

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第一名

082920

解固奇招 - 動力水流解凍之分析與探討

學校名稱：臺北市大同區日新國民小學

作者：	指導老師：
小六 昌宥圻	白建華
小六 吳芸希	曾綺瑜
小五 侯妤珊	
小五 花丞陽	
小五 李承熹	
小六 詹鈞翔	

關鍵詞：解凍、退冰、融化

得獎感言

參加科展的點滴和感想

很高興我們有機會參加這次全國科展，很驚喜的獲得第一名的殊榮，回憶這段旅程，真是一個難忘的學習經驗。

從發現媽媽來不及解凍冷凍肉品的困擾，做為我們的研究題目開始，長達數月的科學探索之旅，老師帶著我們設計實驗、訂定變因，又不斷地發現問題、改良和修正，還包括切生豬肉，實際參與家中備餐過程，幫忙家事，了解媽媽的辛勞，覺得很有意義，實驗過程也很有趣，到後來連媽媽都加進來驗證我們的實驗結果，體驗我們的動力水流解凍法所帶來的方便性。

當然我們也碰到了一些困難，其中印象最深刻的是要調恆溫水的時候，測到實驗水箱中的水溫和溫控器測的水溫不同，因此不知如何設定溫控器啟動和停止的溫度，才能保持水的恆溫？最後用試誤法不斷測試與修正，找出規則，才解決這個問題。另外一個困難的地方是在判斷肉品是否解凍完成的標準不一，因為每個同學的手感不同，用力大小也不同，因此在判斷肉品解凍完成所需的時間也會有不同，所以我們要想一個客觀科學的方法來判定。在老師指導下，我們利用教具室的器材和家裡的樂高積木，自製了肉品軟硬度測定儀，為了增加它的準確性，我們測試及修正了很多次並建立資料庫，確定這個儀器測出的肉品沉陷量對照解凍時間有參考價值。

參加科展其實非常辛苦，犧牲了很多休閒時間，但是研究得到的成果解決了媽媽們的困擾，以及對人們的生活有幫助、有貢獻，節省了備餐時間，還可以保持肉品的新鮮度，覺得很開心。除了學習科學原理和知識之外，還讓我在許多方面獲得課堂中不易學習到的能力與經驗，像是設計實驗，做統計圖表、表達報告、做簡報、回答問題等，讓我獲益匪淺，未來我想要學以致用在課堂中，並告訴學弟妹參加科展的好處，鼓勵更多人投入科學探究。

這次比賽採用線上評審方式，透過視訊用投影片報告以及問答，這種方式有點抽象，很難呈現研究內容的全貌，但是我們還是盡力去練習，還想將經驗傳承給學弟妹。告訴他們：要相信自己、接受挑戰、突破自己。

我們得到第一名，首先要感謝兩位指導老師，總是用心指導和鼓勵我們，帶領我們突破重重難關，使我們創造出意想不到的好成績。再來要感謝我的研究夥伴們，從剛開始接觸，慢慢地培養默契，讓我們合作無間的完成這項作品，謝謝你們。

如果還有機會，我還是會想參加科展，我知道很累，更知道會遇到許多挫折，但或許之後再看看那些保有的作品說明書和照片，湧上心頭的不再是緊張的情緒或是覺得辛苦的喟嘆，而是一點一滴的合作回憶和那些文字無法說出的感動。



示範動力水流解凍法解凍肉品的實驗過程



線上比賽前，測試網路和耳麥等硬體設備



得到第一名的殊榮，老師和我們都非常開心

摘要

現代人工作忙碌，常忘記將冷凍食材提早退冰，為了加快肉品解凍速度及節省備餐時間，研究動力水流解凍法的分析比較。

研究中製作標準化真空冰袋模擬肉品解凍，在不同馬達位置與水量多寡的流場分析，發現 5 升水量，馬達不同位置及不同起始水溫，起始水溫越高，解凍速度越快，雙馬達 5+6 號位置雖然速度較快一點，但基於會多占空間並較耗能，後續選用次佳效能的單馬達 6 號位置搭配節水的 3 升水量。恆溫控制對解凍時間有幫助，在起始水溫 20 度時解凍效率提升最多。

運用力學原理自製肉品軟硬度測定儀，判斷肉品解凍完成，具客觀性。研究找出用較高功率的加熱棒做 3 升水，馬達 6 號位置的 20 度恆溫動力水流解凍肉品有良好成效，可避免微波爐外熟內生的狀況。

壹、前言

一、研究動機

疫情期間為了全家人的健康，媽媽堅持自己做晚餐，有幾次媽媽忘記提早從冷凍庫拿出冷凍肉品出來退冰，回到家後才匆忙將它從冰箱拿出來，泡在水盆裡要退冰，可是時間已經很晚，肉的有些部分還硬梆梆，還沒退冰完成，無法開始烹煮，我的肚子也咕嚕作響，不知道要幾點才能吃到晚餐，於是我便開始思考，如何讓冷凍的食材能夠快速解凍，食物能保鮮又能準時上桌的問題。



圖 1 冷凍肉品

冷凍肉品的種類繁多，現代人生活忙碌，不可能每天都買新鮮食材來煮，我們想知道一般大眾都是用什麼方法解凍，還同時能保持肉品的新鮮，有沒有跟媽媽一樣，有來不及解凍的狀況？因此我們查詢解凍方法的資料，並根據資料，製作 Google 表單，如圖 2。

問卷共回收 132 份，我們用 Google 問卷的自動分析功能，將結果摘錄如下：



圖 2 解凍方法調查問卷

有百分之五十以上的家庭，一個禮拜之中大約有四天以上在家自己煮飯，而大部分的人自己在家時，都會使用一些解凍方法，使食物較快速的退冰。最常使用的解凍方法，前三名依序是冷藏室解凍、靜水解凍、室溫解凍。如圖 3。

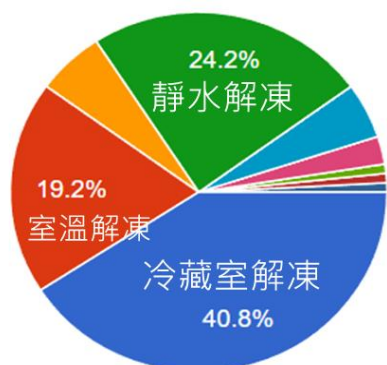


圖 3 常用的解凍方式統計圖

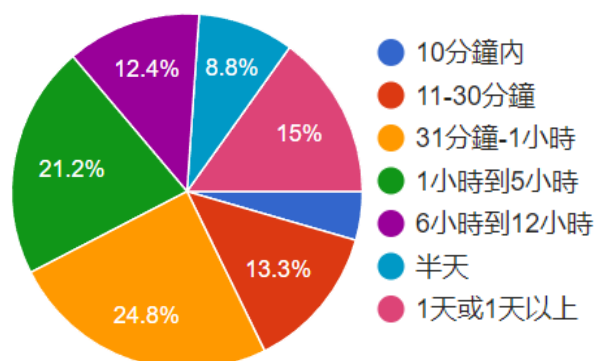


圖 4 解凍花費時間統計圖

由圖 4 中可以看出，在退冰時間方面，將近 50% 填答者需要花費半小時到 5 小時的時間才能解凍完成。

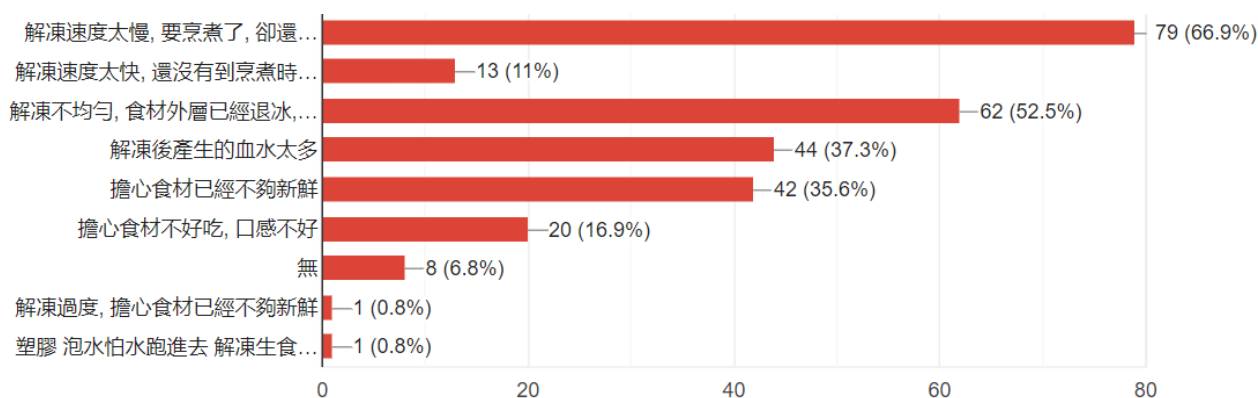


圖 5 解凍最常遇到的問題統計圖

由圖 5 可以看出，填答者有將近 70% 的人在解凍冷凍食材時，最常遇到的問題是解凍速度太慢，要烹煮但還沒完全退冰，50% 以上遇到解凍不均勻，內層還是生硬的狀況，以及將近 40% 受訪者會擔心產生太多血水，肉品已經不新鮮等。

我們用問卷的結果當做研究主題，並且依據結果設計實驗，探討如何提高解凍的效率，縮短解凍的時間並改善解凍不均勻的問題，才能保持肉品的新鮮度，讓備餐者能節省時間，美味準時上桌不延誤，並能吃得健康。

水的三態變化在三年級的自然課有學到，水結成冰是在零度時，在五下自然課也有學到，這種狀態下食物得以保存較久，因為降低溫度，可以避免微生物的滋長。我覺得很好奇，將肉解凍，就好比將冰融化成水的原理，而從冰融化成水，是需要熱讓溫度升高，那要如何讓溫度升高？如何融化冰？如何快速融化冰？我們也學過熱的傳播有三種方式，其中熱的傳導是由溫度高的地方流到溫度低的地方，因此要在水中製造熱、產生熱，才能快速把熱

傳入冷凍肉品，才能使肉品加速解凍。想要讓美味準時上桌，這些問題都值得我們去探討，於是我和同學們組成研究團隊，藉著參加科展的機會，開始著手研究。

二、研究目的

- (一) 探討常見解凍方式的冰袋解凍速度
- (二) 探討動力水流解凍法的解凍效率
- (三) 探討設定恆溫對動力水流解凍法的影響
- (四) 探討設定恆溫，用動力水流解凍法解凍肉品的效率分析
- (五) 各種常用解凍法用於解凍肉品的效率分析與比較

三、文獻探討與回顧

我們查閱了書籍、網站資料及相關的研究報告，將重要資料跟原理的重點整理如下：

- (一) 要研究解凍就要知道肉的組成，水的成分占了 65% 以上，其他的還有蛋白質和脂肪等。肉品結凍就是溫度在 -2 °C 左右，肉品中的水結成冰晶，而解凍就是指冰晶逐步融化，肉品內已經沒有硬塊。但是冰晶會破壞細胞組織，因此肉品解凍時導致大量的細胞液流出，也就是血水，造成滴液流失，營養成分也跟著損失，而血水含豐富蛋白質，為細菌提供有利生存環境。因此解凍過程越短越好，產生的血水越少越好，而且解凍後應該盡快烹煮以免新鮮度流失。

(二) 一般人常用的解凍方法

方法	原理	優點	缺點
冷藏解凍	利用較低溫度慢慢將肉品解凍	低溫能阻慢細菌孳生	時間可能需一天以上
室溫解凍	放置於空氣當中用室溫解凍	無成本	室溫會影響食材新鮮度
流水解凍	利用流水較快傳熱的原理將熱帶入冷凍食材內	解凍時間可能較快	耗費較多水資源
靜水解凍	利用水的溫度將熱傳入食材	低成本即可完成	時間長，容易滋生細菌
微波爐解凍	微波爐內產生磁場讓水分子振動產生熱量加熱食物	解凍速度快(不到 10 分鐘就完成)	容易有外熟內生的情況 不易烹煮
解凍板解凍	透過鋁合金導熱做高速熱交換	方便且不易產生細菌	成本高、解凍速度不快

(三) 相關研究

我們查詢到關於解凍方面的研究，大部分是探討解凍板，例如國展第 59 屆作品: **融化冰凍的心-魔力解凍板**，以及第 54 屆作品: **冰凍三尺非一日之寒，那解凍呢？DIY-解凍板的製作與探討**，提到解凍板的解凍功能，研究鋁製材質對於熱傳導的影響，並開發自製解凍板，小塊鋁製散熱片模擬解凍板，設計考量解凍板面積和排水溝槽。**研究使用肉品試體 137 公克，需要 10 分鐘多解凍。我們用動力水流加上恆溫控制水溫水箱系統裝置，方法不同，但是他們的作法值得我們參考。**

(四) 重要學理概念或名詞解釋

1. **層流**: 層流為流體的一種流動狀態，當流速很小時，流體分層流動，互不干擾，稱為層流。
2. **紊流**也稱亂流，當水的流速增加到很大時，流線不再清楚可辨，流場中有許多小漩渦，稱為紊流。
3. **渦流**: 渦流又稱漩渦，是一個漩渦型的水流，由反水流的活動形成。絕大多數的渦流，不是很強大。
4. **熱傳或熱力學原理**
熱物理學中所謂的「熱傳遞」，指的是「熱能由一個高溫物體傳遞到低溫物體」。當物體（固體或流體）與周圍環境溫度不同時，藉由熱傳遞或熱交換的過程，與周圍環境達成熱平衡。當兩物體的溫差越小，熱傳遞持續進行，只是傳遞速率減緩。在單位溫差下，單位時間通過單位面積單位距離的熱量，稱為該物質之熱傳導係數。常見**導熱係數**：空氣 0.024~0.026，水 0.6，豬肉 0.5，水傳熱比空氣快 24 倍。
5. **滴液流失**
簡稱出水，當冷凍保存不當，冰晶會逐漸破壞細胞組織，因此產生了血水。解凍不適當也會造成血水流出。可以使用低溫解凍及急速冷凍技術減少血水的產生。

貳、研究設備與器材

一、實驗設備：

我們的實驗所使用的設備有: 冰箱(冰櫃)、微波爐、溫控計、電湯匙、冷凝劑、延長線、降溫小冰袋、解凍板。

表 1 實驗設備

品項	壓克力水箱 29*19*18cm	食品用溫度計	氣溫計	沉水馬達	紫色墨水
功用	裝水做實驗	量測水溫	測量室溫	製造水流	方便觀察冰塊解凍
圖片					
品項	碼表	冰袋架	黏貼吸盤	紅外線溫度計	真空包裝封口機
功用	計時	固定冰袋	固定冰袋的架子	量冰袋表面溫度	包裝密封使用
圖片					
品項	強力 LED 手電筒	真空包裝袋	解凍板	鋁製鈎尺	保麗龍箱
功用	方便觀察麵粉移動	裝水做成冰袋	解凍冰袋和肉品	測量餘冰長度	保持冰袋的溫度，減少外界空氣影響
圖片					
品項	加熱棒	電子式溫控計	電湯匙	麵粉	電子秤
功用	將水加熱	控制溫度到指定溫度	加熱水溫	方便觀察水的流場	秤肉品的重量
圖片					

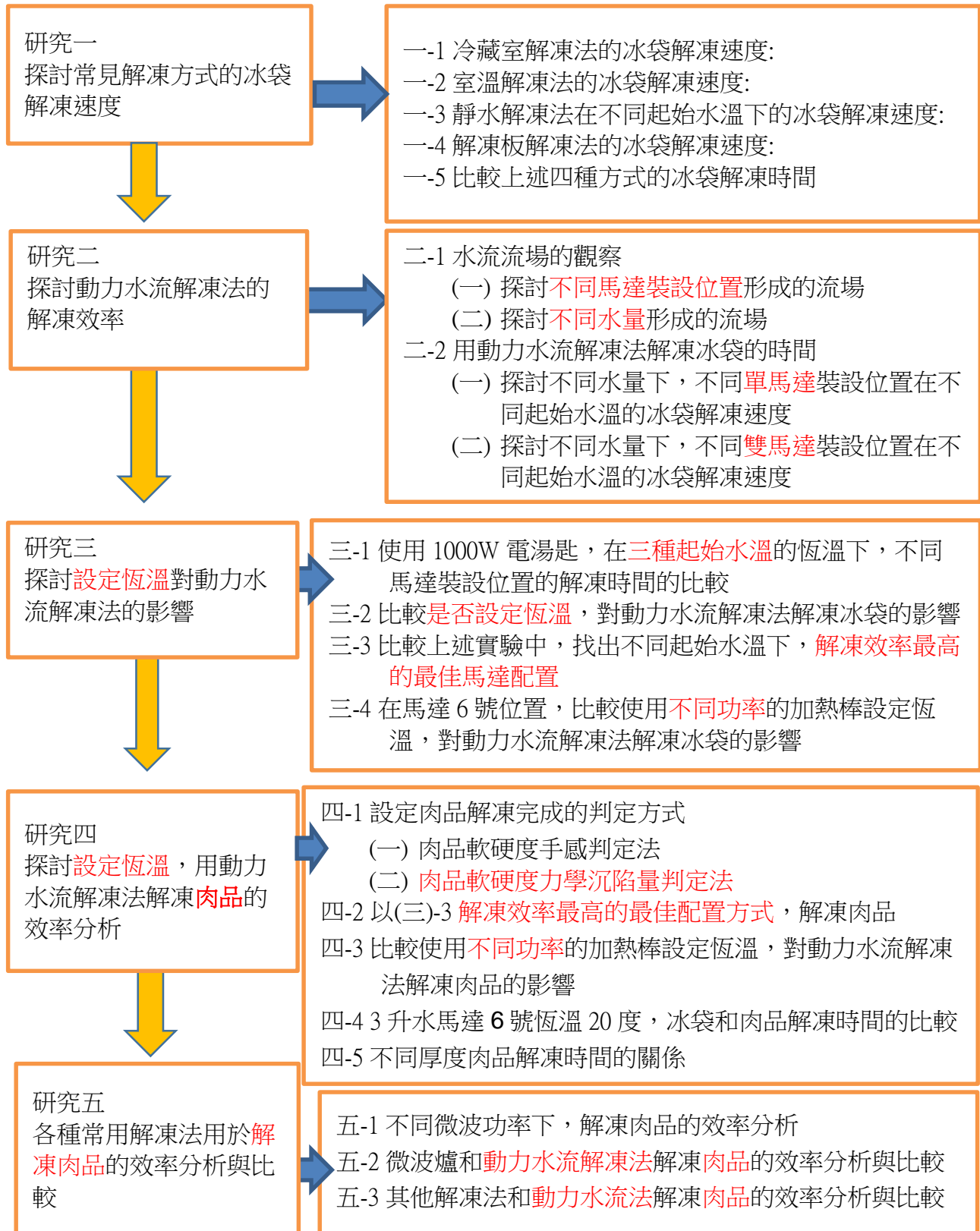
二、實驗材料:

自來水、冷凍豬肉肉品

參、研究過程與方法

一、研究架構

解固奇招 – 動力水流解凍 之分析與探討



二、研究過程

我們由問卷調查的結果，確定研究主題之後，就開始做實驗的預備：

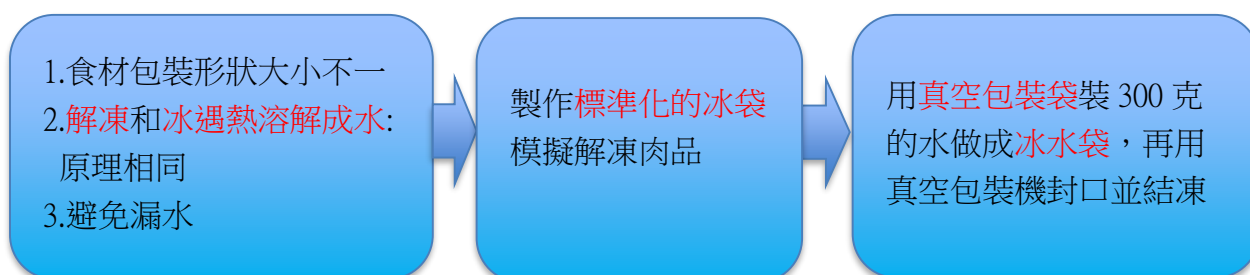
1. **觀察**：我們看媽媽準備下一餐和明後天的餐點，將家裡冷凍庫內的冷凍食材實際解凍，了解並估算解凍所需的時間和狀況。

表 2 家中常見的冷凍食材與解凍所需時間

冷凍食材名稱或種類	解凍方式	解凍完成時間
魷魚羹	放在室溫	約 2.5 小時
魚	泡冷水	約 32 分鐘
豬絞肉	微波爐	5 分鐘

2. **發現問題**：媽媽對於不同的食材有不同的解凍方法，所需的解凍時間也不太相同。她還會從市場買一大袋肉，回家分裝再冷凍起來，我發現**結凍過的肉品形狀有點扭曲不平整，大小、厚度也不一，包裝常常呈現不規則形狀**，例如雞腿、肉片、排骨、一球一球的花枝丸、魚片等等都不同。
3. **實驗構想和設計**：

三年級自然課學過水的三態變化，想到**要把熱快速且大量的傳進冷凍肉品，才能加速解凍**，提高效率，就跟要傳熱給冰塊，冰塊才會溶解成水一樣。因此我們想到**用冰袋做實驗**，找出高效率的解凍方法。



4. 製作材料：

製作 20 個標準化的冰袋：

- 裝 300 克自來水到真空包裝袋
- 滴入紫色墨水三滴，讓結冰後的冰塊易於觀察和測量長度
- 用真空包裝機封口，放入冷凍庫結凍，每一個水袋下方墊一塊紙板，保持結冰後的冰袋平整性
- 紫冰袋結凍後長寬約 18cm * 12cm



圖 7 紫色真空冰袋的製作

研究一、探討常見解凍方式的冰袋解凍速度

根據問卷調查結果，最常使用的解凍方法，前三名依序是冷藏室解凍、靜水解凍、室溫解凍，因此我們探討這三種解凍法的冰袋解凍速度，以及這幾年市面上新開發的解凍板解凍。

實驗一-1 冷藏室解凍冰袋

實驗一-2 室溫解凍冰袋

實驗一-3 不同起始水溫下，靜水解凍冰袋

實驗一-4 解凍板解凍冰袋

一-1、冷藏室解凍法的冰袋解凍速度

實驗步驟:

- (一) 從冷凍庫拿出冰袋，放入冷藏室 (溫度 4 度)
- (二) 按下碼表開始解凍計時
- (三) 每 20 分鐘用鋁製鈎尺測量一次餘冰長度並記錄
- (四) 當冰袋中的冰完全溶解，記錄餘冰長度為 0 及統計解凍所需時間
- (五) 將冰袋立刻從冷藏室中取出，分次量取冰袋表面溫度和解凍結束水溫



圖 8 冷藏室解凍冰袋

一-2 室溫解凍法的冰袋解凍速度

實驗步驟:

- (一) 從冷凍庫拿出冰袋，放在室內沒有太陽照到的桌面上
- (二) 同實驗一-1、步驟(二)-(四)
- (三) 量取冰袋表面溫度

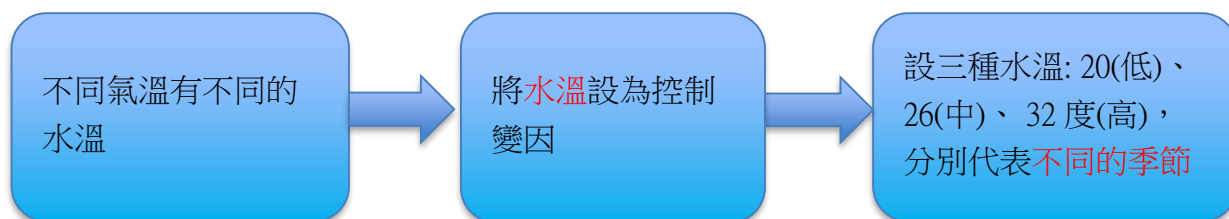


圖 9 靜水解凍冰袋

一-3 靜水解凍法在不同起始水溫下的冰袋解凍速度

氣溫(室溫)和水溫的關係通常是正比，氣溫越高，水溫就越高，可是地底水管的水流出來的溫度是比較穩定的。在不同的氣溫下會有不同的水溫，我們發現測量到解凍所需的時間也各有不同，天氣冷的時候水溫也較低，要花比較長的時間解凍。相反的，夏天解凍速度較快，因此想到要比較解凍速度的快慢，就要將水溫設為控制變因，也就是起始的水溫都要相同。我們設了三種溫度: 20(低)、26(中)、32 度(高)，分別是代表不同的季節。

起始水溫分別是 20, 26, 32 度三種



實驗步驟

- (一) 將水箱裝 3 公升水

- (二) 將水溫計固定在水箱邊，使探針插到水中
- (三) 將加熱棒和感溫探頭完全浸入水箱底部
- (四) 開啟電源讓加熱棒作用，將水溫分別加熱到 20, 26, 32 度(±0.5 度都可以接受)
- (五) 關閉加熱棒電源，將加熱棒和感溫探頭拿出水箱
- (六) 從冷凍庫拿出冰袋，立刻放入水箱中解凍
- (七) 每 1 分鐘用鋁製鈎尺測量一次餘冰長度和水溫並記錄
- (八) 當冰袋中的冰完全融化，記錄餘冰長度為 0，還有結束水溫
- (九) 將冰水袋立刻從水箱中取出，用紅外線溫度計量測冰袋表面溫度
- (十) 統計解凍所需時間

一-4、解凍板解凍法的冰袋解凍速度

我們將市面上標榜解凍快速的方式及文獻探討文章中
所敘述的解凍板，來實作看看。

實驗步驟

- (一) 用溫度計測量室溫
- (二) 從保麗龍保冷盒中，拿出 300 公克的冰袋(使用紅外線感測器感測冰袋表面溫度)
- (三) 將冰袋置於解凍板上
- (四) 同實驗一-1 步驟(二)-(五)



圖 10 解凍板解凍冰袋

一-5 比較上述四種常見解凍方式的冰袋解凍時間

將冷藏室、室溫、靜水解凍法和解凍板等四種方法，比較解凍冰袋的時間並畫出曲線圖。

思考: 要如何加速冰袋融化? 用甚麼方法可以提高加熱冰袋的效率?

我們觀察到家裡水族箱裡的氣泡和沉水馬達的作用，讓水形成波紋或循環流動，因此想到如果在水箱中給予動力，加裝馬達，製造水流，再放入冰袋，會不會有效果? 對於水的流動有甚麼作用? 形成什麼樣的水流流場? 馬達要裝設在什麼位置效果最好? 這些都是要透過實驗才能得知的。

製作冰袋固定架與安裝:

- (一) 將舊電線折彎，用尖嘴鉗等工具調整尺寸
- (二) 並在轉折處套上熱縮套
- (三) 裝上兩個塑膠吸盤和一條長橡皮筋，固定在冰袋架上，完成冰袋固定架。
- (四) 量好要放置的高度和位置，將冰袋固定架上的塑膠吸盤，黏貼在水箱內部長邊上

(五) 另一側也黏貼一個吸盤，可以卡住冰袋固定架，讓冰袋固定架盡量保持水平，防止綁上冰袋後傾斜、上浮或沉入水箱底部 (如圖 11)。

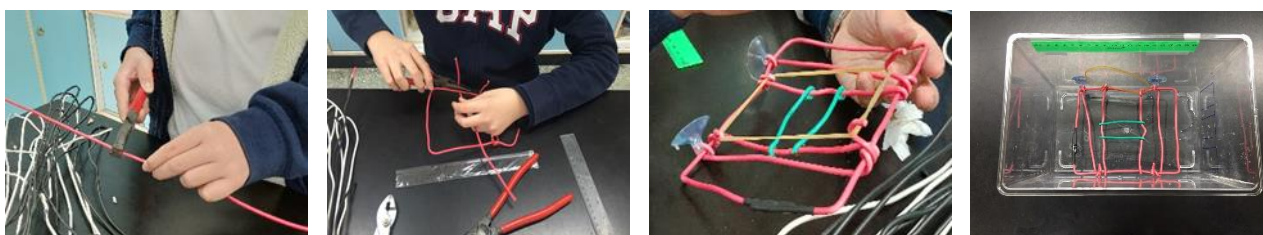


圖 11 冰袋固定架的製作與安裝

研究二、探討動力水流解凍法的解凍效率

二-1 水流流場的觀察

實驗二-1

觀察不同馬達裝設位置的流場

實驗二-2 觀察不同水量的流場

(一) 探討不同馬達裝設位置形成的流場

1. 實驗構想和設計:

將沉水馬達試著裝設在水箱側面，發現有六個位置(如圖 12)，如果將兩個沉水馬達上下疊起，而且要讓整個馬達都沒入水中，用大量杯量取自來水倒入水箱，大約需要 5 公升水，因此我們就先

固定用 5 公升水量當作控制變因。而馬達的裝設方式，有單馬達 1、2、3、4、5、6 號位置，但是 1 號位置和 3 號位置、4 號位置和 6 號位置馬達噴發出的水流方式應該相同，只是左右方向不同，因此選取 3 號和 6 號位置做實驗，於是定出馬達配置位置 2、3、5、6 號。

2. 水流流場測定的構想:

三年級自然課學過，麵粉無法溶解於水中，因此我們用麵粉水做實驗，將冰袋固定在冰袋架上，馬達裝設位置同上面實驗二-1，實驗步驟也相同，撒麵粉入水中，觀察麵粉的移動情形，藉由麵粉的流動情形，關燈後用強力 LED 手電筒照光，觀察裝在不同位置馬達帶動水流所產生的流場。

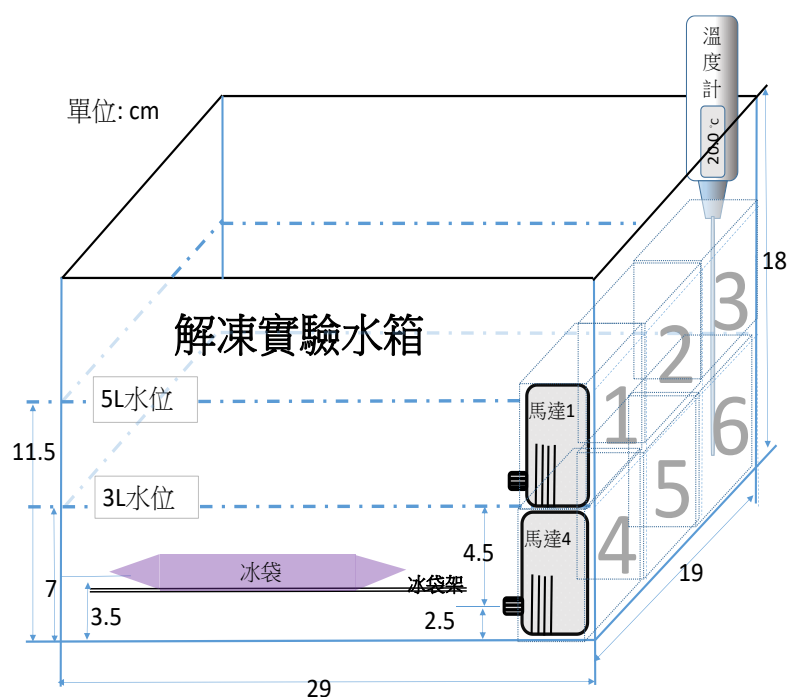
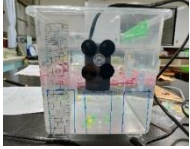
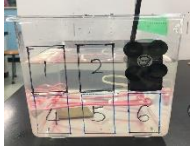
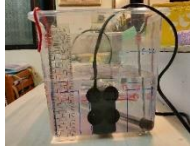
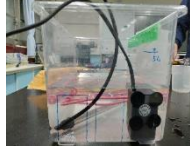

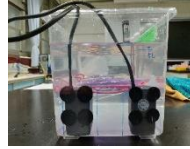


圖 12 解凍實驗水箱 3D 立體圖



圖 13 單馬達 2 號位置

表 3 5 公升水量，單馬達和雙馬達裝設位置表

																																									
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6
1	2	3																																							
4	5	6																																							
1	2	3																																							
4	5	6																																							
1	2	3																																							
4	5	6																																							
1	2	3																																							
4	5	6																																							
1	2	3																																							
4	5	6																																							
1	2	3																																							
4	5	6																																							
2 號位置	3 號位置	5 號位置	6 號位置	5+6 號位置	4+6 號位置																																				

3. 水流流場測定實驗步驟:

- (1) 依次裝設馬達在不同位置，噴口和水箱底部平行並對齊
- (2) 裝入 5 公升水並開啟馬達
- (3) 撒麵粉到水中
- (4) 關燈後用強力 LED 手電筒照光，觀察麵粉的移動情形
- (5) 畫出麵粉移動情形的俯視圖和側視圖
- (6) 改變馬達裝設位置重複步驟 (2)-(6)
- (7) 比較並分析各種馬達配置帶來水流的流場

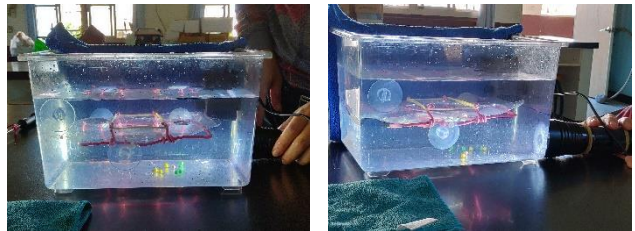


圖 14 用強力 LED 手電筒照光



圖 15 觀察麵粉移動情形

4. 問題與修正:

實驗過程中要一直換水，我們覺得用 5 公升的水耗費很多水資源，要開發一個能夠節水並提高效率的解凍系統，因此想到如果只裝設一層的馬達所產生的水流動力，是否就已經足夠？因此我們注水到只淹沒一層馬達的深度，經測量大約是 3 公升的水，進而研究水量對流場的影響。

(二) 探討不同水量形成的流場

表 4 3 公升水量，單馬達和雙馬達裝設位置表

<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6
1	2	3																									
4	5	6																									
1	2	3																									
4	5	6																									
1	2	3																									
4	5	6																									
1	2	3																									
4	5	6																									
5 號位置	6 號位置	5+6 號位置	4+6 號位置																								

1. 馬達裝設位置: 單馬達 5, 6 號位置以及雙馬達 5+6, 及 4+6 位置。
2. 實驗步驟: 如上面實驗二-1 的步驟(4)-(7)

二-2、用動力水流解凍法解凍冰袋的時間

探討不同水量下，不同馬達裝設位置和不同起始水溫的冰袋解凍速度

實驗二-3 5 公升水，單馬達不同位置的冰袋解凍時間
 實驗二-4 3 公升水，單馬達不同位置的冰袋解凍時間
 實驗二-5 5 公升水，雙馬達不同位置的冰袋解凍時間
 實驗二-6 3 公升水，雙馬達不同位置的冰袋解凍時間

1. 實驗設計

我們接續前面的實驗、依照馬達的配置情形、水量有 5 公升和 3 公升兩種，用動力產生水流的方式實際解凍冰袋，看是否能提高解凍的效率。

如同上面的實驗一-3 靜水解凍法，將起始水溫固定三個溫度 20、26、32 度，代表不同的季節下解凍的狀況，分別代表低、中、高溫。用冰袋模擬冷凍肉品放入裝水的容器中解凍，計時測量冰完全融化成水的時間，以及水箱中的水溫。

5 公升水的 馬達配置	單馬達 2.3.5.6 號位置	水箱側面馬達位置對照圖	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	為了不受氣溫影響，固定起始水溫:20, 26, 32 度
	1			2	3					
4	5			6						
雙馬達 5+6 號, 4+6 號位置										
3 公升水的 馬達配置	單馬達 5.6 號位置									
(節水考量) 馬達配置	雙馬達 5+6 號, 4+6 號位置									

2. 實驗步驟

- (1) 將水箱放入保麗龍箱中，以免受氣溫影響
- (2) 將水箱裝 5 公升 / 3 公升水
- (3) 將水溫計固定在水箱邊，使探針插到水中
- (4) 將 350 瓦加熱棒和感溫探頭完全浸入水箱底部
- (5) 開啟電源讓加熱棒作用，將水溫分別加熱到 32, 26, 20 度
(±0.5 度都可以接受)
- (6) 關閉加熱棒電源，將加熱棒和感溫探頭拿出水箱
- (7) 從冷凍庫拿出冰袋，用紅外線溫度計量取表面溫度
- (8) 將冰袋放入水箱中的冰袋架上解凍，同時按下碼表
- (9) 每 1 分鐘用鋁夾測量與記錄一次餘冰長度和水溫並照相
- (10) 當冰袋中的冰完全溶解，記錄餘冰長度為 0，還有結束水溫
- (11) 將冰水袋立刻從水箱中取出，用紅外線溫度計量測冰袋表面溫度
- (12) 分析與比較各位置馬達的解凍速度



圖 16 使用加熱棒加溫



圖 17 測量冰袋中餘冰長度和觸摸是否還有冰塊

3. 實驗發現:

分析與比較裝配在各個位置馬達的解凍速度，發現解凍過程中，水箱中的水溫不斷下降，解凍完畢之後水溫都降到很低，溫差越小，傳熱解凍速度就越慢，尤其是起始水溫 20 度時，代表冬天時解凍速度很慢。

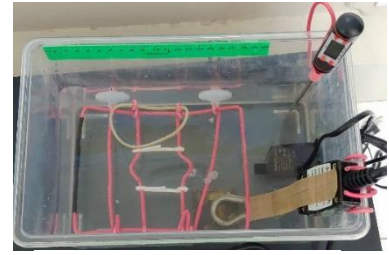


圖 18 安裝 1000 瓦電湯匙恆溫水箱俯視圖

4. 修正與改進:

思考: 如果解凍過程中，全都將溫度保持相同溫度，不讓水溫下降，是否能傳進更多熱給冰袋，加快解凍速度？

又根據前面的實驗分析的結果，在節水的考量下，我們使用 3 公升水作為恆溫動力水流解凍實驗的水量，馬達配置是單馬達 5 號和 6 號位置，雙馬達 5+6 號位置，以及使用加熱棒做恆溫實驗，可以用加熱棒提供熱能到水裡，看看是否對提升解凍效率有幫助。

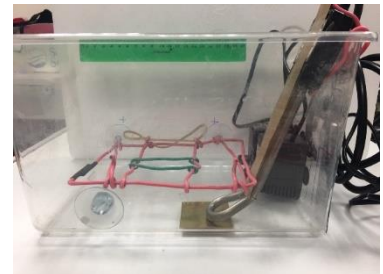


圖 19 安裝 1000 瓦電湯匙恆溫水箱側視圖

研究三、探討設定恆溫對動力水流解凍法的影響

恆溫動力水流解凍實驗:

三-1 使用 1000W 電湯匙，在三種起始水溫恆溫下，不同馬達裝設位置解凍時間的比較

實驗步驟: 為了加速調製起始水溫，分別是 20, 26, 32 度，因此改用 1000 瓦的電湯匙當加熱設備，維持在水箱中，接上溫控計，保持恆溫。其他步驟同上面實驗的步驟。

實驗三-1 恆溫 20 度，單馬達和雙馬達不同位置的冰袋解凍時間
 實驗三-2 恆溫 26 度，單馬達和雙馬達不同位置的冰袋解凍時間
 實驗三-3 恆溫 32 度，單馬達和雙馬達不同位置的冰袋解凍時間

數位溫控計				
設定溫控 啟動和停 止的溫度	水溫恆溫 20 度: 啟動: 17 停止: 19	水溫恆溫 26 度 啟動: 23 停止: 24	水溫恆溫 32 度 啟動: 29 停止: 30	1000 瓦電湯匙接上溫控計，恆溫解凍實驗圖

圖 20 數位溫控計開啟與停止溫度的設定

三-2 比較 **是否設定恆溫**，對動力水流解凍法解凍冰袋的影響

將實驗二-2 和三-1 的結果畫出曲線比較

三-3 比較上述實驗中，找出不同起始水溫下，**解凍效率最高的最佳馬達配置**

三-4 在馬達 6 號位置，比較使用**不同功率**的加熱棒設定恆溫，對動力水流解凍法解凍冰袋的影響

實驗三-4 使用 350W 加熱棒維持恆溫 20 度，馬達 6 號位置的冰袋解

(一) **實驗步驟**: 將 350W 加熱棒當加熱設備，維持在水箱中，接上溫控計，**保持恆溫**。
其他步驟同上面實驗的步驟。

(二) **討論或改進**:

(1)溫控計和水溫計量測出來的水溫不同，經過測試，找出特性和規律，設定溫控計啟動和停止溫度，但是要**調水溫 20 度**時稍有不同，設定的溫度數值如圖 20。

(2)**經分析比較後顯示**:

使用 3 公升水，馬達裝設在 6 號位置，做 20 度水溫的恆溫，效率最佳，因此選用這個配置，繼續進行以下的研究。

研究四、探討設定恆溫，用動力水流解凍法解凍肉品的效率分析

四-1 設定肉品解凍完成的判定方式

我們用冰袋模擬解凍冷凍食材的狀況，一步一步實驗和探討，得到動力水流解凍法的最**佳效率配置方式**，運用到實際解凍肉品。根據問卷調查顯示，**解凍豬肉**是佔最多數的肉品種類，而且要避免水和細菌進入，因此我們請師長幫忙到市場買**里肌豬肉**，切割並秤重，製作**真空包裝的肉品試體**。(肉的組成：肉中無筋，水份含量多，脂肪含量低，肌肉纖維細小)

(1)肉品軟硬度手感判定法

(2)肉品軟硬度力學沉陷量判定

實驗設計: 在解凍水箱中的肉品完全解凍後，用探針式食品溫度計插入肉品試體中心量測溫度，以食品溫度計切開斷面，**橫向插入中央位置量測**，**解凍後核心溫度越低**，**微生物活性也越低**，**微生物繁殖越慢**，表示解凍品質越好。

(1)**肉品軟硬度手感判定法**:

牛排熟度判定法: 用左手大拇指碰觸食指，右手指按壓左手掌虎口下方的肉，感受軟硬度，這種軟硬度就是肉品達到牛排**9 分熟**的軟硬度 [10]，就判定是解凍完成，將肉品拿出水箱，將肉切一半，在最厚處**插入探針食品溫度計**，**測量肉品的核心溫度**。

發現問題:

肉品軟硬度的判定屬主觀認定，每位同學折肉的用力大小，以及對於軟硬度的感覺會稍有不同，導致判定是否完全解凍的時間會有不同

修正: 為了解決這一問題，我們尋找一個客觀穩定的判定方法，自製肉品軟硬度測定儀來確認肉品已經完全解凍。

(2) 肉品軟硬度力學沉陷量判定法

使用器材: 自製肉品軟硬度測定儀

製作材料: 滴定管儀器架、木條、廢光碟、螺帽、鐵尺、樂高積木。

製作過程: 使用樂高積木，模擬擠壓冷凍肉片的雙手，樣品架開口剛好是雙手手指間距 8 公分，荷重桿裝置光碟片固定 1 公斤重量，模擬雙手大拇指用固定力量透過荷重桿底部壓在肉片上，每次測試肉品軟硬度就是固定的力量和支撐尺寸，透過力學模擬出客觀的判定方法。

肉品軟硬度測定操作步驟:

依據之前做的解凍時間經驗值，時間到就以手感測試肉品，估計肉品試體解凍接近完成時，快速將肉品放置於裝置的樣品支架上，步驟如下：



圖 21 自製肉品軟硬度測定儀



圖 22 肉品軟硬度測定操作步驟

對照不同肉品厚度資料庫的沉陷量最低標，判斷肉品核心溫度是否 $> 0^{\circ}\text{C}$ ，就是完成解凍，也就是落在紅色解凍完成區內。

四-2 以(三)-3 解凍效率最高的最佳配置方式，解凍肉品

依據(三)-3 的實驗結果，解凍效率最高的最佳配置方式，和肉品軟硬度力學沉陷量判定法去解凍不同厚度(2、3、4 公分)肉品核心溫度-沉陷量，每一厚度挑選三次實驗(三條曲線)，並找出該厚度對應肉品核心溫度 0°C 的最小沉陷量當作標準，實測分布的資料圖建置如圖 23-25。

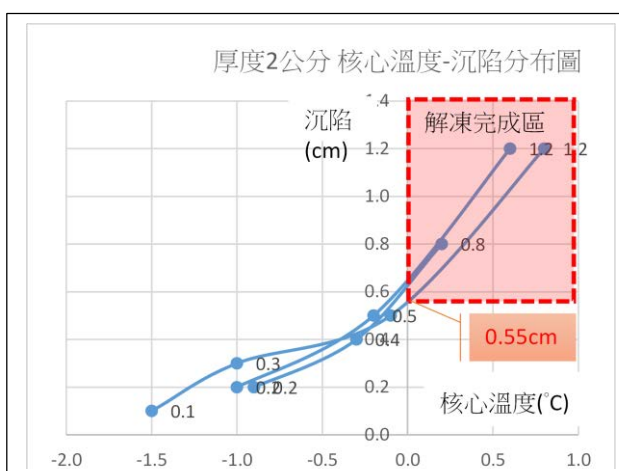


圖 23 2 公分肉品核心溫度-沉陷量分布

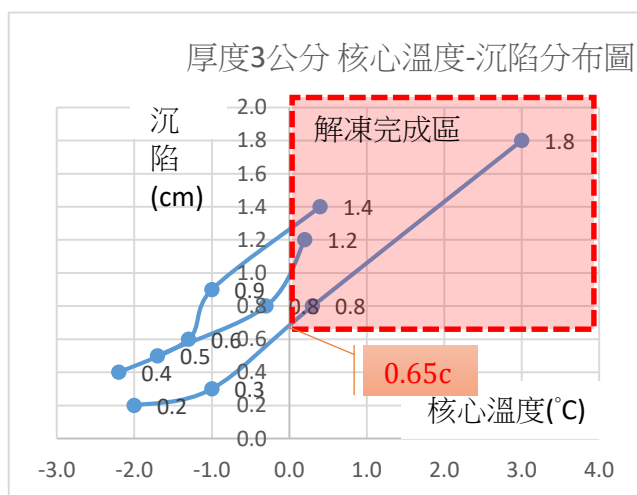


圖 24 3 公分肉品核心溫度-沉陷量分布

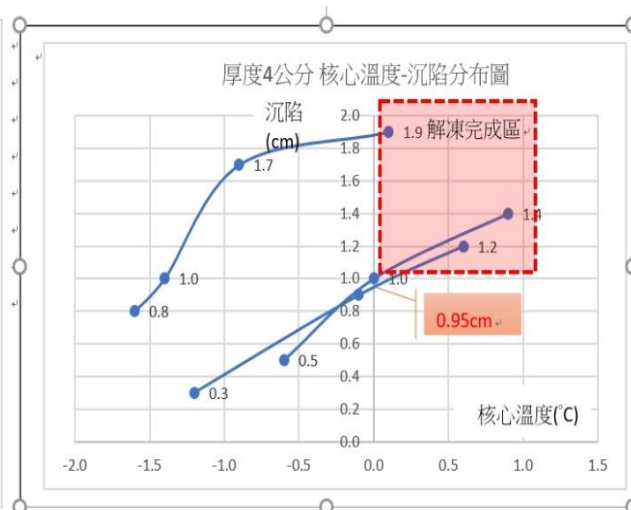


圖 25 4 公分肉品核心溫度-沉陷量分布

實驗四-1 用解凍效率最高的配置方式，解凍肉品
 實驗四-2 使用 350W 加熱棒維持恆溫 20 度，馬達 6 號位置的肉品解凍時間
 實驗四-3 不同厚度肉品的解凍時間

四-3 比較使用不同功率的加熱棒設定恆溫，對動力水流解凍法解凍肉品的影響

實驗四-2 使用 350W 加熱棒維持恆溫 20 度，馬達 6 號位置的肉品解凍時間

控制變因(最佳配置)	3 公升水量	水溫恆溫 20 度	肉品規格: 300 克真空包裝 2cm 厚度豬肉試體	馬達位置 6 號			操縱變因: 瓦數不同的加熱器材	
				1	2	3	1000w 電湯匙	350w 加熱棒

實驗步驟:

1. 分別用 1000 瓦電湯匙 和 350 瓦加熱棒調製水溫恆溫 20 度
2. 記錄起始水溫與肉品表面溫度
3. 每分鐘記錄一次水溫和觀察肉解凍情形
4. 使用肉品軟硬度手感判定法和肉品軟硬度力學沉陷量判定法並用，量測肉品解凍時間
5. 記錄肉品完全解凍的時間與結束水溫

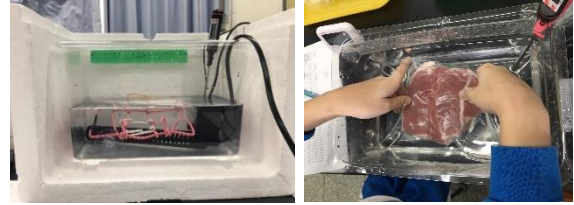


圖 26 安裝 1000 瓦電湯匙恆溫水箱及放肉在水箱中

四-4 3 升水馬達 6 號恆溫 20 度最佳效率下，冰袋和肉品解凍時間的比較

四-5 不同厚度肉品和解凍時間的關係

在 3 升水馬達 6 號恆溫 20 度，採用 2 公分、3 公分、4 公分不同厚度的肉片，進行解凍實驗，並使用肉片軟硬度測定儀判定是否解凍完成，查詢資料庫，分析解凍所需的時間。

研究五、各種常用解凍法用於解凍肉品的效率分析與比較

- 實驗五-1 使用 750w 和 350w 微波功率，解凍肉品
- 實驗五-2 冷藏室解凍肉品
- 實驗五-3 室溫解凍肉品
- 實驗五-4 20 度恆溫下靜水解凍肉品
- 實驗五-5 解凍板解凍肉品

五-1 不同微波功率下，解凍肉品的效率分析

微波爐解凍也是常用的解凍的方式，但是功率不同也可能有不同的解凍效率，因此我們用微波爐來解凍標準化肉品試體，記錄微波爐解凍肉品的時間和溫度關係。

國際牌 NN-235 微波爐、紅外線溫度計、食品溫度計、計時器	肉品厚度	微波爐功率
	2 公分	750w 和 350w

實驗步驟:

1. 將肉品放入微波爐中加熱
2. 設定加熱溫度，量測表面溫度並觀察軟硬度，觀察肉品是否解凍完成
3. 使用肉品軟硬度測定儀，查詢資料庫，解凍所需的時間

五-2 微波爐和動力水流解凍法解凍肉品的效率分析與比較

微波爐和動力水流解凍法解凍肉品的效率分析與比較

由上述過程得到微波爐功率 350w 解凍模式的解凍結果，和 3 升水、單馬達 6 號位置，用 350w 加熱棒調製恆溫 20 度和 32 度解凍結果相比較。將三者實驗資料以試算表統計並繪製，由統計圖上可以進行三者的效率分析與比較。

五-3 其他解凍法和動力水流法解凍肉品的效率分析與比較

實驗五-2 冷藏室解凍肉品

實驗五-3 室溫解凍肉品

實驗五-4 20度恆溫下靜水解凍肉品

實驗五-5 解凍板解凍肉品



圖 27 微波爐解凍

表 5 各種不同解凍法解凍肉品

冷藏室解凍	室溫解凍	靜水解凍	解凍板解凍

實驗步驟：

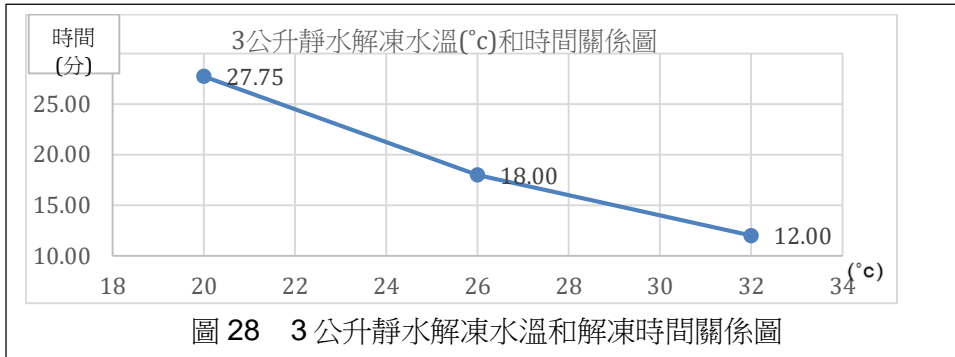
1. 如研究一中解凍冰袋的方法，但是每 10 分鐘量測溫度
2. 先使用手感判定法，再操作肉品軟硬度測定儀，檢查肉品的軟硬度
3. 查詢資料庫及比對，判斷是否解凍完成，記錄時間。
4. 將上述四種實驗成果以試算表統計並繪製統計圖，進行三者的效率分析比較。

肆、研究結果

研究一、探討常見解凍方式的冰袋解凍速度

(一) 實驗一-1 冷藏室解凍冰袋和實驗一-2 室溫解凍冰袋的解凍速度，分別是 569.33 分鐘和 176.67 分鐘。

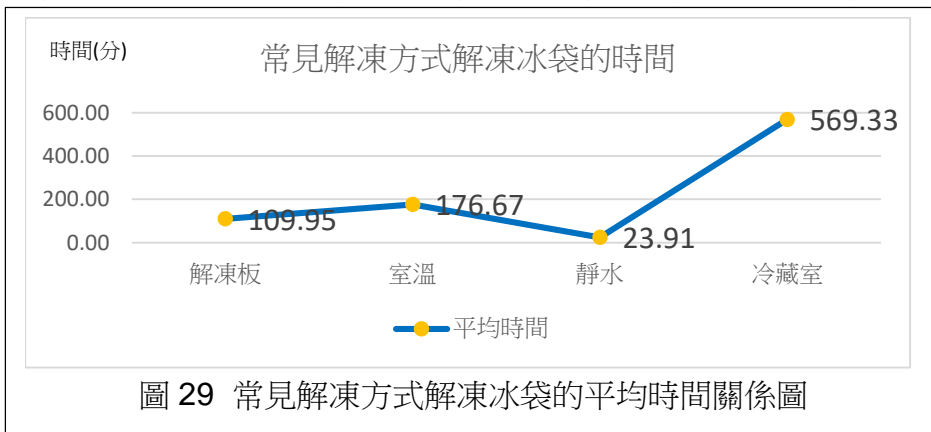
(二) 實驗一-3 靜水解凍法在不同起始水溫下的冰袋解凍速度如圖 28



由圖 28 得知，泡在 20 度的靜水中解凍冰袋的時間平均是 28 分鐘左右。而隨著水箱的水溫升高，解凍的速度會逐漸加快。

(三) 實驗一-4 解凍板解凍法的冰袋解凍速度，使用解凍板解凍冰袋時間大約是 110 分鐘左右，隨著氣溫下降，解凍所需要的時間需要更多。

(四) 比較冷藏室、室溫、靜水和解凍板解凍四種方式的冰袋解凍平均時間，如圖 29



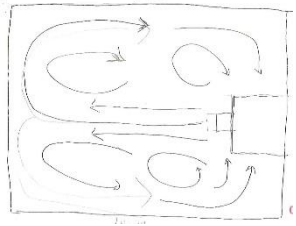
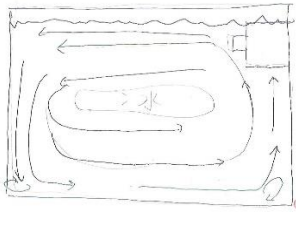
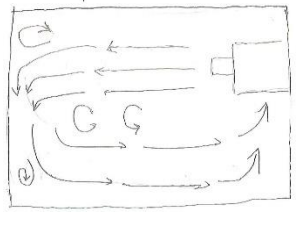
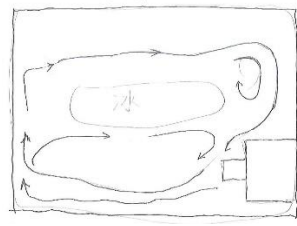
研究二、探討動力水流解凍法的解凍效率

二-1、水流流場的觀察

(一) 探討不同馬達裝設位置形成的流場

實驗二-1 觀察不同馬達裝設位置的流場，撒麵粉在水中，**關燈後用強力 LED 手電筒** 照光，觀察裝在不同位置馬達帶動水流所產生的流場，5 升水量單馬達 5、2、6、3 號位置的流場俯視圖和側視圖，如表 6。

表 6 5 升水量單馬達的俯視和側視圖

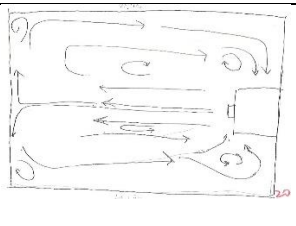
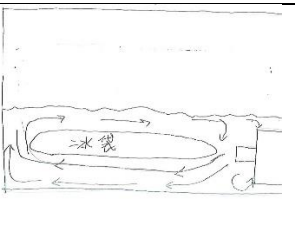
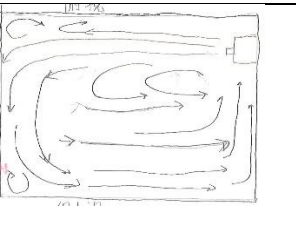
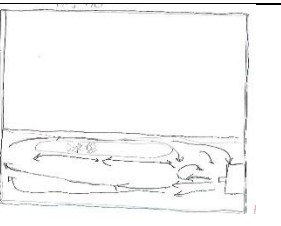
2 號馬達的俯視圖	2 號馬達的側視圖	6 號馬達的俯視圖	6 號馬達的側視圖
			

(二) 探討不同水量形成的流場

實驗二-2 觀察不同水量的流場

3 升水量單馬達 5、6 號位置的流場俯視圖和側視圖，如表 7

表 7 3 升水量單馬達的俯視和側視圖

馬達 5 號位置俯視圖	馬達 5 號位置側視圖	馬達 6 號位置俯視圖	馬達 6 號位置側視圖
			

(三) 依據手繪流場圖對應到流場後，觀察到的現象與實際解凍狀況如下：

1	2	3
4	5	6

- 5 公升水單馬達 2 號位置時，水流向前噴出，撞到水箱時會向四周流去，但因為上面沒有水，只能向左右和下方流去，流水回捲回來，左右和下方回水跟水箱牆壁和噴去的水流都會產生摩擦，形成渦流，邊角處也會形成許多紊流。最後再由馬達下方進水孔將水吸進來重複噴出去。
- 同樣是 5 公升水，當馬達裝在右邊下 6 號位置實驗時，噴出的水流向前撞到水箱會分開往回向上、左捲回，當馬達裝在左邊時，水流就向反方向捲回。
- 冰袋中間阻隔，水流向上捲動較不易，水流多數被冰袋限制在下層。上層有些小紊流。
- 水流快速而且強勁時，冰袋溶解速度會比較快。如果有紊流產生，水流速度減少，解凍速度也會降低。所以解凍實驗時發現到，單馬達 3 公升 6 號位置時，形成的水流比較強，而且漩渦比較少，對應到解凍效果，比 5 號位置解凍速度要快一些。

實際在冰袋裡的冰塊溶解時就可以看到，水流較快速的地方冰塊會融得比較快。雙馬達雖然部分水流較強，但是互相干擾大，紊流多，能量也消耗不少，反而解凍效率不如預期。

二-2 用動力水流解凍法解凍冰袋的時間

(一) 探討不同水量下，不同單馬達裝設位置，在不同起始水溫的冰袋解凍速度

實驗二-3 5 公升水，單馬達不同位置的冰袋解凍時間

實驗二-4 3 公升水，單馬達不同位置的冰袋解凍時間

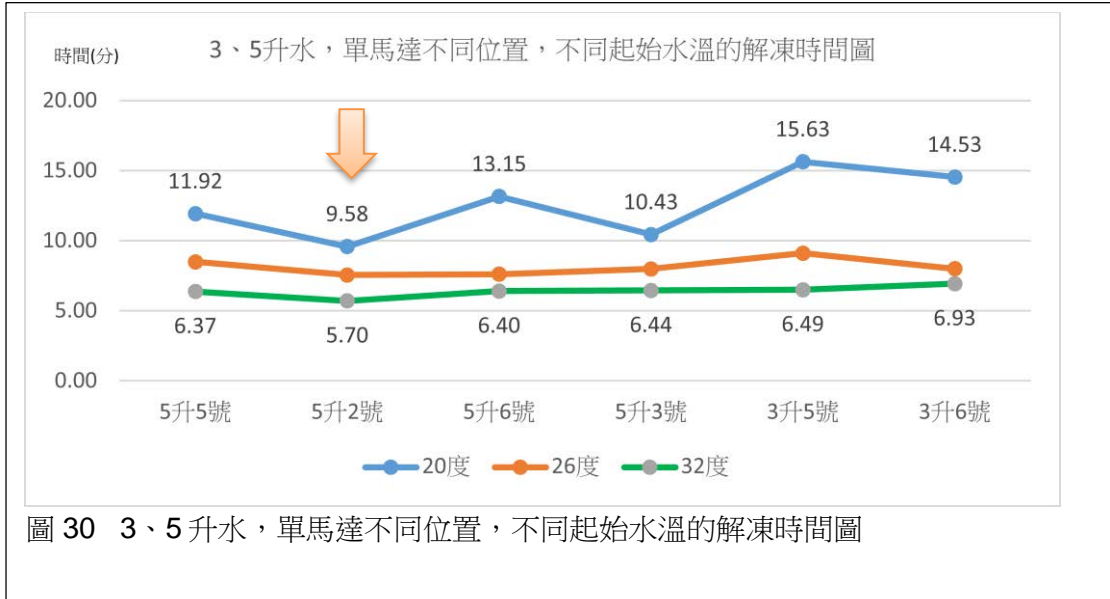


圖 30 3、5 升水，單馬達不同位置，不同起始水溫的解凍時間圖

(二) 由圖 30 分析，使用單馬達 5 升水量，在不同位置及不同起始水溫時，起始水溫越高，解凍速度越快，其中馬達放在 2 號位置可以得到最快的平均解凍速度。

單馬達 3L 保麗龍 可以得出溫度不同 位置不同					
5號位置			6號位置		
20度	解凍時間	結束水溫	20度	解凍時間	結束水溫
	14.87	11.5		13.5	11.6
	16.45	11.9		14.6	11.5
	15.57	11.1		15.5	11.5
平均	15.63	11.5	平均	14.53	11.5
26度	解凍時間	結束水溫	26度	解凍時間	結束水溫
	9.32	16.5		8.3	16.9
	9.33	16.5		7.25	17.2
	8.66	17.3		8.42	16.6
平均	9.10	16.8	平均	7.99	16.9
32度	解凍時間	結束水溫	32度	解凍時間	結束水溫
	6.13	21.3		6.2	22.2
	6.82	21.8		7.25	17.2
	6.53	21.4		7.33	22.3
平均	6.49	21.5	平均	6.93	20.6

表 8 平均解凍時間



圖 31 單馬達 3 升不同位置 起始水溫解凍時間圖

(三) 由表 8 三次實驗的解凍時間和結束水溫平均再畫出曲線如圖 31。實驗得知，使用單馬達 3 升水量，在不同位置及不同起始水溫度時，解凍起始水溫越高，解凍速

度越快；其中馬達放在 5 和 6 號位置，解凍速度接近，可是在較低溫的 20 和 26 度起始水溫時，6 號位置都有比較快的解凍速度。

(四) 圖 32 中看出單馬達 5 號和 6 號位置解凍速度接近，溫度越高，單位時間傳入食材的熱量就越高。

溫差: 起始水溫-解凍完成的水溫

時間: 解凍所花的時間

由於溫差/時間比代表單位時間內水的熱量轉移到冰袋變化，比值越大，表示傳熱速度越快。由此圖也可更容易看出，裝設在 6 號位置馬達的解凍效率優於 5 號位置。

1. 探討不同水量下，不同雙馬達裝設位置在不同起始水溫在的冰袋解凍速度

實驗二-5 5 公升水，雙馬達不同位置的冰袋解凍時間

實驗二-6 3 公升水，雙馬達不同位置的冰袋解凍時間

由圖 33 實驗發現，雙馬達 5 升在不同位置及不同起始水溫時，在 5+6 號位置上時，有較高的解凍速度。

由圖 34 得知：

使用雙馬達 3 升水量，在不同位置及不同起始水溫度時，解凍起始水溫越高，解凍速度越快，其中雙馬達放在 5+6 號位置可以得到較快的解凍速度。但是兩組位置上的解凍速度相差不大。

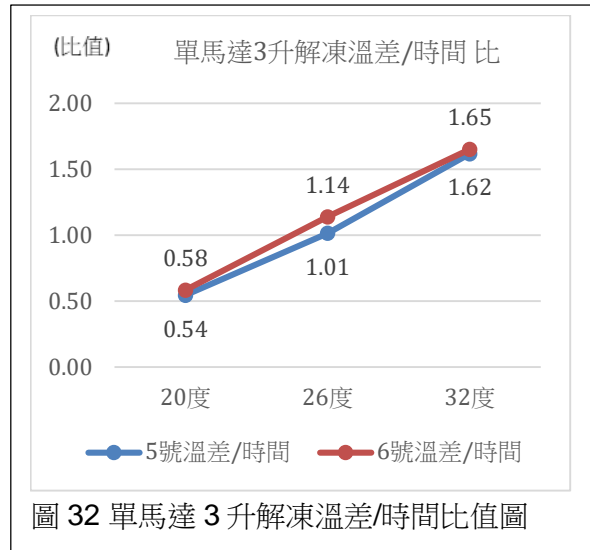


圖 32 單馬達 3 升解凍溫差/時間比值圖

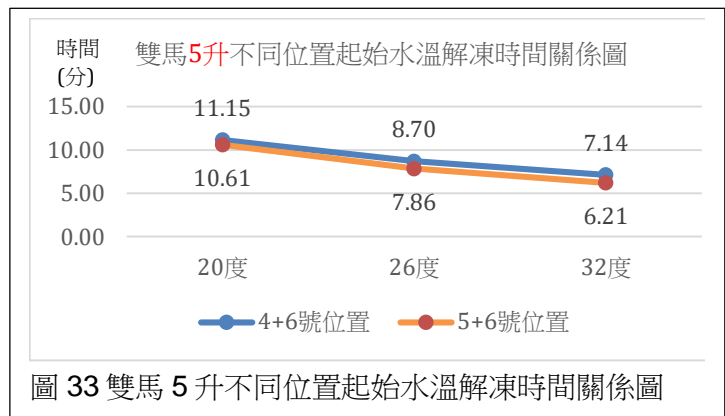


圖 33 雙馬 5 升不同位置起始水溫解凍時間關係圖

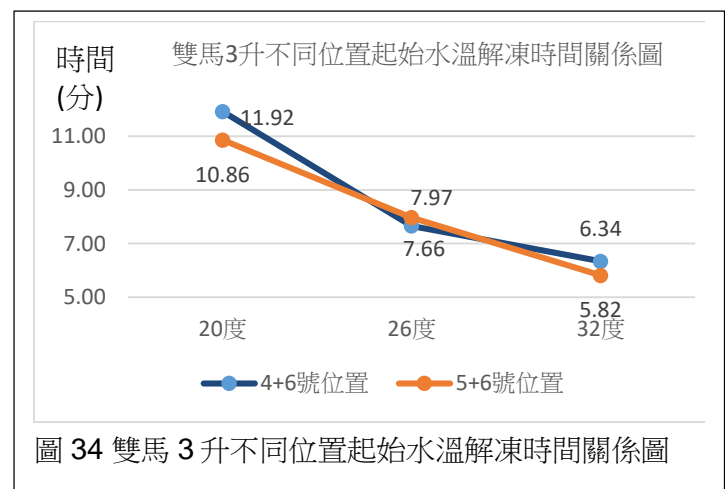


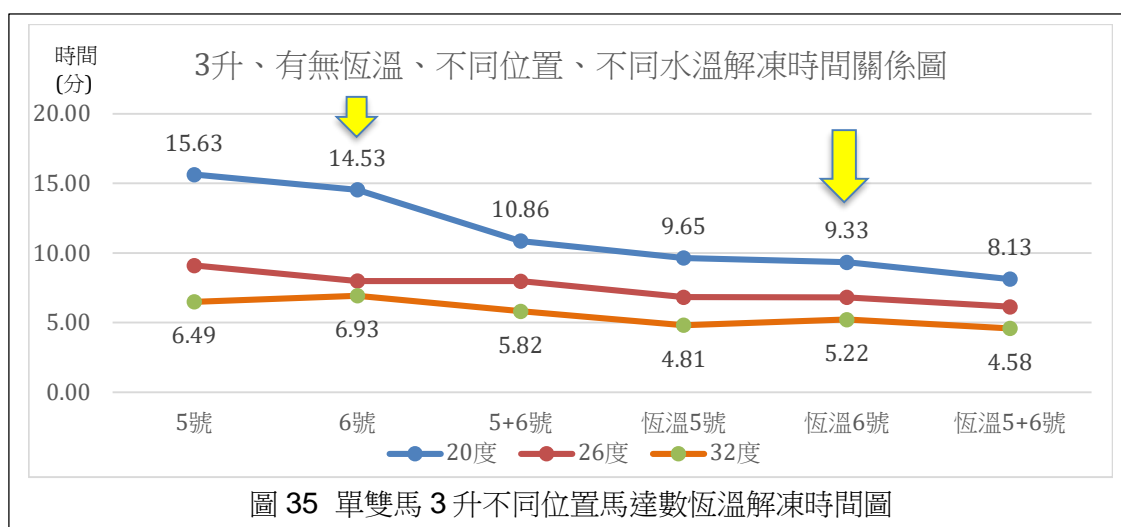
圖 34 雙馬 3 升不同位置起始水溫解凍時間關係圖

2. 綜上所述，我們做以下分析:

- (1) 基於環保觀念提升，響應**節約用水**，在 5 升的動力水流冰袋解凍速度和 3 升的速度比較起來，解凍速度加快比例不大，因此我們的研究會選用 **3 升水量** 做動力水流解凍實驗。
- (2) 雙馬達使用時雖然較單馬達的解凍速度要快一點，但是**多出一個馬達硬體會占用水箱空間並且較為耗能**，由圖二-33 看出，比較單馬達 3 升在 5 和 6 號位置的表現，明顯 **6 號位置的解凍速度要快一點**，因此我們的研究會聚焦到設置**單馬達 6 號位置**的動力水流解凍。
- (3) 綜上所述，**我們的下一步研究會只採用 3 公升水量配上單馬達 6 號的動力水流解凍比較。**

研究三、探討設定恆溫對動力水流解凍法的影響

三-1、使用 1000W 電湯匙，在三種起始水溫的**恆溫**下，不同馬達裝設位置的解凍時間的比較



三-2 比較**是否設定恆溫**，對動力水流解凍法解凍冰袋的影響

由圖 35 分析發現：

- (一) 在比較過不同馬達數量 3 升水量和不同的起始水溫解凍後發現，雙馬達速度有快一點，但是恆溫時雙馬達比單馬達的速度看起來增加不多，基於解凍**系統簡單化和節能**的原則，**用恆溫控制時還是採用單馬達**作為討論的主軸
- (二) 在恆溫控制下，解凍起始水溫越高時，解凍速度越快，因此我們的動力水流解凍法，**使用加熱棒做恆溫控制**，明顯比沒有恆溫的解凍**速度快**。

三-3 比較上述實驗中，找出不同起始水溫下，**何者解凍效率最高**。

在恆溫系統下馬達位置的探討，針對 6 號位置有無恆溫系統時，高起始水溫下使用恆溫解凍，對解凍速度而言，增加比例比較小，較低起始水溫下使用恆溫系統解凍，能獲得較大的解凍速度提升。

後續討論多是以較低溫的 20 度恆溫，配上馬達位置 6 來討論。

三-4 在馬達 6 號位置，比較使用不同功率的加熱棒設定恆溫，對動力水流解凍法解凍冰袋的影響

實驗三-4 使用 350W 加熱棒維持恆溫 20 度，馬達 6 號位置的冰袋解凍時間

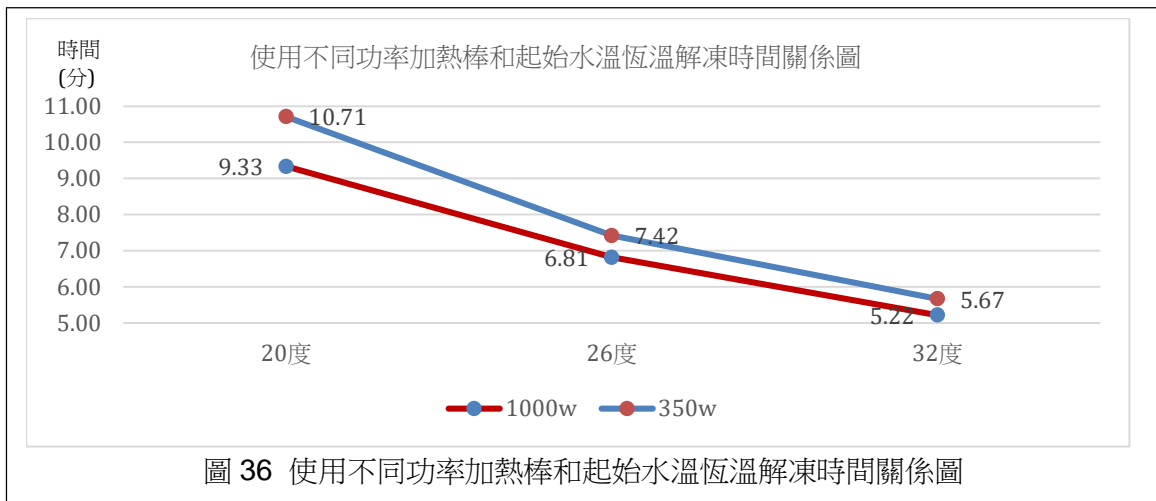


圖 36 使用不同功率加熱棒和起始水溫恆溫解凍時間關係圖

由圖 36 得知，裝設馬達 6 號位置，使用 1000w 的加熱棒比 350w 的加熱棒，解凍速度更快，實驗時可以發現 1000w 的加熱棒，提升溫度速度快，水溫比較不容易因為解凍目標物持續吸熱而下降太多。綜上，圖 37 是比較各條件所篩選的配置流程圖，我們的研究是據此設定下一個研究目的和實驗，一步一步推進後續的研究。

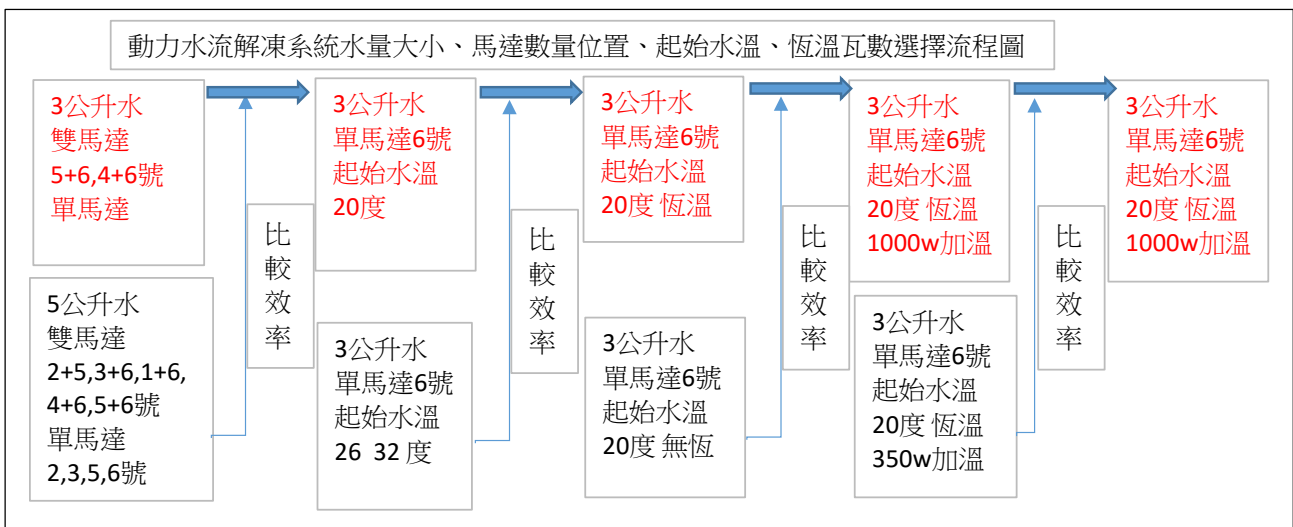


圖 37 動力水流解凍系統水量大小、馬達數量位置、起始水溫、恆溫瓦數選擇流程圖

研究四、探討設定恆溫，用動力水流解凍法解凍肉品的效率分析

四-1 用 3 升水量、馬達 6 號、設定恆溫控制的肉品解凍時間，用手感法和力學沉陷量軟硬度判定法判斷是否解凍完成。

四-2 比較上述實驗，效率最佳配置(恆溫下，馬達 6 號)在不同功率加熱棒的效率

由圖 38 得知，最佳的配置馬達 6 號位置，使用 350w 和 1000w 在 20 度加熱棒恆溫系統，1000w 的解凍速度會比較快，由實驗觀察到是溫度提升速度快，能較有效控制解凍過程中，水溫在恆溫的目標溫度範圍內。

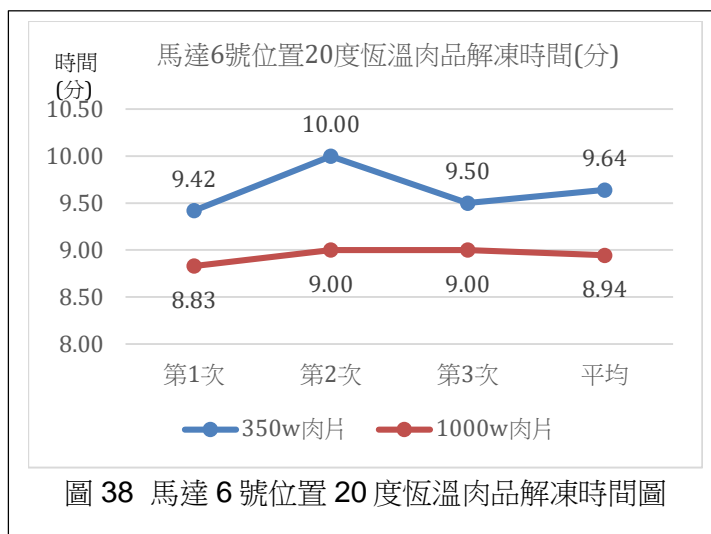


圖 38 馬達 6 號位置 20 度恆溫肉品解凍時間圖

四-3 3 升馬達 6 號恆溫的冰袋和肉品解凍時間比較

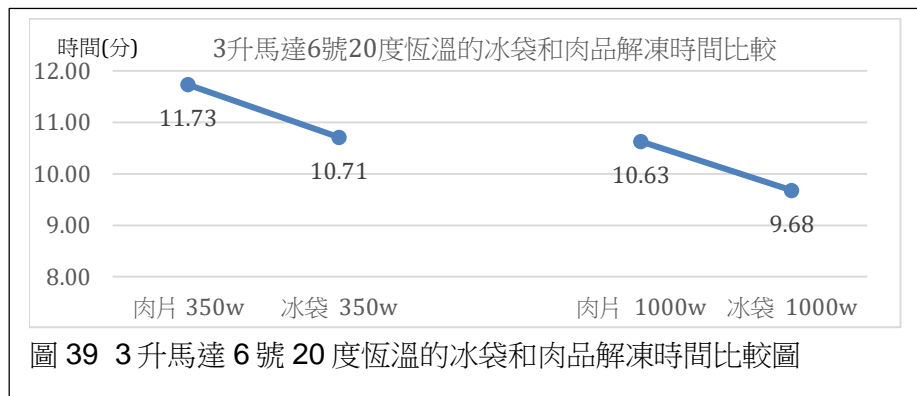


圖 39 3 升馬達 6 號 20 度恆溫的冰袋和肉品解凍時間比較圖

由圖 39 分析得知，在 3 升馬達 6 號恆溫 20 度比對冰袋和肉品在不同功率加熱棒下的平均解凍時間，1000w 恆溫時，冰袋和肉的解凍時間接近；在 350w 恆溫時，肉的解凍時間要比冰袋解凍速度慢一點，大致上看起來，冰袋和肉品的實驗數據也是接近的。因此我們的研究用冰袋模擬冷凍肉品的解凍，有參考價值。

四-4、不同肉片厚度和解凍時間的關係

在 3 升水馬達 6 號恆溫 20 度，採用 2 公分、3 公分、四公分不同厚度的肉品進行解凍實驗，結果如圖 40，發現肉品的厚度和解凍時間是呈現**正相關**，肉品越厚，所需要的解凍時間就會越久。

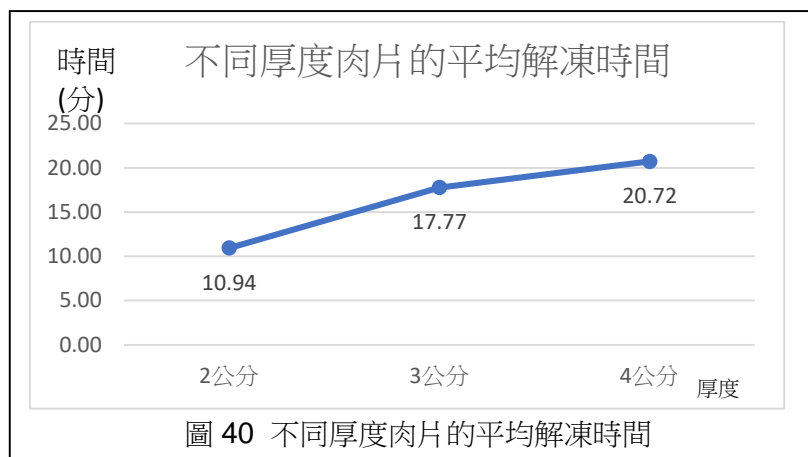


圖 40 不同厚度肉片的平均解凍時間

研究五、各種常用解凍法用於解凍肉品的效率分析

五-1、不同微波功率下解凍肉品的效率分析

圖 41 是使用 750w 和 350w 的微波功率做解凍速度的比較

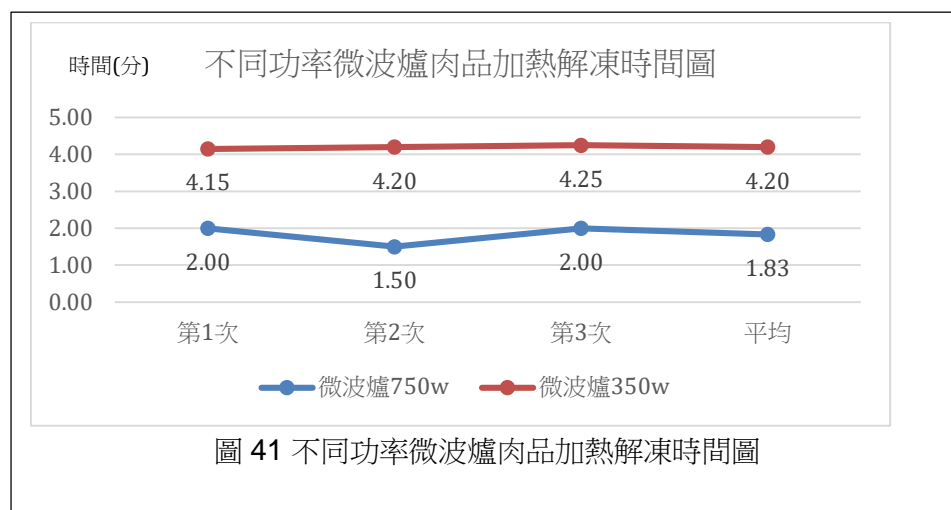


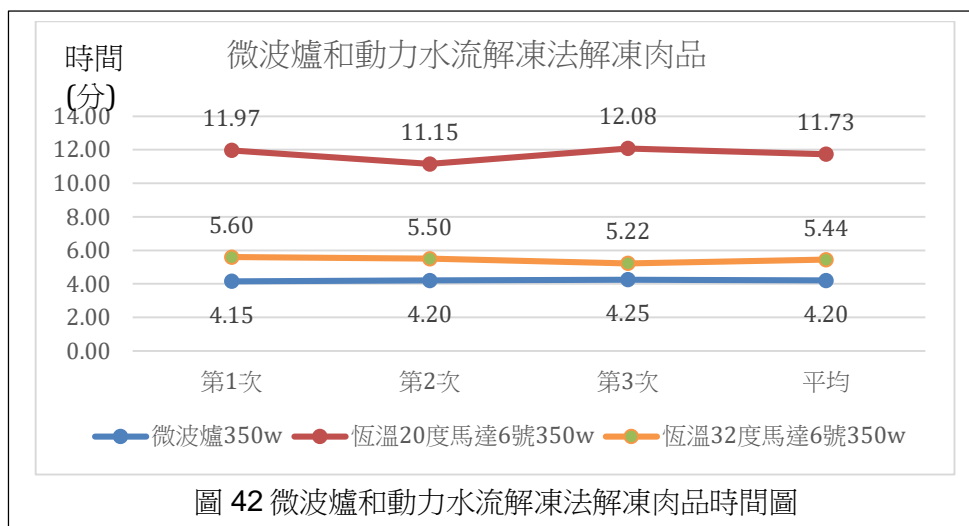
圖 41 不同功率微波爐肉品加熱解凍時間圖

- (一) 針對本次真空包肉品試體，750w 解凍時間大概是 2 分鐘，速度很快，根據觀察，經過 750w 微波加熱，表面很快達到高溫，當解凍完成，切開肉品，用溫度計穿刺量核心溫度，發現肉品內部還有結凍狀態，可是肉片表面靠邊較薄的地方有發白變硬的現象，已經超過煮熟的溫度到 70 度。

因此雖然微波爐加熱快速，但由於微波加熱的特性，很容易造成食材表面快速變熟，裡面還是生冷的情形發生，非常不利於後續的烹調與料理。

- (二) 使用 350w 則是一般微波爐的預設解凍功率，使用上比較沒有外熟內冰的問題。

五-2、微波爐和動力水流解凍法解凍肉品的效率分析與比較



由圖 42 實驗得知，使用相同功率(350w)加熱棒或是微波爐解凍，微波爐解凍會有較快解凍速度。但是微波爐成本高、體積大、用電量大，而且可能有微波外洩、加熱不均的疑慮。

五-3、其他解凍法解凍肉品的效率分析與比較: 用解凍板、室溫、靜水、冷藏室和動力水流解凍法 (馬達 6 號位置、20 度恆溫、1000 瓦加熱裝置) 解凍厚度 2cm 的肉品，比較解凍所需要的時間。



由圖 43 實驗和分析比較得知，問卷調查一般人最常使用的冷藏室解凍，平均需要花長達 286.67 分鐘的時間，室溫解凍和解凍板解凍的時間則接近，使用恆溫下的動力水流解凍 2 公分厚的肉品，

只花大約 10 分鐘多的時間，比第二常用的靜水解凍快了將近 2 倍多，明顯提升固定水量解凍(靜水解凍)的速率，讓水資源更有效率的使用，解凍效率非常高，值得採用。

恆溫動力水流解凍法的效率非常高:

1. 只花大約 10 分鐘多的時間
2. 水資源更有效率的使用

動力水流解凍有另一個優點，在**電費方面**，根據電力公司的費率(一度電是 4 元)計算，動力水流解凍法，並做成恆溫系統的用電，台電公司一度電是 4 元(千瓦*小時) 恆溫 20 度模式時，解凍過程約 10 分鐘，以厚度 2cm 的肉品一份 300 公克為例，估算電費如下表 9 和 10。

由上表可看出，每一次解凍所需電費總計大約是 0.0473 元，**非常節電和省錢**。

表 9 解凍厚度 2cm 肉品所需電費估計表

用電項目	消耗的電力(度)	估計的電費(元)
1. 使用溫控計自動斷續開啟 1000w 加熱棒，大約開啟 2/3 分鐘	0.011 度	0.044
2. 使用 5w 馬達全程開啟 10 分鐘	0.00083 度	0.0033

表 10 各種解凍法的解凍時間和電費估算表

	解凍板	室溫	靜水	冷藏室	動力水流
解凍時間(分)	83.00	105.67	24.00	286.67	10.63
電費估算(元)	0	0	0	2.47	0.0473

以少許的電費，卻能縮短解凍時間，大大的節省了備餐時間，甚至解決了冬天時忘了提早將冷凍食材拿出來退冰的狀況。

伍、討論

- 一、**冰袋的邊角空隙可能會影響馬達水流流場**，水流會在冰袋和水箱中的空隙流動，間接改變流場。觀察冰袋外側因為流速快，袋內冰塊較快融解成水，隨著水流衝擊，冰袋解凍有水了會變軟變形，又會加速袋內水的熱對流及解凍，而且冰袋固定架的高低位置等因素也可能會影響熱交換的速度。
- 二、調製恆溫的電子溫控計特性和食品用溫度計量測的水溫有 1.5-2 度的誤差，因此在恆溫動力水流實驗時，水溫上升下降的變化震盪大，準確度還可以再提升。
- 三、解凍速度都使用平均結果來表現在圖形分析上，如果肉品解凍試驗次數可以再增加，累積多一點的數據資料再分析，對準確度更能提升。
- 四、未來可以加入更深入動力帶來的流場和流速的分析，追求更強大的解凍效率，並**開發解凍專用水箱**，甚至增加對於**解凍後肉品新鮮度品質的測試分析**。

陸、結論

我們的研究獲得以下幾點重要成果:

- 一、動力水流解凍法以極少的成本，可以解決民眾最常遇見的來不及解凍及解凍不均勻的問題，並能縮短備餐時間，保持肉品的新鮮度。
- 二、藉由自製冰袋固定架及標準化真空冰袋，模擬肉品解凍情形，所獲致的結果有一致性，值得參考。
- 三、分析馬達帶來的動力對水流流場的影響，在不同馬達位置、不同水量也有不同的解凍效率，流場和解凍效率有相關。
- 四、當起始水溫溫度越高，解凍速度會比較快。雙馬達 5+6 號位置雖然速度較快一點，但基於會多占水箱空間並較為耗能，後續實驗選用次佳速度的單馬達 6 號位置，搭配較環保節水的 3 升水量。
- 五、恆溫控制對提升解凍效率有幫助，在起始水溫 20 度時解凍效率提升最多。
- 六、自製肉品軟硬度測定儀判斷肉品是否完全解凍，客觀科學的方法增加實驗的可信度。
- 七、加熱棒做恆溫動力水流解凍肉品，對照相同瓦數的微波爐，動力水流法不致有外熟內生的狀況，證明有良好的解凍效率。

柒、參考文獻資料

- 一、羅靖承、郭瑀恩、曹智鈞 (2019) 融化冰凍的心-魔力解凍板·中華民國第 59 屆科學展覽會作品說明書。
- 二、李侑軒、陳冠霖、柯玉婷、曾于倫、劉明蓉 (2014) 冰凍三尺非一日之寒，那解凍呢？DIY-解凍板的製作與探討·中華民國第 54 屆科學展覽會作品說明書。
- 三、層流。維基百科，檢索日期 2021.12.17 取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B1%82%E6%B5%81>
- 四、紊流。維基百科，檢索日期 2021.12.17 取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B9%8D%E6%B5%81>
- 五、渦流。維基百科，檢索日期 2021.12.17 取自
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B8%A6%E6%B5%81>
- 六、熱傳遞。科學 Online - 國立臺灣大學。檢索日期 2022.6.3 取自
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E7%86%B1%E5%82%B3%E9%81%9E>
- 七、滴液流失。檢索日期 2021.10.19 取自
<https://flash-freeze.net/zh-hant/knowledge/drip.html>
- 八、【綠主張】肉品解凍學問大！專家教你 3 招維持食材新鮮、美味。2021.10.19 取自
<https://www.agriharvest.tw/archives/6690>
- 九、解凍原理。檢索日期 2022.6.3 取自
<http://www2.nkust.edu.tw/~ikuojm/file2/1-7.pdf>
- 十、三分熟、五分熟、七分熟？牛排熟度決定口感軟硬度。取自
<https://www.luxurywatcher.com/zh-Hans/article/24534>

【評語】 082920

實驗構思完整且逐步驗證，實驗流程及結果紀錄詳盡，並有考慮到電費，相當難得。

室溫及冷凍板解凍法都會受到氣溫影響，建議應增加紀錄氣溫。此外，馬達啟動是否會造成水溫增加，也應列入評估。

何為解凍效率，可增加說明，才能了解為何低水溫組的解凍效率高於高水溫組？

作品簡報

解固奇招-

動力水流解凍之分析與探討

科別：生活與應用科學科(二)

組別：國小組

研究動機:

- 想自行烹煮，衛生又健康
- 希望快速解凍肉品以節省時間
- 想讓解凍的肉品保持新鮮



研究目的 (研究架構):

- 一、探討常見解凍方式的冰袋解凍速度
- 二、探討動力水流解凍法的解凍效率
- 三、探討設定恆溫對動力水流解凍法的影響
- 四、探討設定恆溫，用動力水流解凍法解凍肉品的效率分析
- 五、各種常用解凍法用於解凍肉品的效率分析與比較

文獻探討:

- 第59屆作品: 融化冰凍的心-魔力解凍板
- 第54屆作品: 冰凍三尺非一日之寒，那解凍呢？DIY-解凍板的製作與探討
 - 解凍板的解凍功能，研究鋁製材質對於熱傳導的影響，並開發自製解凍板

如何提高解凍效率，縮短解凍時間，保持肉品的新鮮度，改善解凍不均勻的問題？

研究方法和過程

實驗的預備: 根據問卷調查的結果，確定研究主題

實驗構想和設計

1. 食材包裝形狀大小不一
2. 解凍和冰遇熱溶解成水: 原理相同
3. 避免漏水



製作標準化真空冰袋
(300g) 模擬肉品解凍

製作材料: 紫冰袋



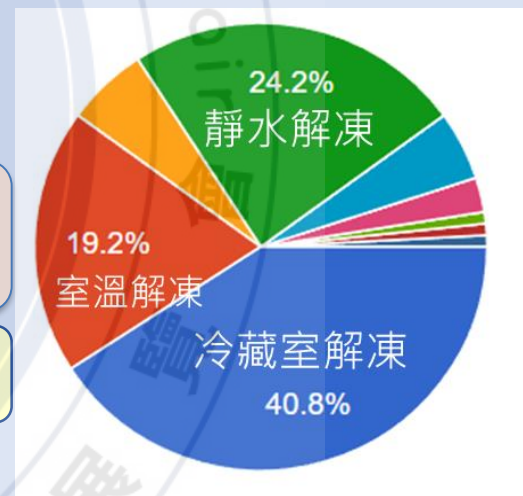
研究一、探討常見解凍方式的冰袋解凍速度

三種一般民眾最常用的解凍方式+解凍板

思考: 要如何加速冰袋融化?

用甚麼方法可以提高加熱冰袋的效率?

構想: 將熱快速傳入: 裝設馬達、給予動力、製造水流



常用的解凍方式統計圖



製作冰袋固定架



設計實驗水箱

研究方法和過程

研究二、探討動力水流解凍法的效率

➤ 水流流場測定實驗

撒麵粉到水箱中觀察麵粉的流動

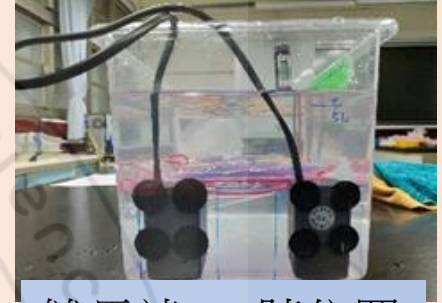
設兩個操縱變因:

1. 不同水量: 5L 和 3L

2. 馬達裝設位置: 單、雙馬達



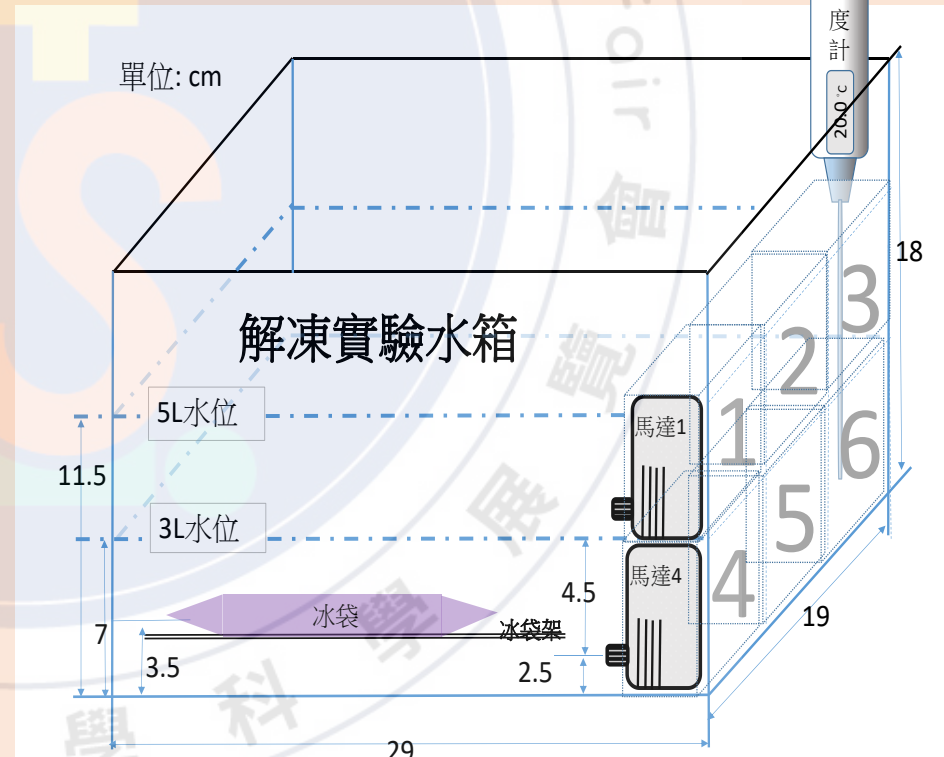
單馬達2號位置



雙馬達4+6號位置



1. 用強力LED手電筒照光，觀察水流比較馬達配置不同形成的流場
2. 畫出俯視圖和側視圖並分析和比較



3D水箱立體圖(29*19*18)cm

研究方法和過程

研究二、探討動力水流解凍法的效率

➤ 動力水流解凍實驗

1	2	3
4	5	6

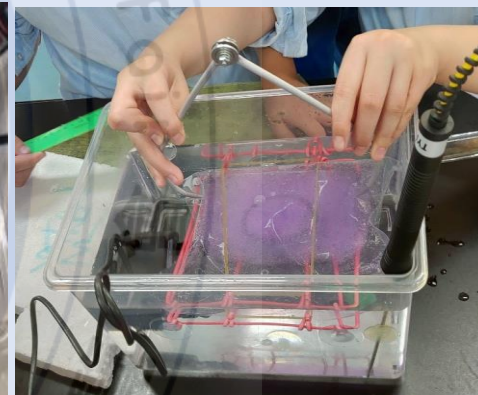
固定起始水溫: 20、26、32度 (不同季節)

➔ 發現:

水溫不斷下降，起始水溫20度時，解凍速度很慢

思考: 如果解凍過程中，**全程都將溫度保持相同溫度**，**不讓水溫下降**，**是否能傳進更多熱給冰袋**，**加快解凍速度**?

水量	馬達位置
5公升水的馬達配置	單馬達2.3.5.6 號位置
	雙馬達5+6號, 4+6號位置
3公升水的馬達配置 (節水考量)	單馬達5.6 號位置
	雙馬達5+6號, 4+6號位置



解凍實驗

研究三、探討**設定恆溫**對動力水流解凍法的效率分析

➤ 恆溫動力水流解凍實驗

- 3公升水
- 馬達配置: 單馬達5, 6號，雙馬達5+6號, 4+6號位置
- 加熱設備**1000瓦的電湯匙**，接上溫控計，**保持恆溫**



研究方法和過程

研究四、探討設定恆溫，用動力水流解凍法解凍肉品的效率分析

發現問題: 肉品軟硬度手感判定法

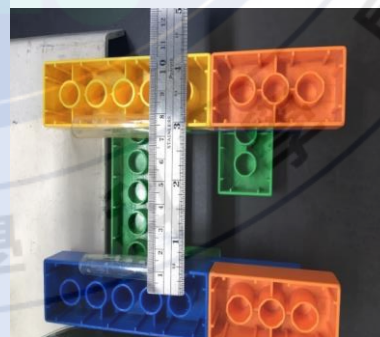
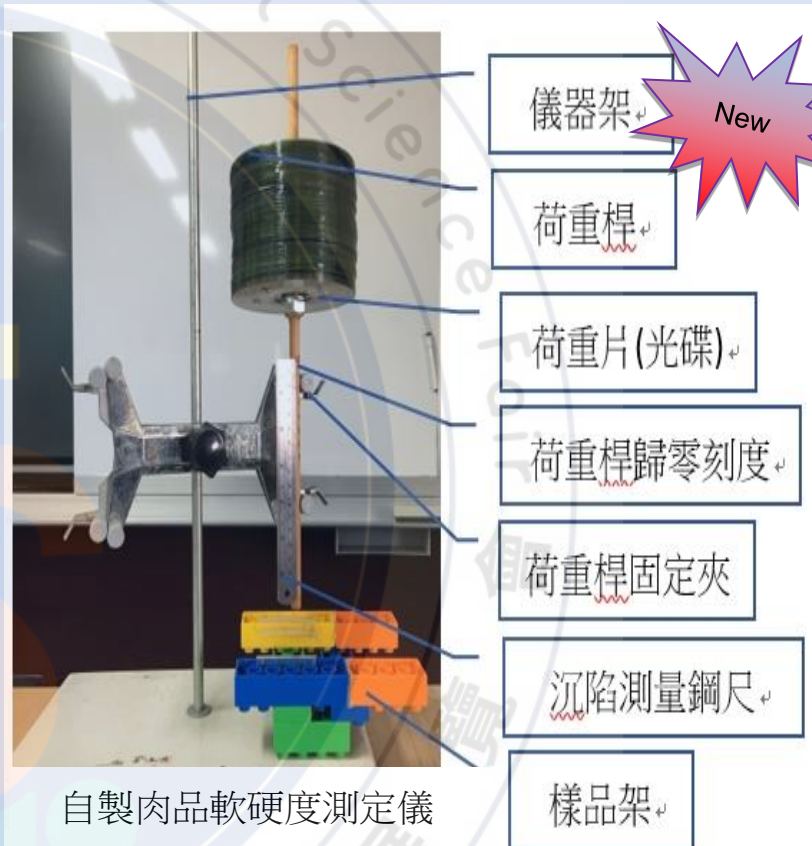
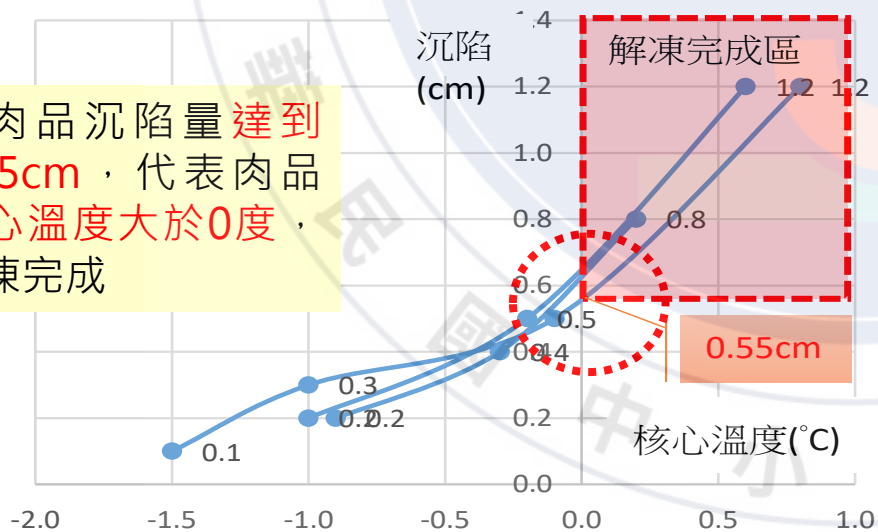
因每個人手感不同，判定解凍標準不同



修正: 肉品軟硬度力學沉陷量判定法
自製肉品軟硬度測定儀+建立資料庫比對

厚度2公分 核心溫度-沉陷分布圖

當肉品沉陷量達到 **0.55cm**，代表肉品核心溫度大於0度，解凍完成



研究五、各種常用解凍法用於解凍肉品的效率分析與比較

- **微波爐解凍**: 不同微波功率下，解凍肉品的效率分析。
- 其他常用解凍法和**動力水流解凍法**的**綜合效率分析**與比較。

研究結果

研究一、探討各種常見解凍方式的冰袋解凍速度

解凍方法	解凍板	室溫	靜水	冷藏室
解凍平均時間(分鐘)	115	110	24	569

1	2	3
4	5	6

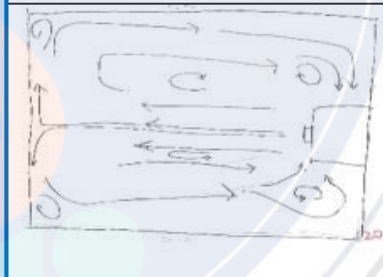
研究二、探討動力水流解凍法的效率

動力水流流場實驗:

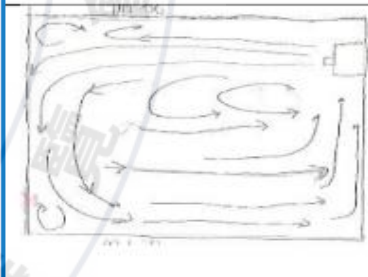
1. 空氣和水箱會限制水流方向
2. 水流和箱體、不同方向的水流互相摩擦或撞擊，**使流速變慢，消耗能源**
3. 冰袋阻隔上下層水流，限制水循環
4. **水流速度越快，冰塊融化越快**

**減少紊流、增加水流的熱交換:
解凍速度加快**

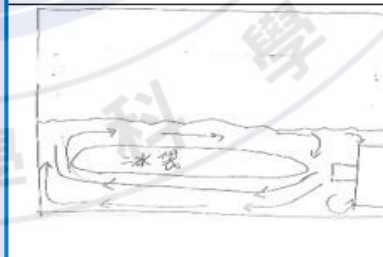
馬達 5 號位置俯視圖



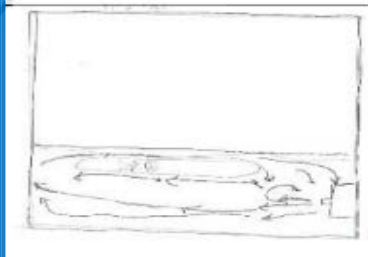
馬達 6 號位置俯視圖



馬達 5 號位置側視圖



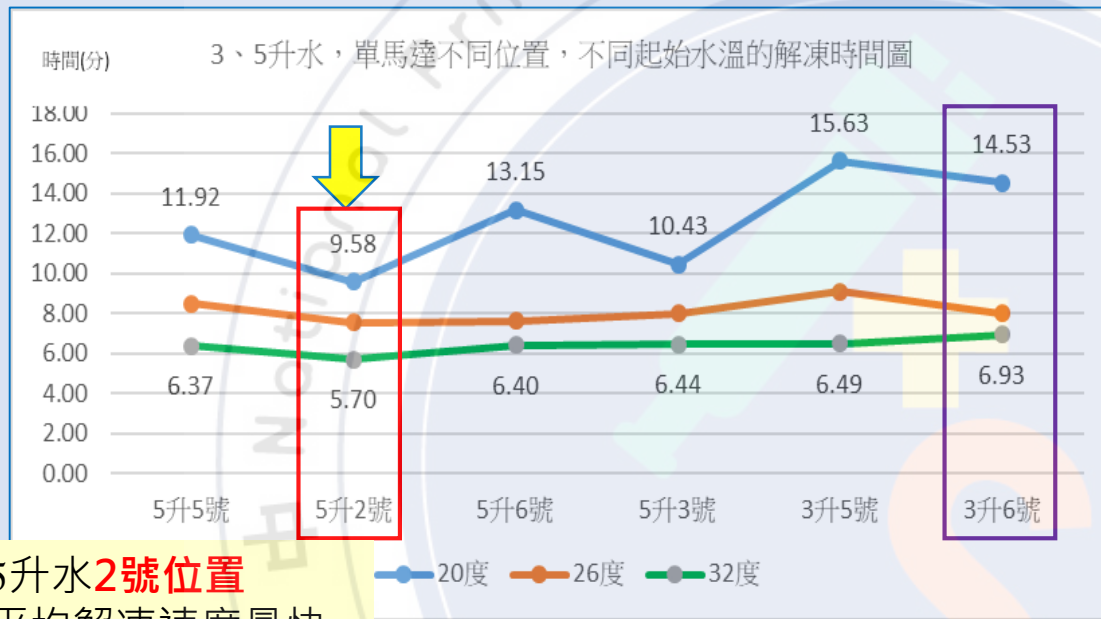
馬達 6 號位置側視圖



研究結果

研究二、探討動力水流解凍法的效率 不同水量單馬達位置 and 不同起始水溫冰袋解凍速度

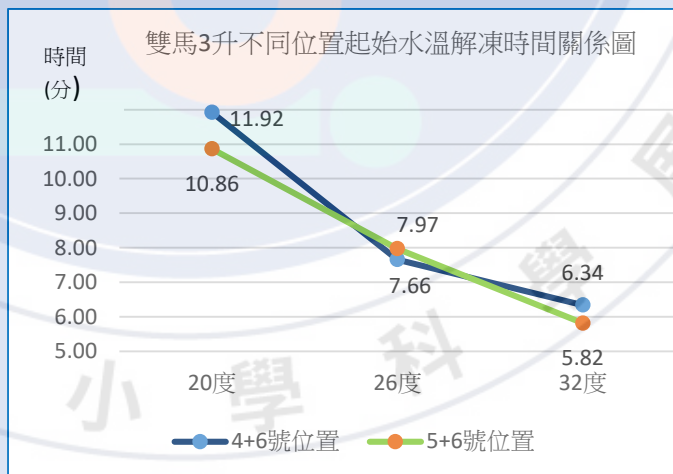
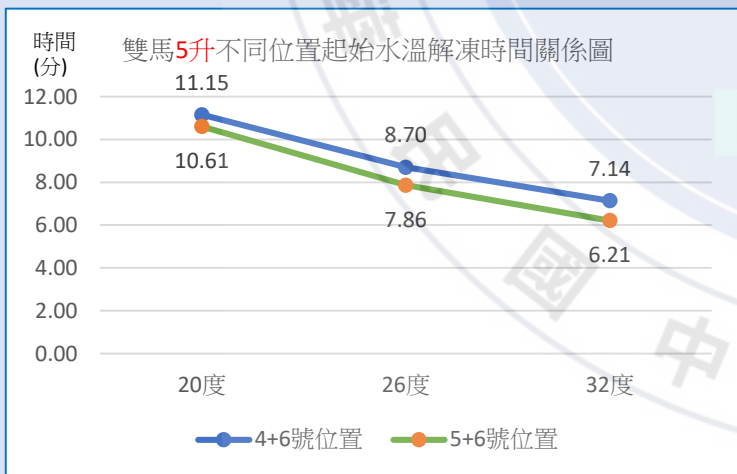
1	2	3
4	5	6



5升水2號位置
平均解凍速度最快

6號效率優於5號

不同水量雙馬達位置 and 不同起始水溫冰袋解凍速度



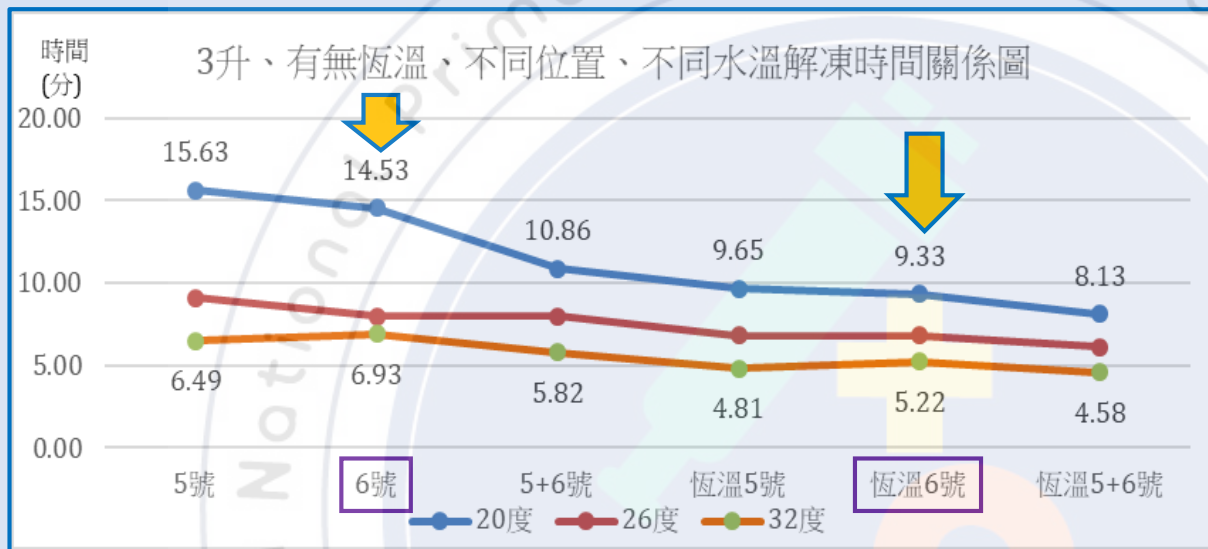
➤ 起始水溫越高，解凍速度越快

➤ 在5升和3升水量，都是雙馬達5+6號快於4+6號

研究結果

研究三、探討設定恆溫對動力水流解凍法的影響

1	2	3
4	5	6

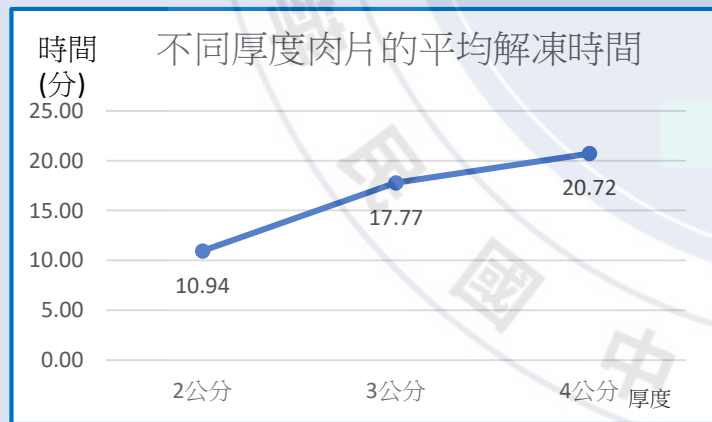


配置選擇的關鍵:

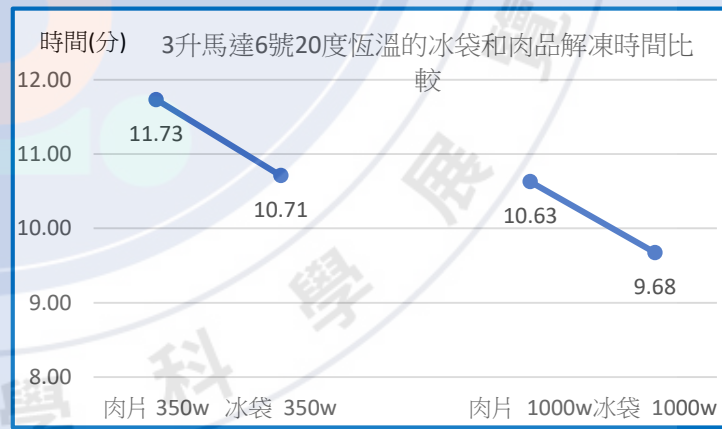
- 節能不占空間+系統簡單化:
單馬達6號位置
- 恆溫: 解凍速度快
- 較低起始水溫: 有較大的速度提升

後續採用: 3公升水量+單馬達6號位置+20度起始水溫+恆溫控制

研究四、探討設定恆溫，用動力水流解凍法解凍肉品的效率分析



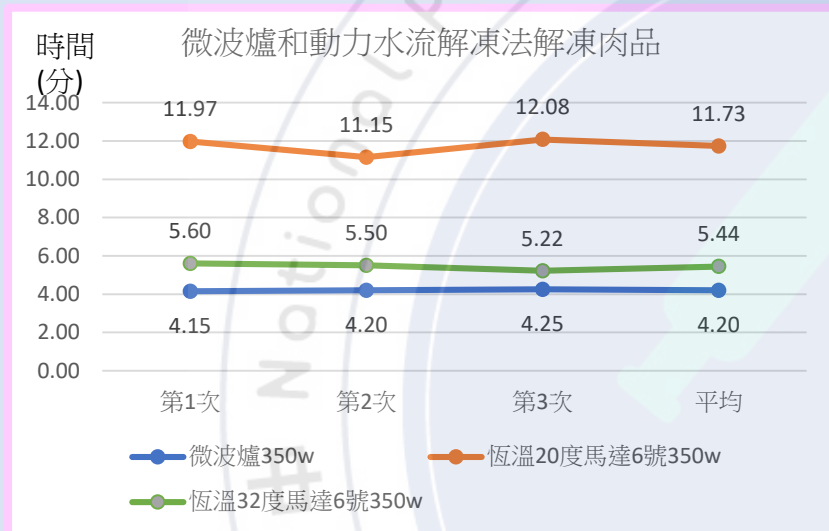
肉品厚度和解凍時間呈正相關



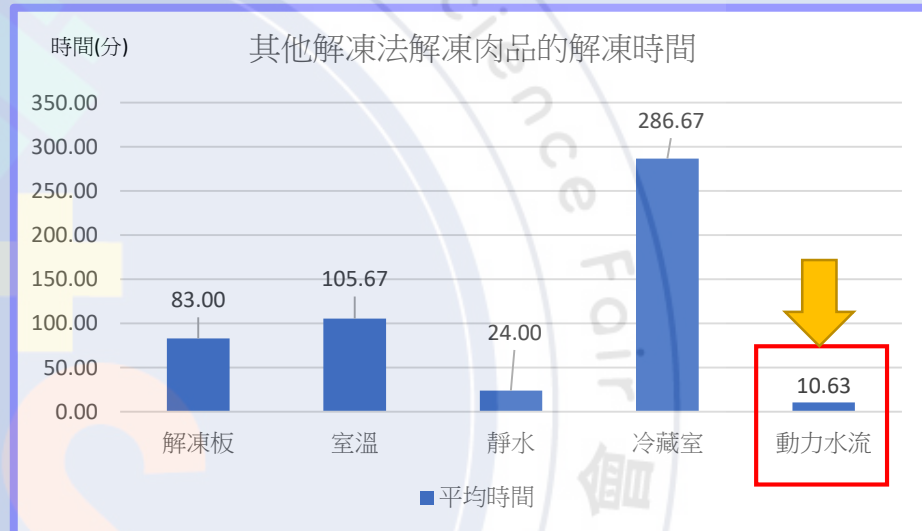
數據接近: 解凍冰袋模擬肉品有參考價值

研究五、各種常用解凍法用於解凍肉品的效率分析

微波功率下解凍肉品的效率分析



其他解凍法解凍肉品的效率分析與比較



V: 微波爐解凍速度較快
 X: 成本高、體積大、用電量大
 X: 有微波外洩、加熱不均疑慮

動力水流+恆溫: 解凍2cm肉品只花約10分鐘，比第二常用靜水解凍快近2倍

• **電費方面:** 以厚度2cm肉品重300公克為例

解凍方法	解凍板	室溫	靜水	冷藏室	動力水流
解凍時間(分)	83.00	105.67	24.00	286.67	10.63
電費估算(元)	0	0	0	2.47	0.0473

解凍所需電費約0.0473元，節電省錢
 解凍效率非常高，值得採用!

我們的研究獲得以下幾點重要成果:

- 一、自製冰袋固定架及標準化真空冰袋，模擬肉品解凍，結果有一致性，值得參考。
- 二、不同馬達位置、不同水量有不同解凍效率，流場和解凍效率有相關。(研究二)
- 三、起始水溫越高，解凍速度越快。雙馬達5+6號位置雖然速度較快，但占水箱空間並較為耗能，因此選用次佳的單馬達6號位置，搭配環保節水的3升水量，解凍效果良好。(研究二)
- 四、恆溫控制有助於提升解凍速度，起始水溫20度，效率提升最多。(研究三)
- 五、使用自製肉品軟硬度測定儀判斷肉品解凍，客觀科學的方法增加實驗數據的可信度。(研究四)
- 六、恆溫動力水流解凍肉品，對照相同瓦數的微波爐，不致有外熟內生的狀況，證明解凍效果較好。(研究五)



研究結果應用

- 適用於小家庭一餐肉量
- 節省備餐時間
- 保持肉品的新鮮度
- 解決冬天時忘了將冷凍食材提早拿出退冰，無法烹煮的狀況

日後研究方向

- ◆ 加入更深入的流場和流速的分析
- ◆ 追求更強大的解凍效率
- ◆ 解凍專用水箱
- ◆ 增加對於解凍後肉品新鮮度品質的測試分析

參考資料

- 一、熱傳遞。科學 Online - 國立臺灣大學。檢索日期 2022.6.3 取自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E7%86%B1%E5%82%B3%E9%81%9E>
- 二、滴液流失。檢索日期 2021.10.19 取自 <https://flash-freeze.net/zh-hant/knowledge/drip.html>
- 三、解凍原理。檢索日期 2022.6.3 取自 <http://www2.nkust.edu.tw/~ikuojm/file2/1-7.pdf>
- 四、三分熟、五分熟、七分熟？牛排熟度決定口感軟硬度。取自 <https://www.luxurywatcher.com/zh-Hans/article/24534>
- 五、【綠主張】肉品解凍學問大！專家教你 3 招維持食材新鮮、美味。2021.10.19 取自 <https://www.agriharvest.tw/archives/6690>