1.6	27.5	5.9	-8.5	31.4	9.8	-0.9
4小時後	14.5	27.7	13.2	0.5	32.8	18.3	4.4	28.7	14.2	1.2	33.4	18.9	2
5小時後	23.8	24.3	0.5	-3.4	27	3.2	-5.8	26.1	2.3	-2.6	27.6	3.8	-5.8
6小時後	23.2	23.5	0.3	-0.8	26.2	3	-0.8	25.3	2.1	-0.8	27.5	4.3	-0.1
7小時後	23	24.2	1.2	0.7	26.3	3.3	0.1	25.6	2.6	0.3	27.8	4.8	0.3
8小時後	23.5	24.4	0.9	0.2	26.2	2.7	-0.1	25.9	2.4	0.3	28.2	4.7	0.4
整體變化	7.5	3.4			11.1			1.7			13.1		
初溫與最高溫差距		7.4			17.7			4.5			18.3		

實驗結果顯示，組合散熱保鮮技術能有效減緩飲料升溫。實驗組盒外溫度變化 3.4℃，較對照組的 1.7℃ 大，顯示該技術對內外溫度皆有影響。飲料升溫幅度方面，實驗組為 11.1℃，對照組為 13.1℃，證實保鮮技術能降低升溫速度，維持低溫狀態。特別是在 1 至 4 小時內，實驗組溫度變化較緩，顯示其提升保鮮效果的優勢。

📖 一整天(8 小時)組合保鮮統整比較(與最高溫差距)

表 4-3-8 整天組合的保鮮盒散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	實驗組		對照組	
	盒外溫度	盒內(飲料)溫度	盒外溫度	盒內(飲料)溫度
第一次	6.9	18.9	8	18.8
第二次	4.9	12.7	4.7	14.8
第三次	7.4	17.7	4.5	18.3
平均	6.4	16.43	5.73	17.3



結果發現：冷卻盒能有效降低飲料溫度並隔離外界熱氣。例如，第二次實驗中，實驗組飲料溫度為 12.7℃，較對照組低 2.1℃，證明降溫效果。平均而言，三次實驗後，實驗組飲料溫度比對照組低 0.87℃，盒外溫度則高 1.67℃，顯示其保冷作用。部分實驗數據受環境因素影響，如第二次實驗飲料溫度異常低，第三次實驗盒外溫度較高。總結而言，冷卻盒能在高溫環境下維持飲料低溫，但外部環境變化可能影響效果。

(二)模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品保溫袋之降溫保鮮效果表現

我們進行了三次實驗，測量了不同保溫袋對布丁、愛玉凍與茶凍保鮮效果的影響。實驗中，使用了三個組別來比較它們的效果：室外無保溫袋，一般保溫袋以及仿生組合保溫袋。每組都測量了食材在一個小時內不同時間點的溫度變化。

表 4-3-9 組合的保溫袋散熱保鮮第一次實驗結果

第一次實驗檢測：日期 114.01.10，保鮮食物：布丁										
	室溫	室外無保溫袋			一般保溫袋			仿生組合保溫袋		
		食物溫度	室溫差距	溫度變化	食物溫度	室溫差距	溫度變化	食物溫度	室溫差距	溫度變化
原本溫度	15	7.2	-7.8	0	8.5	-6.5	0	8.5	-6.5	0
10 分鐘後	15.2	13.8	-1.4	6.6	11.4	-3.8	2.9	9.1	-6.1	0.6
20 分鐘後	15	14.4	-0.6	0.6	13.1	-1.9	1.7	11.2	-3.8	2.1
30 分鐘後	14.9	15.4	0.5	1	13.2	-1.7	0.1	11.2	-3.7	0
40 分鐘後	15.4	16.3	0.9	0.9	13.3	-2.1	0.1	11.1	-4.3	-0.1
50 分鐘後	15.5	17.4	1.9	1.1	15.5	0	2.2	13.5	-2	2.4
60 分鐘後	15.6	18.6	3	1.2	15.9	0.3	0.4	13.8	-1.8	0.3
整體變化	0.6	11.4			7.4			5.3		

結果發現：室外無保溫袋的食物溫度從 7.2℃ 上升到 18.6℃，整體上升 11.4℃，顯示溫度上升速度很快。一般保溫袋的食物溫度從 8.5℃ 變化到 15.9℃，整體上升 7.4℃，雖有一定幫助，但溫度仍持續上升，幅度較無保溫袋少。仿生組合保溫袋的食物溫度從 8.5℃ 變化到 13.8℃，整體上升 5.3℃，保溫效果最佳，溫度變化最小。總結來看，仿生組合保溫袋能最有效保持布丁的低溫，其效果優於一般保溫袋，而無保溫袋則會讓食物容易受到外部環境影響。

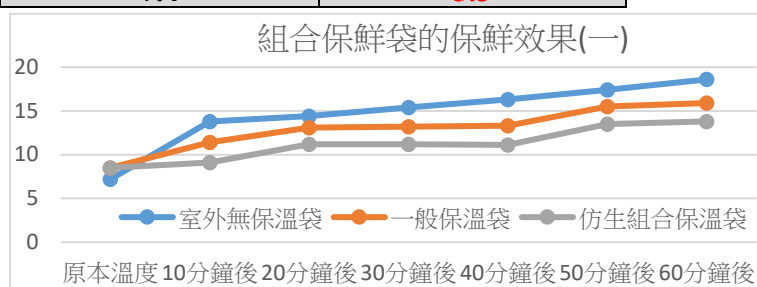


表 4-3-10 組合的保溫袋散熱保鮮第二次實驗結果

第二次實驗檢測：日期 114.01.16，保鮮食物：愛玉凍										
	室溫	室外無保溫袋			一般保溫袋			仿生組合保溫袋		
		食物溫度	室溫差距	溫度變化	食物溫度	室溫差距	溫度變化	食物溫度	室溫差距	溫度變化
原本溫度	21.2	4.8	-16.4	0	4.8	-16.4	0	4.8	-16.4	0
10 分鐘後	21.4	9.6	-11.8	4.8	4.8	-16.6	0	4.8	-16.6	0
20 分鐘後	21.9	11.8	-10.1	2.2	8.2	-13.7	3.4	8.2	-13.7	3.4
30 分鐘後	22	15.5	-6.5	3.7	9.6	-12.4	1.4	10.6	-11.4	2.4
40 分鐘後	21.8	16.1	-5.7	0.6	12.9	-8.9	3.3	11.2	-10.6	0.6
50 分鐘後	22	17.6	-4.4	1.5	13.8	-8.2	0.9	11.5	-10.5	0.3
60 分鐘後	22.3	18.4	-3.9	0.8	14.5	-7.8	0.7	11.7	-10.6	0.2
整體變化	1.1	13.6			9.7			6.9		

結果發現：室外無保溫袋的食物溫度從 4.8℃ 上升至 18.4℃，增加 13.6℃，受環境影響明顯。一般保溫袋可減緩升溫，溫度從 4.8℃ 升至 14.5℃，增加 9.7℃，仍持續升高。仿生組合保溫袋效果最佳，溫度僅上升 6.9℃，最能減少溫度變化。總結而言，仿生組合保溫袋最能維持愛玉凍的低溫，一般保溫袋次之，而無保溫袋時，食物溫度上升最快，易受環境影響。

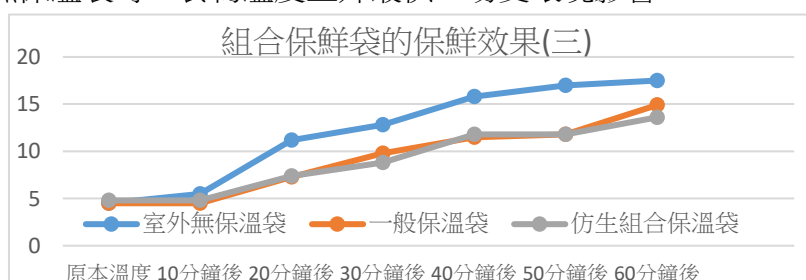
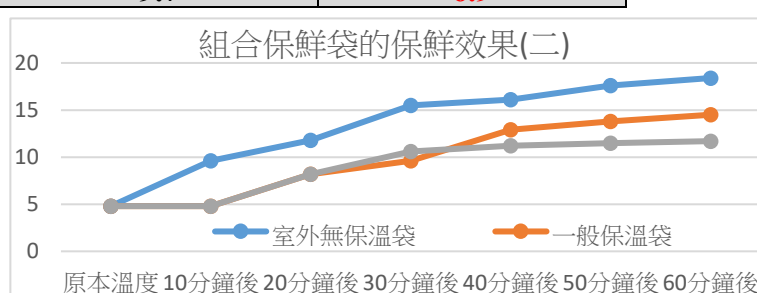


表 4-3-11 組合的保溫袋散熱保鮮第三次實驗結果

第三次實驗檢測：日期 114.01.17，保鮮食物：茶凍											
	室溫	室外無保溫袋			一般保溫袋			仿生組合保溫袋			
		食物溫度	室溫差距	溫度變化	食物溫度	室溫差距	溫度變化	食物溫度	室溫差距	溫度變化	
原本溫度	21.2	4.5	-16.7	0	4.5	-16.7	0	4.8	-16.4	0	
10 分鐘後	21.6	5.5	-16.1	1	4.5	-17.1	0	4.8	-16.8	0	
20 分鐘後	18.9	11.2	-7.7	5.7	7.3	-11.6	2.8	7.4	-11.5	2.6	
30 分鐘後	19.5	12.8	-6.7	1.6	9.8	-9.7	2.5	8.8	-10.7	1.4	
40 分鐘後	18.1	15.8	-2.3	3	11.5	-6.6	1.7	11.8	-6.3	3	
50 分鐘後	16.4	17	0.6	1.2	11.8	-4.6	0.3	11.8	-4.6	0	
60 分鐘後	20.9	17.5	-3.4	0.5	14.9	-6	3.1	13.6	-7.3	1.8	
整體變化	-0.3		13		10.4			8.8			

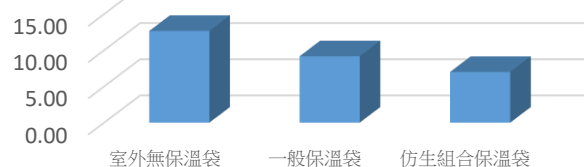
結果發現：室外無保溫袋的茶凍溫度從 4.5℃ 上升至 17.5℃，增加 13℃，受外部環境影響較大。一般保溫袋能減緩升溫，溫度從 4.5℃ 升至 14.9℃，增加 10.4℃，但效果不及仿生組合保溫袋。仿生組合保溫袋的溫度變化最小，從 4.8℃ 升至 13.6℃，增加 8.8℃，保溫效果最佳。綜合比較，仿生組合保溫袋能最有效保持茶凍低溫，一般保溫袋次之，而無保溫袋時，茶凍溫度上升最快，易受環境影響，進一步證實仿生組合保溫袋的保鮮優勢。

📖 模擬各種生物散熱策略設計保溫袋實驗統整比較

表 4-3-12 組合的保溫袋散熱保鮮實驗結果統整比較

時間	室外無保溫袋	一般保溫袋	仿生組合保溫袋
第一次	11.4	7.4	5.3
第二次	13.6	9.7	6.9
第三次	13	10.4	8.8
平均	12.67	9.17	7

模擬各種生物散熱策略設計保溫袋平均上升溫度



結果發現：室外無保溫袋的平均溫度變化為 12.67℃，這顯示在沒有保溫袋的情況下，食物溫度上升最為顯著。這表明外部環境對食物的影響最大。一般保溫袋的平均溫度變化為 9.17℃，相較於無保溫袋組別，其效果較為明顯，但仍無法完全阻止溫度上升。這表明保溫袋有一定的保鮮效果，但會受到外部環境影響。仿生組合保溫袋的平均溫度變化為 7℃，顯示出它在保溫方面的效果最好，能夠最有效地減少溫度上升。從上述結果可知，仿生組合保溫袋顯示出最好的保鮮效果，能有效減少食物的溫度變化，保持食物較低的溫度。一般保溫袋也有不錯的效果，但相較於仿生組合，其保溫效果較弱。無保溫袋的溫度上升最快，顯示出它對食物保鮮幫助最小。這些結果強調了使用仿生組合保溫袋在保持食物低溫方面的優勢。

伍、結論

本研究探討仿生散熱策略對食物保鮮的影響，並與傳統保鮮容器進行比較，得出以下結論：

一、探討各種不同生物散熱降溫策略與效果

經過這次實驗我們得知，模擬黑白斑馬條紋和銀蟻體毛反光的設計在數據上有明顯的散熱效果，雖然模擬蝴蝶翅脈的數據的不太明顯，還是可以看到上升的速度比一般保溫盒還要慢，顯示這三種我們採取的仿生散熱策略皆能達到散熱降溫的維持溫度效果。

二、探究模擬各種不同生物策略的降溫保鮮效果表現

(一)黑白斑馬條紋設計的保溫盒能夠顯著減少食物或飲料的溫度變化，無論在短期還是長期的實驗中，均顯示出比對照組更低的溫度變化幅度。這表明**模擬斑馬條紋的散熱策略在延長保鮮時間、減少環境對飲料溫度影響方面具有優越的效果**，是一種有效的降溫保鮮策略。

(二)銀蟻體毛反光設計的保溫盒在短時間內對飲料保持較低溫度有顯著效果。經過 1 小時測試，使用銀蟻散熱盒的飲料溫度上升較慢。然而，隨著時間延長，效果逐漸減弱，尤其在 8 小時後，飲料的溫度仍會接近外部環境的溫度。因此，**銀蟻散熱策略適用於短時間內的降溫保鮮，若需長時間保持低溫，需搭配冰塊或其他降溫方法**。

(三)蝴蝶翅脈散熱策略，在**短時間能有效減少盒外環境溫度的變化，保持較穩定的外部環境**。雖然飲料的溫度仍有變化，但相較於對照組，變化幅度較小，顯示其有助於保鮮。在長時間的實驗中，**蝴蝶翅脈結構盒能有效降低環境溫度對內部食物與飲料的影響，延長保鮮效果**。對照組的內部飲料溫度變化更劇烈，顯示普通保鮮盒在維持穩定溫度方面較差。實驗組盒外溫度變化較小，可能因為蝴蝶翅脈結構有助於調節外部影響。證明了蝴蝶翅脈結構在降溫保鮮的應用潛力！

三、探究模擬各種生物散熱策略設計低溫保存的食品容納盒與保溫袋之降溫保鮮效果表現

本研究還將模擬不同生物散熱策略的綜合效果的仿生設計應用於冷卻盒和保溫袋中進行比較。結果顯示，**結合多種仿生策略的保鮮盒與保溫袋，在短期與長期實驗中皆優於傳統款式，能有效維持低溫狀態，提高食物保鮮效率**。仿生保溫袋相較於一般保溫袋，能更有效隔絕外界環境影響，特別適用於長時間保鮮需求。

本研究顯示，透過模擬自然界中的散熱策略的仿生技術，如黑白斑馬條紋和銀蟻散熱結構，可顯著提高保溫盒和保鮮袋的散熱效能，從而延長食物或飲料的保鮮時間。仿生設計可提升食品保鮮效能，減少環境溫度影響，為未來食品包裝與冷藏技術提供創新且環保的發展方向。

陸、參考資料及其他

一、丑宛茹，2013，"向自然學習的仿生設計"，《實踐設計學報》7 期，P114-127。

二、李旺龍，2008-05-27，您不知道的早知道仿生學 www.topchina.com.tw。

三、十大昆蟲仿生設計 <http://www.enorth.com.cn> 2011-01-06。

四、仿生學維基百科，<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BB%BF%E7%94%9F%E5%AD%A6%>Animal>。

五、科學少年，2020 年 5 月 12 日，揭開蝴蝶翅膀的散熱祕密。

六、國家地理：蟻界的「快銀」- 撒哈拉銀蟻，2019/10/21，<https://www.natgeomedia.com/science/video/content-9644.html>。

七、【動物冷知識】夏天好熱！撒哈拉銀蟻靠毛毛降溫太神奇，<https://udn.com/news/story/7470/7279739>。