

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

國中組 生活與應用科學科(二)

團隊合作獎

032904

舒肥雞肉的奧秘：溫度與時間的完美平衡

學校名稱： 雲林縣私立東南國民中學

作者：	指導老師：
國二 林敬勒	詹嘉瑋
國二 鍾有騰	成寧
國二 何培瑋	

關鍵詞： 舒肥機、生菌、熟成時間

# 舒肥雞肉的奧秘：溫度與時間的完美平衡

## 摘要

近年來健康飲食越來越盛行，本實驗主要是想要探討若以舒肥法來煮雞胸肉是否可以在一般家庭裡就可以簡單烹煮，不一定需要買昂貴的舒肥機。實驗裡，我們以全聯就容易買到的雞胸肉和多數人家裡就有的電鍋來做舒肥雞胸肉，目的是為了求證舒肥機業者所說的「雞胸肉不能用電鍋煮熟」是否為真。依據我們所做的實驗結果，即使我們只以電鍋 50°C 热水烹煮，加熱 20 分鐘即可除去絕大多數的生菌，加熱 1.5 小時以上即可煮熟雞肉，我們成功證實以電鍋搭配簡單溫度控制器即可以製作美味的舒肥雞肉，達到與舒肥機一樣的效果。

## 壹、前言

### 一、研究動機

近年來，由於健康意識的抬頭再加上健身運動的盛行，許多人不斷研究該如何烹煮雞肉，在要兼顧健康且又能鎖住雞肉的鮮甜美味前提下，如何料理雞肉是近幾年來很受矚目的話題。而其中有一種烹飪方式稱為「舒肥法」是近幾年所流行的雞胸肉料理方式，但若家中要買一台舒肥機卻需要另外花大筆的金錢，所以網路上就有網友提出了「電鍋舒肥法」的烹飪方式，若真可以用這樣的方法就能成功煮出美味雞肉，一般家庭就可以省下購買舒肥機的昂貴費用。但是賣舒肥機的業者卻指出電鍋的保溫溫度為 50 °C，而一般殺細菌溫度範圍是 60~70 °C 以上，所以這樣的料理會有致病的風險，然而這些話是從舒肥機業者中講出的，是否危言聳聽，且也沒有實際操作的科學依據證實，所以我們想要研究是否真的可以用電鍋就可以煮出跟舒肥機一樣的好吃又健康的舒肥雞胸肉。

## 二、研究目的

- (一) 舒肥法以電鍋烹煮是否可行
- (二) 研究舒肥雞胸肉最適合的烹煮溫度及時間
- (三) 舒肥法在不同烹煮的溫度及時間中可否有效殺菌

## 三、文獻探討

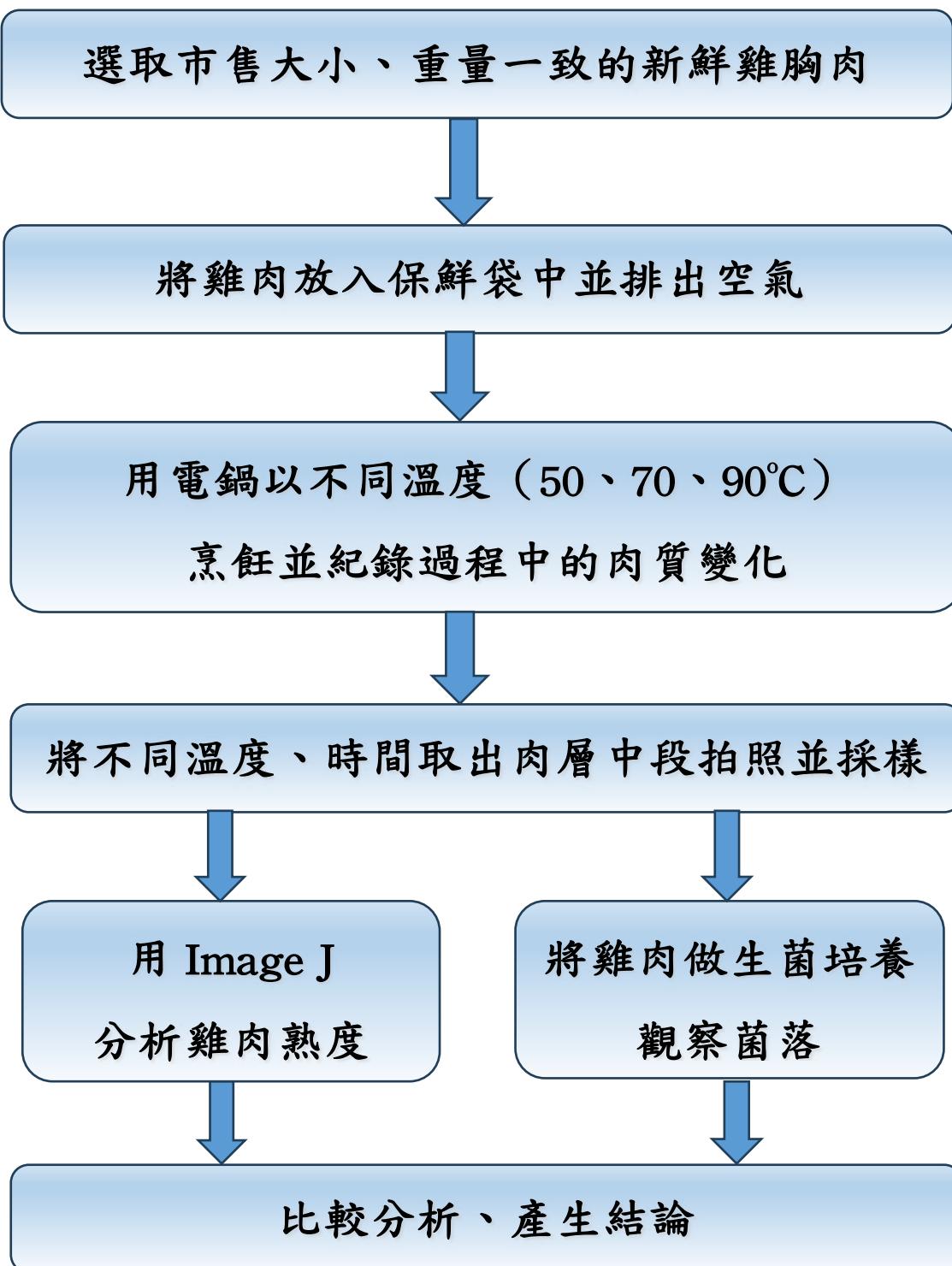
- (一) 舒肥法：舒肥是源自於法語 “Sous vide” ，意指 “真空下” ，是將食物放入真空密封的塑膠袋後，將袋子放入低於 100 °C 的熱水中長時間烹調 (維基百科, 2024)，烹煮出的肉品肉質較軟嫩，且能更能鎖住水分及營養成分。作用原理是以不同的溫度以及時間對肉品肌肉蛋白質的影響，控制肌肉纖維收縮的程度，利用肉品中的肌原蛋白受熱變性的溫度較低，而組成筋腱膜的膠原蛋白在 60 °C 才開始變性收縮的特性，以長時間低溫加熱減少膠原蛋白變性，減少肉塊中汁液流失 (衛生福利部食品藥物管理署, 2024)。
- (二) 巴斯德殺菌法：巴斯德殺菌法 (Pasteurization) 是使用低於 100°C 的短暫加熱進行消毒，把致病微生物的數量減少至不會構成嚴重危害的數量，使食物能在消毒過程中盡量維持理想質感、並且達到延長保存的效果。操作時可採用不同的時間與溫度組合來進行，確切溫度和時間需依照食材種類和微生物的性質不同調整，一般介於 70~90°C 之間(葉景新, 2022; 維基百科, 2025)。舒肥料理在殺菌消毒上採用的即為巴斯德消毒法的原理，以低於 100 °C、較長時間處理，達到肉質鮮嫩又可殺菌的效果。
- (三) 三原色光模式：RGB color model，簡稱 RGB，是指電子系統中，經由光的三原色紅 (Red)、綠 (Green)、藍 (Blue) 三種不同色光以不同的比例相加，產生各種色彩光，在電腦系統中一個顏色顯示是由三個數值描述，數值範圍從 0~255，當顏色疊加越多就會越明亮，所以當三個顏色成分皆為 0 時為純黑色 (RGB=0, 0, 0)，所有數值都為 255 時，則為純白色 (RGB=255, 255, 255) (維基百科, 2024)。本次實驗我們以軟體 ImageJ 分析加熱後的雞肉顏色作為熟度的參考。

## 貳、研究設備及器材 (以下照片皆為作者自行拍攝)

雞胸肉	溫控器	大同電鍋	電子秤
			
密封袋	手套	拍照箱	微量分注器
			
酒精燈	LB 培養基	無菌塑膠培養皿	瓊指粉
			
保溫箱	震盪器	細菌培養器械	溫度紀錄儀
			
電湯匙	鋼杯	電腦軟體	電腦軟體
		ImageJ	Excel

## 參、 研究流程與方法

### 一、研究流程



## 二、研究方法

### (一) 實驗一：以不同溫度烹煮雞肉的熟度時間關係

我們將雞肉置入保鮮袋中並把保鮮袋內的空氣利用水壓力盡量排出，來模擬真空狀態（圖一、圖二），讓耐熱夾鏈袋裡幾乎為真空狀態，目的是要確保不會有其他的因素來影響雞肉烹煮過程的熟度。

	
圖一 將雞肉放入保鮮袋，利用水壓力將空氣盡量擠光（照片為作者自行拍攝）。	圖二 放置雞肉的耐熱保鮮袋幾乎呈現真空狀態（照片為作者自行拍攝）。

實驗測試時發現，煮 0.5 小時的雞肉明顯比煮 1 小時的雞肉還熟的問題，推測原因應該為 0.5 小時的雞肉直接接觸到電鍋底部所造成。為了避免這個問題，我們之後在電鍋中放一個內鍋，目的是為了防止雞肉直接接觸到電鍋底部，並且以重物壓住雞肉避免漂浮造成加熱不足（圖三）。接著設定控溫裝置將溫度控制在我們想要的範圍（圖四）。

我們使用的雞肉是購自賣場的冷藏雞胸肉，實際測量包裝內每一塊雞胸肉重量大約為 30.0~48.0 公克，有著不小落差。所以我們固定切取 30.0 ( $\pm 1$ ) 公克的雞肉進行實驗，並且以排水法測量體積，測得 30.0 ( $\pm 1$ ) 公克的雞肉體積大約為 26 毫升。接下來我們用控溫裝置把電鍋溫度設定在 50、70、90 ( $\pm 0.5$ ) °C 三種範圍進行實驗，當電鍋內水溫超過設定溫度時，控溫裝置會自動斷電停止加熱，當水溫低於

設定溫度時，控溫裝置會恢復供電讓電鍋繼續加熱。因 50°C 烹煮的所需時間較久，所以在 50°C 實驗中我們使用每 30 分鐘來進行一次雞肉顏色變化的觀察，總共觀察的時間點為生肉狀態、0.5 小時、1 小時、1.5 小時、2 小時。70 °C 實驗則為 5 分、10 分、15 分、20 分、30 分、40 分鐘，90 °C 實驗為 5 分、8 分、10 分、12 分鐘，當加熱時間到達後，我們立刻將肉撈出後放置於冷水中冷卻 10 分鐘後，再進行後續拍照及取樣，避免餘溫對肉品繼續加熱影響結果。

	
圖三 用內鍋隔開避免直接接觸底部（照片為作者自行拍攝）。	圖四 將控溫器與電鍋連接（照片為作者自行拍攝）。

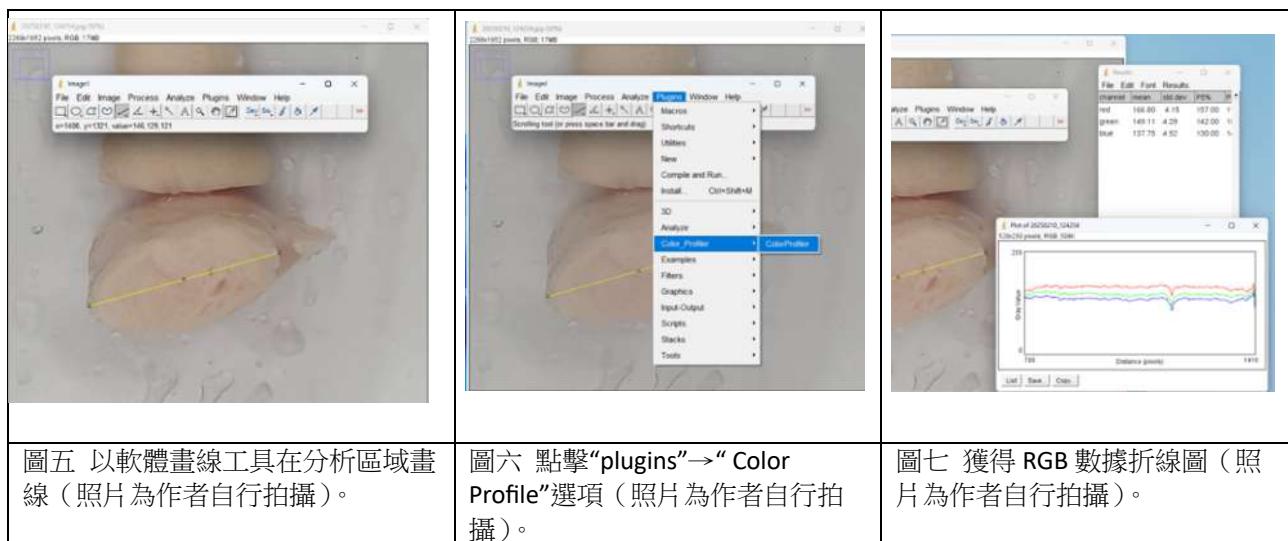
## 2. 資料分析

雞肉烹飪完，我們思考了很久該如何才可以正確且公平的表達雞肉熟度，一開始我們是想使用跟坊間表達牛肉熟度一樣的方式，用肉質軟硬的方式來表達，但是發現軟硬度實在很難做到標準化。因此我們後來選擇使用肉質的顏色來表達雞肉熟度，利用雞肉烹煮前後的顏色變化來表達與客觀陳述這塊肉是否有熟。

物體顏色是由眼睛接收到 RGB（紅、綠、藍）這三種光所調配而成的。例如白色為紅、藍和綠皆等量的光所調成，粉色則為紅色較多且綠和藍較低且幾乎等量所調成。因為生的肉較為粉紅，而熟的偏白色，所以我們依據電腦判讀的 RGB 數值來判斷肉質熟度作為準則。

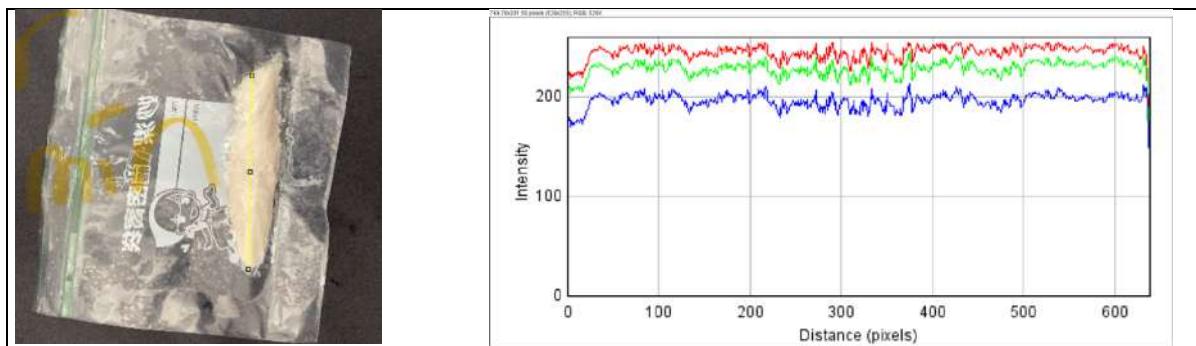
我們一開始測試時，發現在拍照時出現了電腦判讀影像有問題，因為每次做完實驗時的背景環境不一樣，所以拍照當下環境光線也會不同，由於環境燈光以及反光的影響而造成了實驗結果不準確。實驗中也發現當拍照環境亮度太低會讓所有的數值都降低，且會導致電腦中紅藍綠的比例接近。所以我們使用了拍照箱，將雞肉放進拍照箱後每次拍照時用一樣的亮度及拍照距離就可以減少反光以及環境背景光的不同，並且可讓每次光照數據皆相同，減少不必要的誤差。

我們以 Image J 軟體分析蒸煮不同時間的雞肉照片。ImageJ 是由美國國家衛生研究院（National Institutes of Health, USA）開發的免費軟體，是一個 Java 語言為基礎的公有影像處理軟體，具有數量龐大的外掛/插件程式，我們找到其中一個插件程式“Color Profile”協助我們進行分析雞肉照片中的 RGB 數值 (阿簡, 2014)。軟體操作方式：在電腦中安裝好軟體及插件程式後，拍完照片後利用此軟體打開檔案，在想要測定的區域以軟體畫線工具畫一條線，接下來在軟體工具列中“plugins”找到“Color Profile”選項點開後，即得該線段的 RGB 數據折線圖以及簡單統計分析數據（圖五～七）。

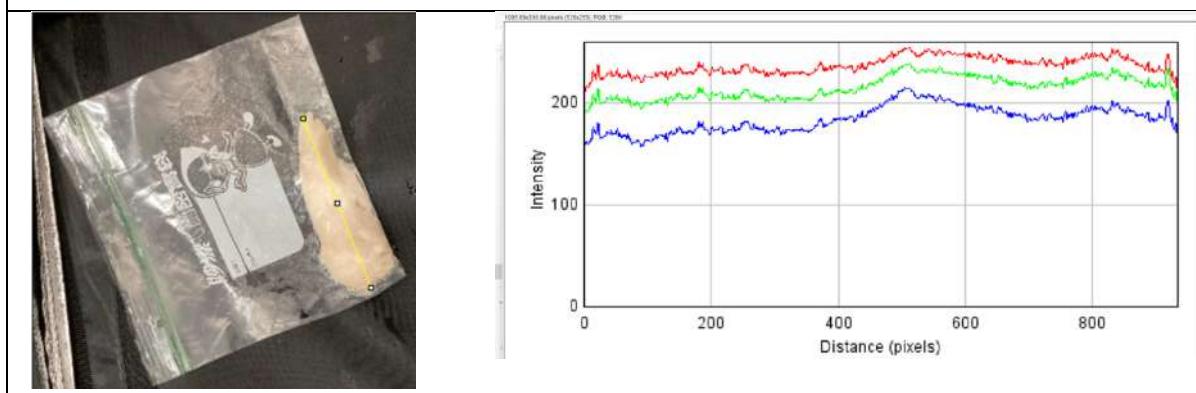


實驗剛開始時，我們將雞肉煮到設定的觀察時間後，將雞肉拿出來進行雞肉表面拍照，使用 ImageJ 軟體進行顏色 RGB 分析，但我們發現在 50°C 條件下，烹煮 0.5 小時以後的雞肉表層顏色變化量變化量很小，數值幾乎都一樣。所以我們認為雞肉

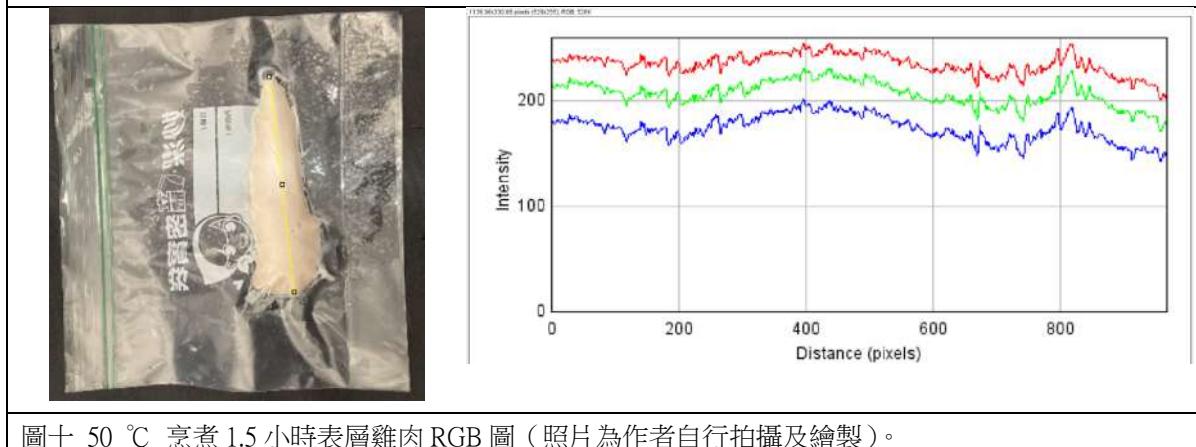
烹煮時間在一小時以內表層就已經熟了，這樣測定的結果並無法準確表達雞肉內、外的熟度（圖八～圖十），很難由三種顏色的變化判定因為時間造成的熟度。



圖八 50 °C 烹煮 0.5 小時表層雞肉及 RGB 圖（照片為作者自行拍攝及繪製）。

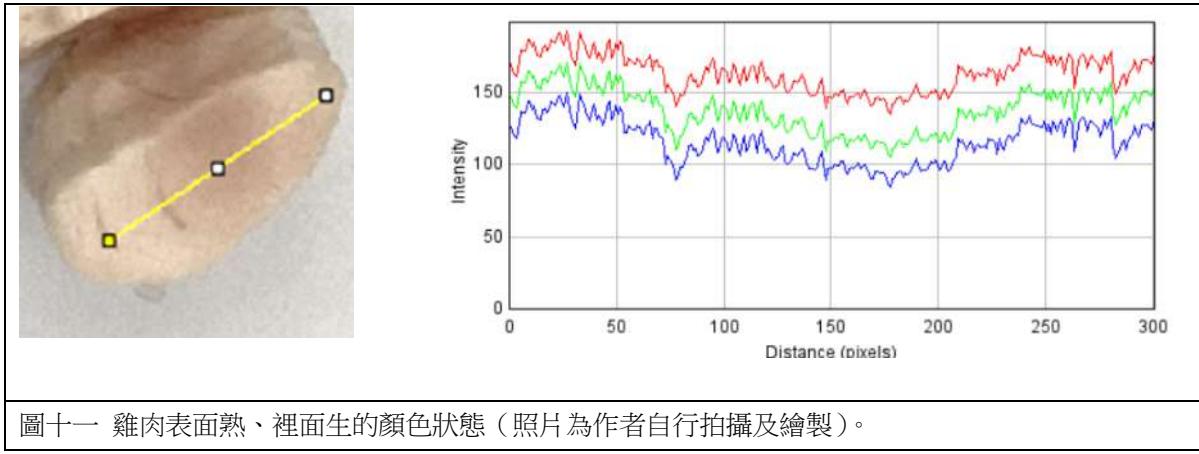


圖九 50 °C 烹煮 1.0 小時表層雞肉 RGB 圖（照片為作者自行拍攝及繪製）。



圖十 50 °C 烹煮 1.5 小時表層雞肉 RGB 圖（照片為作者自行拍攝及繪製）。

所以我們改變觀察方式，將雞肉切開拍攝雞肉的內部。依照推論若表層熟了但內部還沒熟，因為兩端接近表層，會是熟的偏白顏色狀態，中間會呈現不熟的粉色狀態，整體折線呈現藍和綠的數值在兩端較高，較接近紅色數值，中段藍綠數值較低。離紅色數值較遠，呈現 U 字型的折線樣貌（圖十一），完全熟透的雞肉 RGB 折線圖則近似前述雞肉表面三種顏色數值相近且波動較小近似直線的型態。



圖十一 雞肉表面熟、裡面生的顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

## （二）實驗二：不同溫度烹煮對雞肉失水率影響及中心溫度測試

### 1. 實驗動機

在實驗一的過程中，我們嘗試品嘗加熱時間較長組別的雞肉，發現部分雞肉已經出現乾柴口感，查詢文獻發現這與烹煮時的水分流失有關，烹煮時間越長越容易造成水分流失進而影響口感（邱鼎欽, 2022），所以我們想要找出加熱時間及溫度足夠雞肉完全熟透、但水分流失最少的烹煮條件。另外依據衛福部新聞表示食品烹煮過程中，中心溫度應超過  $70^{\circ}\text{C}$  微生物才容易被消滅（衛生福利部新聞, 2011），所以我們在測定失水率時一併測定剛烹煮完時雞肉的中心溫度。



圖十二 雞肉中心溫度測量（照片為作者自行拍攝及繪製）。

### 2. 實驗步驟：實驗前先測定每塊雞肉確實重量，

以實驗一同樣方式以  $50^{\circ}\text{C}$ 、 $70^{\circ}\text{C}$ 、 $90^{\circ}\text{C}$  烹煮，烹煮時間到達後即以探針式溫度計測量中心溫度，並以用乾方式去除多餘水份後秤重並記錄。

## （三）實驗三：舒肥法在不同烹煮的溫度及時間中可否有效殺菌？

### 1. 實驗目標

我們雖然能夠分析雞肉熟度與時間的關係，但若無法確認每個烹飪溫度中雞肉所含的生菌量會不會造成食物中毒的風險，這實驗還不能算完整。因此我們必須要了解不同溫度的烹飪方式有沒有殺菌的效果，還是會讓生菌存活在雞肉中？

## 2. 材料準備

本次實驗我們培養細菌時使用廣泛型培養基 LB，做實驗之前要先將全部器具都放進高溫沸水中煮 5 分鐘殺菌，操作期間桌面以酒精擦拭消毒，並點燃酒精燈以空氣對流原理製造小區域無菌環境進行後續操作（圖十三），器械也都以酒精燈火焰燒烤消毒。培養基的配製：將 LB 培養基 12.5 g 放於 450.0 mL 的水中攪拌至溶解。接著補水至 500.0 ml，並將溶液 pH 值調整至 pH7.0~7.2。取 400.0 ml 培養基溶液加入 6.0g 洋菜粉末配製成固態培養基，其餘 100.0 ml 作為液態培養基，煮沸消毒冷卻後，放進 4.0°C 冰箱冷藏備用。固態培養基加入洋菜粉末確實煮沸溶解後，降溫至 60 °C 後分裝於無菌培養皿，待凝固後同樣放進冰箱冷藏備用。

## 3. 實驗步驟

我們參考屏東科技大學邱鼎欽的碩士論文 (邱鼎欽, 2022)，將液態培養基分裝至微量離心管，每管 0.5 ml。在雞肉切開的剖面上，以美甲推刀配合解剖刀，切取約 2mm × 5mm × 2mm 雞肉表層肉絲放於管內（圖十四、十五），置於設定為 37 °C 的保溫箱中，以每分鐘 200 轉的速度搖晃 30 分鐘培養，讓雞肉絲上的細菌充分混合至液態培養基中（圖十六）。

		
圖十三 酒精燈小區域無菌環境 (照片為作者自行拍攝繪製)	圖十四 切取雞肉表層肉絲 (照片 為作者自行拍攝)	圖十五 將雞肉放進液態培養基 (照片為作者自行拍攝)。

取培養液以消毒過之塗菌玻棒塗抹於固態培養基（圖十七）培養至隔天。計算菌落數目，計算完後將數目放至 Excel 做圖表分析（圖十八）。

		
圖十六 振盪培養讓雞肉絲表面細菌與培養基充分混合（照片為作者自行拍攝）	圖十七 將菌液均勻塗抹在固態培養基上（照片為作者自行拍攝）。	圖十八 計算菌落數目（照片為作者自行拍攝）。

#### （四）實驗四：雞肉熱傳導測試

##### 1. 實驗動機

實驗過程中，我們發現同樣加熱 5 分鐘，70°C 烹煮的雞肉內部顏色 RGB 數值較高，更接近煮熟的狀態，反而 90°C 烹煮的雞肉，中心部分明顯有 RGB 數值較低，顏色偏紅明顯未熟的狀態，我們推測熟的雞肉導熱速度可能較生雞肉慢，當 90°C 高溫讓雞肉外層快速熟透後，裡層反而需要更長時間才能熟透，所以設計實驗證實「熟肉熱傳導速率較生肉慢」。

##### 2. 實驗步驟

我們先將雞肉吊掛於電鍋上方，末端置於電鍋加熱的水中，並以控溫器控制水溫於 70°C，觀察溫度變化和溫度記錄儀探針距離熱水水面的關係，但結果記錄溫度曲線快速重疊，而不是預期的由接觸水面處受熱，熱量再經由雞肉本身慢慢傳導擴散的型態，表示雞肉吊掛於電鍋上方加熱，除了末端接觸水面受熱，其餘地方受到水蒸氣加熱干擾的情況明顯。所以我們改以鋼杯放入電湯匙加熱方式，同樣以控溫器將鋼杯內水溫控制於 70°C，再將雞肉橫放於隔熱保麗龍板上，一端放置於鋼杯下，以鋼杯內的水溫加熱，同樣每隔一公分插入一隻溫度記錄儀探針，一共以八支

溫度記錄儀記錄溫度（圖十九），以同樣設計對生肉與先以電鍋蒸熟的熟肉進行實驗（圖二十），最後收集數據繪圖，比較生肉與熟肉在同樣環境下熱傳導速率。

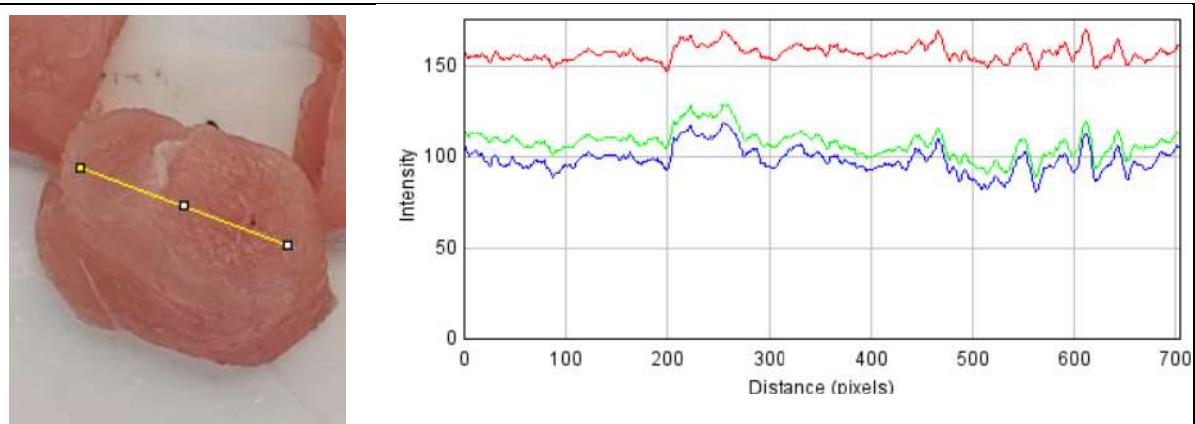
	
圖十九 生雞肉熱傳導速率裝置（照片為作者自行拍攝）。	圖 熟雞肉熱傳導速率裝置（照片為作者自行拍攝）。

## 肆、研究結果與討論

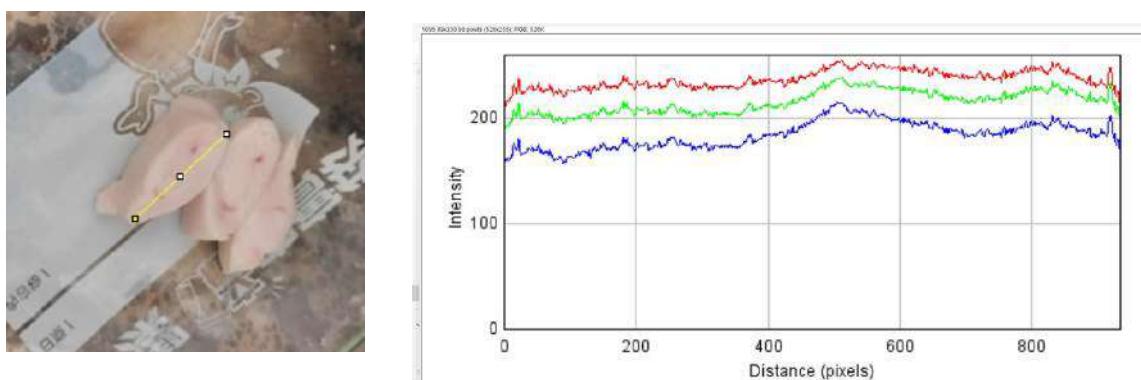
### 一、實驗一：以不同溫度烹煮雞肉的熟度時間關係

#### （一）以50°C烹煮雞肉結果

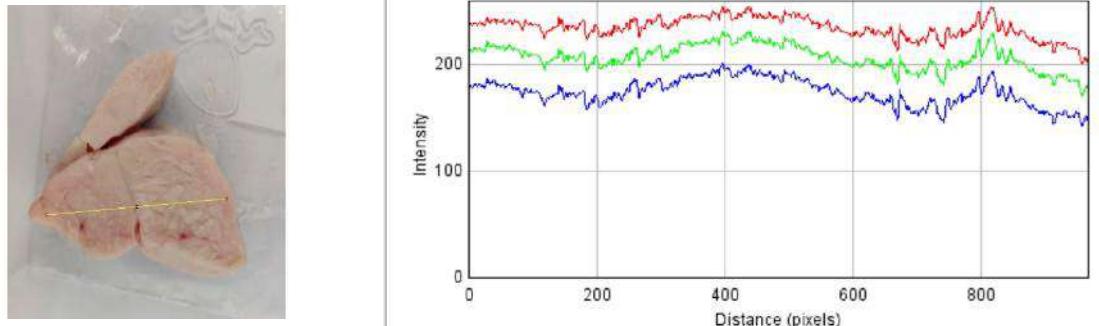
在50°C雞肉烹煮實驗，我們每30分鐘進行一次雞肉顏色變化的觀察，包含零分鐘（生肉）、0.5小時、1小時、1.5小時。



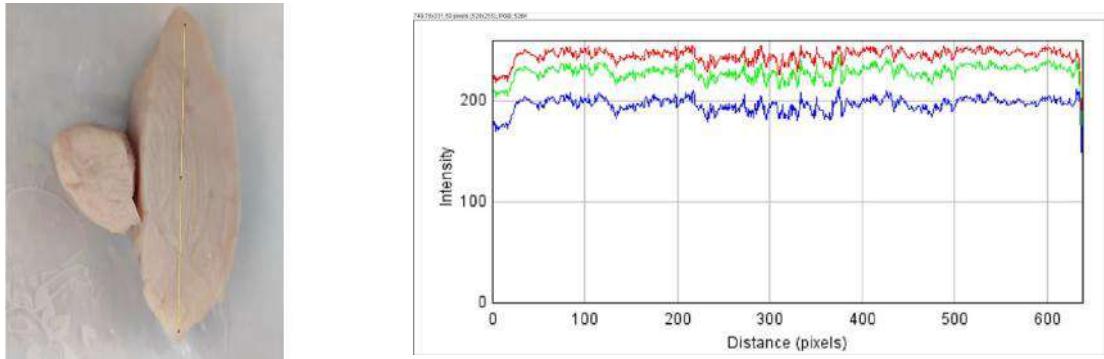
圖二十一 生肉的外觀及顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。



圖二十二 50 °C 烹煮 0.5 小時雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

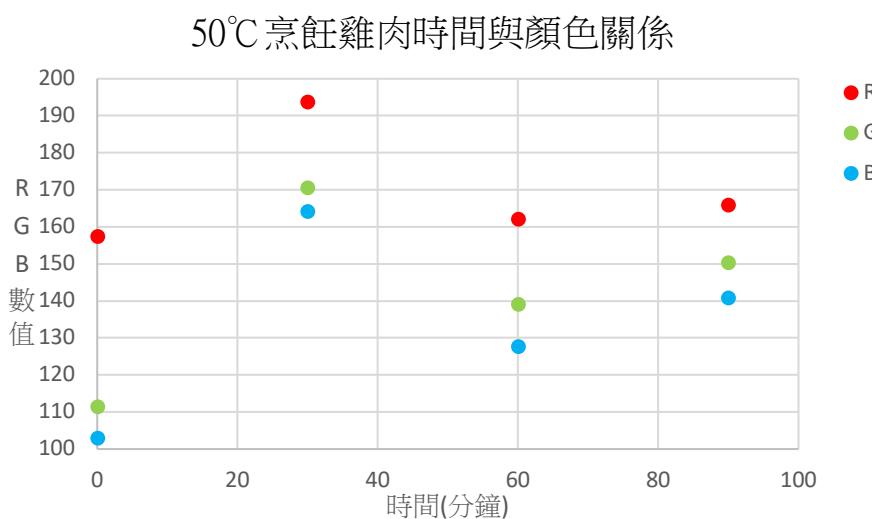


圖二十三 50 °C 烹煮 1 小時雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。



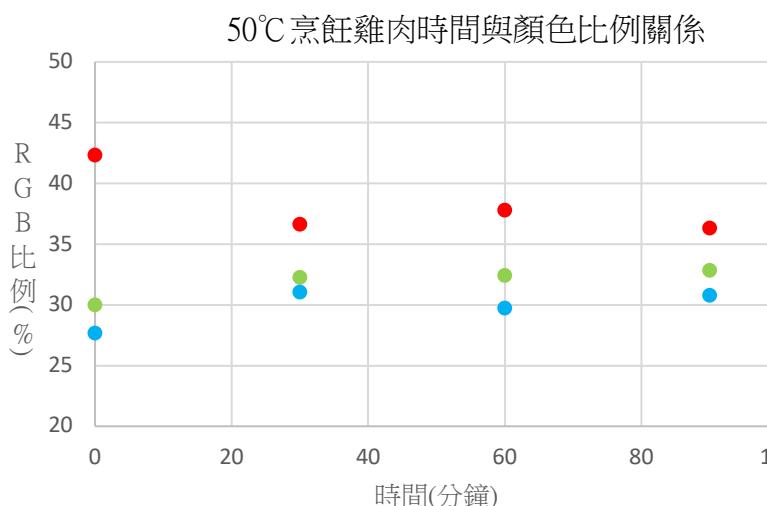
圖二十四 50 °C 烹煮 1.5 小時雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

由圖二十一～二十四可以看到，生肉的紅色數值明顯偏高，在煮熟過程中整個藍綠數值逐漸上升貼近紅色數值，烹煮到 1 小時的時候肉眼可見還有部分粉色生肉、部分白色熟肉，顏色線段也出現高低起伏的波浪狀，而直到烹煮時間 1.5 小時的時候整個雞肉趨近白色，雞肉 RGB 三色數值曲線震盪也趨於平緩且數值相近，所以可知以 50 °C 烹煮雞肉至需 1.5 小時，雞肉才會熟透。為了避免拍照陰影所的誤差，我們以刪除 RGB 數據中超過標準差數據的方式減掉數值差異過大的部分平均後作圖，1.5 小時雞肉呈現穩定的白色，藍綠數值向上靠近紅色（圖二十五）。



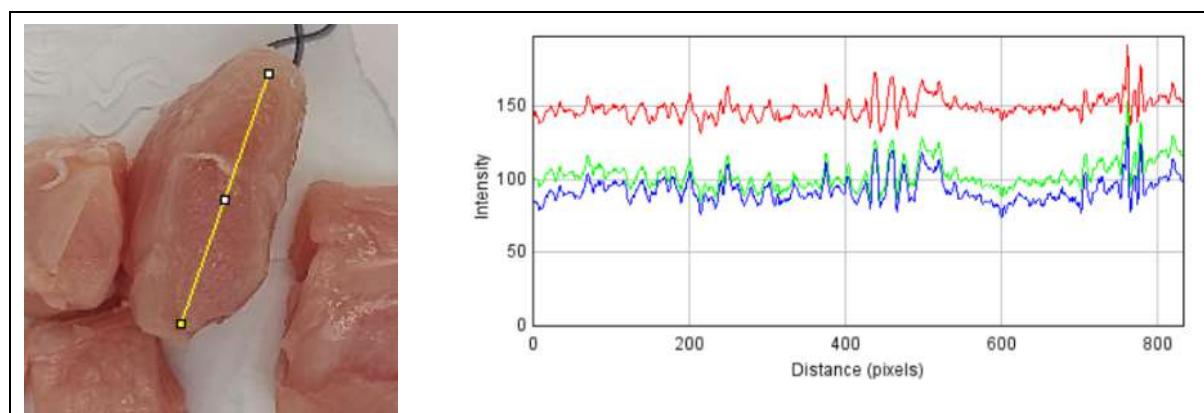
圖二十五 50°C 烹煮時間與熟度的 R G B 變化（圖片為作者自行繪製）

考慮到我們雖然以拍照箱減少拍照時光線干擾，但照片仍略有明暗差異，當亮度較高時，RGB 數值整體上升，反之亮度低時 RGB 數值整體下降，所以我們以 RGB 三個數值個別平均後加總，計算單一原色佔總量比例後繪圖（圖二十六）：

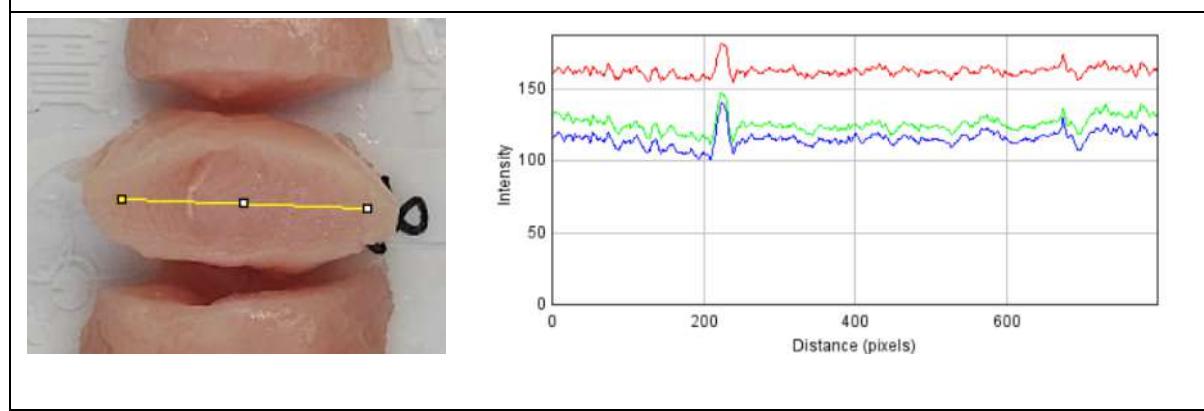


圖二十六 50°C 烹煮雞肉的R G B比例變化（圖片為作者自行繪製）

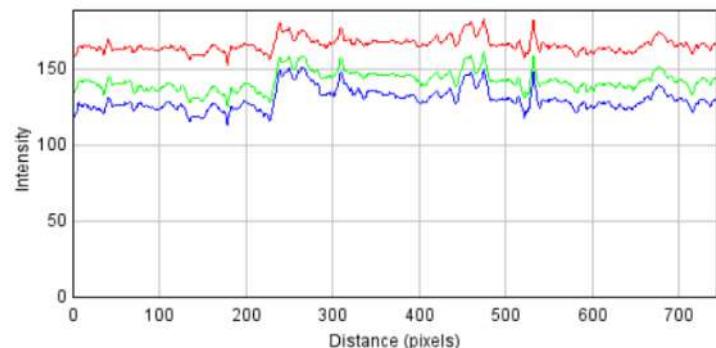
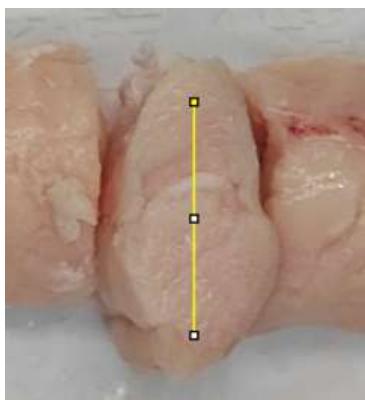
依照比例圖可以看出，雞肉加熱後，R 值從約 42%下降至 37~38%，G 與 B 上升與 R 值比例逐漸接近，由於從生肉到 30 分鐘顏色變化明顯，之後顏色差異，我們另外觀察加熱 30 分鐘以內顏色變化：



圖二十七 50 °C 烹煮 8 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

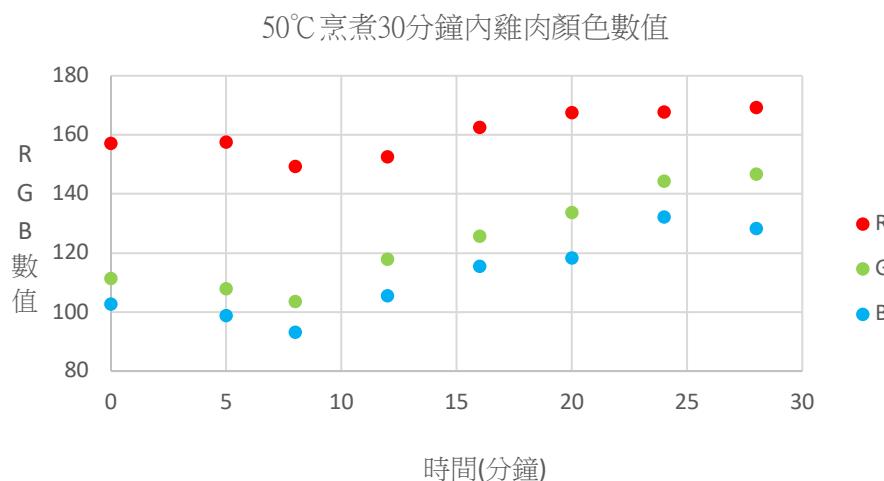


圖二十八 50 °C 烹煮 16 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

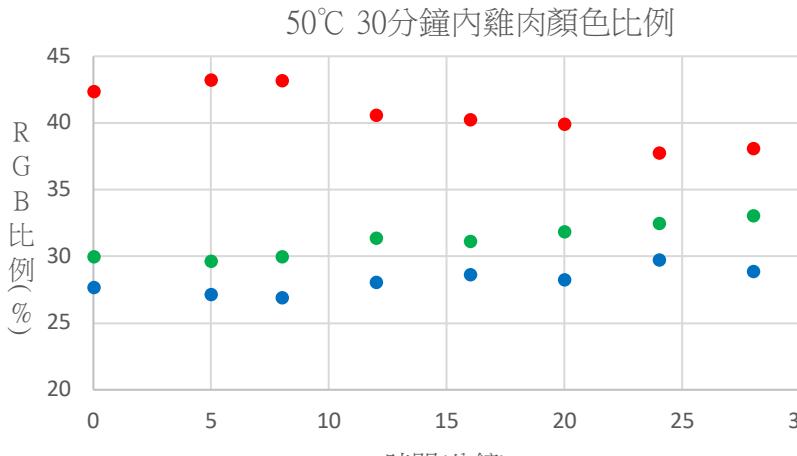


圖二十九 50 °C 烹煮 24 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

由圖二十七～二十九中可看到顏色逐漸從紅色變為偏白顏色，藍綠色逐漸貼近紅色。同樣繪製 RGB 數值平均圖與比例圖（圖三十、三十一）：



圖三十 50°C 烹煮 30 分鐘雞肉的 R G B 變化（圖片為作者自行繪製）



圖三十一 50°C

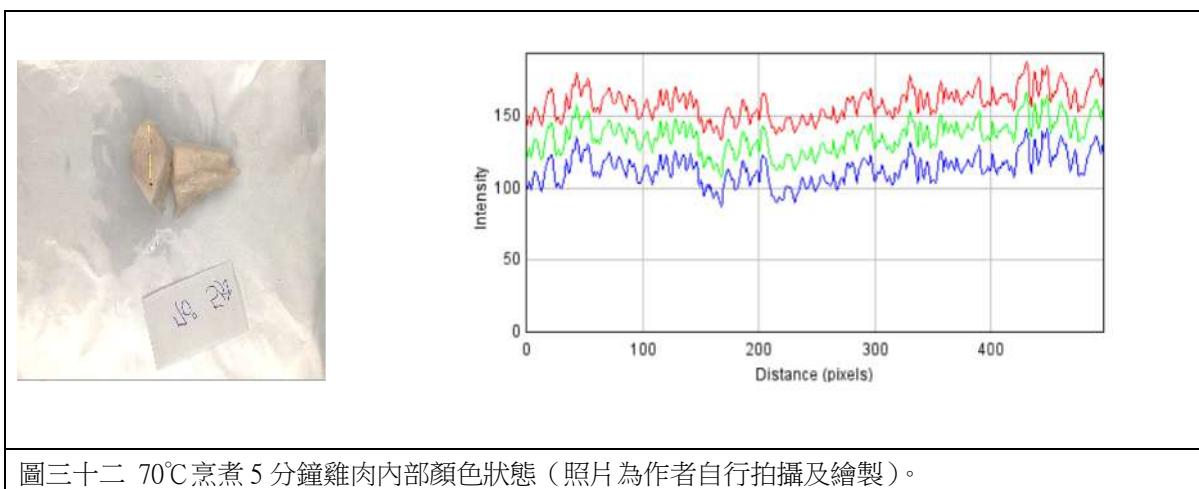
烹煮 30 分鐘

雞肉 R G B 比例變化（圖片為作者自行繪製）

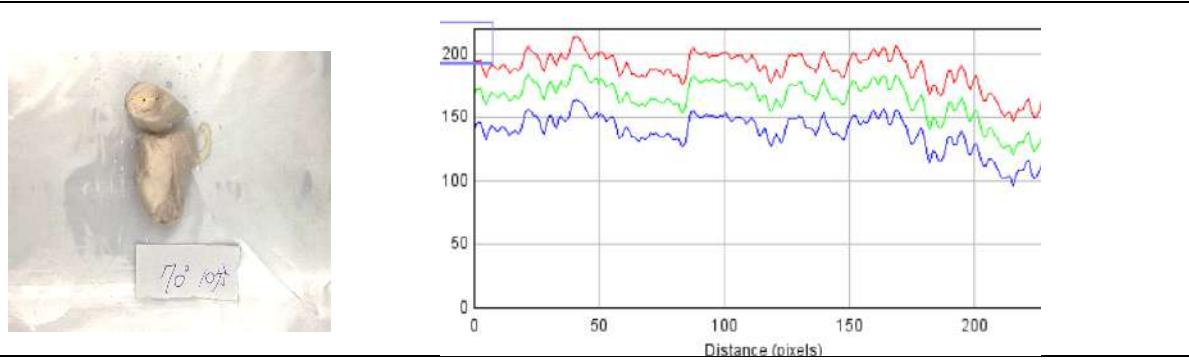
雞肉以 50°C 加熱，前 10 分鐘顏色幾乎與生肉無異，之後可觀察到 R 值逐漸下降，G 與 B 值逐漸上升，且 10 分鐘後組別的照片也可觀察到肉塊中間偏紅，周圍偏白，隨加熱時間增加，整體逐漸變白的過程。

## (二) 以 70 °C 烹煮雞肉結果

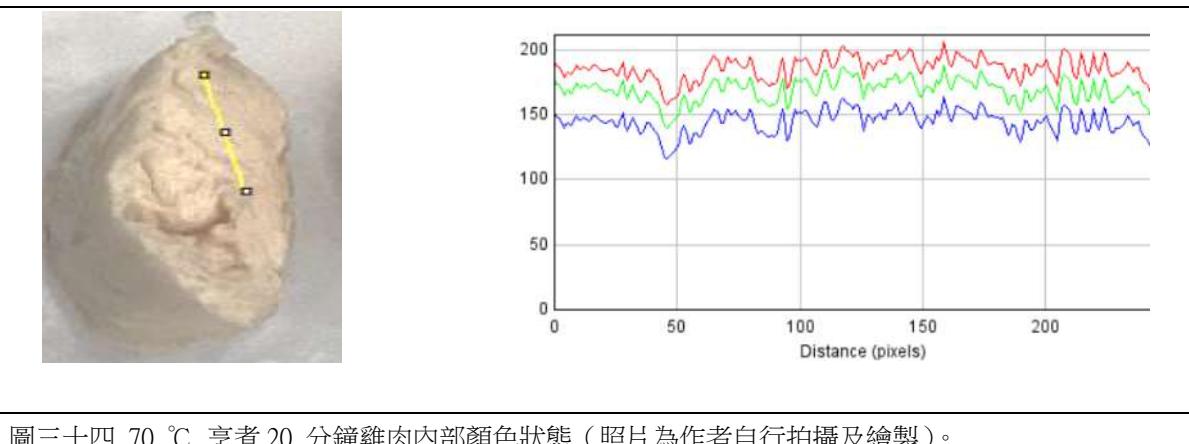
接著我們提高烹煮溫度為 70 °C 進行實驗，70°C 的溫度在文獻中提到已經大於一般細菌在 7~60°C 存活的危險溫度帶（衛生福利部食品藥物管理署, 2024），且雞肉也會比較快熟。所以我們將觀察時間改為烹煮 5、10、15、20、30、40 分鐘。



圖三十二 70°C 烹煮 5 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

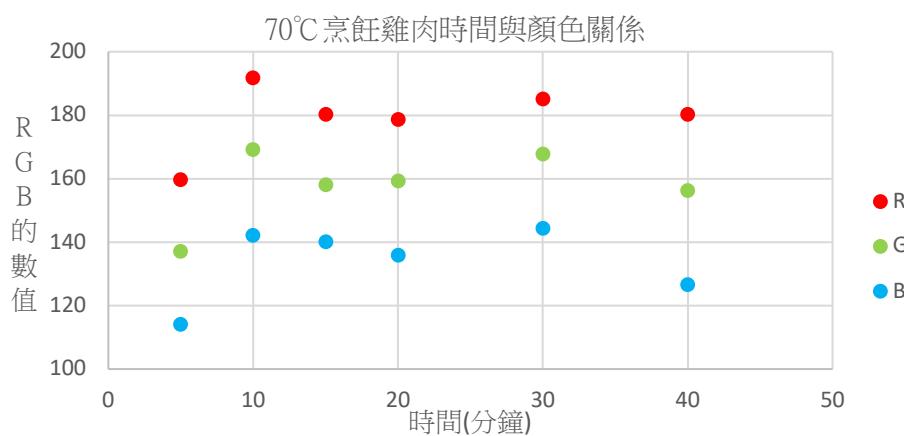


圖三十三 70 °C 烹煮 10 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

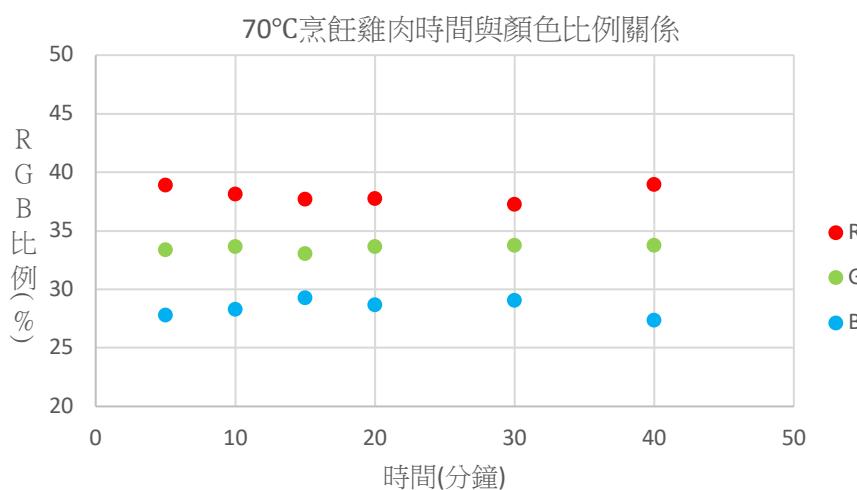


圖三十四 70 °C 烹煮 20 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。

70°C烹調過程中，RGB 數值較為接近，但仍然能觀察到三條曲線越來越接近的情況（圖三十二～三十四），直到 20 分鐘整個雞肉呈現震盪幅度較小的折線，外表呈現完全熟透的白色樣貌。同樣將 R G B 數值扣掉標準差過大數值後平均作數值與比例圖，可發現 20 分鐘後數值呈現較穩定比例（圖三十五、三十六）。



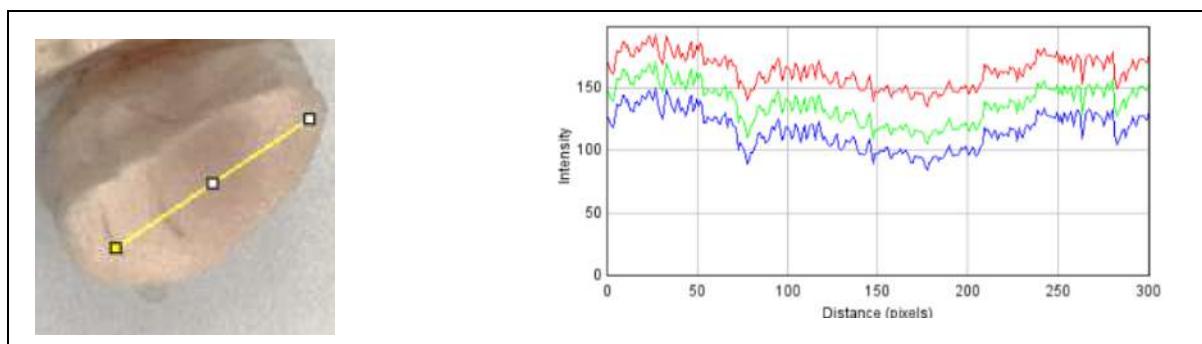
圖三十五 70°C 烹煮雞肉的R G B變化（圖片為作者自行繪製）



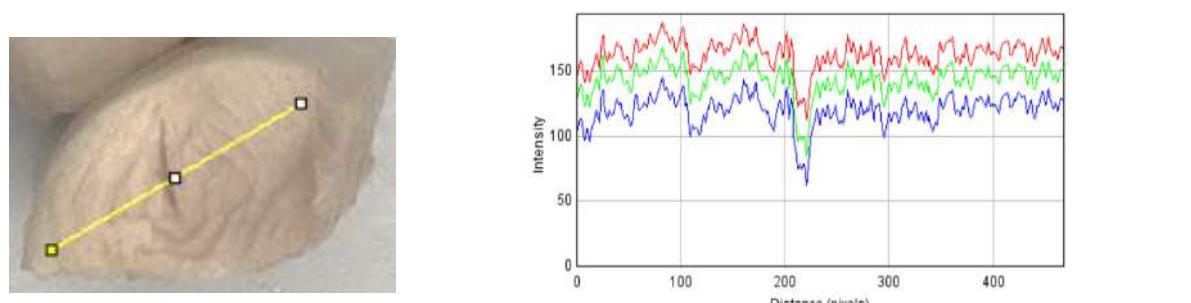
圖三十六 70°C 烹煮雞肉的R G B比例變化（圖片為作者自行繪製）

### (三) 以 90 °C 烹煮雞肉結果

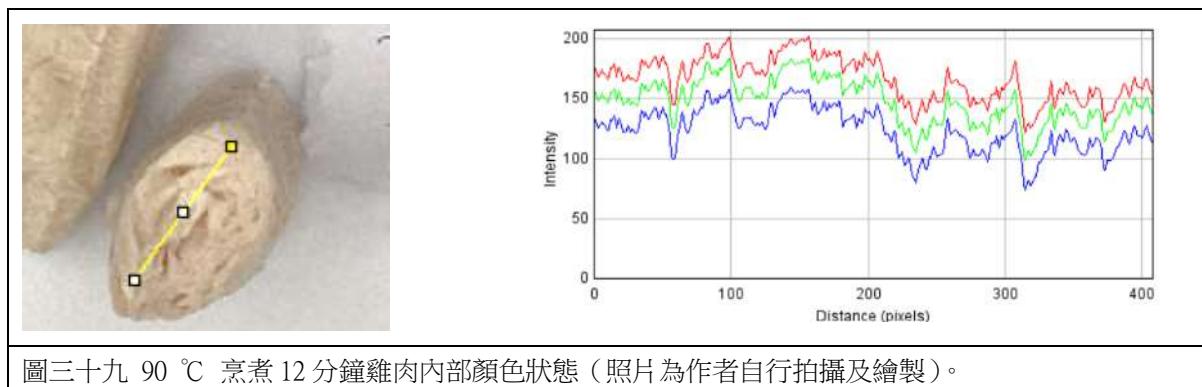
接著我們將烹煮溫度改為 90°C 來進行研究，由於溫度更高，可以預測雞肉會在更短時間就熟透，所以我們將烹煮時間改為 5~18 分鐘。



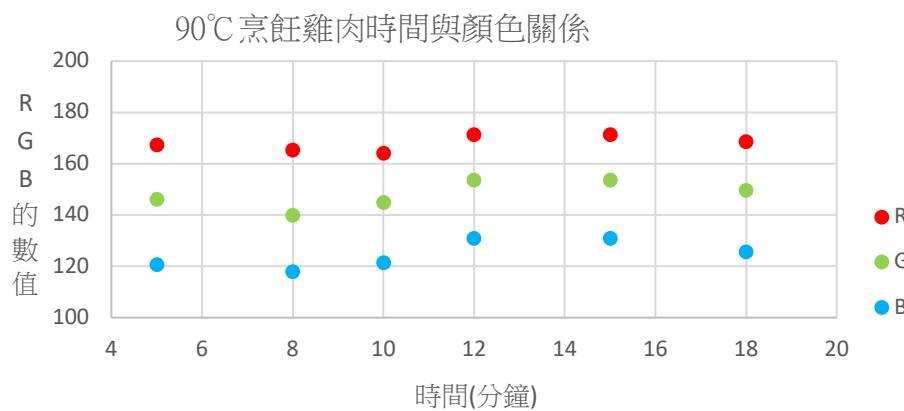
圖三十七 90 °C 烹煮 5 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。



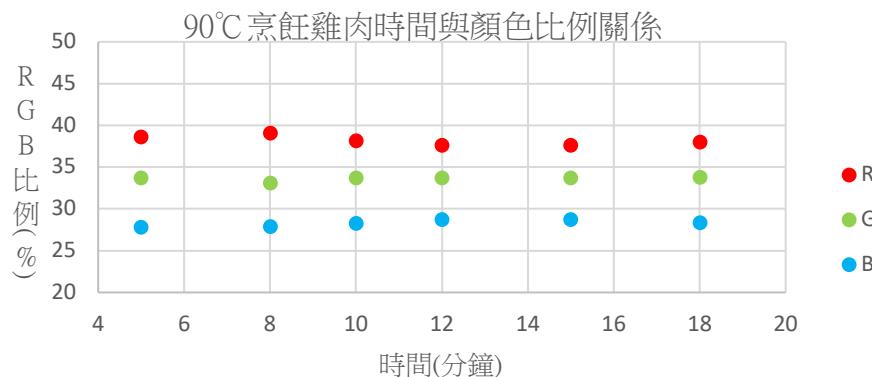
圖三十八 90 °C 烹煮 8 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。



圖三十九 90 °C 烹煮 12 分鐘雞肉內部顏色狀態（照片為作者自行拍攝及繪製）。



圖四十 90°C 烹煮時間與熟度的 RGB 變化（圖片為作者自行繪製）



圖四十一 90°C 烹煮時間與熟度的 RGB 比例變化（圖片為作者自行繪製）

在 90°C 烹飪 5 分鐘後，雞肉的外表已經呈現熟透的白色，中間卻明顯呈現未熟的粉色狀態，RGB 顏色分析也呈現兩端三者數值皆高，中間數值偏低的現象，符合我們的觀察（圖三十七）。之後 RGB 數值跟之前的實驗一樣趨於一致，8 分鐘後外表呈現完全熟透的白色（圖三十八、三十九）。同樣將 RGB 數值扣掉標準差過大數值後平均作圖並分析顏色比例，可發現 8 分鐘後數值呈現穩定比例（圖四十、

四十一)。

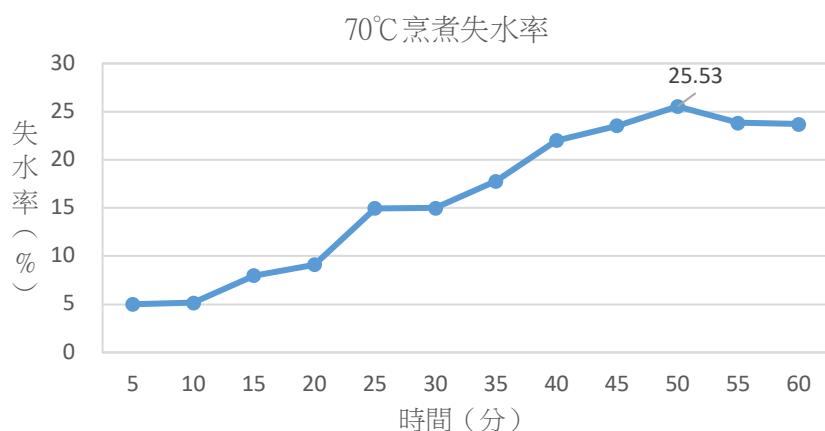
#### (四) 以 RGB 分析觀察不同溫度烹煮雞肉熟度總結

總結我們的結果，我們可以發現以 RGB 分析雞肉熟度，在生肉部分，雞肉呈紅色，R 值明顯較高，佔整體數值超過 40%，G、B 值較低且數值接近，在加熱過程中，雞肉變白，RGB 數值整體上升且 G、B 值越來越接近 R 值，50°C 烹煮約需要 90 分鐘 RGB 數值變化達穩定狀態，70°C 約需 20 分鐘、90°C 約 8 分鐘。

## 二、實驗二：不同溫度烹煮對雞肉失水率影響及中心溫度測試

### (一) 70°C 烹煮雞肉失水率及中心溫度結果

我們測量以 70°C 烹煮雞肉不同時間後重量減少除以原本重量，計算失水率（圖四十二）：

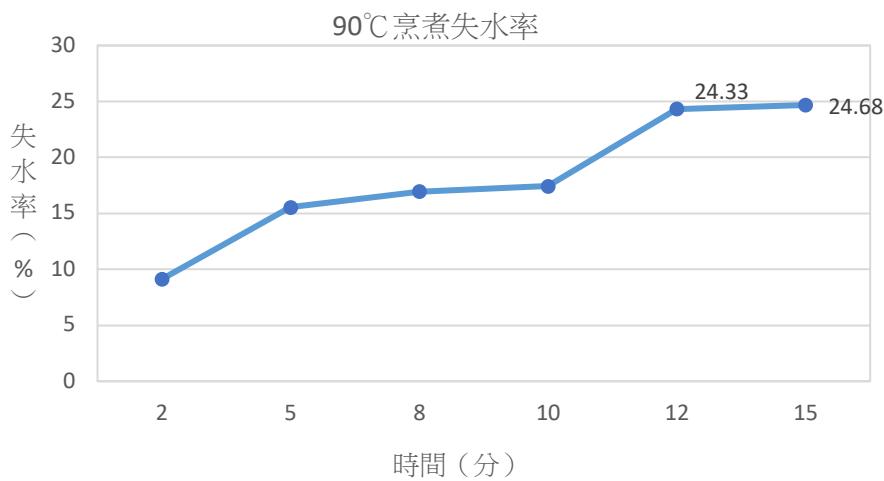


圖四十二 以 70°C 烹煮雞肉不同時間失水率（圖片為作者自行繪製）

依據結果可觀察到，以我們的烹調方式，在烹煮 50 分鐘後失水率達到最高值 25%。另外中心溫度烹煮 5 分鐘時約為 62°C，之後約為 67~69°C。

### (二) 90°C 烹煮雞肉失水率及中心溫度結果

之後以同樣方式測量 90°C 烹煮失水率（圖四十三）：

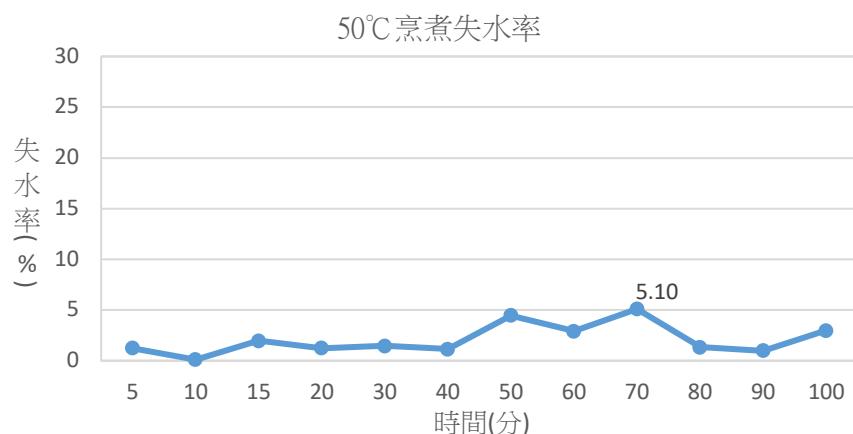


圖四十三 以 90°C 烹煮雞肉不同時間失水率（圖片為作者自行繪製）

依據結果可觀察到，以我們的烹調方式，在烹煮 12 分鐘後失水率達到最高值 24%。另外中心溫度烹煮 2 分鐘時約為 69°C，之後隨時間增加可上升至 84°C。

(三) 50°C 烹煮雞肉失水率及中心溫度結果

最後以同樣方式測量 50°C 烹煮失水率（圖四十四）：



圖四十四 以 50°C 烹煮雞肉不同時間失水率（圖片為作者自行繪製）

依據結果可觀察，50°C 失水率測定結果極不穩定，須後續重複測量確認才能得較可靠結果，但即使烹煮超過一小時，失水率也只有 5%，可知以 50°C 烹煮較能保持肉品的水分，但以中心溫度在 5 分鐘時僅 39 度，10 分鐘後溫度約在 48~50°C。

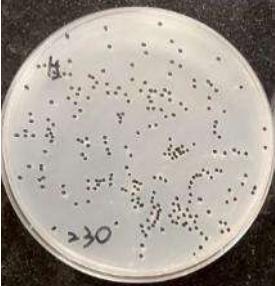
#### (四) 不同溫度烹煮對雞肉失水率及中心溫度影響總結

依據結果，依照我們將雞肉放在保鮮袋排除空氣的烹調方式，70°C 與 90°C 的最

大失水率都接近於原始重量的 25%，但是 90°C 在 12 分鐘時即接近於此失水率，70°C 則需加熱至 50 分鐘後才會達到此失水率，而 50°C 的烹煮時間即使長達 90 分鐘，失水率也不會超過總重 5%。在中心溫度的實驗，90°C 的烹煮中心溫度可以輕易達到衛福部建議的 70°C，70°C 則需烹煮十分鐘以上才能達到較接近的 67~69°C，50°C 則需加熱十分鐘才能達到相近的 48~50 度。

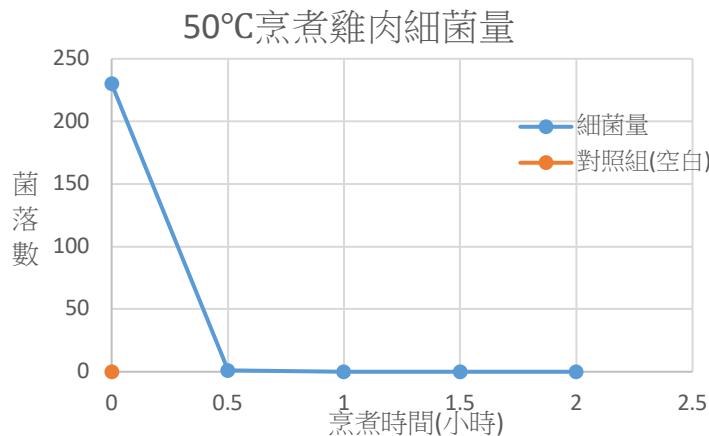
### 三、實驗三：雞肉以不同溫度烹煮與殺菌的關係

實驗過程中我們將雞肉放在液體培養基中，以震盪器均勻攪拌，將雞肉上的細菌平均散佈在培養基中，再以 37°C 培養一天，而因為細菌在固態培養基上不會自行移動，所以一個菌落我們就會推論它是從同一個細菌所長出來的，最後以計算菌落數目代表雞肉所含生菌數目（圖四十五）。依照我們的推論，在相同烹煮時間下，應該烹煮溫度越高的菌落數量會越少；而在相同烹煮溫度中，烹煮時間拉得越長，應該菌落數量越少。實驗過程中，我們在操作時必須確定切雞肉剖面的刀子要消毒來避免外來細菌的影響。另外以防培養液有生菌殘留，每次做實驗時都會多做一個沒有放入雞肉的組別對照。

			
生雞肉菌落數	0.5 小時菌落數	1 小時烹煮菌落數	1.5 小時烹煮菌落數

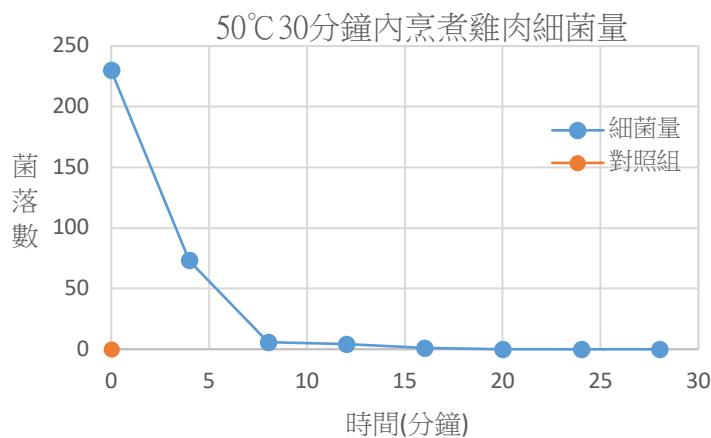
圖四十五 雞肉以 50°C 烹煮生菌菌落數樣貌（照片為作者自行拍攝及繪製）

#### (一) 雞肉以 50°C 烹煮生菌菌落數



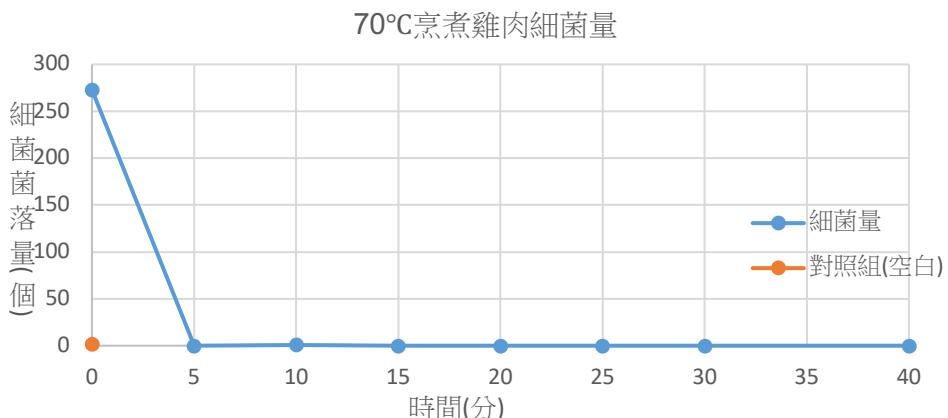
圖四十六 雞肉以50°C烹煮，時間與菌落數量關係圖（圖片為作者自行繪製）

我們觀察到生菌菌落量由一開始生肉約 230 個，經過 0.5 小時後只剩下一個，之後的時間都沒有產生生菌菌落（圖四十六）。於是我們另外以烹煮 30 分鐘內進行實驗（圖四十七），可知烹煮 10 分鐘內細菌數量急速下降，20 分鐘後就幾乎無菌落生成。



圖四十七 雞肉以50°C烹煮，時間與菌落數量關係圖（圖片為作者自行繪製）

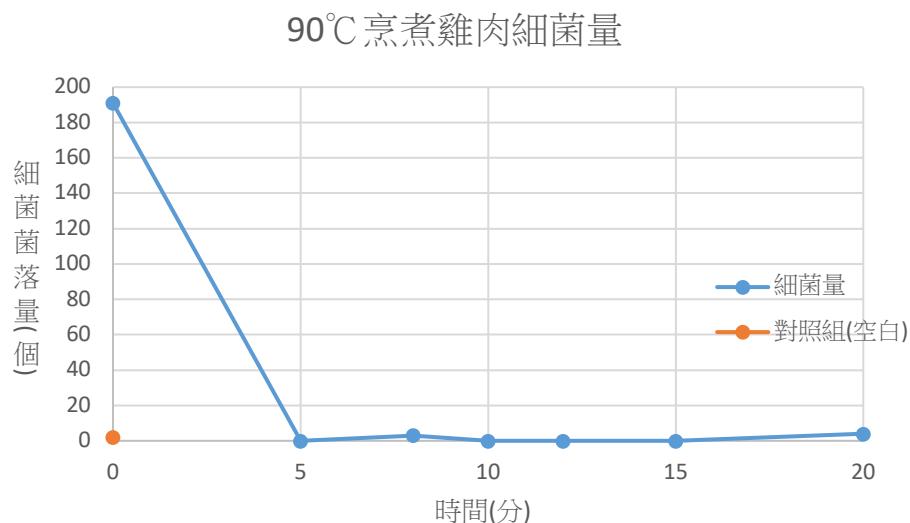
## (二) 雞肉以70°C烹煮生菌菌落數



圖四十八 雞肉以  $70^{\circ}\text{C}$  烹煮，時間與菌落數量關係圖（圖片為作者自行繪製）

根據圖四十八可觀察到，雞肉以  $70^{\circ}\text{C}$  烹煮實驗裡在 5 分鐘就已經看不出生菌菌落，之後的組別中偶有一個生菌菌落出現，屬於實驗的誤差。

### (三) 雞肉以 $90^{\circ}\text{C}$ 烹煮生菌菌落數



圖四十九 雞肉以  $90^{\circ}\text{C}$  烹煮生菌菌落數量關係圖（圖片為作者自行繪製）

根據圖四十九可以看出，雞肉以  $90^{\circ}\text{C}$  烹煮實驗裡在 5 分鐘就已經看不出生菌菌落，之後的組別中偶有零星生菌菌落出現，屬於實驗的誤差。

### (四) 雞肉以不同溫度烹煮時間與殺菌的關係總結

綜合我們在雞肉烹煮後生菌量的觀察，我們可發現以  $50^{\circ}\text{C}$  烹煮 20 分鐘、 $70^{\circ}\text{C}$  與  $90^{\circ}\text{C}$  五分鐘以上就幾乎無菌落生成，之後的組別偶有 1~2 顆菌落生成，應為實驗誤差可予以不計。一般細菌適合的生長環境為  $25 \sim 40^{\circ}\text{C}$  (Merck, 2025)，所以  $50^{\circ}\text{C}$  烹煮 20 分鐘即可使多數細菌死亡或生長受到影響。我們培養菌落時使用的條件為  $37^{\circ}\text{C}$  培養，使用的培養基為 LB，它的成分為氯化鈉 (10 g/L)、胰蛋白胨 (Tryptone, 10g/L) 酵母粉 (Yeast extract, 5g/L)，是泛用型細菌培養基，一般生菌都可以在此條件下生長，我們的實驗因為受限於學校實驗室的設備以及實驗經費影響，無法測定特定雞肉上是否有特定細菌，但蒐集資料食品造成的食物中毒最常見的細菌是沙門氏桿菌，查詢它的生長條件以及實驗室培養使用的培養基成分也是類似 (衛生福利部食品藥物管理署, 2021; 達特普雷生科技股份有限公司,

2021)，可以推論依照我們的實驗培養條件，應可以觀察到烹煮過程中沙門氏桿菌殘留造成的菌落，而實驗結果證實 50°C 烹煮 20 分鐘、70°C 與 90°C 五分鐘以上就無菌落生成，表示在這條件下，包括沙門氏桿菌應該已經無法生存了，但如果要完全確定則需要進一步的精密檢測。

另外查詢農業部「優良畜禽產品驗證基準」，生禽肉生菌含量應為每克菌落不得超過  $3 \times 10^6$  CFU(菌落形成單位，Colony-forming unit) (農業部, 2021)，我們這次使用的雞肉為購自賣場冷藏雞胸肉，生肉對照組菌落數約為 200~300 顆不等，若以 300 顆計算，我們切取的雞肉為 2mm x 5mm x 2mm，約為 0.02 立方公分，而一開始以排水法得知 30 克重雞肉約為 26 立方公分，可知每克雞肉體積約為 0.9 立方公分，推得我們購買的雞肉每克生菌量約為  $3 \times 10^4$  CFU，遠低於農業部基準，一開始使用的雞肉就是細菌含量很少的肉品，應該是我們在短時間加熱後雞肉即無生菌菌落產生的另一個原因，所以建議大眾在嘗試自行烹調舒肥雞肉時，應選用乾淨無汙染的電宰雞肉及商家。

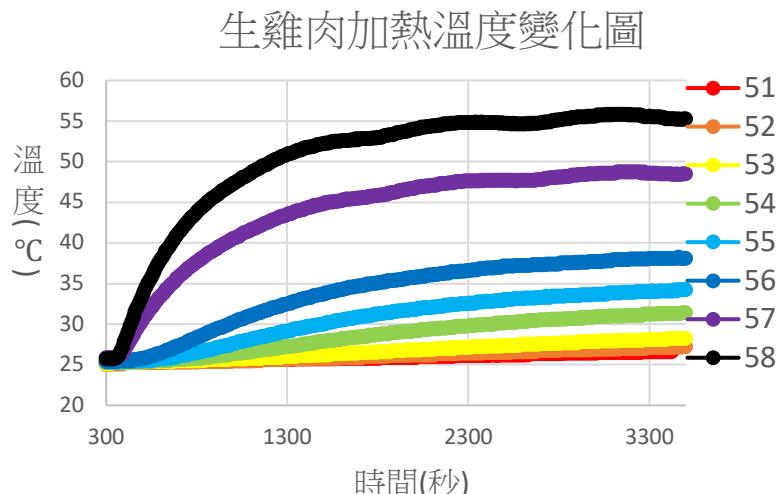
#### 四、實驗四：雞肉熱傳導測試結果

為了釐清為何同樣加熱 5 分鐘，70°C 烹煮的雞肉內部顏色 RGB 數值較高，接近煮熟的狀態，反而 90°C 烹煮的雞肉，中心部分明顯有 RGB 數值較低，顏色偏紅明顯未熟的狀態，我們以內裝 70°C 熱水的鐵杯對生肉及熟肉加熱，紀錄熱傳導狀態：

##### (一) 生雞肉熱傳導測試

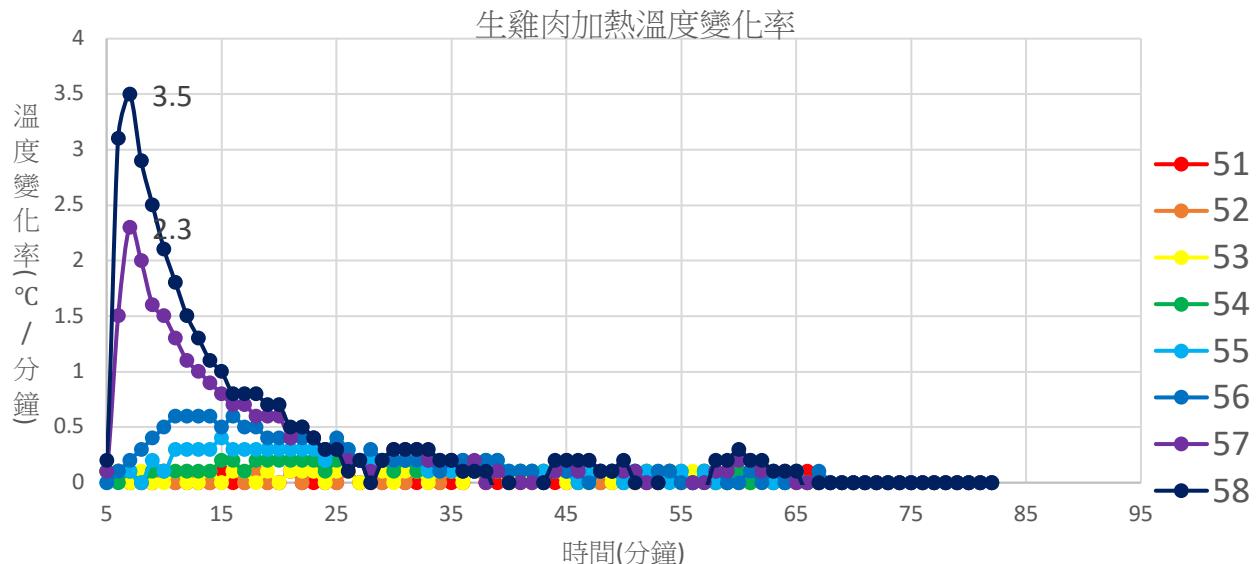


圖五十 生雞肉一端加熱一小時後樣貌  
(照片為作者自行拍攝)



圖五一 生雞肉一端加熱一小時，雞肉每隔一公分溫度探針紀錄 (照片為作者自行繪製)

編號 58 號紀錄儀探針放置於加熱鋼杯下方雞肉，之後探針隨號碼遞減每隔一公分遠離熱源，依照圖表可觀察到離熱源越遠溫度上升越慢（圖五十、五十一），我們再依溫度上升速率製表：



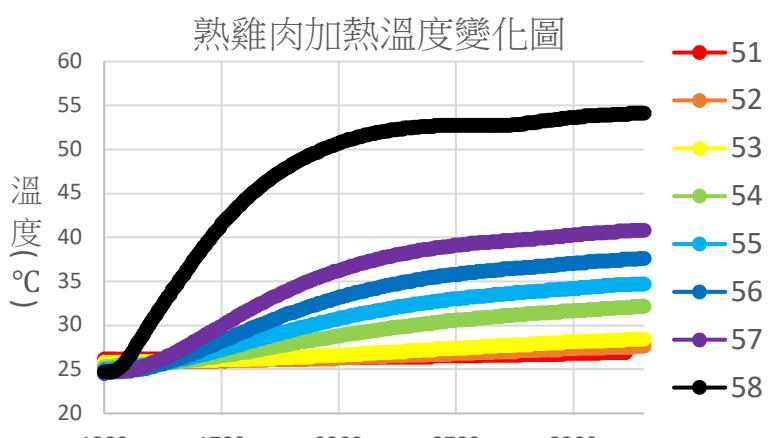
圖五十二 生雞肉加熱溫度每公分探針部位溫度變化率（照片為作者自行繪製）

由結果可知最靠近熱源的雞肉溫度上升率可達每分鐘  $3.5^{\circ}\text{C}$ ，之後隨時間增加速度快速下降，距離熱源一公分處溫度上升率最高約為每分鐘  $2.3^{\circ}\text{C}$ ，距離熱源兩公分之後的探針溫度急速下降，之後隨距離越遠上升速率越慢，推測是因為加熱過程中生雞肉逐漸變為熟雞肉，造成熱傳導速度快速下降。

## (二) 熟雞肉熱傳導測試

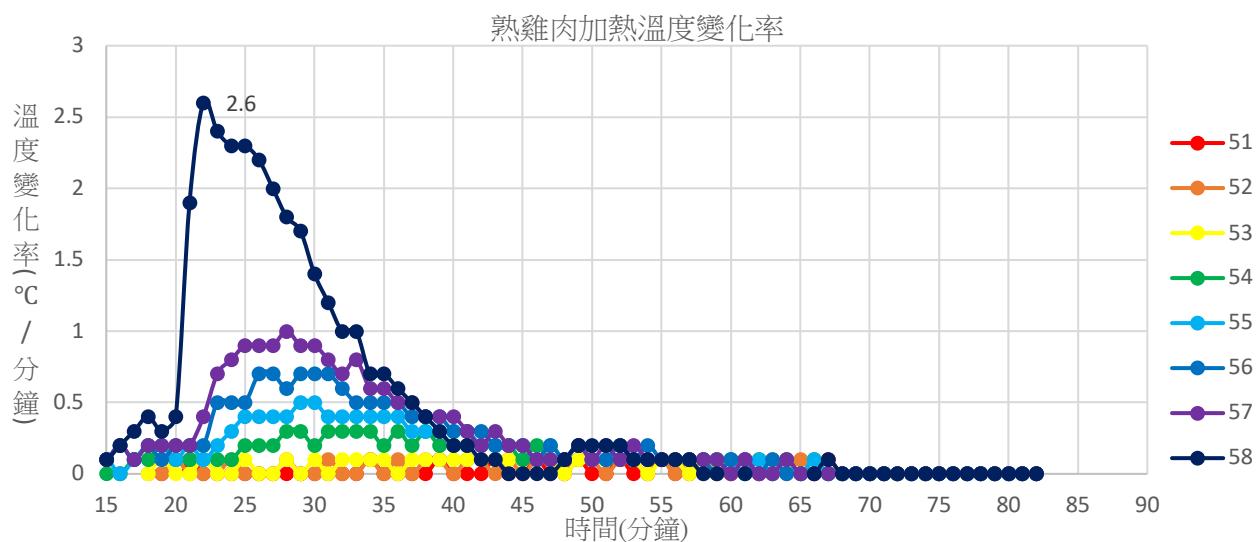


圖五十三 雞肉加熱一小時後樣貌（照片為作者自行拍攝）



圖五十四 熟雞肉一端加熱一小時，雞肉每隔一公分溫度探針紀錄（照片為作者自行繪製）

58 號紀錄儀探針同樣放置於加熱鋼杯下方雞肉，之後探針隨號碼遞減每隔一分遠離熱源，依照圖表可觀察到除熱源處溫度可達  $55^{\circ}\text{C}$ ，其餘皆不足  $40^{\circ}\text{C}$ ，我們再依溫度上升速率製表：



圖五十五 生雞肉加熱溫度每公分探針部位溫度變化率（照片為作者自行繪製）

可知最靠近熱源的雞肉溫度上升率可達每分鐘  $2.6^{\circ}\text{C}$ ，之後隨時間增加速度快速下降，溫度上升速率每分鐘皆不足 1 度。綜合二個結果可證明，生雞肉熱傳導速率較快。

## 伍、結論

### 一、雞肉熟度

(一) 在雞肉烹煮溫度  $50^{\circ}\text{C}$ 、 $70^{\circ}\text{C}$ 、 $90^{\circ}\text{C}$  的實驗中，根據實驗結果，只要時間夠，最後雞肉一定能熟，只是不同溫度會有不同的對應時間。證實了網路中提到的用電鍋舒肥法是可行的，也證明了舒肥機業者說法有誤。

(二) 根據實驗結果  $50^{\circ}\text{C}$  的烹煮，30 公克的雞肉可以在 1.5 小時完全煮熟； $70^{\circ}\text{C}$  的烹煮，30 公克的雞肉可以在 20 分鐘完全煮熟； $90^{\circ}\text{C}$  的烹煮法，30 公克的雞肉可以在 8 分

鐘完全煮熟。

## 二、雞肉失水率與中心溫度

(一) 70°C 與 90°C 烹煮的最大失水率都接近總重 25%，但是 90°C 在 12 分鐘時即接近於此

失水率，70°C 則需加熱至 50 分鐘後才會達到此失水率，

(二) 50°C 的烹煮時間即使長達 90 分鐘，失水率也不會超過總重 5%。

(三) 90°C 烹煮中心溫度可以輕易達到 70°C，70°C 則需烹煮十分鐘以上才能達到較接近的

67~69°C，50°C 則需加熱十分鐘才能達到相近的 48~50 度。

## 三、不同溫度的殺菌情況

(一) 50°C 的烹煮法在 20 分鐘可以達到滅菌的效果；70°C 的烹煮法在 5 分鐘可以達到滅菌的效果；90°C 的烹煮法在 5 分鐘可以達到滅菌的效果。

(二) 不論哪一種溫度烹煮都能夠有效滅菌，而不會有煮完還是生菌過高的問題，即使我們用低溫 50°C 的烹煮法，只要時間夠久還是能滅菌。

## 四、雞肉的熱傳導測試

我們證實生雞肉熱傳導速度高於熟雞肉。以本實驗距離熱源最近的探針相比（約 0.5 公分），生雞肉傳導速率約 3.5°C/分，熟雞肉約 2.6°C/分。

五、綜合我們的實驗資訊，烹煮雞肉時較低溫度可避免雞肉外部過熟內部不熟的狀態，也可以降低失水量維持口感，但需要較長時間確保雞肉均勻熟成並且避免生菌過高，以 30 克雞胸肉而言，50°C 最佳烹煮時間為 90 分鐘，70°C 為 20 分鐘，90°C 為 8 分鐘，成功以簡易溫度控制器搭配家用電鍋的方式，取代昂貴的舒肥雞，製作美味的舒肥雞肉。

## 陸、參考文獻資料

Merck. (2025). 微生物學介紹. 摘取自 德國達姆施塔特默克集團:

<https://www.sigmaaldrich.com/TW/zh/technical-documents/technical-article/microbiological-testing/microbial-culture-media-preparation/microbiology-introduction>

邱鼎欽. (2022). 不同舒肥條件處理對紅羽土雞與白肉雞胸肉肉質影響之研究. 國立屏東科技大學 動物科學與畜產系所 碩士論文.

阿簡. (2014). imagej 分析 RGB 值，以天空為例. 摘取自 阿簡生物筆記: <https://achien.blogspot.com/2014/04/imagejrgb.html>

葉景新. (2022 年 7 月). 巴士德消毒與食物安全. 食物安全焦點 192, 頁 2. 摘取自 香港特別行政區:

[https://www.cfs.gov.hk/tc\\_chi/multimedia/multimedia\\_pub/multimedia\\_pub\\_fsf\\_192\\_02.html](https://www.cfs.gov.hk/tc_chi/multimedia/multimedia_pub/multimedia_pub_fsf_192_02.html)

農業部. (2021). 優良畜禽產品驗證基準.

達特普雷生技股份有限公司. (2021). 沙門氏菌培養基. 摘取自 達特普雷生技股份有限公司: [https://drplatebiotechnology.com/solution.php?pa=getItem&prod\\_id=13](https://drplatebiotechnology.com/solution.php?pa=getItem&prod_id=13)

維基百科. (2024 年 12 月). 三原色光模式. 摘取自 維基百科: <http://xn--zh-mv2c01kowd685h.wikipedia.org/zh-tw/%E4%B8%89%E5%8E%9F%E8%89%B2%E5%85%89%E6%A8%A1%E5%BC%8F>

維基百科. (2024 年 12 月 12 日). 舒肥. 摘取自 維基百科: <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%88%92%E8%82%A5>

維基百科. (2025 年 2 月). 巴斯德消毒法. 摘取自 維基百科: <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%B7%B4%E6%96%AF%E5%BE%B7%E6%B6%88%E6%AF%92%E6%B3%95>

衛生福利部食品藥物管理署. (2021). 沙門氏桿菌 (Salmonella). 摘取自 衛生福利部食品藥物管理署: <https://www.fda.gov.tw/tc/sitecontent.aspx?sid=1942>

衛生福利部食品藥物管理署. (2024 年 3 月 15 日). 什麼是舒肥法? 舒肥產品如何進行衛生管理呢? 藥物食品安全週報, 頁 3.

衛生福利部食品藥物管理署. (2024). 食品中毒常見問與答. 摘取自 衛生福利部食品藥物管理署: <https://www.fda.gov.tw/TC/sitecontent.aspx?sid=2572>

衛生福利部新聞. (2011). 注意食品衛生安全原則，避免食品中毒. 摷取自 衛生福利部:  
<https://www.mohw.gov.tw/cp-3160-25243-1.html>

## 【評語】032904

本作品內容在於找出以電鍋加上溫控器來作出舒肥雞的條件，團隊測試了於 50、70、90 °C 下隔水加熱不同時間後，雞肉熟度與殘菌的狀況。作品利用 Image J 對顏色的分析來判定肉的熟度，也作了不同位置的溫度變化測定由加熱端開始的熱傳狀態，並透過生菌數的分析確定食品的安全。本研究團隊在不同的實驗階段遇到困難時會想辦法克服，有團隊合作的實驗精神。以下建議供同學參考：

1. 由於雞肉塊並非球型，且加熱時熱能由四面八方傳入，為何 p. 9 圖十一與 p. 19 圖三十七中，長邊的中層似已變白煮熟，但左上角的短邊僅有表面變白？若取截面上不同的位置，是否會有不同的結果？建議也可以以面積比來探討，不僅是使用 line profile 討論。
2. 研究報告中應明確敘述實驗的重複次數與數據的誤差範圍。若於不同時日對不同批次的樣品重複實驗，是否有相似的結果？如 P. 21 圖四十二，超過 50 分鐘的數據（以及 p. 22 圖四十四 70 分鐘後）是否失水率確實較低？若以同學於口

頭問答時描述約 3%的誤差範圍，4-5%的數值差異恐沒有顯著差異可以討論。

3. 若使用市售的真空保鮮袋，是否能比用「把保鮮袋內的空氣利用水壓力盡量排出」得到更一致的結果？此外，大氣壓力勢必造成軟質雞肉的形變，建議確認其真空壓力。
4. 使用拍照箱來嘗試避免環境光等外在因素的影響，但尚有相機本身曝光值等設定會影響顏色。建議可以放入標準色卡並在軟體中確認標準色卡有一致的數值，可以更好確認顏色變化。
5. P. 27 圖五十四橫軸應標示其物理量與單位。

作品海報

# 舒肥巴雞肉的奧秘

~溫度與時間的完美平衡~



# 壹、研究動機

近年來由於健康意識的抬頭再加上健身運動的盛行，在健康且又能鎖住雞肉的鮮甜前提下，如何料理雞肉是很受矚目的話題。而其中「舒肥法」是近幾年所流行的雞胸肉料理方式，但若家中要買一台市售舒肥機卻需要額外花大筆的金錢，所以網路上就有網友提出了「電鍋舒肥法」的烹飪方式，若真可以成功煮出美味、健康的雞肉，一般家庭就可以省下舒肥機的費用。但是賣舒肥機的業者卻指出電鍋的保溫溫度為 $50^{\circ}\text{C}$ ，而一般殺細菌溫度範圍是 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 以上，所以這樣的料理會有致病的風險，然而這些話是從舒肥機業者中講出的，沒有實際操作的科學依據證實。

## 貳、研究目的

- 一、雞胸肉舒肥法以電鍋烹煮是否可行
- 二、研究舒肥雞胸肉最適合的烹煮溫度及時間
- 三、舒肥法在不同烹煮的溫度及時間中可否有效殺菌

## 參、研究流程與方法

### 一、烹煮雞胸肉之流程

- (一) 固定切取 $30.0 (\pm 1)$ 公克的雞肉。
- (二) 將雞肉放入保鮮袋，利用水壓力將空氣盡量擠光。（圖一）
- (三) 在電鍋內放置一個內鍋及在電鍋旁放一個控溫裝置（圖二），並在內鍋的裡面及外面加水，以及在雞胸肉放入前先加熱到所需的溫度。
- (四) 將已經盡量擠光空氣的雞胸肉垂直放入電鍋的內鍋中開始烹煮。
- (五) 我們用控溫裝置把電鍋溫度設定在 $50$ 、 $70$ 、 $90 (\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$

三種範圍進行實驗，當電鍋內水溫超過設定溫度時，控溫裝置會自動斷電停止加熱，當水溫低於設定溫度時，控溫裝置會恢復供電讓電鍋繼續加熱。因 $50^{\circ}\text{C}$ 煮的所需時間較久，所以在 $50^{\circ}\text{C}$ 實驗中我們使用每30分鐘來進行一次雞肉顏色變化的觀察，總共觀察的時間點為生肉狀態、0.5小時、1小時、1.5小時、2小時。 $70^{\circ}\text{C}$ 實驗則為5分、10分、15分、20分、30分、40分鐘， $90^{\circ}\text{C}$ 實驗為5分、8分、10分、12分鐘，當加熱時間到達，我們立刻將肉撈出後放置於冷水中冷卻10分鐘，再進行後續拍照及取樣，避免餘溫對肉品繼續加熱影響結果。

### 二、雞肉熟度之數據分析

我們選擇使用肉質的RGB顏色來表達雞肉熟度，雞肉生的肉較為粉紅，而熟的偏白色，以此來說明烹煮前後的顏色變化來表達與客觀陳述這塊肉是否有熟。

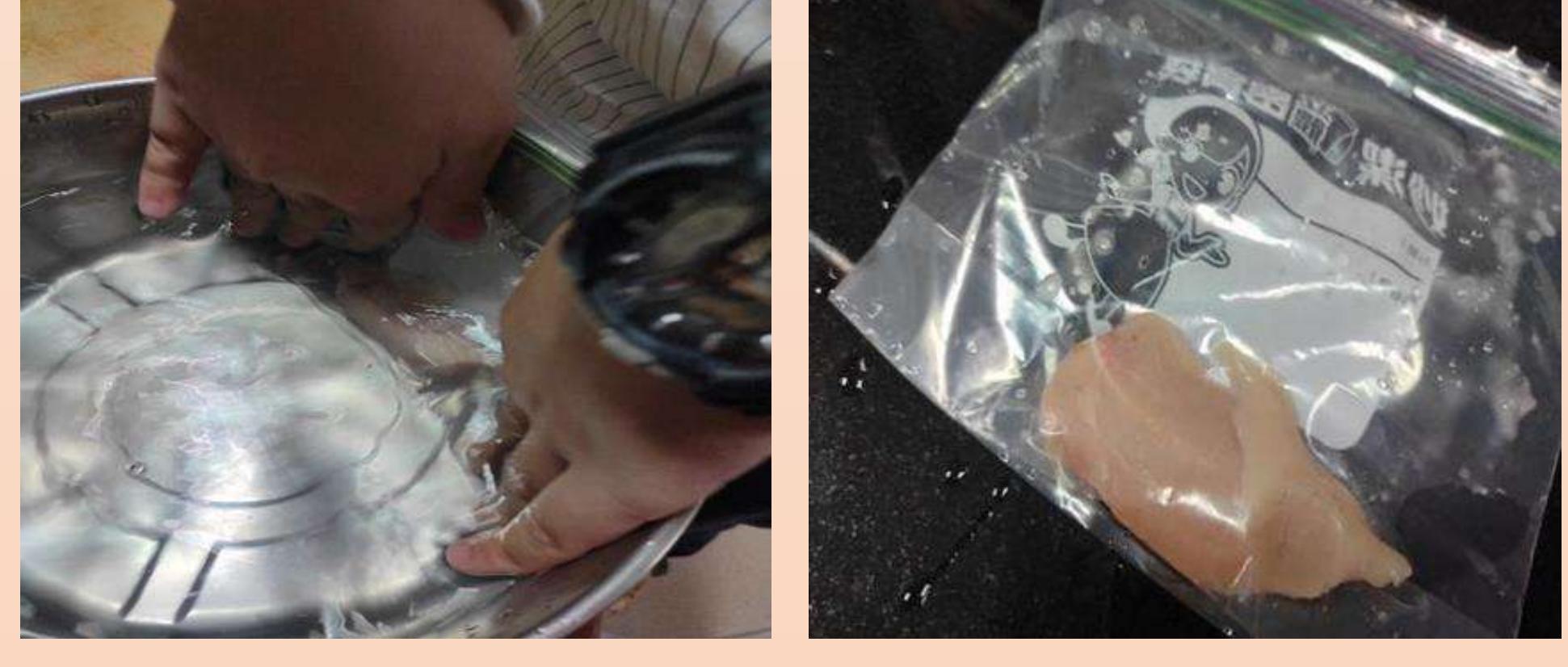
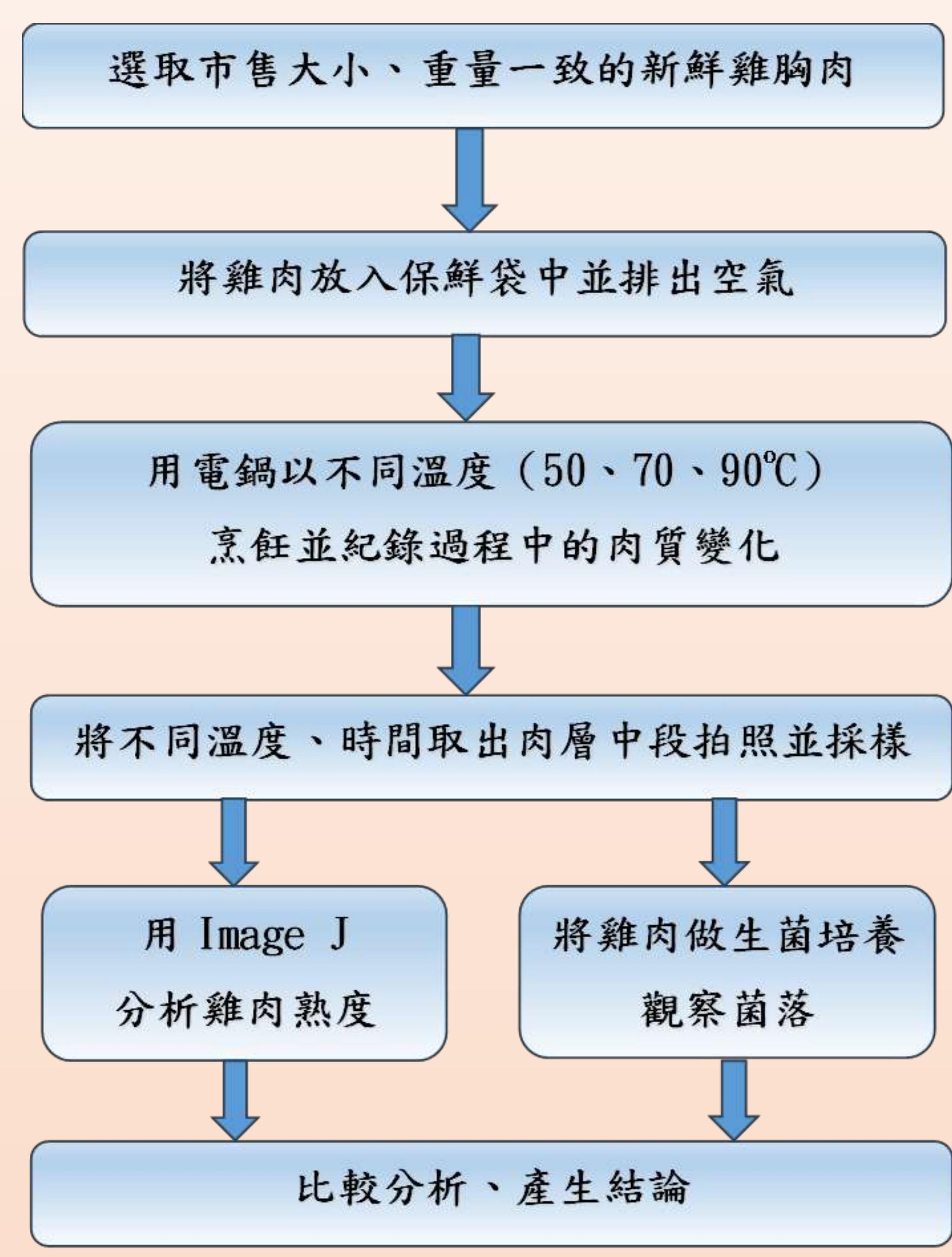
我們以Image J軟體分析蒸煮不同時間的雞肉照片。軟體操作方式：利用拍照箱固定光源拍完照片後利用此軟體打開檔案，在想要測定的區域以軟體畫線工具畫一條線，接下來在軟體工具列中“plugins”找到“Color Profile”選項點開後，即得該線段的RGB數據折線圖以及簡單統計分析數據（圖三）。

### 三、不同溫度烹煮對雞肉失水率影響及中心溫度測試

在烹煮雞胸肉的過程中，我們嘗試品嘗加熱時間較長組別的雞肉，發現部分雞肉已經出現乾柴口感，烹煮時間越長越容易造成水分流失進而影響口感，所以我們想要找出加熱時間及溫度足夠雞肉完全熟透、但水分流失最少的烹煮條件。另外依據衛福部新聞表示食品烹煮過程中，中心溫度應超過 $70^{\circ}\text{C}$ 微生物才容易被消滅，所以我們在測定失水率時會一併測定剛烹煮完時雞肉塊的中心溫度。每次實驗前先測定每塊雞肉確實重量，以三種溫度 $50^{\circ}\text{C}$ 、 $70^{\circ}\text{C}$ 、 $90^{\circ}\text{C}$ 烹煮，烹煮設定時間到達後，即以探針式溫度計測量中心溫度，並以用乾方式去除多餘水份後秤重並記錄失重（圖四）。

### 四、雞肉以不同溫度烹煮與殺菌之關係

將液態培養基分裝至微量離心管，每管 $0.5 \text{ ml}$ ，之後取雞肉表層肉絲放進管中。再以環境 $37^{\circ}\text{C}$ 中的機器搖晃30分。之後塗抹於固態培養基中。再以環境 $37^{\circ}\text{C}$ 中培養一天。而後用馬克筆點出菌落數目（圖五）。



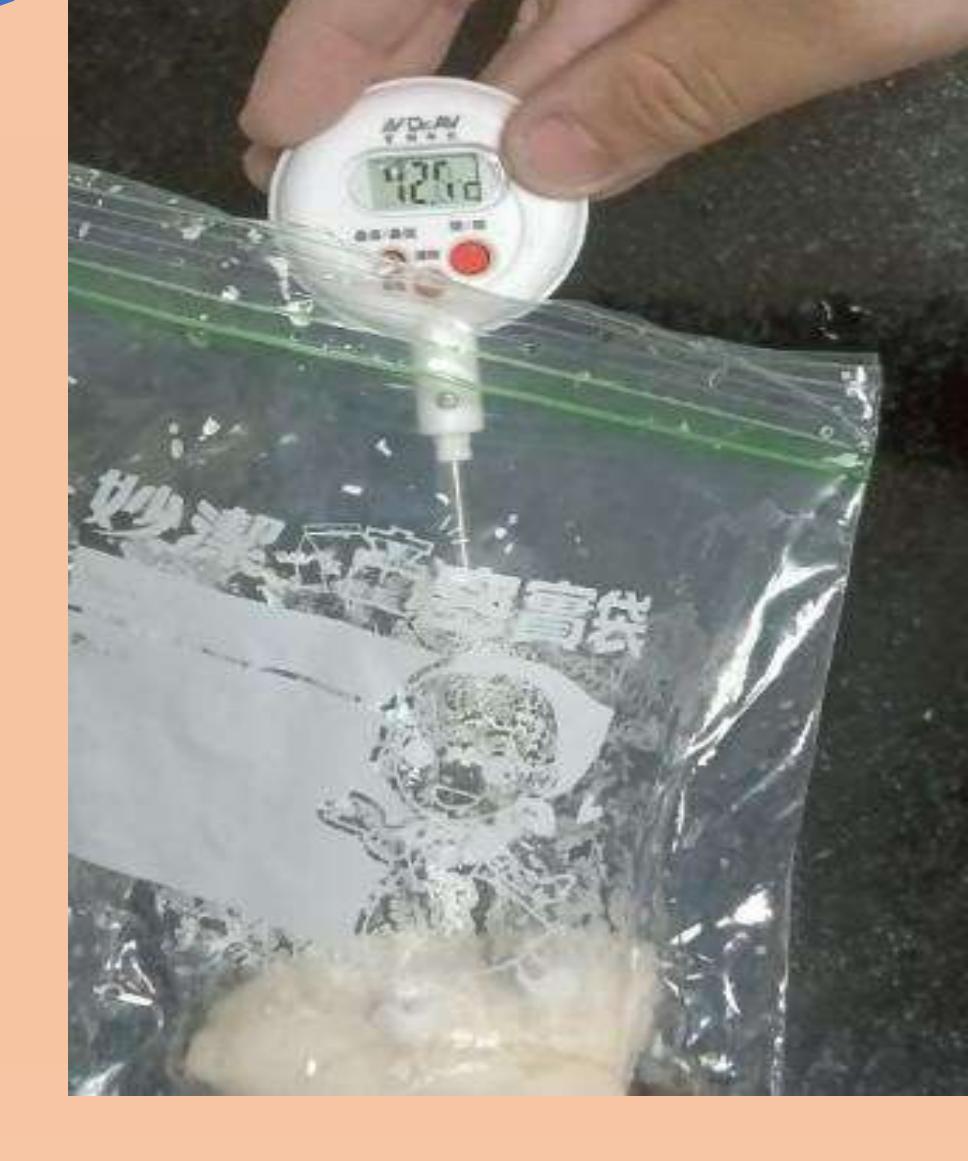
圖一 將雞肉放入保鮮袋中利用水壓力將空氣擠光，使雞肉呈現幾乎真空狀態



圖二 使用控溫器控制電鍋溫度並且用內鍋隔開避免雞肉直接接觸底部



圖三 使用 Image J 利用顏色分析判斷雞肉熟度



圖四 雞肉中心溫度測量



圖五  
抽取雞肉  
絲進行細  
菌培養

## 五、雞肉熱傳導測試

我們根據前面RGB的實驗中推測熟的雞肉導熱速度可能較生雞肉慢，所以設計實驗證實「熟肉熱傳導速率較生肉慢」。我們以鋼杯放入電湯匙加熱方式，用控溫器將鋼杯內水溫控制於70°C，再將雞肉橫放於隔熱保麗龍板上，一端放置於鋼杯下，以鋼杯內的水溫加熱，之後每隔一公分插入一隻溫度記錄儀探針，一共以八支溫度記錄儀記錄溫度變化。



圖六 生雞肉與熟雞肉的溫度傳導速率裝置

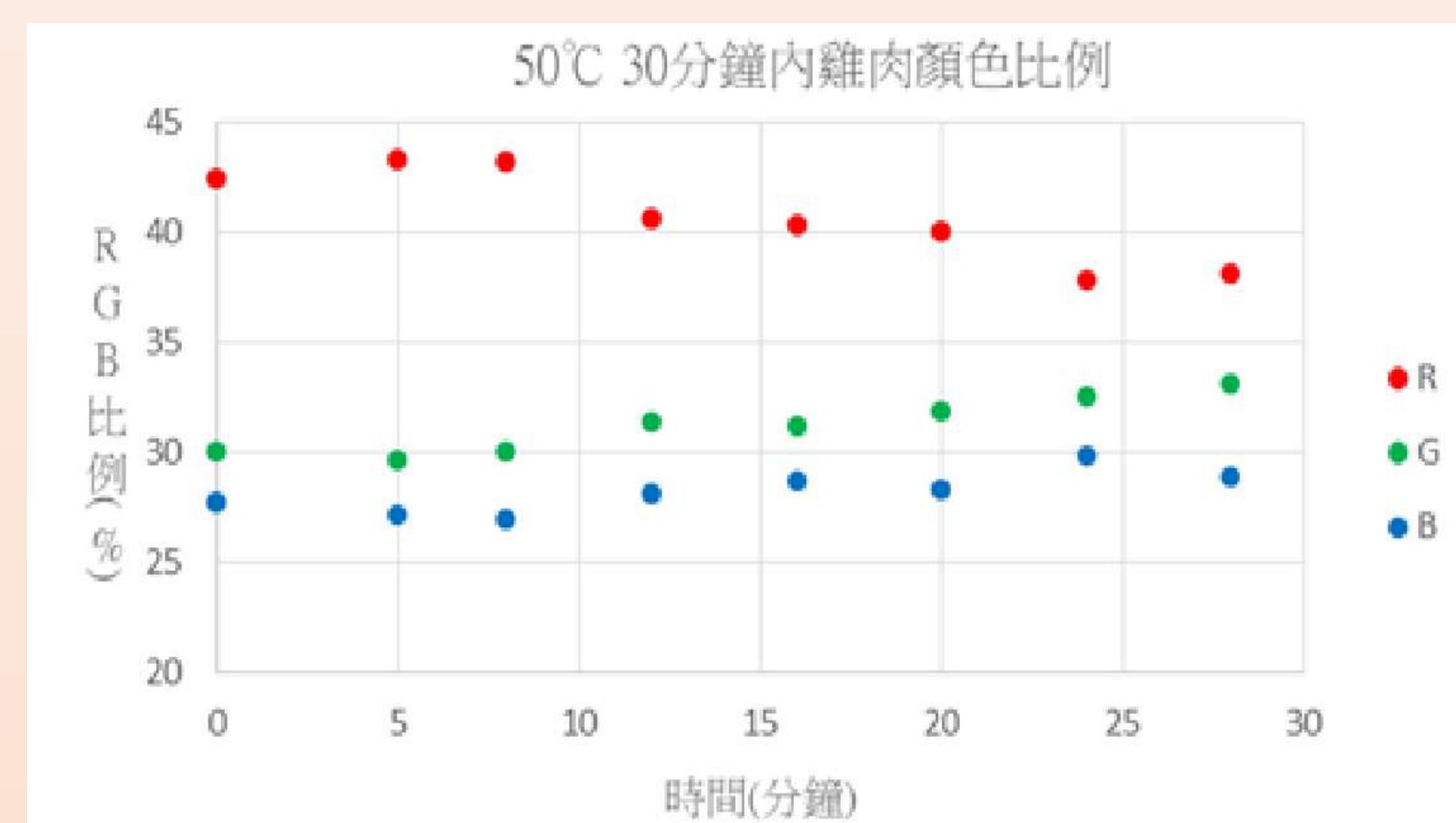
## 肆、研究結果與討論

### 一、實驗一：不同烹煮溫度對雞肉的熟度時間關係

我們將得到的RGB數值利用標準差去極端值後取平均值，將平均值化為比例關係，將同一個溫度不同時間的RGB比例關係化成點狀圖來進行比較與討論。

#### (一) 以50°C烹煮雞肉結果

依照比例圖可以看出，雞肉加熱後，R值從約42%下降至37~38%，G與B上升與R值比例逐漸接近，由於從生肉到30分鐘顏色變化明顯，之後顏色差異（圖）。我們另外觀察加熱30



分鐘以內顏色變化，雞肉以50°C加熱，圖七三十分鐘內50°C烹煮雞肉R G B比例前10分鐘顏色幾乎與生肉無異，之後可觀察到R值逐漸下降，G與B值逐漸上升，且10分鐘後組別的照片也可觀察到肉塊中間偏紅，周圍偏白，隨加熱時間增加，整體逐漸變白的過程。

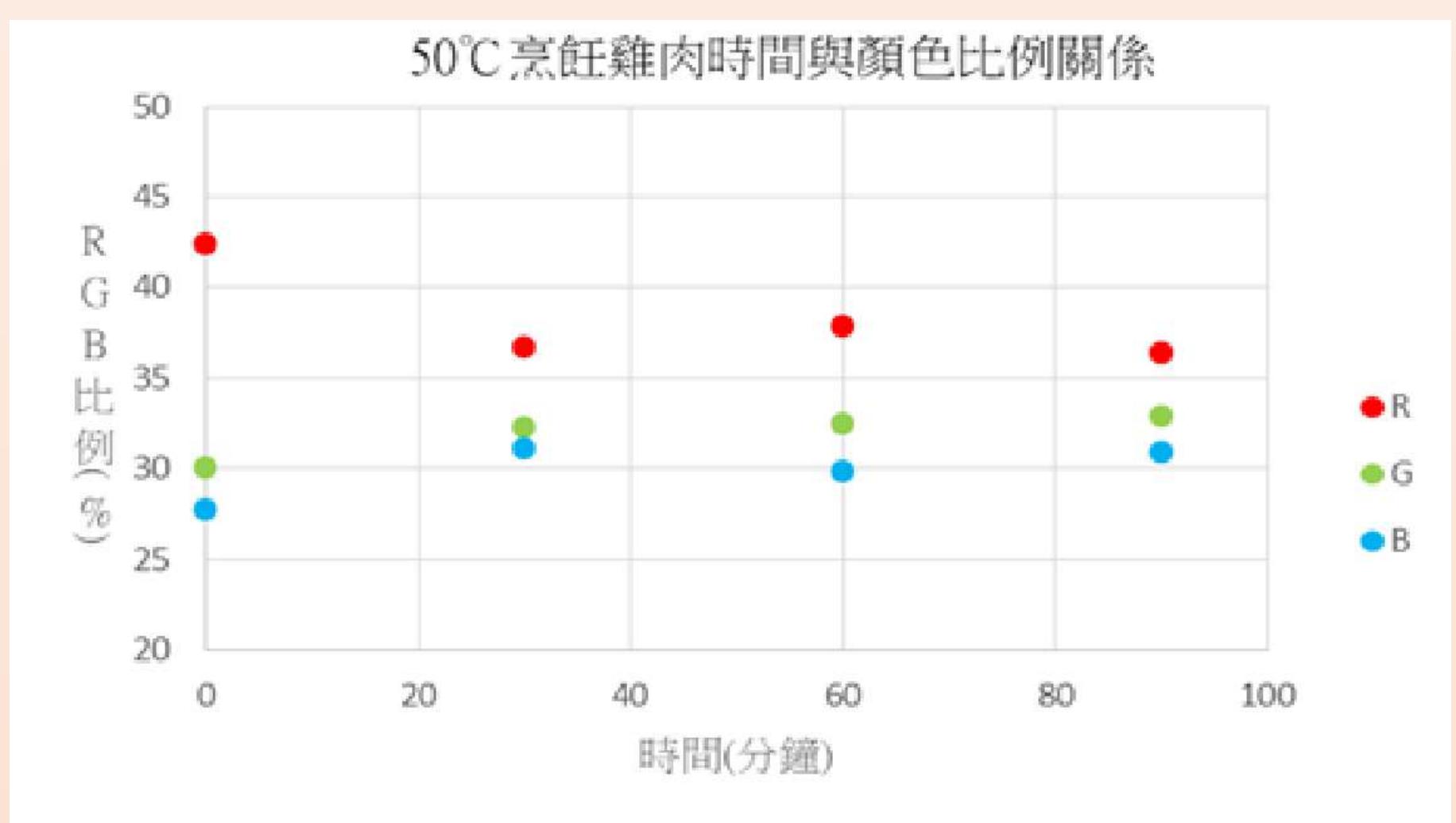
#### (二) 以70 °C烹煮雞肉結果

70°C烹調過程中，RGB數值與比例較為接近，但仍然能觀察到三條曲線越來越接近的情況，直到20分鐘整個雞肉呈現震盪幅度較小的折線，外表呈現完全熟透的白色樣貌。同樣將R G B數值扣掉標準差過大數值後平均作數值與比例圖，可發現20分鐘後數值呈現較穩定比例（圖九）。

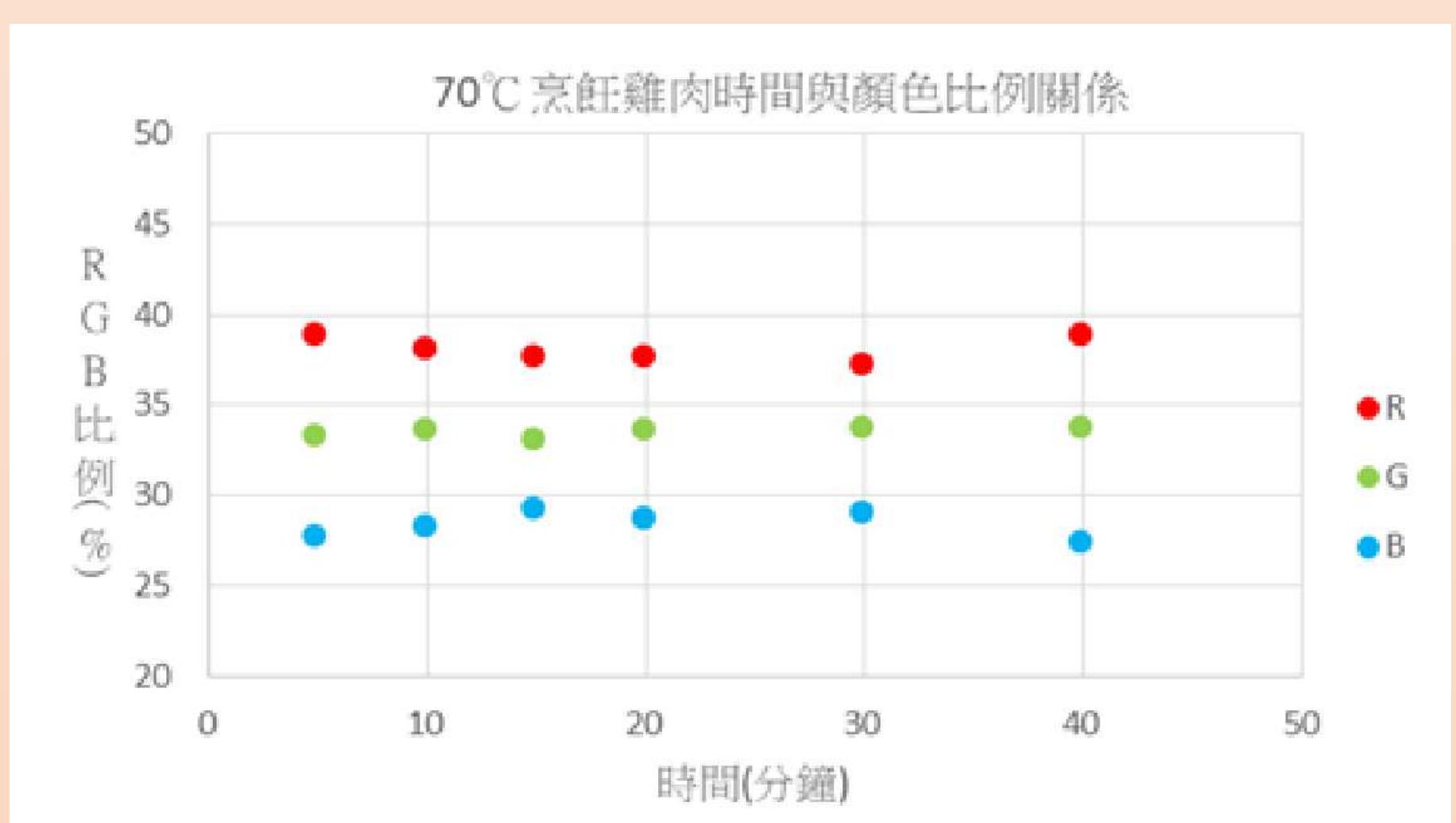
#### (三) 以90 °C烹煮雞肉結果

在90°C烹飪5分鐘後，雞肉的外表已經呈現熟透的白色，中間卻明顯呈現未熟的粉色狀態，RGB顏色分析也呈現兩端三者數值皆高，中間數值偏低的現象，符合我們的觀察。之後RGB數值跟之前的實驗一樣趨於一致，8分鐘後外表呈現完全熟透的白色。同樣將RGB數值扣掉標準差過大數值後平均作圖並分析顏色比例，可發現8分鐘後數值呈現穩定比例（圖十）。

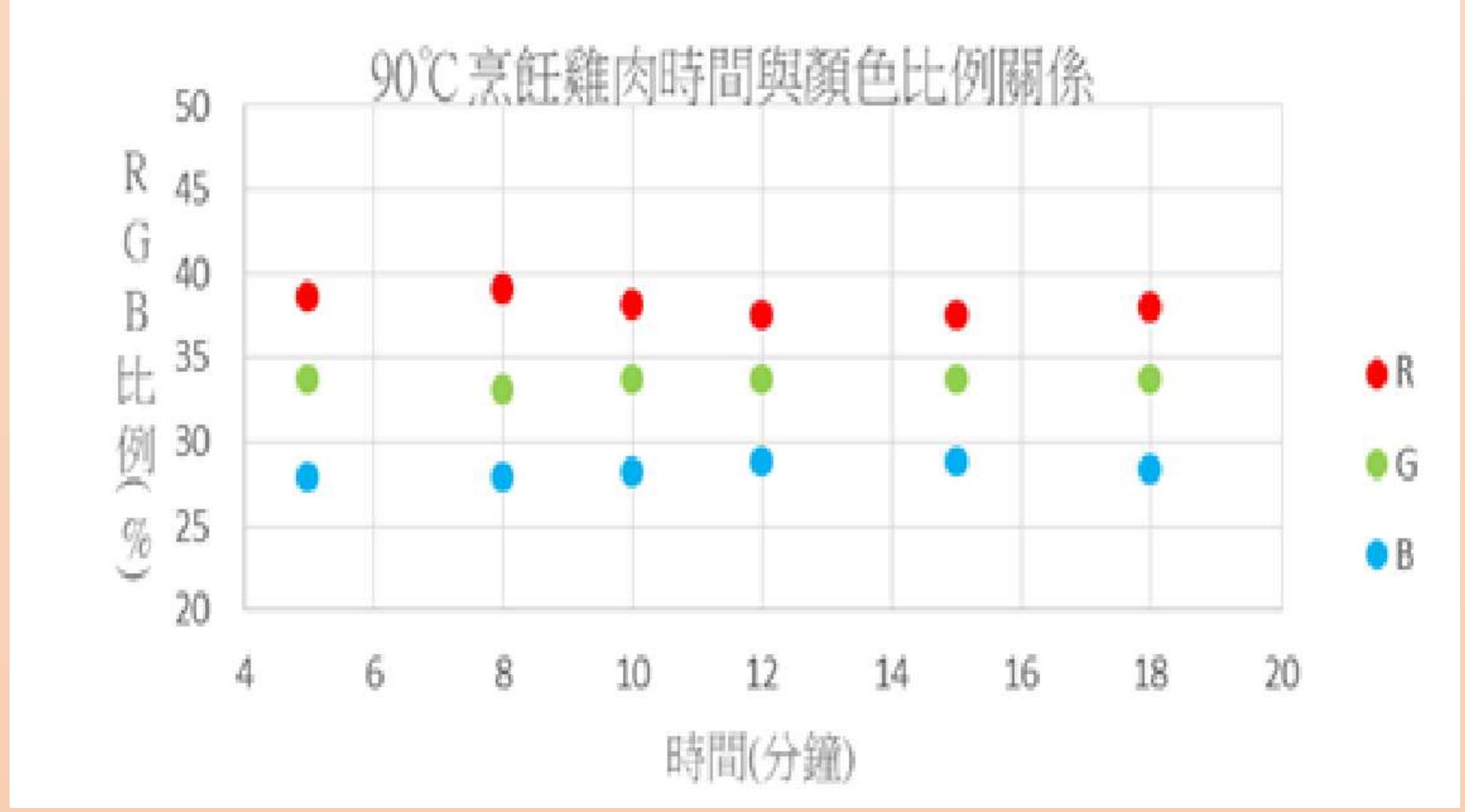
#### (四) 以RGB分析觀察不同溫度烹煮雞肉熟度總結



圖八 1.5小時內 50°C烹煮雞肉R G B比例



圖九 70°C烹煮雞肉R G B比例



圖十 90°C烹煮雞肉R G B比例

總結我們的結果，我們可以發現以RGB分析雞肉熟度，在生肉部分，雞肉呈紅色，R值明顯較高，佔整體數值超過40%，G、B值較低且數值接近，在加熱過程中，雞肉變白，RGB數值整體上升且G、B值越來越接近R值，50°C烹煮約需要90分鐘RGB數值變化達穩定狀態，70°C約需20分鐘、90°C約8分鐘。

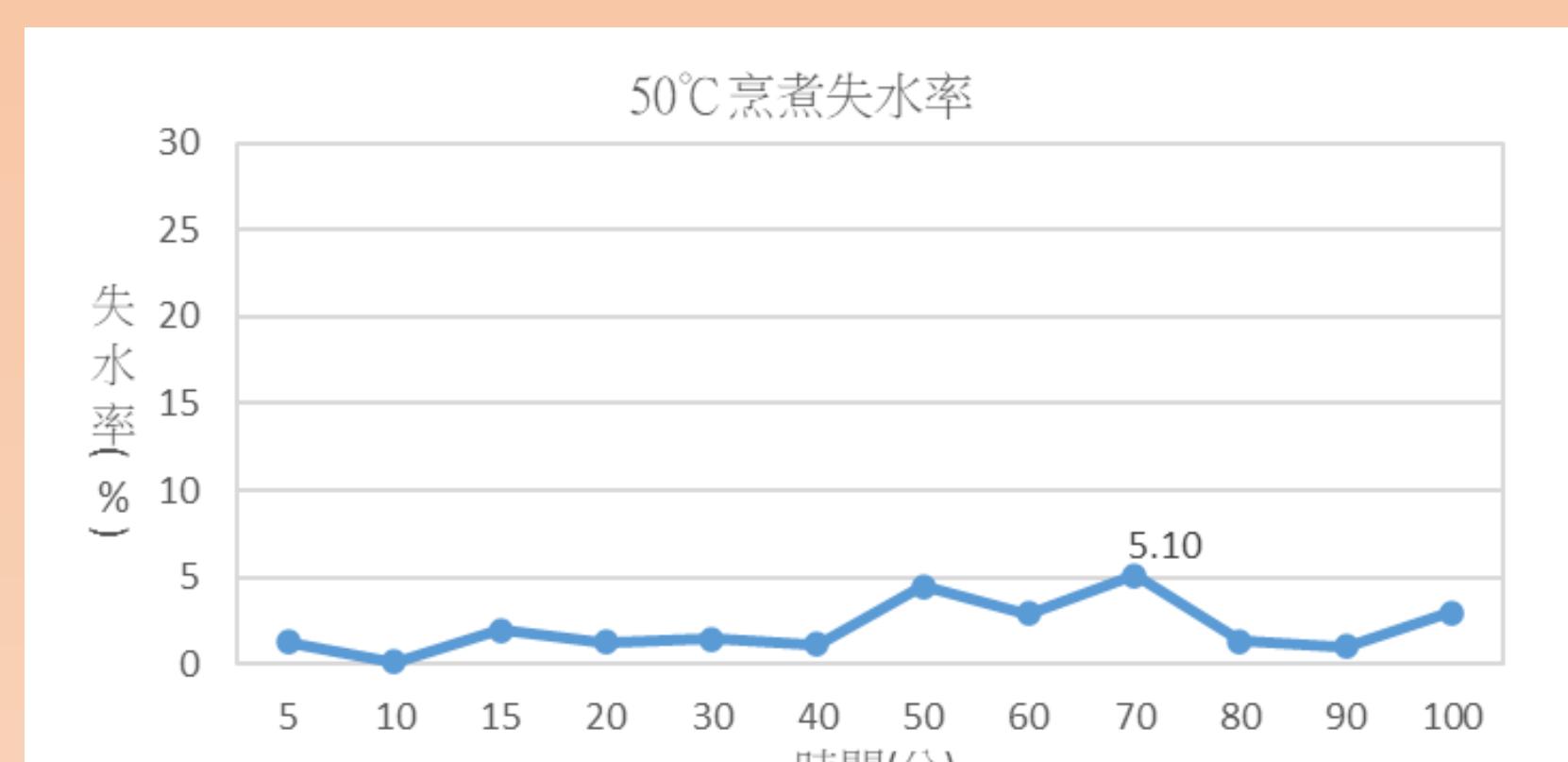
### 二、實驗二：不同烹煮溫度對雞肉失水率影響及雞肉中心溫度測試

(一) 50°C烹煮雞肉失水率及中心溫度結果：50°C失水率測定結果極不穩定，須後續重複測量確認才能得較可靠結果，但即使烹煮超過一小時，失水率也只有5%，可知以50°C烹煮較能保持肉品的水分，但雞肉的中心溫度在烹煮5分鐘時僅達39 °C，10分鐘後溫度才提升約在48~50°C。

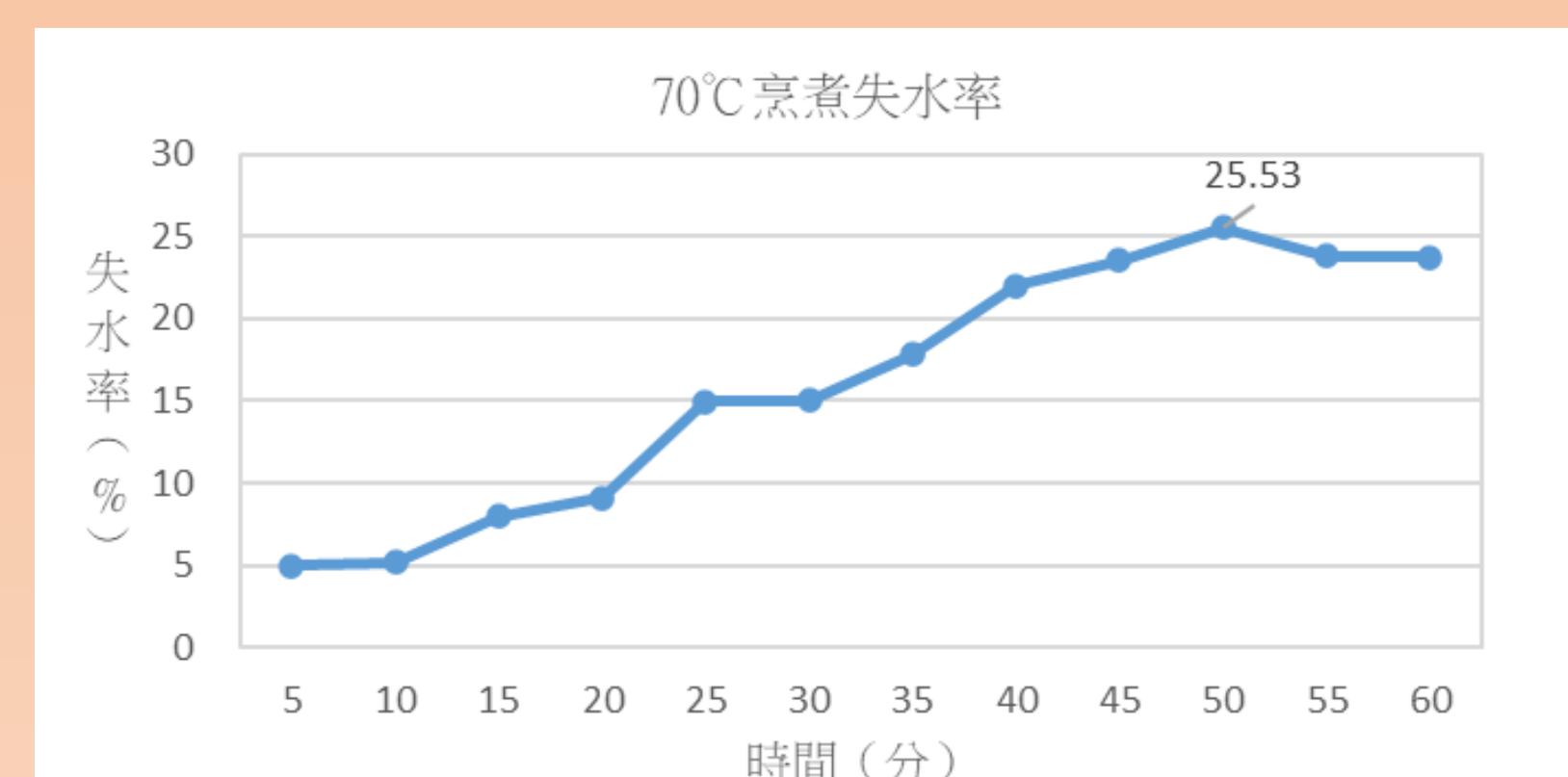
(二) 70°C烹煮雞肉失水率及中心溫度結果：在烹煮50分鐘後失水率可達到最高值25%。另外，雞肉中心溫度在烹煮5分鐘時測量約為62°C。之後時間都約可保持為67~69°C。

(三) 90°C烹煮雞肉失水率及中心溫度結果：在烹煮12分鐘後失水率達到最高值24%。另外中心溫度烹煮2分鐘時約為69°C，之後隨時間增加可上升至84°C。

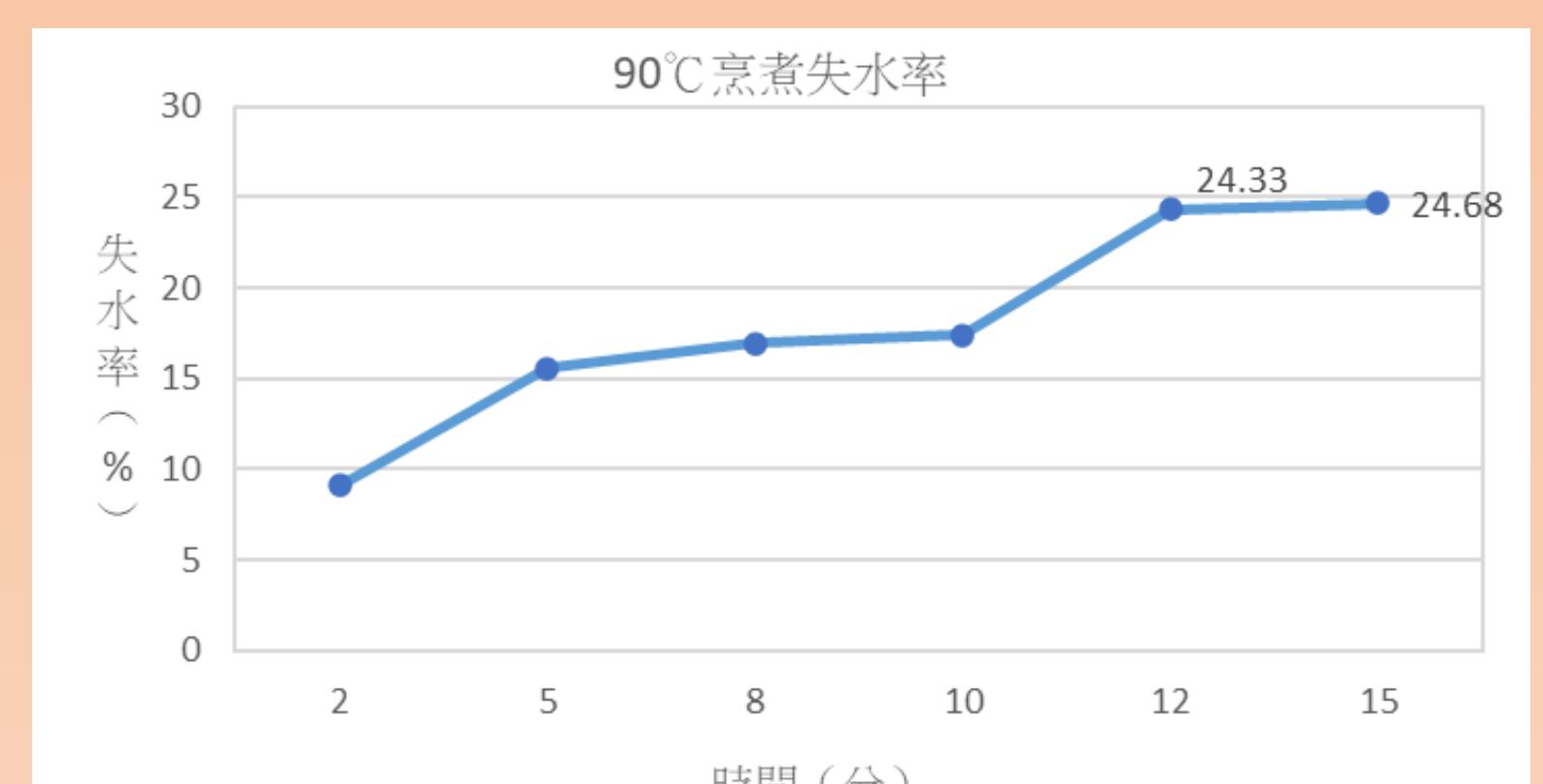
(四) 依照我們的實驗中，70°C與90°C的最大失水率都接近於原始重量的25%，但是90°C需要12分鐘，70°C則需要50分鐘後才會達到此失水率，而50°C的烹煮時間即使長達90分鐘，失水率也不會超過總重5%。在雞肉中心溫度的實驗，90°C的烹煮，雞肉中心溫度可以輕易達到衛福部建議的70°C，70°C則需烹煮十分鐘以上才能達到較接近的67~69°C，50°C則很難達到此溫度。



圖十一 50°C烹煮雞肉失水率與時間關係圖



圖十二 70°C烹煮雞肉失水率與時間關係圖



圖十三 90°C烹煮雞肉失水率與時間關係圖

### 三、實驗三：雞肉以不同溫度烹煮與殺菌的關係

#### (一) 以50°C烹煮雞肉結果

我們觀察到生菌菌落量由一開始生肉約230個，經過0.5小時後就只剩下一個，之後的時間也都沒有產生生菌菌落，在本實驗中半小時就有明顯滅菌效果。但由於我們想知道這樣的溫度下，在半小時內滅菌與時間的曲線關係為何？於是我們另外補做了30分鐘內的實驗，可知在50°C中烹煮10分鐘後生菌數量就急速下降，20分鐘後就幾乎無菌落生成。（圖十四、圖十五）

#### (二) 以70°C及90°C烹煮雞肉結果

在這兩個溫度下，烹煮5分鐘後就都已經看不出生菌菌落，即時後面偶爾零星出現一個生菌菌落，實屬實驗誤差範圍。（圖十六、圖十七）

#### (三) 不同烹煮溫度對於殺菌效果之小結

一般細菌適合的生長環境為 25 ~40 °C (Merck, 2025)，所以 50 °C烹煮 20 分鐘即可使多數細菌死亡或生長受到影響。我們培養菌落時使用的條件為 37°C 培養，使用的培養基為 LB，它的成分為氯化鈉 (10 g/L)、胰蛋白胨 (Tryptone, 10g/L) 酵母粉(Yeast extract, 5g/L)，是泛用型細菌培養基，一般生菌都可以在此條件下生長，我們的實驗因為受限於學校實驗室的設備以及實驗經費影響，無法測定特定雞肉上是否有特定細菌，但蒐集資料食品造成的食物中毒最常見的細菌是沙門氏桿菌，查詢它的生長條件以及實驗室培養使用的培養基成分也是類似 (衛生福利部食品藥物管理署, 2021; 達特普雷生技股份有限公司, 2021)，可以推論依照我們的實驗培養條件，應可以觀察到烹煮過程中沙門氏桿菌殘留造成的菌落，而實驗結果證實50°C烹煮 20 分鐘、70°C與 90°C 五分鐘以上就無菌落生成，表示在這條件下，包括沙門氏桿菌應該已經無法生存了，但如果要完全確定則仍需要進一步的精密檢測。

### 四、實驗四：雞肉熱傳導測試

為了釐清為何同樣加熱 5 分鐘，70°C烹煮的雞肉內部顏色RGB 數值較高，接近煮熟的狀態，但反而 90°C烹煮的雞肉，中心部分卻明顯有 RGB 數值較低，顏色偏紅明顯未熟的特殊現象，因此我們以內裝 70°C熱水的鐵杯對生肉及熟肉加熱，分別紀錄生肉及熟肉對於熱傳導的狀態紀錄。

#### (一) 生雞肉熱傳導測試

編號58號紀錄儀探針放置於加熱鋼杯下方雞肉，之後探針隨號碼遞減每隔一公分遠離熱源，依照圖表可觀察到離熱源越遠溫度上升越慢。

由結果可知最靠近熱源的雞肉溫度上升率可達每分鐘3.5°C，之後隨時間增加速度快速下降，距離熱源一公分處溫度上升率最高約為每分鐘2.3°C，距離熱源兩公分之後的探針溫度急速下降，之後隨距離越遠上升速率越慢。（圖十八）

#### (二) 熟雞肉熱傳導測試

可知最靠近熱源的雞肉溫度上升率可達每分鐘2.6°C，之後隨時間增加速度快速下降，溫度上升速率每分鐘皆不足1 °C。綜合二個結果可證明，生雞肉熱傳導速率較快。（圖十九）

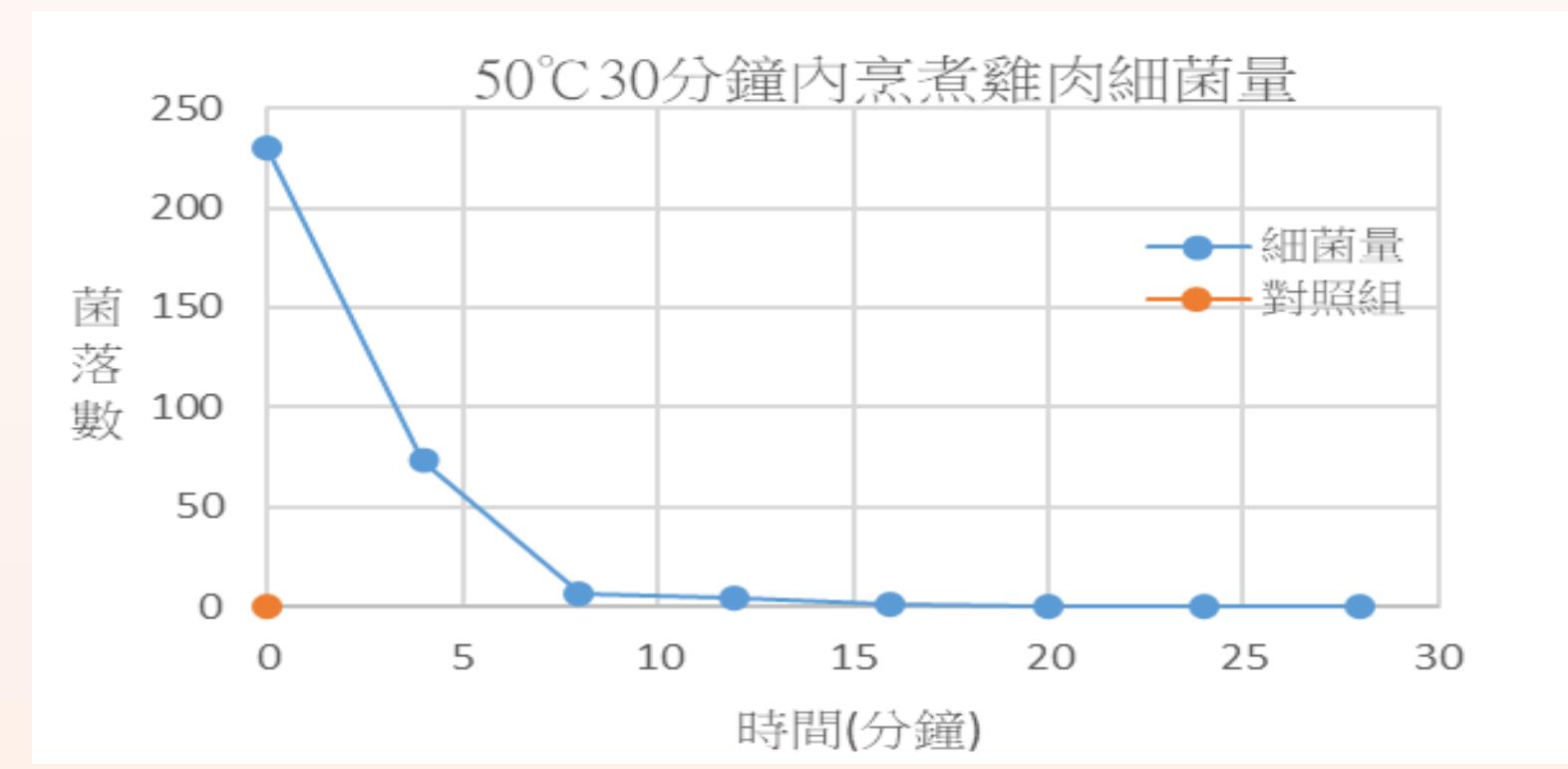
## 伍、結論

### 一、雞肉熟度

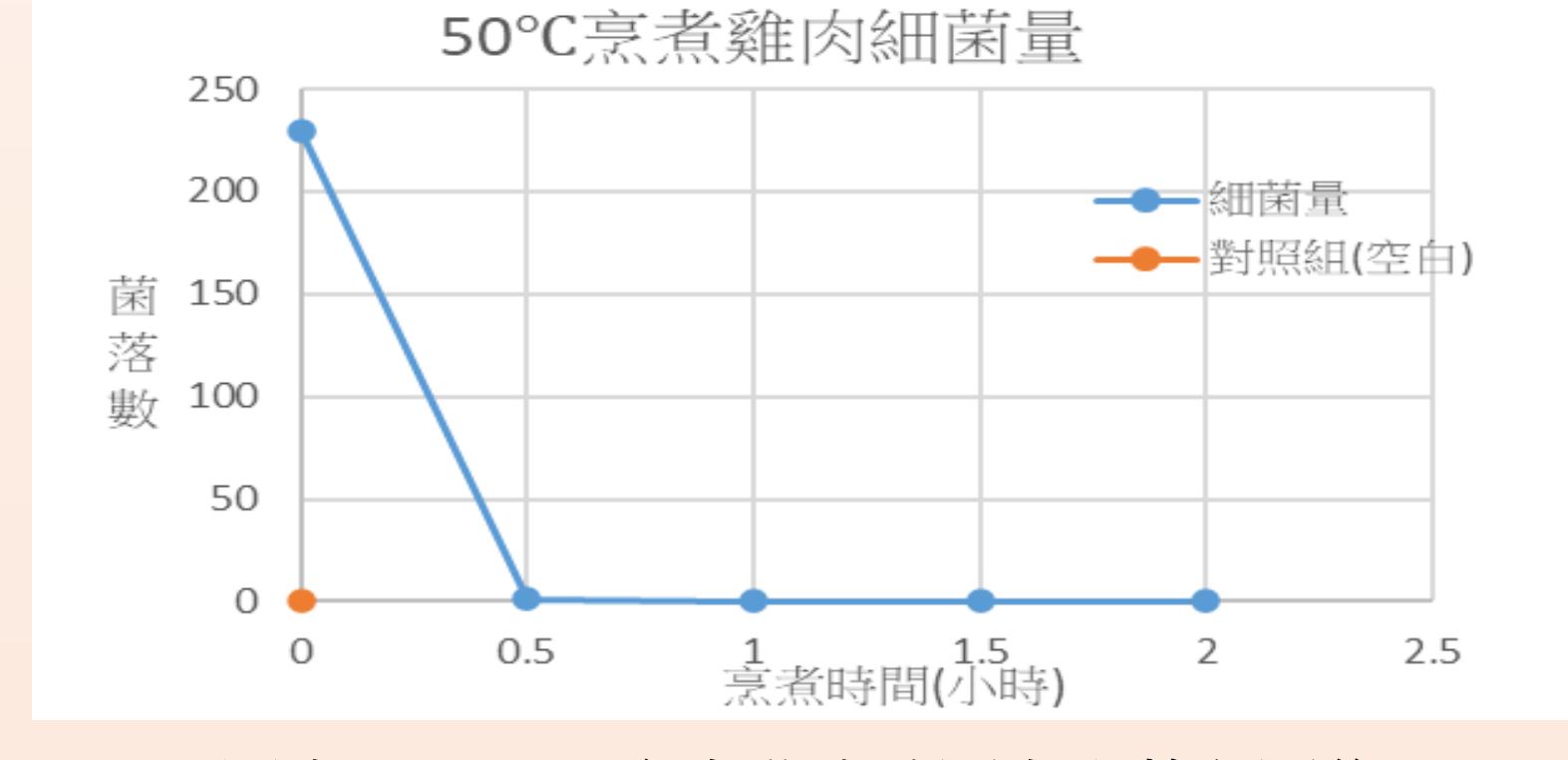
- (一) 在雞肉烹煮溫度50、70、90°C的實驗中，只要時間夠最後雞肉一定能熟，只是不同溫度會有不同的對應時間。
- (二) 根據實驗結果，30公克的雞肉烹煮，50°C可以在1.5小時完全煮熟；70°C的烹煮可以在20分鐘完全煮熟；90°C的烹煮可以在8分鐘完全煮熟。

### 二、雞肉失水率與中心溫度

- (一) 70°C與90°C烹煮的最大失水率都接近總重25%，但是90°C在12分鐘時即接近於此失水率，70°C則需加熱至50分鐘後才會達到此失水率。
- (二) 50°C的烹煮時間即使長達90分鐘，失水率也不會超過總重5%。
- (三) 90°C烹煮中心溫度可以輕易達到70°C，70°C則需烹煮十分鐘以上才能達到較接近的67~69°C，50°C則需加熱十分鐘才能達到相近的48~50度。



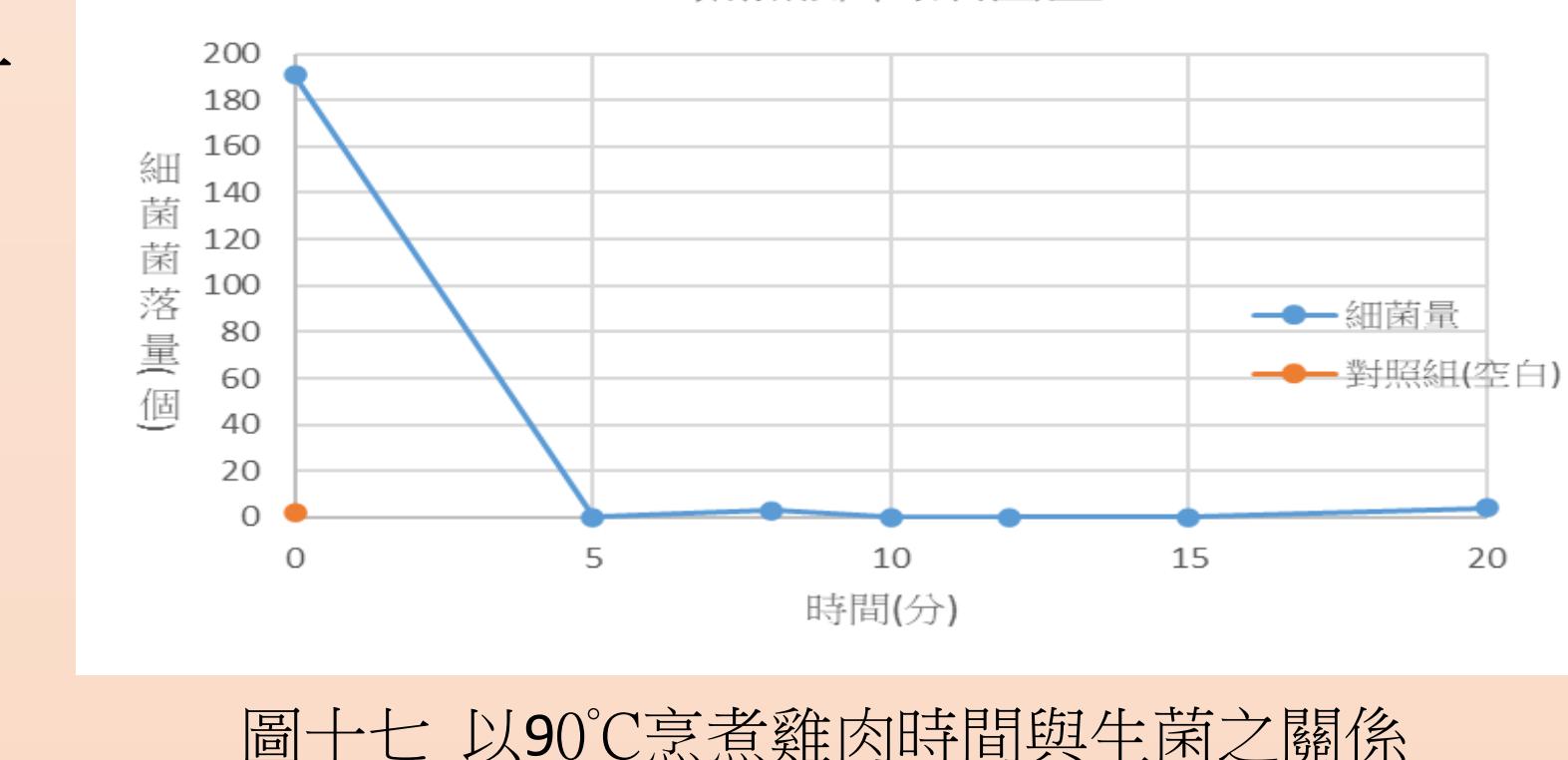
圖十四 30分鐘內以50°C烹煮雞肉時間與生菌之關係



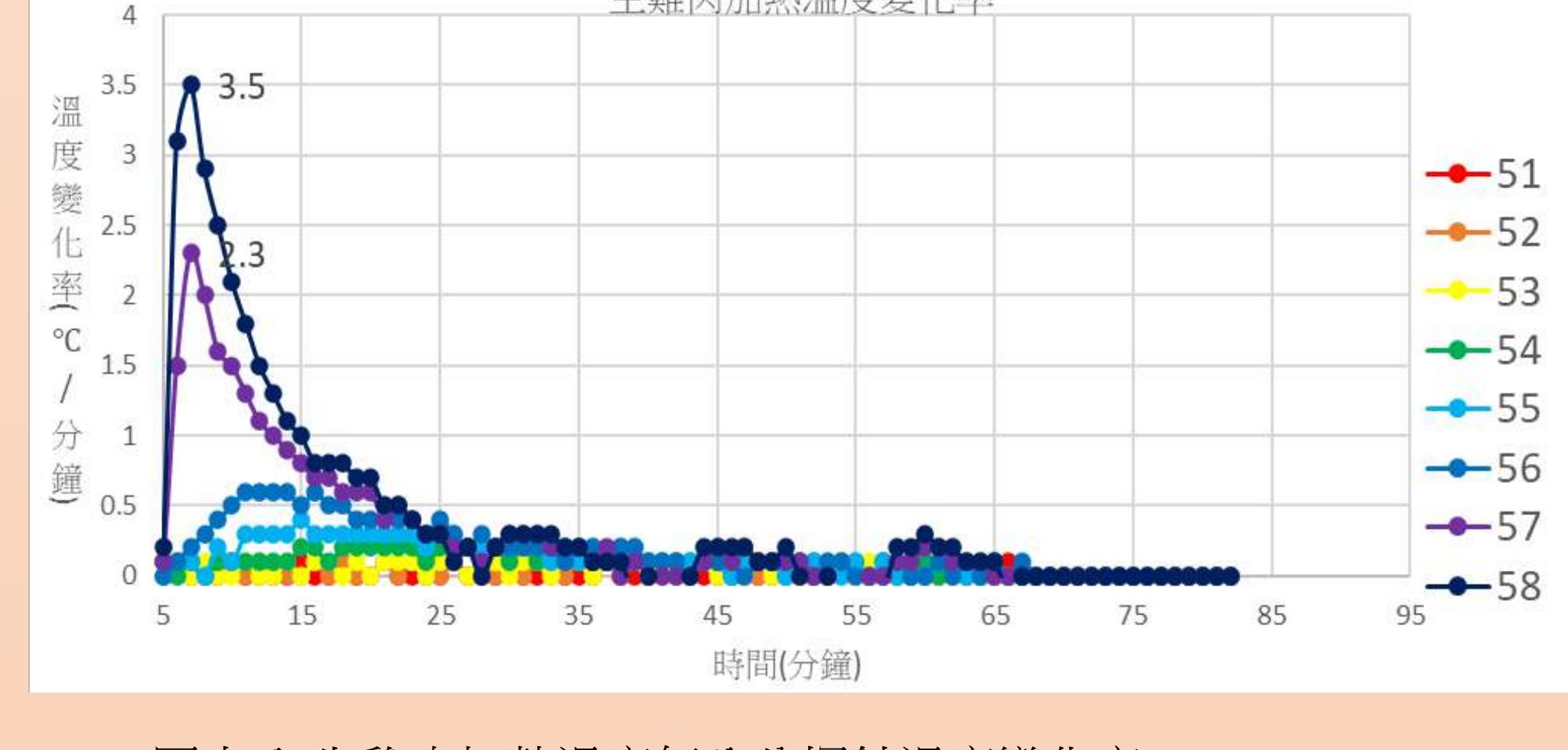
圖十五 以50°C烹煮雞肉時間與生菌之關係



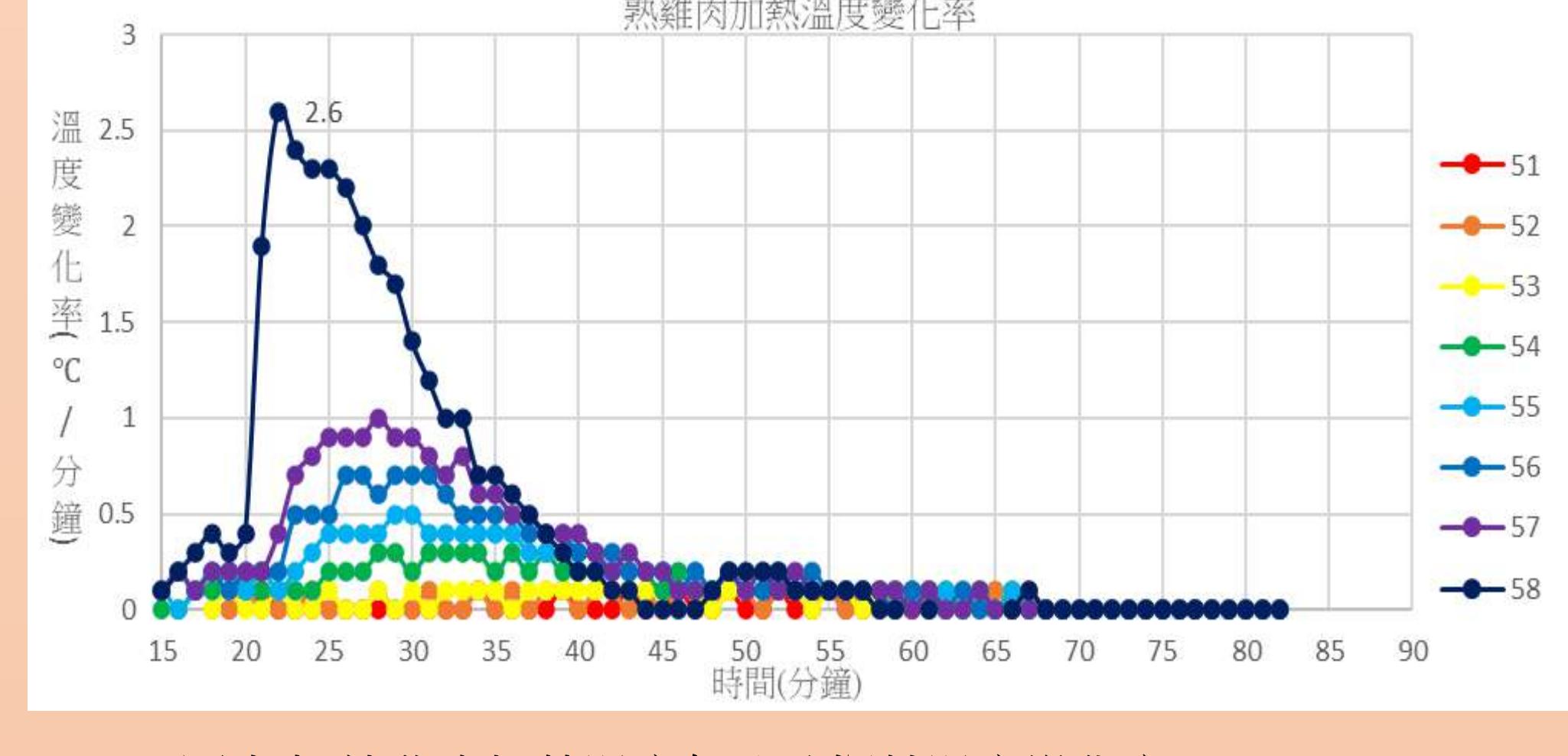
圖十六 以70°C烹煮雞肉時間與生菌之關係



圖十七 以90°C烹煮雞肉時間與生菌之關係



圖十八 生雞肉加熱溫度每公分探針溫度變化率



圖十九 熟雞肉加熱溫度每公分探針溫度變化率

### 三、不同溫度的殺菌情況

(一) 50°C的烹煮法在20分鐘可以達到滅菌的效果；70°C的烹煮法在5分鐘可以達到滅菌的效果；90°C的烹煮法在5分鐘可以達到滅菌的效果。

(二) 不論哪一種溫度烹煮都能夠有效滅菌，而不會有煮完還是生菌過高的問題，即使我們用低溫50°C的烹煮法，只要時間夠久還是能滅菌。

### 四、雞肉的熱傳導測試

我們證實生雞肉熱傳導速度高於熟雞肉。以本實驗距離熱源最近的探針相比（約0.5公分），生雞肉傳導速率約3.5°C/min，熟雞肉約2.6°C/min。

綜上所述，較低溫度烹煮可避免雞肉外部過熟內部不熟的狀態，也可以降低失水率維持口感，但需要較長時間確保雞肉均勻熟成並且避免生菌過高，50°C最佳烹煮時間為90分鐘，70°C為20分鐘，90°C為8分鐘。