

彰化縣 107 學年度國小學生獨立研究競賽作品
作品說明書

編號:21010

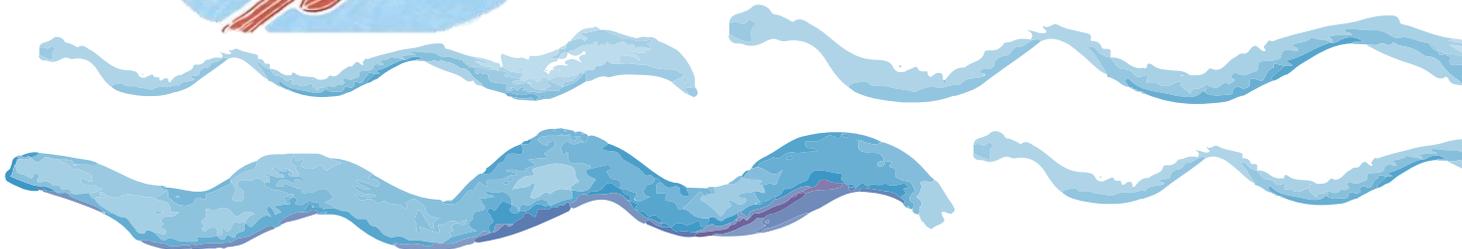
組別:國小組

類別:自然與生活科技類



作品名稱：

冰消凍解，開飯了！
-探討不同解凍方式之研究



第一階段 研究訓練階段

壹、 近二年學校獨立研究課程之規劃

一、 中年級

- (一) 網際網路的使用與限制。
- (二) 文書處理軟體的使用。
- (三) 相片編輯。
- (四) 各類儀器設備的操作與保養。
- (五) 文章閱讀摘要技巧。
- (六) 研究方法的認識與應用。

二、 高年級

- (一) 閱讀與評析歷屆獨立研究得獎作品。
- (二) 選定有興趣的研究主題，並擬定計畫。
- (三) 依研究主題蒐集與分析各種資料。
- (四) 研究報告的撰寫與反思。

貳、 學校如何提供該生獨立研究訓練

一、 中年級：

每週安排兩節專題研究，訓練基礎的研究技巧；同時安排各類校內外參訪活動，並觀摩校內外的獨立研究成果發表會，讓學生發掘自身有興趣的議題，從認識校園開始，再向外拓展進而認識家鄉，以實際活動進行探索，為將來銜接高年級的獨立研究課程做準備。

二、 高年級：

每週安排兩節獨立研究，透過學生有興趣的研究主題，在教師的引導下擬定研究計畫。學生利用在中年級所學習的各類研究方法來進行研究主題探究，並將蒐集到的資料進行歸納與分析，培養學生自行解決問題的能力；除了完成研究報告外，學生應對於每一個研究歷程有自省與反思的能力。

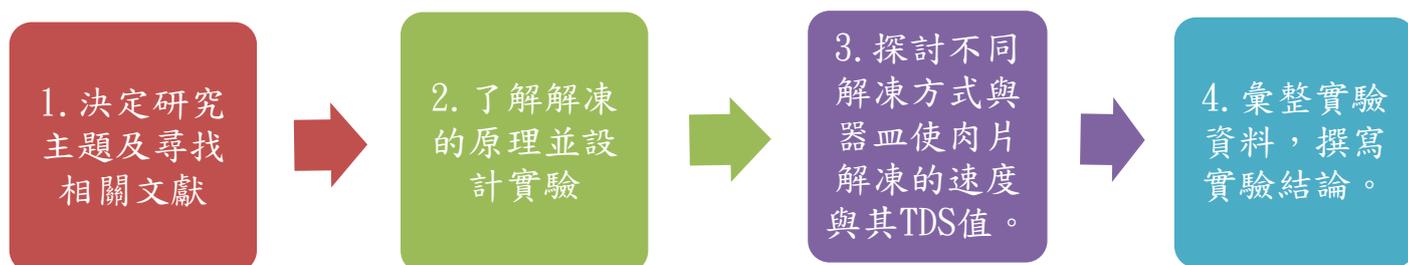
第二階段 獨立研究階段

壹、 研究動機

南一版五年級上學期「健康與體育」課本中第一單元「化冰解凍審慎選」中介紹許多解凍方式，明明有那麼多種解凍方式，但為什麼大家都常用水中解凍的方式呢？再加上媽媽買了一塊解凍板回家，讓我們很好奇，到底誰最適合剛下班的媽媽讓食物在最短時間內將物品解凍後煮飯呢？肉品新鮮度除了能用發霉或發臭可看出是否新鮮外，還有沒有其他更科學的方法呢？於是我們便開始著手調查解凍的奧秘。

貳、 擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

一、 擬定正式計畫



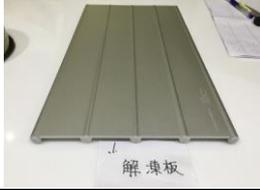
二、 研究問題

- (一) 水質檢測筆是否有效檢測出肉片 TDS 值
- (二) 探討常見解凍方式對冷凍豬肉的解凍速度與 TDS 值
- (三) 探討不同解凍器皿對冷凍豬肉的解凍速度與 TDS 值
- (四) 找出解凍速度、TDS 值優於解凍板的解凍器皿夾層的解凍方式

三、 工作進度表

	9月初	9月中	9月末	10月初	10月中	10月末	11月初	11月中	11月末	12月初	12月中
研究進度	暑期研究成果分享	討論主題 延伸方向	執行實驗 收集數據	調整向度 分析數據	執行實驗 收集數據	執行實驗 撰寫數據	獨立研究 思考結論	獨立研究 撰寫結論	獨立研究 初稿完成	獨立研究 最後修改	獨立研究 報告完成
暑期研究成果分享	■										
閱讀相關文獻	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
執行實驗 收集數據	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
分析數據			■	■	■	■	■	■	■	■	■
撰寫報告						■	■	■	■	■	■
報告完成 並繳交							■	■	■	■	■

四、 研究設備及器材

			
溫度濕度時鐘	解凍板	鐵鍋	塑膠板
			
瓷盤	玻璃碗	塑膠盤	紅外線溫度槍
			
工業用廣用試紙	水質檢測筆	豬肉片	鹽
			
水	鋁鍋	不鏽鋼鍋	相機

參、 彙整相關文獻

一、 家長煮飯時間平均只有不到一小時：

根據《NOWnews 今日新聞》日前於網站上舉辦的《媽媽下廚壓力指數大調查》結果發現，超過 73.6%的媽媽們每天平均只有不到一個鐘頭的時間可以備餐，可見現代媽媽的下廚時間壓力相當大。另外調查中還發現，有 48%的媽媽青睞「冷凍食品」遠高於外賣熱食或罐頭，因此每個家庭在煮飯前都有快速、安全、衛生的解凍需求。

二、 自來水檢測筆原理：

以兩根正負極測試棒，固定兩棒之距離，電路通電此測試棒導通會得到電壓，測量各種水中所含不同雜質多寡，可略為明準抓到此電壓含有多少 ppm(百萬分點濃度)的 TDS 值(總溶解固體值)。TDS 值越

高，表示水中含有的雜質越多。

三、 TDS 值與電阻的關係：

食物的腐敗是以其大分子的營養素分解而表現出來的，分解出的小分子物質，提高了 TDS 值。所以測標準體積食物的電阻，其電阻越大，腐敗程度越嚴重，這樣就有一個客觀的鑑定數據，達到公平、公正的鑑定目的。

四、 歐姆定律：

同一導體中，通過導體的電流與導體兩端的電壓成正比，與導體的電阻成反比。歐姆公式為： $R(\text{電阻})=V(\text{電壓})/I(\text{電流})$ $V=I\times R$ 。

(一) 電阻:物質阻礙電荷流動的物理量亦即電阻值，單位為「歐姆」。

(二) 電壓:國際單位是伏特 (V)。

(三) 電流:每秒通過一庫倫的電量稱為一「安培」(A)。安培是國際單位制中所有電性的基本單位。

五、 熱平衡：

將一個較熱的物體與另一個較冷的物體互相接觸，並讓這兩個物體與其他的物體、物質隔絕。較熱的物體會變冷，較冷的物體會變熱，兩個物體的特性也隨之改變。最後，這些特性達到一個穩定的狀態不再變化，兩個物體會處在相同的溫度，即達熱平衡狀態。

肆、 研究過程或方法

一、 研究一：水質檢測筆是否有效檢測出肉片 TDS 值，其研究步驟為：

(一) 取 1 片 135g 的豬肉片，放入冰箱冷凍庫冷凍。

(二) 將冷凍肉片取出，將豬肉片放在塑膠盤中。

(三) 每 30 分鐘用紅外線溫度槍與水質檢測筆測量肉片的溫度和肉片上的血水 TDS 值，共測 6 小時。

表 4-1 豬肉片放 6 小時的溫度、TDS 值記錄表 (室溫 28°C、濕度 65%)

時間	豬肉片溫度、 TDS 值	豬肉片溫度(°C)	豬肉片 TDS 值(ppm)
0 分鐘		-12.2	4
30 分鐘		-1	117
60 分鐘		0.7	290
90 分鐘		17.3	573
120 分鐘		20	711
150 分鐘		22.5	769
180 分鐘		23.6	785
210 分鐘		23.8	811
240 分鐘		24.3	847
270 分鐘		24.5	863
300 分鐘		26.9	881
330 分鐘		27.2	912
360 分鐘		28	956

由表 4-1 中我們可以看到肉片在 0 分鐘到 120 分鐘溫度從 -12.2 °C 到 20°C，180 分鐘後便逐漸與室溫溫度接近。

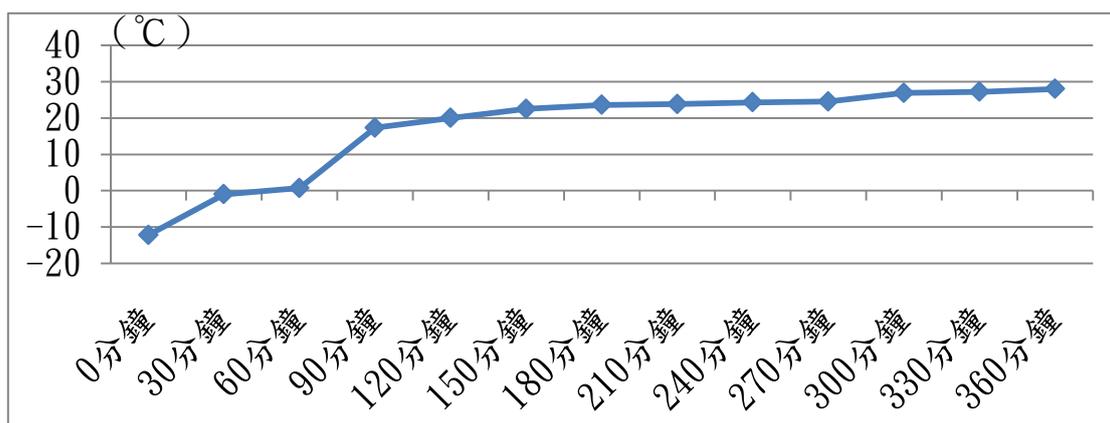


圖 4-1 豬肉片放 6 小時溫度變化折線圖

由圖 4-1 可見，0 到 30 分鐘時及 60 到 90 分鐘解凍速度急速攀升，到 150 分鐘後溫度攀升漸緩，與室溫接近。

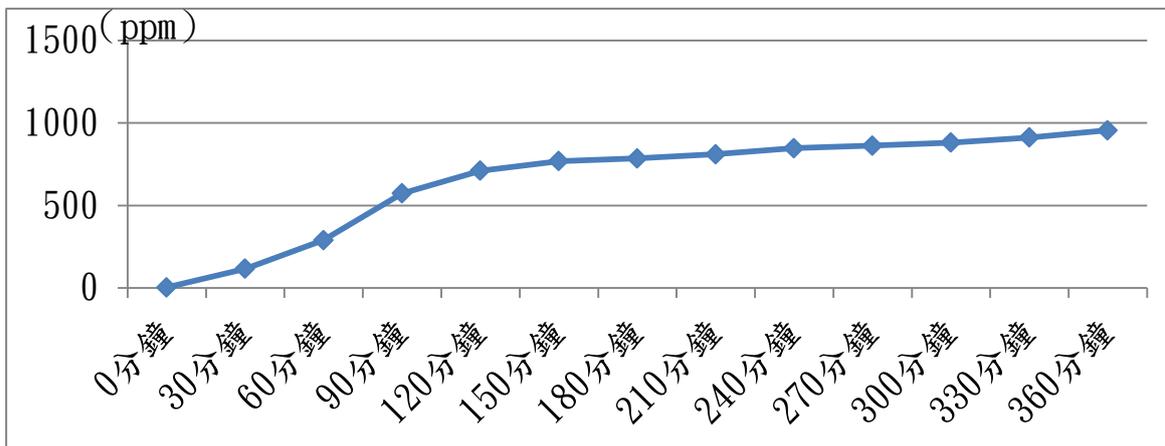


圖 4-2 豬肉片放 6 小時 TDS 值變化折線圖

由圖 4-2 中，經由自來水檢測筆檢驗出 TDS 值從 0 到 30 分鐘間原本緩慢上升，但 30 分鐘後開始急速飆升到 573ppm，150 分鐘後才漸漸緩和，360 分鐘後達到 956ppm。

二、 研究二:探討常見解凍方式對冷凍豬肉的解凍時間與 TDS 值，其研究步驟:

- (一) 取 5 片 135g 的豬肉片，放入冰箱冷凍庫冷凍。
- (二) 將冷凍肉片取出，每塊豬肉片均放入夾鏈袋，分別放入流水沖、鹽水中、室溫桌子上、冷藏室、微波爐，共 5 處，如圖 4-3。

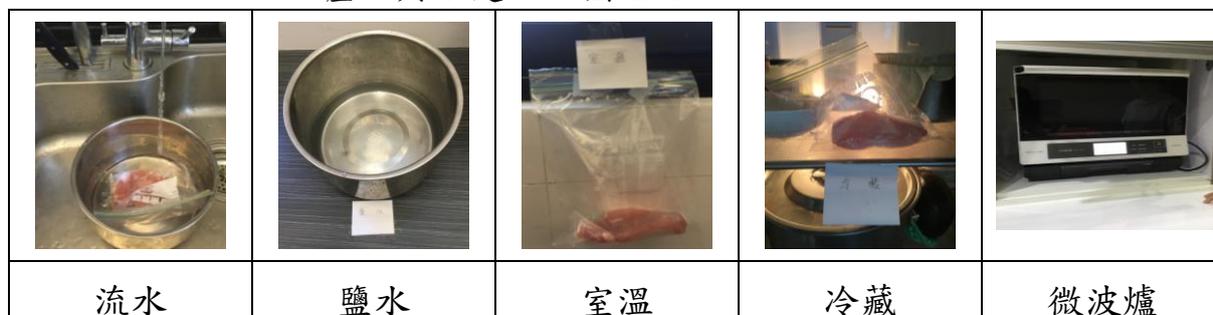


圖 4-3 五種常見解凍方法

- (三) 每 5 分鐘用紅外線溫度槍與水質檢測筆測量肉片的溫度和肉片上的血水 TDS 值，如圖 4-4。

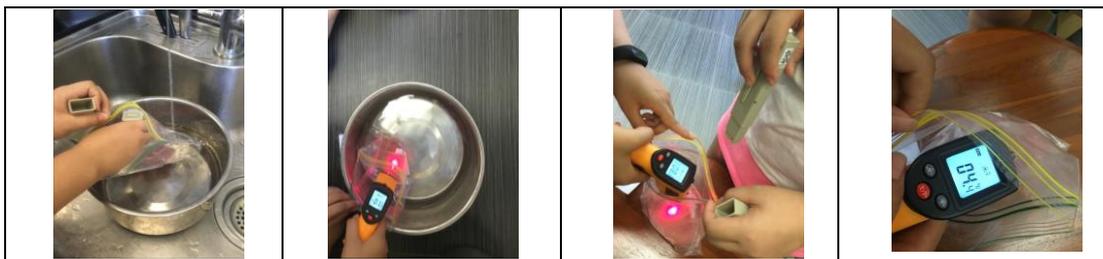


圖 4-4 測量解凍速度與 TDS 值方法示意圖

(四) 每隔 5 分鐘進行測量。

表 4-3 常見解凍方式對冷凍豬肉解凍時間 (室溫 28°C、濕度 65%)

溫度方式 (°C) 時間	流水	鹽水	室溫	冷藏	微波爐 (100W)
0 分鐘	-10.9	-10.9	-10.9	-10.9	-10.9
5 分鐘	-4	-0.7	-4.4	-7.1	16.3
10 分鐘	10.8	17.4	-1.2	-5.8	56.9 <small>已呈現過度解凍</small>
15 分鐘	24.1	18.3	0.5	-2.2	
20 分鐘	27.8	21.9	2	-1.1	
25 分鐘	28	23.2	14.3	-0.7	
30 分鐘	28	23.5	15.7	4.5	
35 分鐘	28	25.1	16.5	5.5	
40 分鐘	28	26.8	18.5	6.7	
45 分鐘	28	28	20.9	7.2	

根據表 4-3 我們發現：微波爐在 10 分鐘時溫度達到 56.9°C 超過熱平衡，固解凍速度最快，流水 25 分鐘已達到熱平衡次之，鹽水 45 分鐘達到熱平衡為第三。

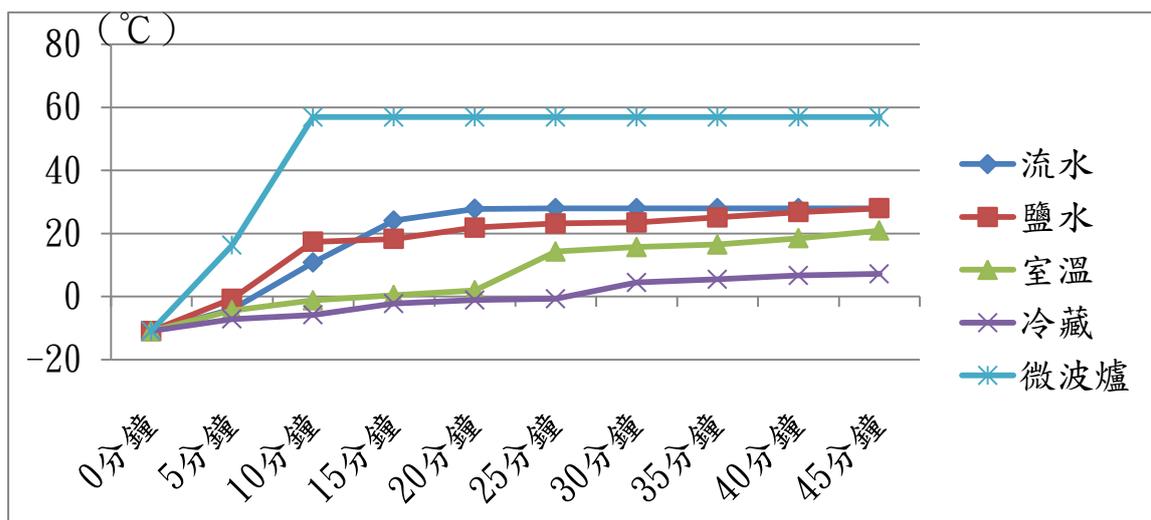


圖 4-5 常見解凍方式對冷凍豬肉的解凍速度折線圖

由圖 4-5，我們發現微波爐解凍速度雖在 15 分鐘到 20 分鐘間溫度上升很快，到 10 分鐘時則超過室溫 28°C，甚至高達 56.9°C，肉片呈現類似烹煮過的狀態；流水解凍法則在 25 分鐘達熱平衡。

表 4-4 常見解凍方式對冷凍豬肉的 TDS 值(室溫 28°C、濕度 65%)

濃度 (ppm) 時間	方式	流水	鹽水	室溫	冷藏	微波爐 (100W)
0 分鐘		6	6	6	6	6
5 分鐘		68	36	43	25	441
10 分鐘		465	306	107	47	591
15 分鐘		516	534	203	68	769
20 分鐘		751	799	292	81	
25 分鐘		781	817	362	106	
30 分鐘		823	847	450	136	
35 分鐘		853	848	757	197	
40 分鐘		854	850	841	218	
45 分鐘		855	865	849	233	

根據表 4-4，我們歸納結果為：冷藏解凍法 TDS 值最後測得 233ppm 是最少，室溫解凍法 849ppm 次之，流水解凍法 855ppm 第三。

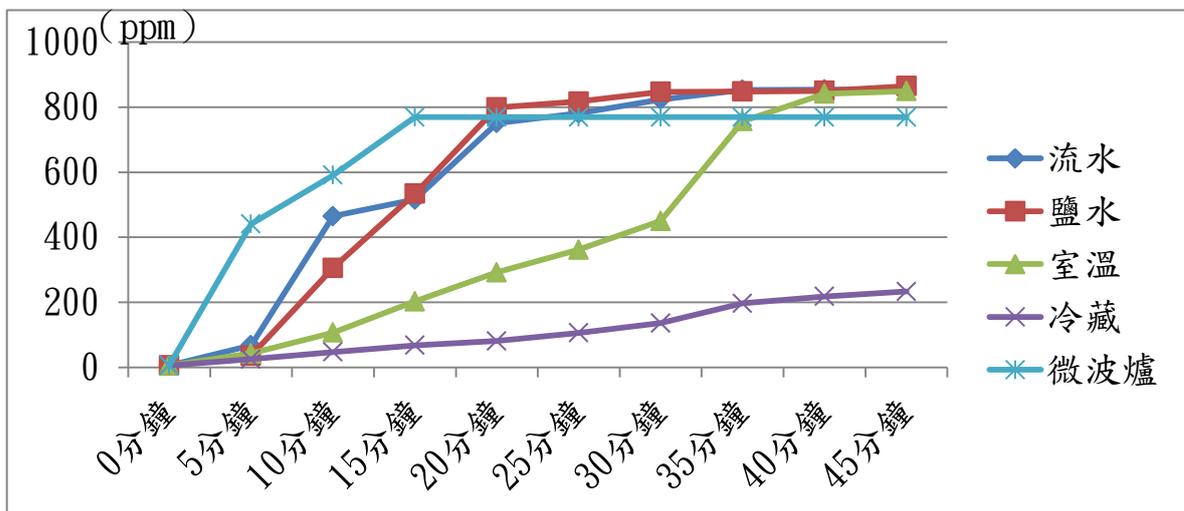


圖 4-6 常見解凍方式對冷凍豬肉的 TDS 值

由圖 4-6 中，可明顯發現微波爐解凍法的 TDS 值在 0 分鐘到 5 分鐘時大幅提升，從 6ppm 增加到 441ppm，共增加了 435ppm，但到 15 分鐘後 TDS 值就沒再增加了。

三、 研究三：探討不同解凍器皿對凍豬肉的解凍速度與 TDS 值。其研究步驟：

- (一) 取5片135g的豬肉片，放入冰箱冷凍庫冷凍。
- (二) 將冷凍肉片，分別放在鋁製解凍板、鐵鍋、塑膠板盤、玻璃碗、瓷盤、不鏽鋼鍋和鋁鍋上，如圖4-7。



圖 4-7 肉片擺放位置

- (三) 每5分鐘用紅外線溫度槍與水質檢測筆測量肉片的溫度和肉片上的血水TDS值。

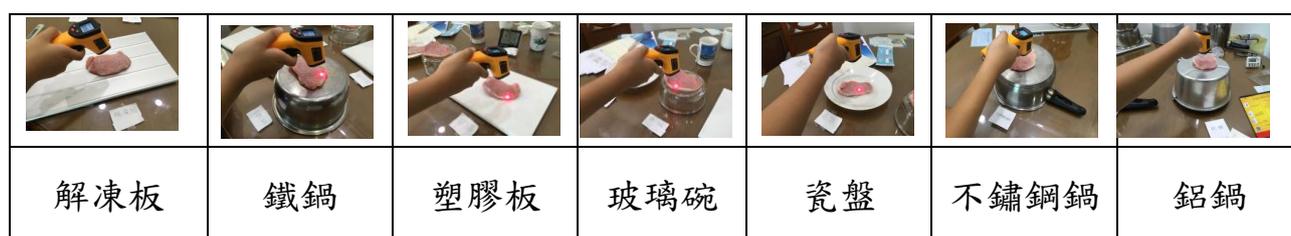


圖 4-8 肉片放在不同位置測量解凍速度與 TDS 值

- (四) 每隔 5 分鐘進行測量。

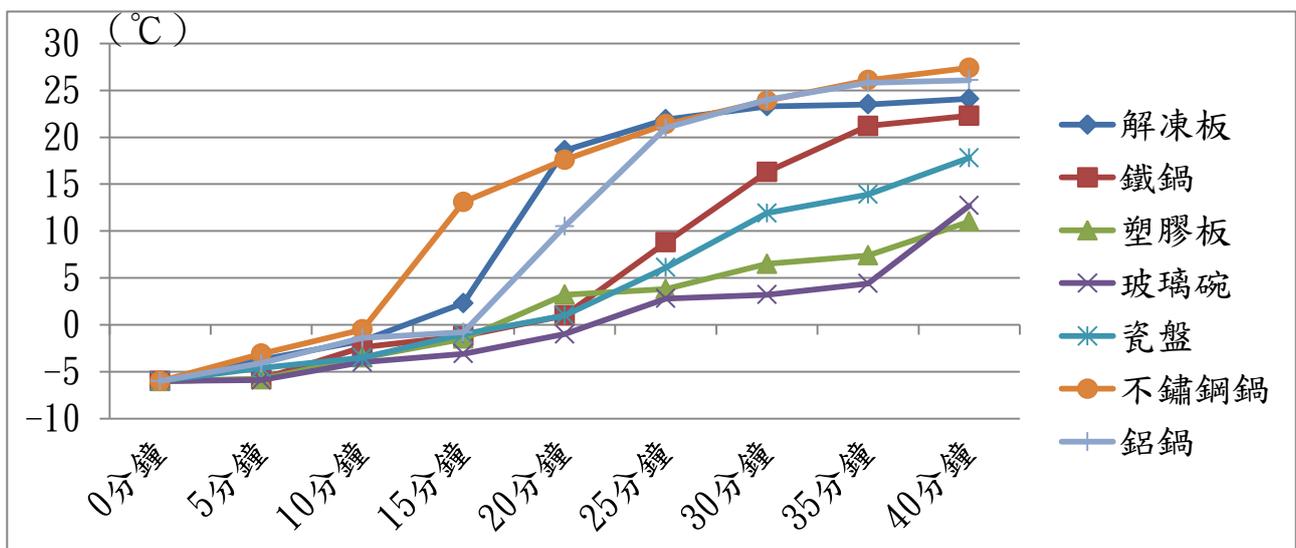
表 4-5 不同解凍器皿對冷凍豬肉的解凍速度(室溫 28°C、濕度 65%)

溫度 (°C) 時間	器具	解凍板	鐵鍋	塑膠板	玻璃碗	瓷盤	不鏽鋼鍋	鋁鍋
0 分鐘		-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
5 分鐘		-3.7	-5.8	-5.8	-5.9	-4.6	-3.1	-4.1
10 分鐘		-1.7	-2.4	-3.5	-4	-3.5	-0.5	-1.4

15 分鐘	2.3	-1.2	-1.5	-3.1	-1	13.1	-0.8
20 分鐘	18.6	1	3.2	-1	1	17.6	10.5
25 分鐘	21.9	8.8	3.8	2.8	6.1	21.4	21
30 分鐘	23.3	16.3	6.5	3.2	11.9	23.9	24
35 分鐘	23.5	21.2	7.4	4.4	13.9	26.1	25.8
40 分鐘	24.1	22.3	11	12.7	17.8	27.4	26.1
45 分鐘	28	23.8	13.2	17.9	19.1	27.8	26.3

根據表 4-5，我們歸納結果為：解凍板 45 分鐘達到熱平衡(28°C) 固解凍速度最快，不鏽鋼鍋 45 分鐘 27.8°C 次之，鋁鍋 45 分鐘 26.3 °C 第三。

圖 4-9 常見解凍方式對冷凍豬肉的解凍速度折線圖



由圖 4-9 中，我們發現解凍板解凍速度雖在 15 分鐘到 20 分鐘間大幅上升，但 15 分鐘時不鏽鋼鍋(13.1°C)解凍速度卻比解凍板(2.3 °C)來得快。

表 4-6 不同解凍器皿對冷凍豬肉的影響 TDS 值(室溫 28°C、濕度 65%)

濃度 (ppm) 時間	器具	解凍板	鐵鍋	塑膠板	玻璃碗	瓷盤	不鏽鋼鍋	鋁鍋
0 分鐘		9	9	9	9	9	9	9
5 分鐘		79	68	45	62	76	102	54
10 分鐘		170	133	109	127	132	323	212
15 分鐘		498	246	172	214	217	432	253
20 分鐘		793	316	263	287	266	740	343
25 分鐘		799	442	340	383	447	745	456
30 分鐘		871	567	430	501	537	751	474
35 分鐘		877	740	513	579	556	757	519
40 分鐘		891	757	555	581	561	781	581
45 分鐘		896	763	584	592	587	799	688

根據表 4-6，我們歸納結果為：塑膠板 45 分鐘時 TDS 值為 584ppm 最少，瓷盤 45 分鐘 587ppm 次之，玻璃碗 45 分鐘 592ppm 第三。

另外我們發現肉片在 15 分鐘到 25 分鐘時 TDS 值增加很快，不鏽鋼鍋在這中間共增加 313ppm、解凍板也增加了 301ppm，因此建議在 15 分鐘時就將肉片烹煮。

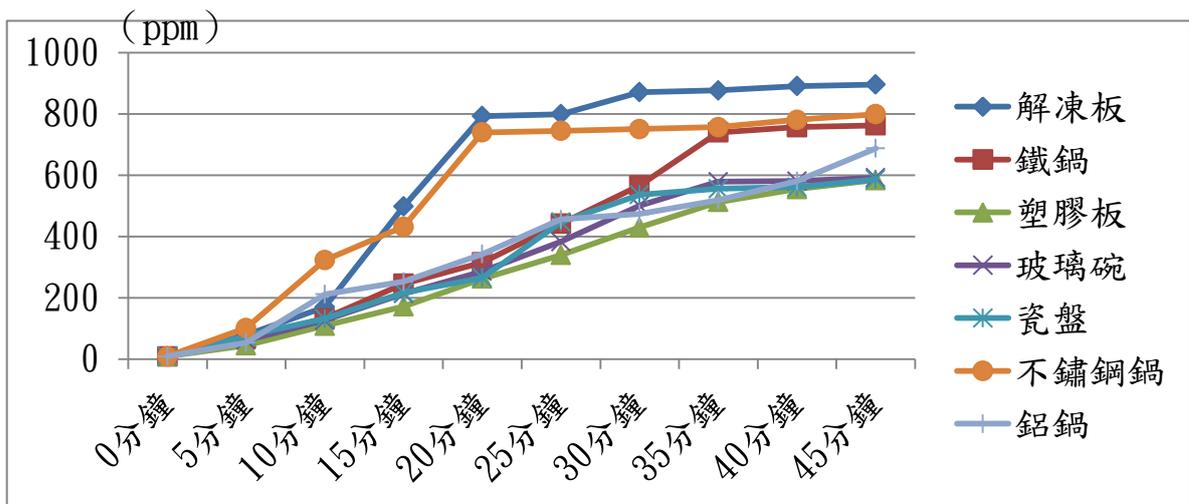


圖 4-10 常見解凍方式對冷凍豬肉的 TDS 值

由圖 4-10 中，我們發現不鏽鋼鍋(323ppm)在 10 分鐘時 TDS 值雖

比解凍板(170ppm)高，但在 15 分鐘時不鏽鋼鍋(432ppm)的 TDS 值卻比解凍板(498ppm)少。

四、 研究四：找出解凍速度、TDS 值優於解凍板的解凍器皿夾層的解凍方式。其研究步驟為：

- (一) 取5片135g的豬肉片，放入冰箱冷凍庫冷凍。
- (二) 將冷凍肉片分別放解凍板上、兩個鋁鍋中間、兩個鐵鍋中間、兩個不鏽鋼鍋中間和兩個瓷盤中間，如圖4-11。



圖 4-11 肉片放在不同位置之圖

- (三) 每5分鐘用紅外線溫度槍與水質檢測筆測量肉片的溫度和肉片上的血水TDS值，如圖4-12。



圖 4-12 肉片放在不同位置測量解凍速度與 TDS 值之圖

- (四) 每隔5分鐘進行測量。

表4-7不同材質夾層對冷凍豬肉的解凍速度(室溫28℃、濕度65%)

溫度 (°C) 時間	器具	解凍板	鋁鍋	鐵鍋	瓷盤	不鏽鋼鍋
0 分鐘		-8	-8	-8	-8	-8
5 分鐘		-2.7	-3.9	-4.1	-5.1	11.3
10 分鐘		15.6	5.2	-3.7	-4.1	18

15 分鐘	21.1	19.8	-3.3	1.1	24.5
20 分鐘	23.2	24.4	1.4	2.3	25.3
25 分鐘	24.4	25.8	11.9	4.1	25.8
30 分鐘	24.7	26.8	19.4	16.6	26.7
35 分鐘	25.6	27.1	26	26.1	26.9
40 分鐘	26.2	27.3	26.5	26.3	27.3
45 分鐘	27.8	27.6	27.7	27.2	28

根據表 4-7 我們歸納結果為：不鏽鋼鍋 45 分鐘時達到熱平衡固解凍速度最快，解凍板 45 分鐘達到 27.8°C 次之，鐵鍋 45 分鐘達到 27.7°C 第三。

另外我們發現肉片在 15 分鐘到 25 分鐘時溫度已接近室溫，鋁鍋和不鏽鋼鍋已達 25.8°C，快達熱平衡，因此建議在 15 到 20 分鐘時就將肉片進行烹煮。

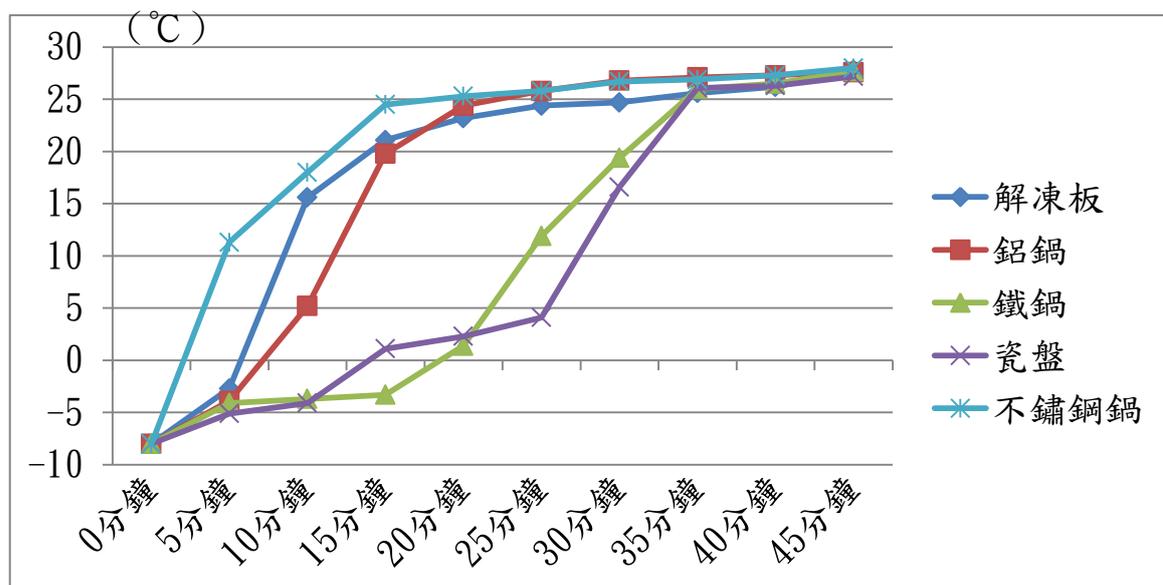


圖4-13 各種常見器皿解凍速度折線圖

由圖4-13，我們發現不鏽鋼鍋夾層在0分鐘到5分鐘的時候即從-8°C 直接到11.3°C，5分鐘到10分鐘從11.3°C 升到18°C，共上升了26°C，15分鐘已達到24.5°C，為最佳表現，解凍速度更勝於解凍板。

表 4-8 不同材質夾層對冷凍豬肉的影響(室溫 28°C、濕度 65%)

濃度 (ppm) 時間	器具	解凍板	鋁鍋	鐵鍋	瓷盤	不鏽鋼鍋
0 分鐘		51	51	51	51	51
5 分鐘		344	64	74	68	501
10 分鐘		498	543	97	161	527
15 分鐘		799	582	281	263	579
20 分鐘		812	775	388	393	760
25 分鐘		847	781	579	477	774
30 分鐘		859	829	613	585	798
35 分鐘		862	859	658	594	805
40 分鐘		874	868	751	623	817
45 分鐘		889	872	859	687	822

根據表4-8，我們歸納結果為：瓷盤45分鐘達到687ppm最少，不鏽鋼鍋在45分鐘達到822ppm次之，鐵鍋45分鐘859ppm第三。

另外我們發現肉片在10分鐘到20分鐘時TDS值增加很多，尤其解凍板TDS值已高達到799ppm，因此建議在15分鐘時就將肉片烹煮。

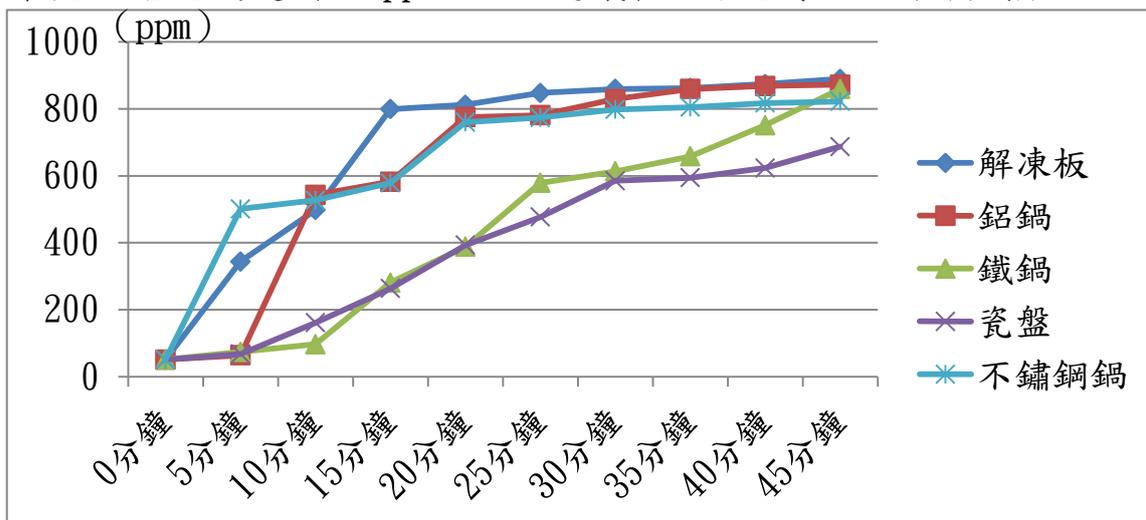


圖4-14 各種常見器皿對冷凍豬肉的TDS值

由圖4-14中，我們發現解凍板從0分鐘到15分鐘間TDS值直線上升達到799ppm，而不鏽鋼鍋夾層0分鐘到15分鐘為579ppm，低於解凍板。

伍、研究結果與討論

一、水質檢測筆是否有效檢測出肉片 TDS 值：

文獻指出，食物的腐敗由大分子的營養素分解出來，分解出的小分子物質會提高了TDS值；所以可測標準體積食物的電阻，其電阻越大，腐敗程度越嚴重，這樣就有一個客觀的鑑定數據。從研究一我們可以發現，溫度-12.2°C時TDS值為4ppm，隨著溫度達到熱平衡28°C，其TDS值則高達956ppm，由TDS值數據的攀升可證明文獻的論點，因此水質檢測筆是可以用來檢測肉品的TDS值。

二、探討常見解凍方式對冷凍豬肉的解凍速度與 TDS 值：

5分鐘的時候流水、鹽水、室溫、冷藏、微波爐的溫度分別為-4°C、-0.7°C、-4.4°C、-7.1°C、16.3°C，可得知微波爐的解凍時間最短，驗證課本所提微波爐加熱時間最短；但以TDS值檢測流水、鹽水、室溫、冷藏、微波爐，TDS值分別是68ppm、36ppm、43ppm、25ppm、441ppm，由此可以看出微波爐的TDS值比其他的解凍方式高出很多。

三、探討不同解凍器皿對冷凍豬肉的解凍速度與 TDS 值：

由研究三的TDS值折線圖可見，15分鐘時解凍板、不鏽鋼鍋的TDS值皆低於600ppm，而20分鐘飆升近穩定值800ppm，因此我們取15分鐘作為觀察基準。

從研究三我們可以發現，解凍器皿解凍板、鐵鍋、塑膠板、玻璃碗、瓷盤、不鏽鋼鍋、鋁鍋溫度分別為:2.3°C、-1.2°C、-1.5°C、-3.1°C、-1°C、13.1°C、-0.8°C，不鏽鋼鍋的解凍速度最快，溫度達到13.1°C，TDS值為432ppm。而解凍速度第二快的解凍板溫度只達2.3°C，TDS值為498ppm，因此得知不鏽鋼鍋的解凍速度及TDS值皆優於解凍板。

四、找出解凍速度、TDS值優於解凍板的解凍器皿夾層解凍方式：

在研究三的不鏽鋼鍋其解凍速度很快，但在15分鐘時未達20°C，所以我們嘗試以夾層的方式來進一步研究不同器皿夾層解凍方式，找出解凍速度、TDS值優於解凍板的解凍方式。

根據研究四中解凍速度優於解凍板為不鏽鋼鍋雙夾層，它在15分鐘的時候TDS值為579ppm，依舊尚未急速攀升到800ppm，而溫度

能達 24.5°C，比起研究三的不鏽鋼鍋單層提高了 11.4°C，更趨近於熱平衡，已適合下鍋烹煮。

五、 建議家庭使用的解凍方式

(一) 因 15 分鐘時各種解凍方式及解凍器皿溫度都已接近熱平衡，TDS 值也不高，因此建議肉片在解凍 15 分鐘時就將肉片下鍋烹煮。

(二) 解凍板並非家庭廚房的必備物品，透過不鏽鋼鍋、不鏽鋼鍋雙夾層，都可以來輔助肉品解凍。

陸、評鑑與檢討

在這次實驗中發現了許多困難、問題，對於水質檢測筆、解凍板等器材選擇，還有實驗過程中的啟發，最後我們針對這些問題來做省思和分享。

一、 小組共用平台的使用：

我們發現實驗進行的討論過程中，會有各種實驗數據與文獻資料散落在每個組員手中，不是很好統一整理。後來我們決定利用雲端共用硬碟來傳遞資料並備份，老師也可以透過雲端硬碟隨時知道最新進度。

二、 實驗檢測器材選擇：

第二階段選擇實驗器材時測試了 PH 值酸鹼測試，第一次測是黃色，半小時、一小時後酸鹼試紙依舊是黃色，推測因為變化不大，酸鹼試紙不夠精密，且一般肉片的 PH 值是 5.5 到 7.1，而 5、6、7 的顏色都接近，真的要看出變化也要 2 到 3 天，食材都已腐壞，對於即時需要新鮮度的研究沒有檢測幫助，因此被淘汰此器材。後來我們找到水質檢測筆，食物的腐敗營養素會被分解，分解出的小分子物質會提高 TDS 值。所以測食物的電阻，電阻越大，腐敗程度越嚴重，因此便可以透過水質檢測筆來進行肉品新鮮狀態的推論。

三、 實驗時間間隔討論：

進行實驗時，我們選擇重量相同的肉片來進行實驗，因為如果選擇形狀相同的肉片，在裁切的過程中刀子上和空氣中的細菌會滋生到

肉片上，造成實驗結果會有所誤差；另實驗檢測時間間隔的設定，像是研究一開始是以十分鐘作為時間間隔，但因十分鐘後放在流水下的肉片已快達熱平衡，所以我們將間隔調整為每五分鐘，用紅外線溫度槍和水質檢測筆進行測量，好讓肉片的解凍速度和 TDS 值有明顯的差異，以做出比較。

四、 培養日常生活中的思考精神：

在獨立研究過程中，我們瞭解到團隊的運作是需要成員一同付出，並在課堂、生活中練習不斷調整狀態。我們也在這次研究中發現廣告大力推薦的產品不一定是最好的方法，如何使用手邊的東西就讓生活變得更好，在不疑處有疑進行反思，我們從這次中，發掘了自己那顆改造生活更好的實驗精神。

柒、 參考資料

- 一、 呂淑敏、蘇國書、李黨、陳文慧(民 96)。光音熱大魔術。臺北市:東方出版。
- 二、 李玉梅(民 96)。熱與能量。臺中市:暢談文化。
- 三、 趙家梅、郭芸馨、郭玉梅、林小玉(民 90)。物質的傳熱方法。臺北縣:百年文化。
- 四、 現代「煮」婦下廚壓力大 平均備餐時間竟不到一小時。取自：<https://goo.gl/yxZzZ5>。
- 五、 食物腐敗狀況檢查器。陳雅汶、蔡育璉、楊婕宜。(民 105)。取自：中學生小論。
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2016/03/2016032917233197.pdf>。
- 六、 簡易水質檢測器。王信發、林佑霖、楊鎮毓。取自：
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2010/11/2010111418302334.pdf>。
- 七、 歐姆定律的定義。取自：
<http://eng.cyccatv.net.tw/catv/ca6.htm>

八、 熱平衡。取自：

<https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/Detail/?title=%E7%86%B1%E5%B9%B3%E8%A1%A1>。

九、 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 屆中小學科學展覽會作品說明書。取自：

<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080802.pdf>。

十、 解凍板原理。每日頭條。取自：

<https://kknews.cc/zh-tw/home/jrbbqje.html>。

十一、 解凍密碼--探討影響解凍速度的因素中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書。高雄市資優教育資源中心互動網 - 高雄市班級網站。取自：

<http://class.kh.edu.tw/12821/page/view/35>。