

# 嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(2)(環保與民生)

組 別：國中

作品名稱：歐「麥」尬！好 Young 的！— 探討燕麥之抗氧化力及其相關研究

關 鍵 詞：燕麥、抗氧化力、氧化還原



編 號：

## 摘要

許多人注重養生常食用燕麥，燕麥也是天然的抗氧化劑，於是我們想研究燕麥的抗氧化效果。本實驗以氧化還原電位計作為測量工具，接著設計浸泡時間、質量多寡、水量多寡、顆粒大小、浸泡溫度以及溶液種類等六個變因來探討燕麥的抗氧化力。研究結果顯示燕麥短時間浸泡不具抗氧化力，但經長時間浸泡可具抗氧化力；燕麥質量以 50 公克為佳；浸泡水量多寡不直接影響抗氧化效果；研磨過的燕麥效果較佳；燕麥溶液的浸泡溫度以恆溫箱(37℃)的效果最佳，接著是室溫優於冰箱；在溶液種類上，燕麥浸泡在牛奶、咖啡、優酪乳及水中皆可具有抗氧化力。

## 壹、研究動機

近年來，人們注重養生，有些人強調運動，而有些人則是從食補著手。有天，我在學校喝著燕麥粥時，兩位好友靠過來問說：「喝燕麥有什麼好處嗎？」我說：「我也不太清楚。」我們同時低下頭，看著桌上的燕麥，心中充滿了好奇與疑惑：「燕麥究竟有什麼功效呢？」這也激起了我們對燕麥的求知欲，便上網查詢了相關資料，資料顯示燕麥可有效降低膽固醇，同時也富含膳食纖維，更具抗氧化力有助延緩衰老，是女性朋友心目中的養顏聖品。於是興發進一步探討燕麥是否具有抗氧化功能及如何食用才能將抗氧化力提升的相關研究。

## 貳、實驗目的

- 一、探討燕麥浸泡時間對其抗氧化力的影響。
- 二、探討燕麥質量多寡對其抗氧化力的影響。
- 三、探討燕麥的浸泡水量多寡對其抗氧化力之影響。
- 四、探討燕麥顆粒大小對其抗氧化力的影響。
- 五、探討燕麥浸泡溫度對其抗氧化力的影響。
- 六、探討燕麥的浸泡溶液種類對其抗氧化力之影響。

## 參、研究設備及器材

- 一、實驗材料：燕麥(圖 1)、純水、牛奶(圖 2)、優酪乳(圖 3)、咖啡(圖 4)。
- 二、實驗器具：燒杯、滴管、刮勺、保鮮膜、洗滌瓶、恆溫箱(圖 5)、研磨機(圖 6)、電子秤(圖 7)。
- 三、觀測工具：氧化還原電位計(圖 8)、測溫槍(圖 9)。



(圖 1 燕麥)



(圖 2 牛奶)



(圖 3 優酪乳)



(圖 4 咖啡)



(圖 5 恆溫箱)



(圖 6 研磨機)



(圖 7 電子秤)



(圖 8 氧化還原電位計)



(圖 9 測溫槍)

## 肆、研究過程或方法

### 一、燕麥簡介

名稱	燕麥	學名	<i>Avena sativa</i>
科學分類	植物界-被子植物門-單子葉植物綱-禾本目-禾本科-早熟禾亞科-燕麥屬-燕麥種		
形態特徵	1.一年生草本植物，根系發達，稈直立光滑。 2.葉鞘光滑或被有微毛，葉舌大，沒有葉耳，葉片扁平。 3.圓錐花序，穗軸直立或下垂，向四周開展，小穗柄彎曲下垂。 4.穎果寬大草質，外稃堅硬無毛，有或無芒；穎果腹面具有縱溝，被有稀疏茸毛；成熟時內外稃緊抱子粒，不容易分離。 5.果實形似燕子的尾羽。		
營養成分	燕麥中有 66%醣類（包括 11%的膳食纖維及 4%的燕麥 $\beta$ -葡聚醣）、7%脂肪及 17%蛋白質等。		
燕麥片簡介	本實驗所指的「燕麥」是生活中的「燕麥片」，燕麥片(oatmeal)由燕麥煮熟軟化再輾壓烘烤而成片狀。		

## 二、測量抗氧化力的方式

(一)間接碘滴定法：將含有抗氧化力的物質，滴入碘液和澱粉指示劑的混合溶液內，碘分子和待測抗氧化物質會析出碘離子，當到了碘滴定終點時顏色會由藍色變透明，但此方法適用於弱酸性，並不符合我們的實驗。

(二)直接碘滴定法：將含有抗氧化力的物質加入澱粉指示劑，再使用碘直接滴定，而待測物質與碘反應會讓碘還原回碘離子，顏色是透明無色，當待測物質與碘反應完成，剩餘的碘分子無法還原回碘離子，此為碘滴定終點，屆時滴入澱粉指示劑會與碘反應，顏色會變成藍色，此法常用來測定維生素 C 的含量，故也不適用於本實驗。

(三)高錳酸鉀滴定法：高錳酸鉀在強酸溶液中氧化力最強，故此方法多用於強酸性溶液中，但仍不是本實驗需要的測量方法。

(四) TWINNO ORP30 氧化還原電位計：TWINNO ORP30 氧化還原電位計用來測量溶液的氧化還原電位(mV)，若數值為正，代表它具氧化力，反之若數值為負，則代表其有抗氧化力，且未特別限制酸鹼性環境下使用，正好符合我們的實驗所需，故選擇使用氧化還原電位計來測量本實驗數值。

## 三、燕麥溶液的各種變因製作方法

(一) 浸泡時間：將 50 公克燕麥倒入 150 公克水中，每隔一小時測量數值並加以記錄。

(二) 燕麥質量：將不同質量的燕麥與相同水量配製成燕麥溶液(圖 10)，配製數據如表 1。以電子秤量出預定質量的燕麥片及水量，將配製成的燕麥溶液，經過相同浸泡時間後，觀測燕麥溶液的氧化還原電位。



(圖 10 不同質量的燕麥與相同水量配製成燕麥溶液)



表 1 配製不同質量燕麥與相同水量的燕麥溶液

	溶液 1	溶液 2	溶液 3	溶液 4
燕麥質量(公克)	25	50	75	100
水的質量(公克)	150	150	150	150

(三) 水量多寡：將不同質量的水與相同質量燕麥配製成燕麥溶液(圖 11)，配製數據如表 2。

以電子秤量出預定質量的水量及燕麥，將配製成的燕麥溶液，經過相同浸泡時間後，觀測燕麥溶液的氧化還原電位。



(圖 11 不同質量的水與相同質量的燕麥配製成燕麥溶液)

表 2 配製不同質量的水與相同質量燕麥的燕麥溶液

	溶液 1	溶液 2	溶液 3	溶液 4
燕麥質量(公克)	50	50	50	50
水的質量(公克)	150	200	250	300

(四) 顆粒大小：將燕麥各別秤量出三杯 50 公克後，分別將其研磨成細(標示為顆粒細，大小約為 0.95mm)、略細(標示為顆粒中，大小約為 3.53mm)及不研磨(標示為顆粒粗，大小約為 9.09mm)(圖 12 至圖 14)，將上述三杯燕麥各與 150 公克水配製成燕麥溶液，經過相同浸泡時間後，觀測燕麥溶液的氧化還原電位。



(圖 12 顆粒細)



(圖 13 顆粒中)



(圖 14 顆粒粗)

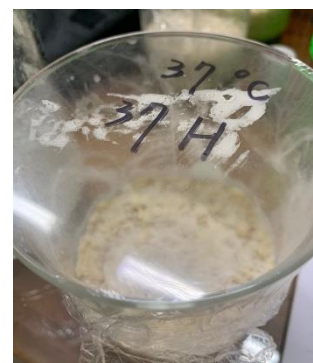
(五) 浸泡溫度：將秤量出的三杯 50 公克燕麥與 150 公克水配製成燕麥溶液，將此三杯溶液分別置於不同溫度的環境：冰箱(約 5.6~6.1°C)、室溫(約 24.1°C)、恆溫箱(約 36.0~36.8°C)；在相同時間後，觀測在不同溫度下的燕麥溶液之氧化還原電位(圖 15 至圖 17)。



(圖 15 燕麥溶液在冰箱)



(圖 16 燕麥溶液在室溫下)

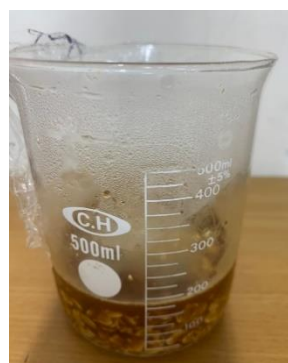


(圖 17 燕麥溶液在恆溫箱)

(六) 溶液種類：因日常生活中，一般人常將燕麥搭配各式飲品，於是我們將燕麥除了浸泡於水中外，還有其他三種溶液中，分別為：牛奶、咖啡、優酪乳(如圖 18 至圖 20)。將 50 公克燕麥分別浸泡於 150 公克的四種溶液中，放置相同時間後，觀測燕麥溶液的氧化還原電位，藉以判斷其抗氧化效果。



(圖 18 牛奶)



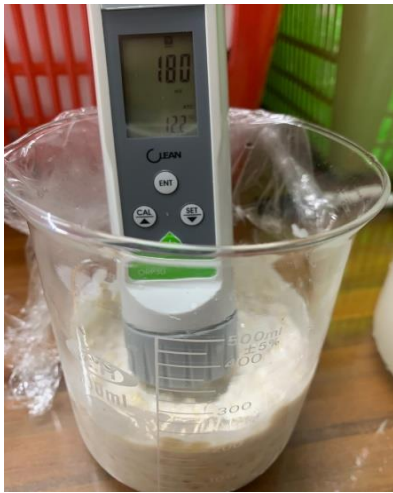
(圖 19 咖啡)



(圖 20 優酪乳)

#### 四、氧化還原電位計測量過程

將 TWINNO ORP30 氧化還原電位計的測量端放入燕麥溶液中，等待氧化還原電位數值顯示(圖 21)後，記錄於實驗紀錄本的表格，再將燕麥溶液攪拌(或拿離溶液水面)使數值跳離定值，再放入待測溶液中進行第二次數值測量，以此重複觀測步驟至第三次數值測量，並將此三次測量數值取平均值作為實驗數據，最後將 TWINNO ORP30 氧化還原電位計以清水清洗後(圖 22)，以相同流程繼續測量其他溶液的實驗數值。



(圖 21 氧化還原電位計之使用)



(圖 22 氧化還原電位計之清洗)

## 伍、實驗結果

### 一、浸泡時間對燕麥溶液抗氧化力的影響

控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆盛裝燕麥容器(500ml 燒杯)</li> <li>◆燕麥的質量(50 公克)</li> <li>◆浸泡燕麥的水量(150 公克)</li> <li>◆燕麥溶液浸泡溫度(室溫)</li> <li>◆燕麥浸泡的溶液種類(水)</li> <li>◆燕麥的顆粒大小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆燕麥浸泡時間</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆燕麥溶液的 氧化還原電位數值</li> </ul>

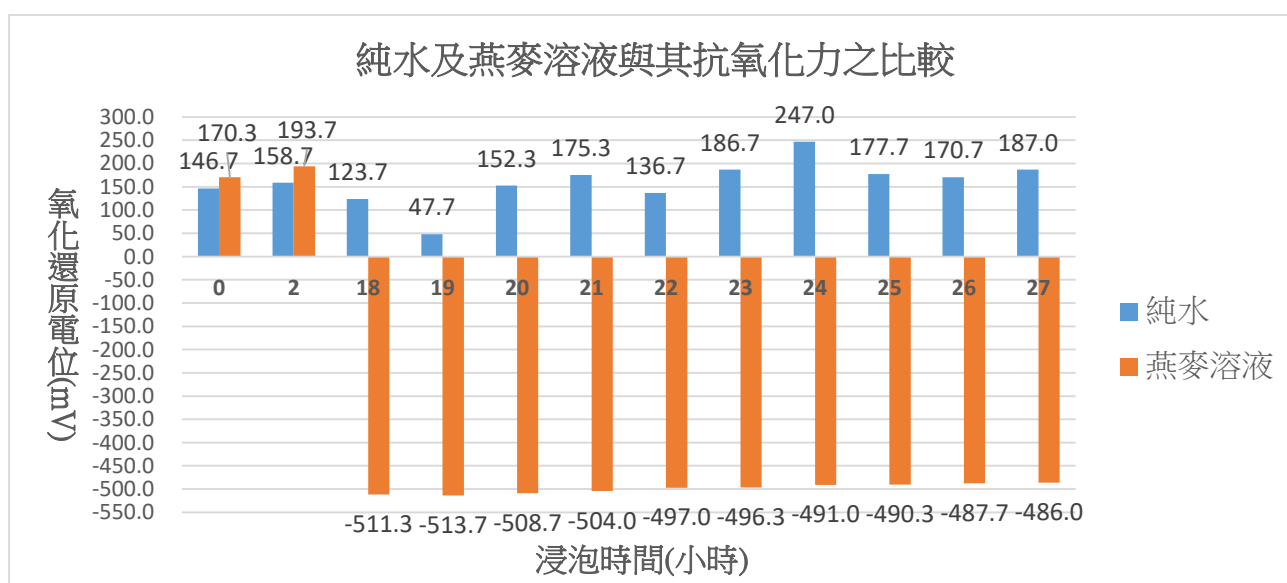
將配製的燕麥溶液(50 公克燕麥加入 150 公克水中)浸泡 27.5 個小時，期間每一小時量測一次，如表 3。我們發現 50 公克燕麥在 150 公克的水中浸泡 19.5 個小時後，其氧化還原電位值為-319.7mV，氧化還原電位達負值，表示此時的燕麥溶液具有抗氧化力；在浸泡 21.5 個小時後氧化還原電位值達-470.7mV；而在浸泡 22.5 至 27.5 個小時的氧化還原電位則在-491.7~-500.3mV 間變化。

另外我們做了純水及燕麥溶液的浸泡時間對抗氧化力之比較(圖 23)。從實驗結果發現，50 公克燕麥在 150 公克水中浸泡 18 個小時後，其氧化還原電位為-511.3mV，且此後皆達負值，表示燕麥溶液具有抗氧化力；但純水隨著時間並未具負值的氧化還原電位，故可知抗氧化力是燕麥浸泡其中所致。



表 3 浸泡時間長短對燕麥溶液之氧化還原電位結果

浸泡時間 (時間長短/時間)	氧化還原電位實驗數據(mV)			平均氧化還原電位(mV)
第 0 個小時 (1230)	148	142	146	145.3
第 1 個小時 (1330)	146	149	148	147.7
第 1.5 個小時(1400)	178	171	168	172.3
第 2.5 個小時(1500)	188	185	180	184.3
第 3.5 個小時(1600)	194	189	189	190.7
第 4.5 個小時(1700)	213	203	197	204.3
第 5.5 個小時(1800)	219	204	197	206.7
第 19.5 個小時(0800)	-362	-300	-297	-319.7
第 20.5 個小時(0900)	-376	-342	-465	-394.3
第 21.5 個小時(1000)	-465	-478	-469	-470.7
第 22.5 個小時(1100)	-496	-492	-487	-491.7
第 23.5 個小時(1200)	-496	-493	-490	-493.0
第 24.5 個小時(1300)	-496	-495	-494	-495.0
第 25.5 個小時(1400)	-499	-498	-496	-497.7
第 26.5 個小時(1500)	-501	-499	-503	-501.0
第 27.5 個小時(1600)	-497	-501	-503	-500.3

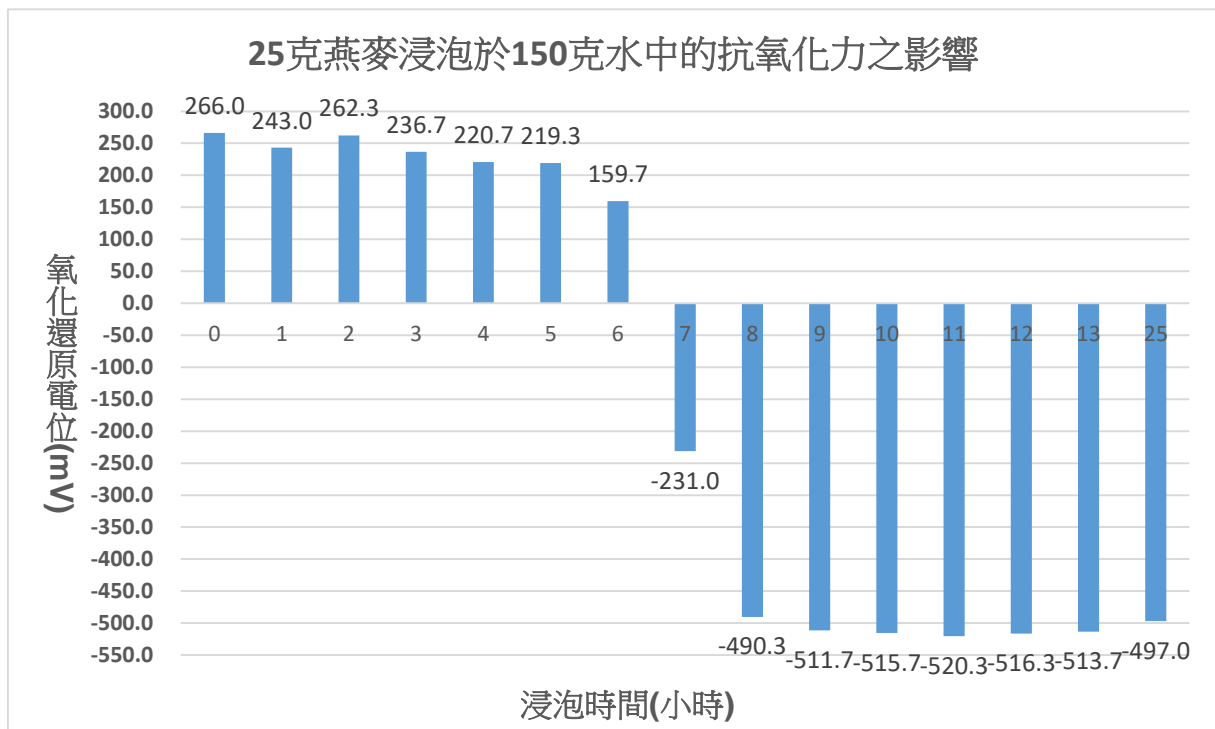


(圖 23 純水及燕麥溶液與其抗氧化力之比較)

## 二、燕麥質量多寡對燕麥溶液抗氧化力的影響

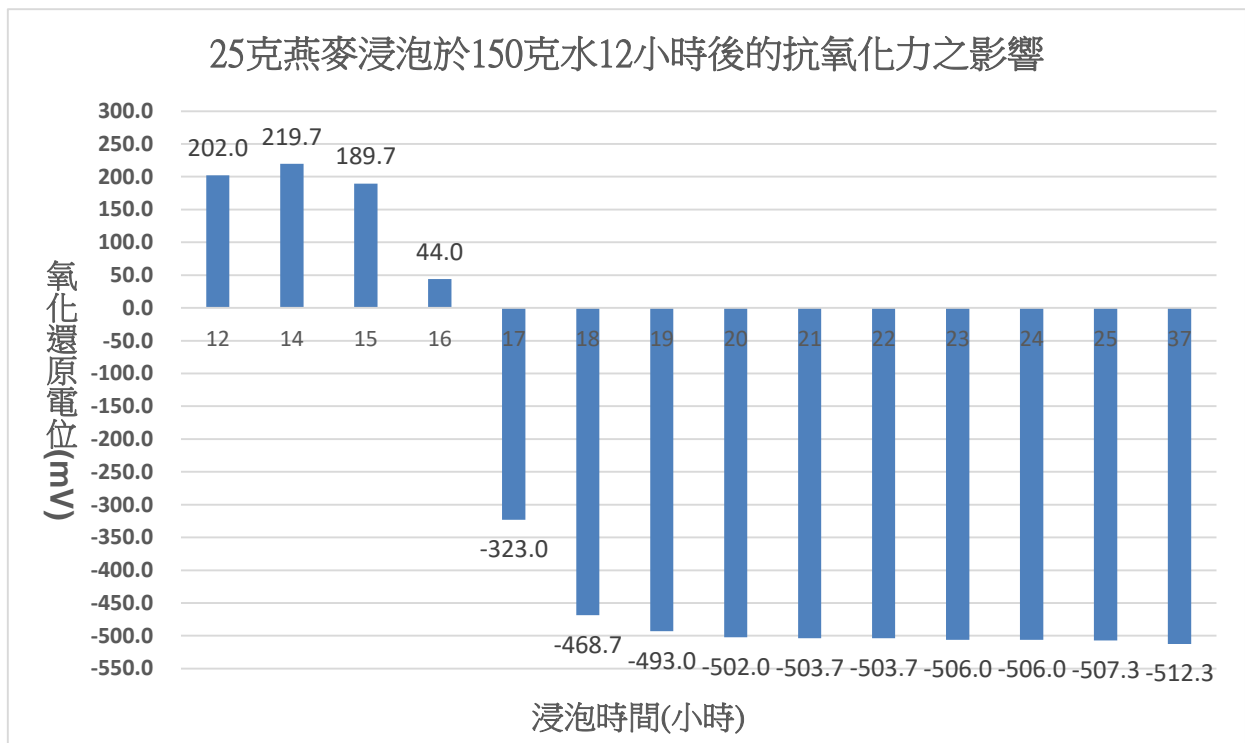
控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆盛裝燕麥的容器(500ml 燒杯)</li> <li>◆浸泡的燕麥水量(150 公克)</li> <li>◆燕麥溶液浸泡溫度(室溫)</li> <li>◆浸泡燕麥的溶液種類(水)</li> <li>◆燕麥的顆粒大小</li> </ul>	◆燕麥的質量	◆燕麥溶液的 氧化還原電位數值

將實驗測量分為兩階段，第一階段浸泡 0 ~25 個小時，第二階段是浸泡 12 ~37 個小時，由第一階段實驗結果得知，將 25 公克燕麥浸泡於 150 公克水中，其氧化還原電位在浸泡 6 個小時內維持在 159.7~266.0mV，在浸泡第 7 個小時其氧化還原電位降至-231.0mV，此時達負值表示具抗氧化效果；浸泡 8 至 25 個小時的氧化還原電位在-520.3mV 至-490.3mV 間變化(圖 24)。



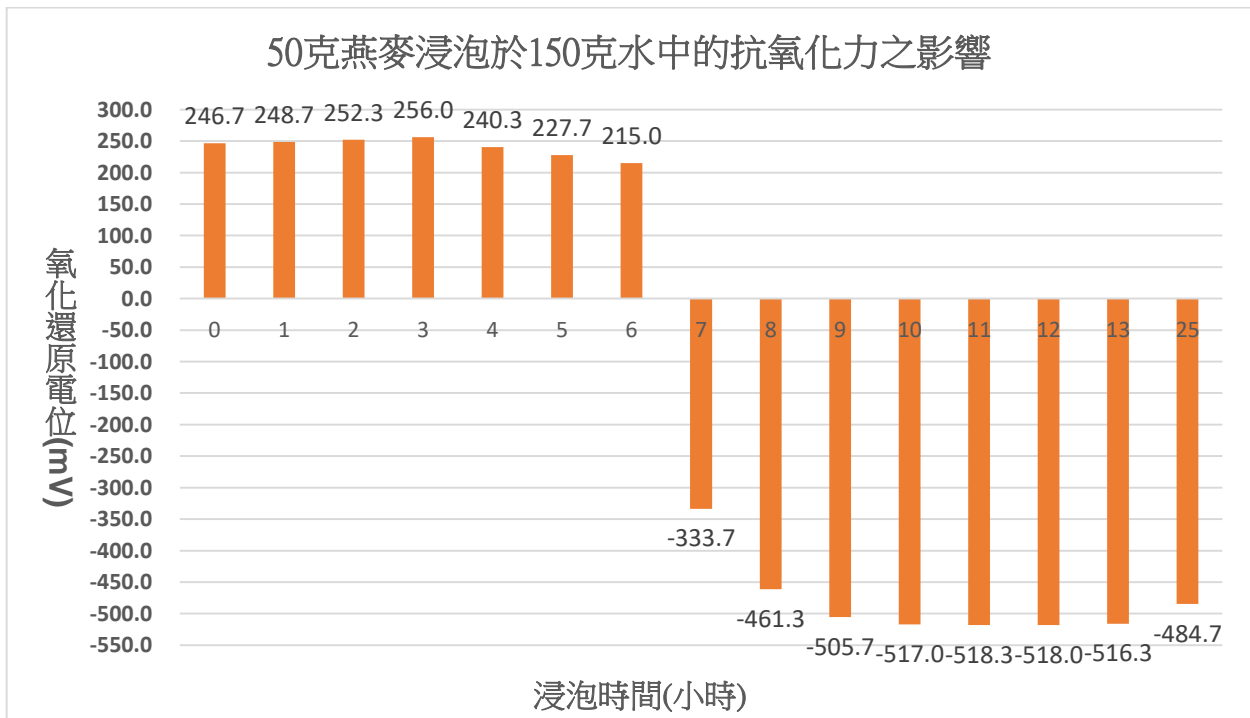
(圖 24 燕麥 25g 浸泡於 150g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

第二階段實驗的燕麥溶液在浸泡 17 個小時前其氧化還原電位在 44.0~219.7mV 間；在浸泡 17 個小時後氧化還原電位降至-323.0mV，達負值表示具抗氧化效果；浸泡 18 至 37 個小時的氧化還原電位在-512.3mV 至-468.7mV 間變化(圖 25)。



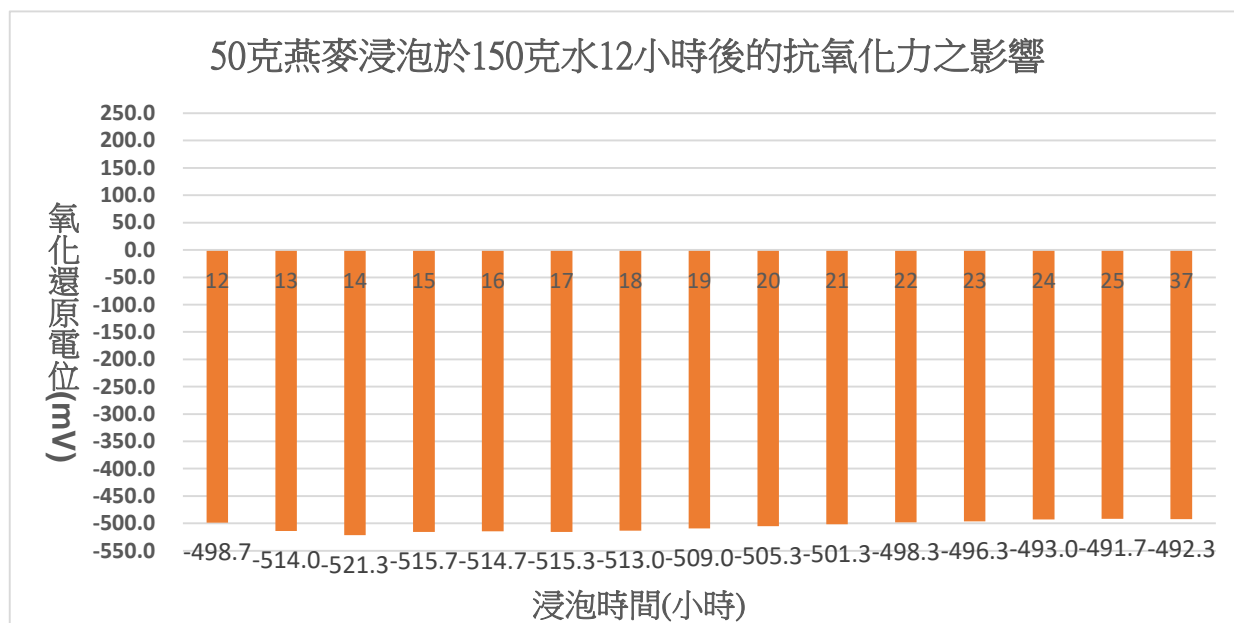
(圖 25 燕麥 25g 浸泡於 150g 水中 12 小時後的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

將 50 公克燕麥浸泡於 150 公克水中，由第一階段實驗得知，其氧化還原電位在浸泡 7 個小時前維持在 215.0~256.0m V；在浸泡第 7 個小時其氧化還原電位降至-333.7mV，達負值表示具抗氧化效果；浸泡 8 至 25 個小時的氧化還原電位在-518.3mV 至-461.3mV(圖 26)。



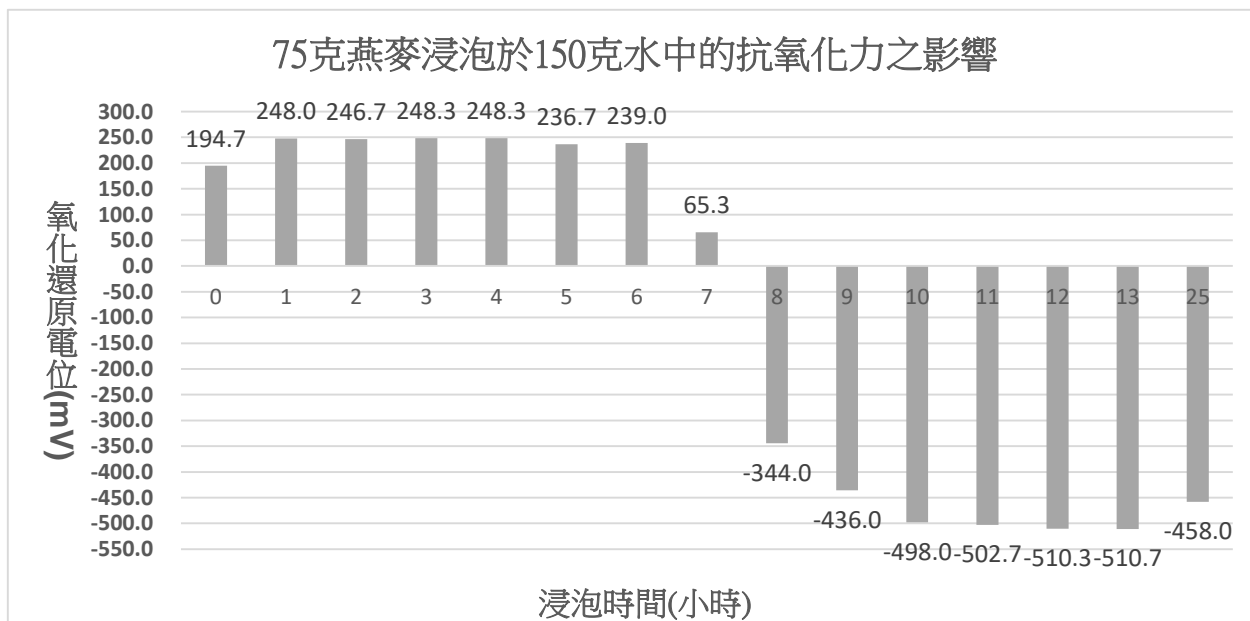
(圖 26 燕麥 50g 浸泡於 150g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

而第二階段實驗 50 公克燕麥浸泡於 150 公克水中時，發現燕麥溶液的氧化還原電位在第 12 個小時約在-498.7mV 左右，此時達負值表示具有抗氧化效果，在浸泡 13 至 37 個小時的氧化還原電位在-521.3 mV 至-491.7mV 間變化(圖 27)。



(圖 27 燕麥 50g 浸泡於 150g 水中 12 小時後的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

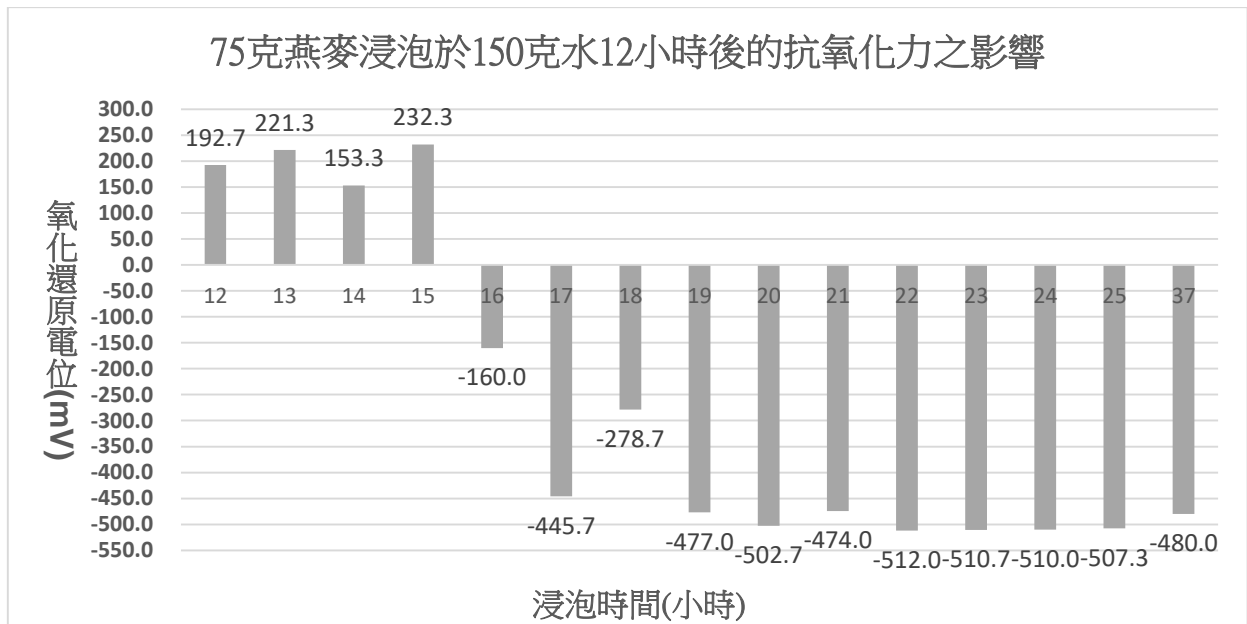
將 75 公克燕麥浸泡於 150 水中，由第一階段實驗結果得知，其氧化還原電位在浸泡 7 個小時內在 65.3~248.3m V 間變化；在浸泡第 8 個小時其氧化還原電位降至-344.0mV，達負值表示具抗氧化效果；在浸泡 9 至 25 個小時的氧化還原電位在-510.7mV 至-436.0mV(圖 28)。



(圖 28 燕麥 75g 浸泡於 150g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

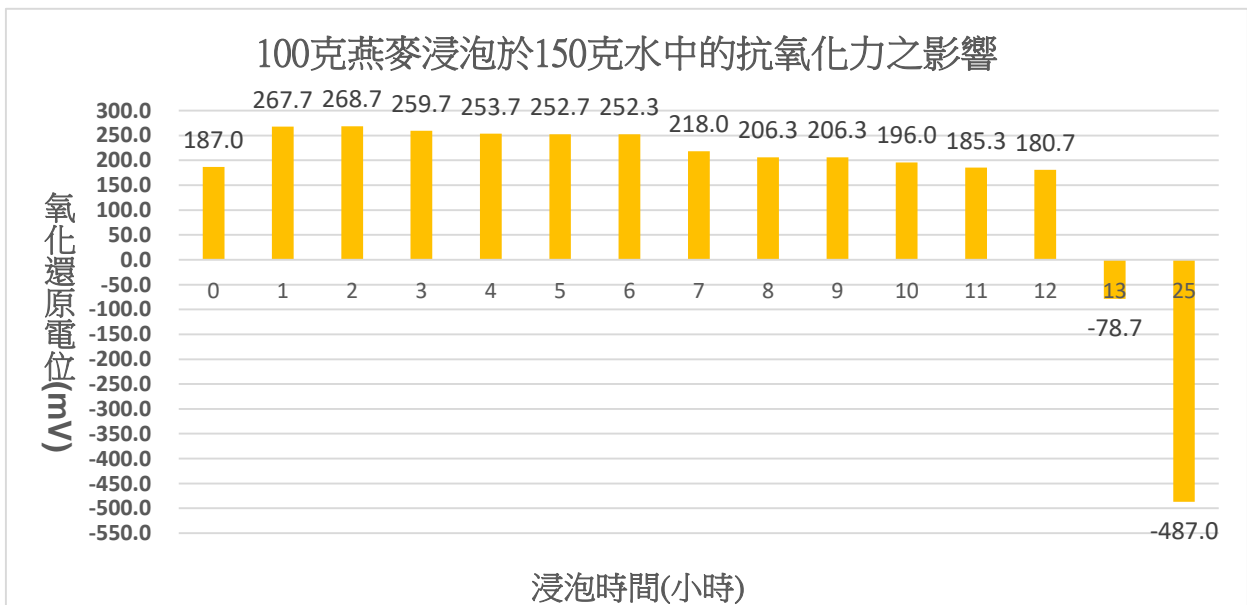


第二階段將 75 公克燕麥浸泡 150 公克水中，發現在燕麥溶液的氧化還原電位在 15 個小時內維持在 153.3~232.3mV；在浸泡第 16 個小時的氧化還原電位降至-160.0mV，此時達負值表具有抗氧化力；在浸泡 17 至 37 個小時的氧化還原電位在-512.0~-278.7mV 間變化(圖 29)。



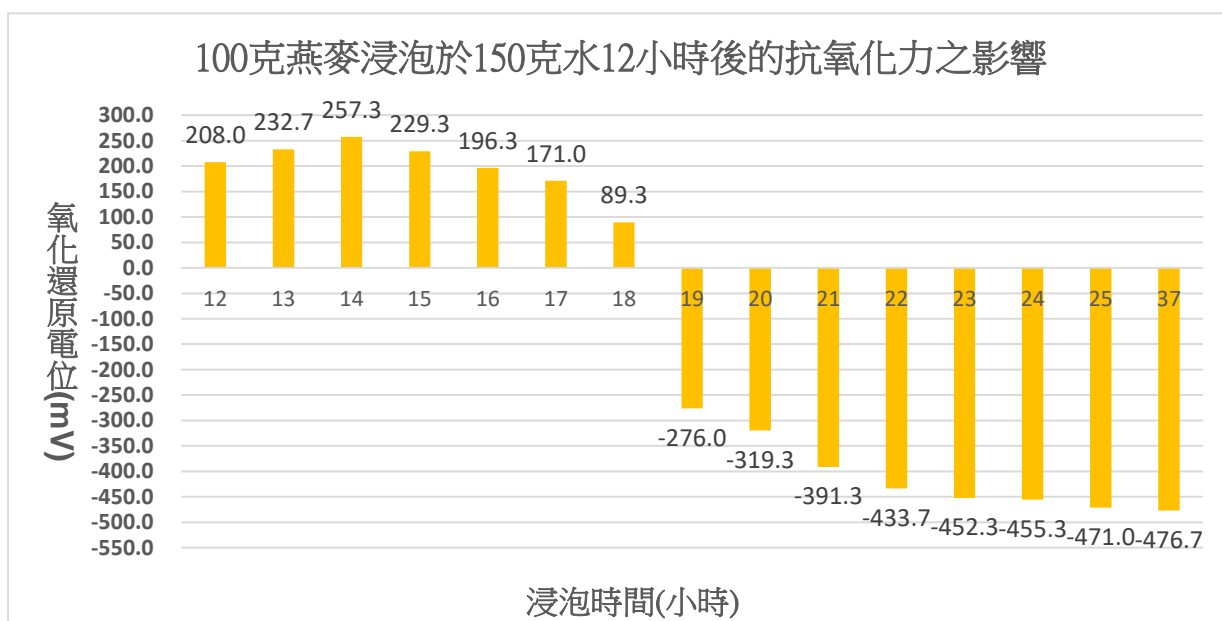
(圖 29 燕麥 75g 浸泡於 150g 水中 12 小時後的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

將 100 公克燕麥浸泡於 150 公克水中的第一階段實驗，其氧化還原電位在浸泡 12 個小時內維持在 180.7~268.7mV；而在浸泡第 13 個小時其氧化還原電位降至-78.7mV，達負值表示具抗氧化效果；浸泡至第 25 個小時其氧化還原電位為-487.0mV (圖 30)。



(圖 30 燕麥 100g 浸泡於 150g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

第二階段將 100 公克燕麥浸泡 150 公克水中，發現燕麥溶液的氧化還原電位在 18 個小時內維持 89.3~257.3mV；在浸泡第 19 個小時其氧化還原電位降至- 276.0mV，此時達負值表示具有抗氧化力；在浸泡 20 至 37 個小時的氧化還原電位在-476.7~-319.3mV 間變化(圖 31)。

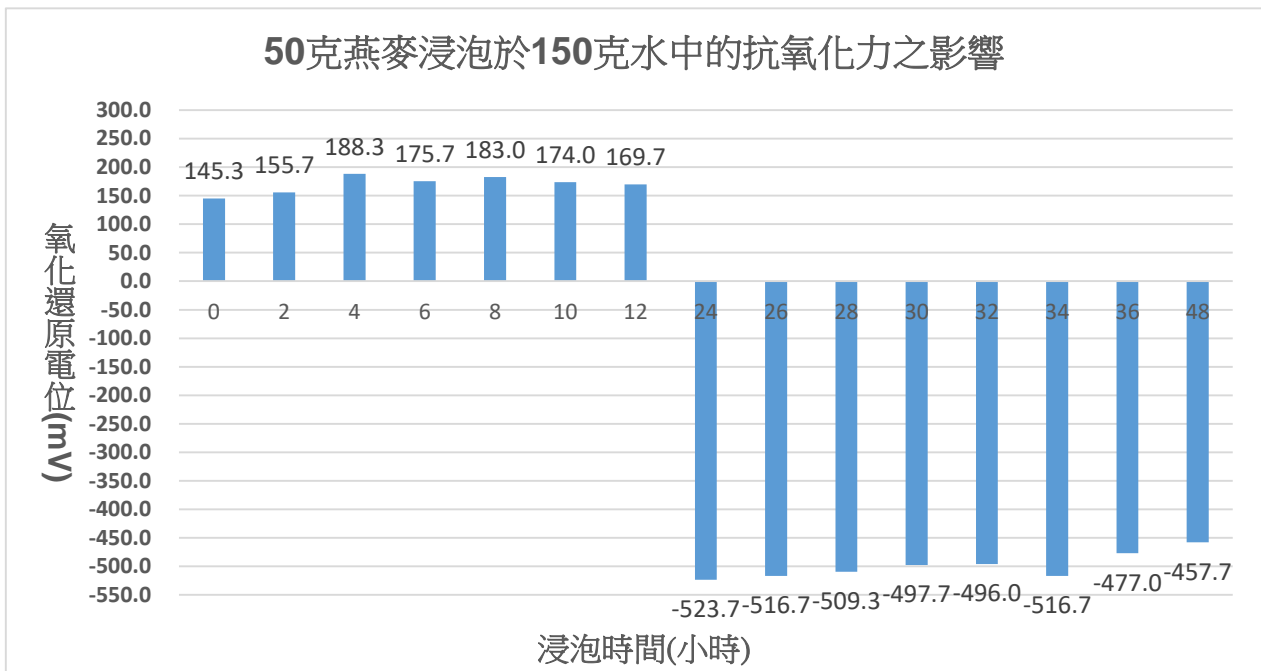


(圖 31 燕麥 100g 浸泡於 150g 水中 12 小時後的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

### 三、水量多寡對燕麥溶液抗氧化力的影響

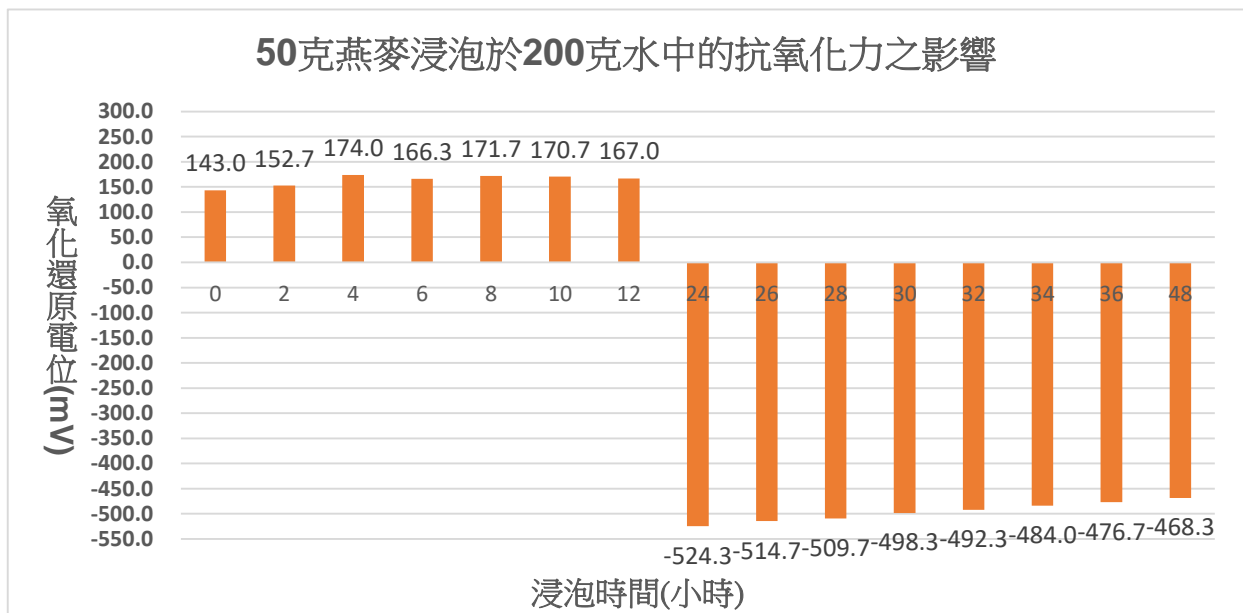
控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆盛裝燕麥的容器(500ml 燒杯)</li> <li>◆燕麥的質量(50 公克)</li> <li>◆燕麥溶液浸泡溫度(室溫)</li> <li>◆浸泡燕麥的溶液種類(水)</li> <li>◆燕麥的顆粒大小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆水的質量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆燕麥溶液的 氧化還原電位數值</li> </ul>

由實驗結果得知，將 50 公克燕麥浸泡於 150 公克水中，其氧化還原電位在浸泡 12 個小時內維持在 145.3~188.3mV；在浸泡第 24 個小時其氧化還原電位降至-523.7mV，達負值表示具抗氧化效果；浸泡 24 至 48 個小時的氧化還原電位在-523.7~-457.7mV 間變化(圖 32)。



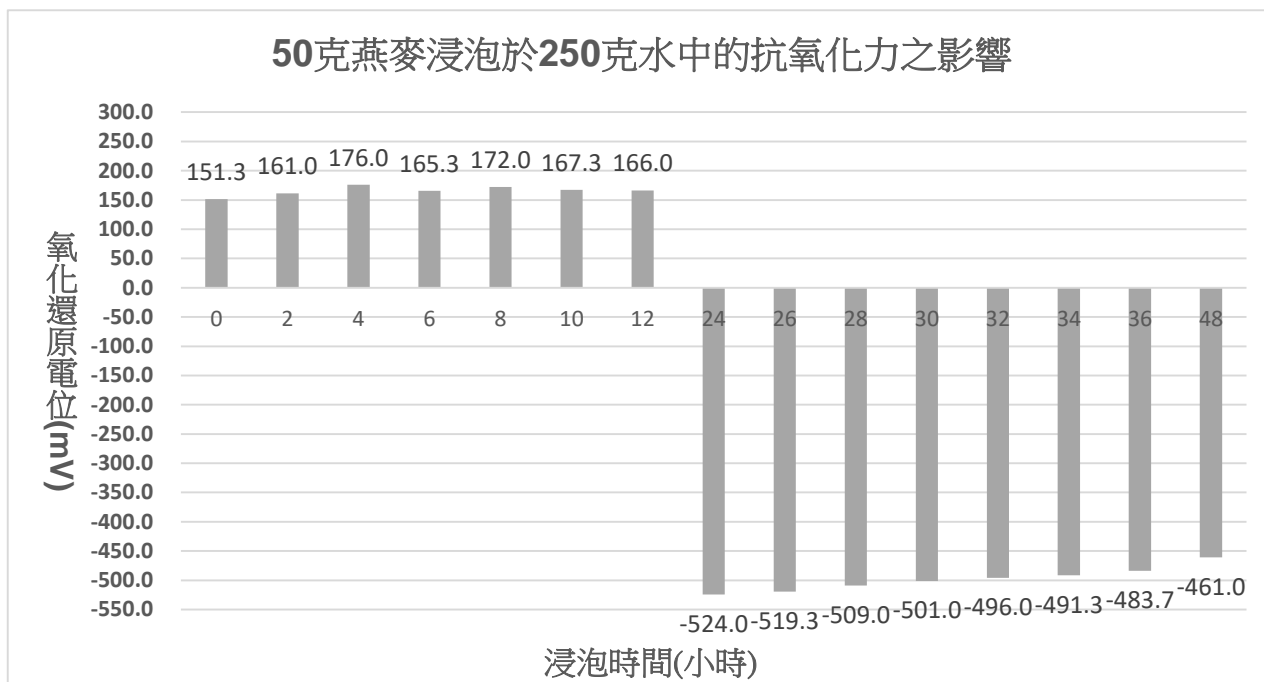
(圖 32 燕麥 50g 浸泡於 150g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

50 公克燕麥浸泡 200 公克水中時，發現燕麥溶液的氧化還原電位在浸泡 12 個小時內維持在 143.0~174.0mV；在浸泡第 24 個小時其氧化還原電位降至-524.3mV，達負值表示具抗氧化效果；浸泡 24 至 48 個小時的氧化還原電位在-524.3mV 至-468.3mV 間變化(圖 33)。



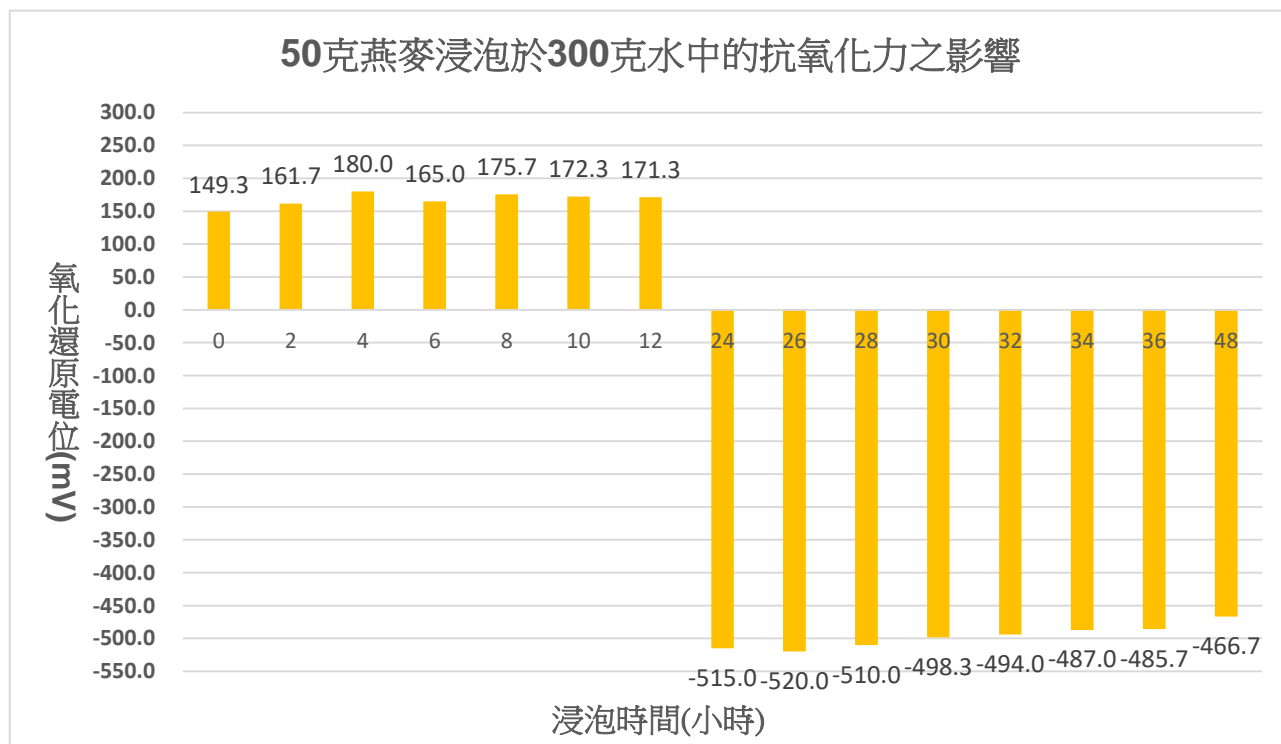
(圖 33 燕麥 50g 浸泡於 200g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

將 50 公克燕麥浸泡 250 公克水中，發現在燕麥溶液的氧化還原電位在 12 個小時內維持在 151.3~176.0mV；在浸泡第 24 個小時其氧化還原電位降至-524.0mV，此時達負值表示具有抗氧化力；在浸泡 24 個小時至 48 個小時的氧化還原電位在-524.0~-461.0mV 間變化 (圖 34)。



(圖 34 燕麥 50g 浸泡於 250g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)

將 50 公克燕麥浸泡 300 公克水中，發現在燕麥溶液的氧化還原電位在 12 個小時內維持在 149.3~180.0mV；在浸泡第 24 個小時其氧化還原電位降至-515.0mV，此時達負值表示具有抗氧化力；在浸泡 24 個小時至 48 個小時的氧化還原電位在-520.0~-466.7mV 間變化(圖 35)。



(圖 35 燕麥 50g 浸泡於 300g 水中的氧化還原電位對浸泡時間之關係圖)



#### 四、燕麥顆粒大小對其抗氧化力的影響

控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆盛裝燕麥的容器(500ml 燒杯)</li> <li>◆燕麥的質量(50 公克)</li> <li>◆浸泡燕麥的水量(150 公克)</li> <li>◆燕麥溶液浸泡溫度(室溫)</li> <li>◆燕麥浸泡的溶液種類(水)</li> </ul>	◆燕麥的顆粒大小	◆燕麥溶液的 氧化還原電位數值

先取兩杯 50 公克燕麥分別研磨成細、中兩種顆粒大小，而另一杯是未研磨的燕麥為顆粒粗，將此三杯 50 公克的燕麥分別放入 150 公克的水中浸泡，結果如表 4。我們發現顆粒細及顆粒中的燕麥溶液在浸泡 12 個小時後的氧化還原電位皆達負值，表具抗氧化力，其氧化還原電位分別為-97.3mV 及 -348.7mV。在浸泡 12 個小時後發現，顆粒細的燕麥溶液其氧化還原電位約在-520.3~-97.3mV 間變化，而顆粒中的燕麥溶液其氧化還原電位在-520.0~-348.7mV 間變化；而顆粒粗(未研磨)的燕麥溶液在浸泡 24 個小時後出現負值，當時的氧化還原電位為 -525.0mV，且在其後氧化還原電位在-525.0~-483.7 mV 間。

表 4 燕麥顆粒大小對燕麥溶液之氧化還原電位結果

浸泡時間 (時間長短/時間)	顆粒細				顆粒中				顆粒粗			
	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均 電位 (mV)	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均 電位 (mV)	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均 電位 (mV)
第 0 個小時(08)	169	163	162	<b>164.7</b>	180	169	164	<b>171.0</b>	179	171	179	<b>176.3</b>
第 2 個小時(10)	168	165	161	<b>164.7</b>	167	164	161	<b>164.0</b>	177	170	166	<b>171.0</b>
第 4 個小時(12)	169	166	168	<b>167.7</b>	167	164	163	<b>164.7</b>	189	180	172	<b>180.3</b>
第 6 個小時(14)	137	140	146	<b>141.0</b>	189	185	185	<b>186.3</b>	219	216	200	<b>211.7</b>
第 8 個小時(16)	172	168	169	<b>169.7</b>	174	149	147	<b>156.7</b>	198	193	190	<b>193.7</b>
第 10 個小時(18)	140	140	156	<b>145.3</b>	158	148	140	<b>148.7</b>	195	192	189	<b>192.0</b>
第 12 個小時(20)	-141	-88	-63	<b>-97.3</b>	-342	-349	-355	<b>-348.7</b>	187	178	174	<b>179.7</b>
第 24 個小時(08)	-523	-518	-520	<b>-520.3</b>	-518	-521	-521	<b>-520.0</b>	-547	-515	-513	<b>-525.0</b>
第 26 個小時(10)	-524	-520	-517	<b>-520.3</b>	-503	-503	-504	<b>-503.3</b>	-508	-505	-506	<b>-506.3</b>
第 28 個小時(12)	-496	-494	-495	<b>-495.0</b>	-497	-493	-496	<b>-495.3</b>	-494	-494	-496	<b>-494.7</b>
第 30 個小時(14)	-495	-493	-491	<b>-493.0</b>	-494	-489	-491	<b>-491.3</b>	-498	-507	-495	<b>-500.0</b>
第 32 個小時(16)	-483	-487	-487	<b>-485.7</b>	-484	-481	-478	<b>-481.0</b>	-487	-487	-489	<b>-487.7</b>
第 34 個小時(18)	-483	-483	-484	<b>-483.3</b>	-479	-476	-479	<b>-478.0</b>	-486	-488	-488	<b>-487.3</b>
第 36 個小時(20)	-479	-480	-478	<b>-479.0</b>	-479	-476	-479	<b>-478.0</b>	-483	-485	-485	<b>-484.3</b>
第 48 個小時(08)	-479	-483	-481	<b>-481.0</b>	-473	-477	-471	<b>-473.7</b>	-483	-484	-484	<b>-483.7</b>

## 五、燕麥浸泡溫度對其抗氧化力的影響

控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆盛裝燕麥的容器(500ml 燒杯)</li> <li>◆燕麥的質量(50 公克)</li> <li>◆浸泡燕麥的水量(150 公克)</li> <li>◆燕麥浸泡的溶液種類(水)</li> <li>◆燕麥的顆粒大小</li> </ul>	◆燕麥的浸泡溫度	◆燕麥溶液的 氧化還原電位數值

各將 50 公克燕麥加入三杯 150 公克水中浸泡，分別置於冰箱(約 5.6~6.1°C)、室溫(約 24.1°C)、恆溫箱(約 36.0~36.8°C)，實驗結果如表 5、表 6。

表 5 浸泡溫度對燕麥溶液之氧化還原電位結果

浸泡時間 (時間長短/時間)	室溫				冰箱				恆溫箱			
	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均氧 化還原 電位 (mV)	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均氧 化還原 電位 (mV)	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均氧 化還原 電位 (mV)
第 0 個小時(08)	206	199	194	199.7	190	182	188	186.7	180	171	172	174.3
第 2 個小時(10)	194	184	179	185.7	191	196	193	193.3	175	165	160	166.7
第 4 個小時(12)	189	183	175	182.3	186	189	190	188.3	171	164	160	165.0
第 6 個小時(14)	192	184	181	185.7	190	194	192	192.0	145	135	130	136.7
第 8 個小時(16)	205	199	193	199.0	209	209	206	208.0	-516	-517	-518	-517.0
第 10 個小時(18)	-391	-394	-397	-394.0	130	131	119	126.7	-500	-496	-493	-496.3
第 11 個小時(19)	-509	-512	-516	-512.3	196	200	202	199.3	-476	-476	-479	-477.0
第 24 個小時(08)	-502	-509	-502	-504.3	123	117	109	116.3	-473	-476	-467	-472.0
第 26 個小時(10)	-477	-480	-502	-486.3	72	78	81	77.0	-473	-472	-479	-474.7
第 28 個小時(12)	-526	-475	-556	-519.0	-39	16	46	7.7	-467	-472	-476	-471.7
第 30 個小時(14)	-487	-489	-487	-487.7	-10	36	39	21.7	-472	-499	-474	-481.7
第 32 個小時(16)	-472	-480	-480	-477.3	101	96	83	93.3	-469	-474	-477	-473.3
第 34 個小時(18)	-484	-486	-485	-485.0	156	148	142	148.7	-485	-488	-486	-486.3
第 36 個小時(20)	-481	-484	-479	-481.3	124	129	133	128.7	-483	-482	-480	-481.7
第 48 個小時(08)	-496	-499	-523	-506.0	125	119	87	110.3	-488	-489	-492	-489.7

表 6 浸泡溫度對燕麥溶液(先浸泡 12 小時)之氧化還原電位結果

浸泡時間 (時間長短/時間)	室溫				冰箱				恆溫箱			
	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均氧 化還原 電位 (mV)	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均氧 化還原 電位 (mV)	氧化還原電位 實驗數據(mV)			平均氧 化還原 電位 (mV)
第 0 個小時(19)	219	222	222	221.0	248	247	249	248.0	211	207	201	206.3
第 1 個小時(20)	217	216	212	215.0	225	218	224	222.3	179	177	176	177.3
第 13 個小時(08)	-486	-488	-484	-486.0	73	96	119	96.0	-480	-481	-482	-481.0
第 15 個小時(10)	-487	-485	-481	-484.3	56	65	135	85.3	-543	-528	-490	-520.3
第 17 個小時(12)	-484	-483	-485	-484.0	91	97	102	96.7	-491	-488	-488	-489.0
第 19 個小時(14)	-462	-473	-476	-470.3	60	47	69	58.7	-501	-521	-497	-506.3
第 21 個小時(16)	-473	-472	-473	-472.7	146	149	151	148.7	-493	-496	-493	-494.0
第 23 個小時(18)	-479	-475	-475	-476.3	172	179	183	178.0	-486	-489	-495	-490.0
第 25 個小時(20)	-476	-475	-475	-475.3	169	172	176	172.3	-498	-499	-493	-496.7
第 37 個小時(08)	-495	-510	-519	-508.0	180	175	171	175.3	-456	-478	-483	-472.3

我們發現室溫下的燕麥溶液經過 10 小時後氧化還原電位為-394.0mV，此時達負值，表示具有抗氧化力，浸泡 10 至 48 小時的氧化還原電位在-519.0mV 至-394.0mV 間變化，達負值表示具有抗氧化力；而事先浸泡 12 小時的燕麥溶液則是在第 13 小時達到負值，氧化還原電位為-486.0 mV，浸泡 13 至 37 小時的氧化還原電位在-508.0mV 至-470.3mV 間變化。在恆溫箱內的燕麥溶液於實驗時間的第 8 個小時氧化還原電位為-517.0mV，此時達負值，表示具有抗氧化力，浸泡 8 至 48 小時的氧化還原電位在-517.0mV 至-471.7mV 間變化；而事先浸泡 12 小時的燕麥溶液則是在第 13 小時氧化還原電位為-481.0mV，達到負值，浸泡 13 至 37 小時的氧化還原電位在-520.3mV 至-472.3mV 間變化；恆溫箱內的燕麥溶液最快達負值，但觀察此時的燕麥溶液有異味且表面有白色氣泡，推測這時恆溫箱裡的燕麥溶液已有變質現象(圖 36)。

而置於冰箱的燕麥溶液不論是否事先浸泡，在此次的實驗時間皆未達負值，表示並未具有抗氧化力。

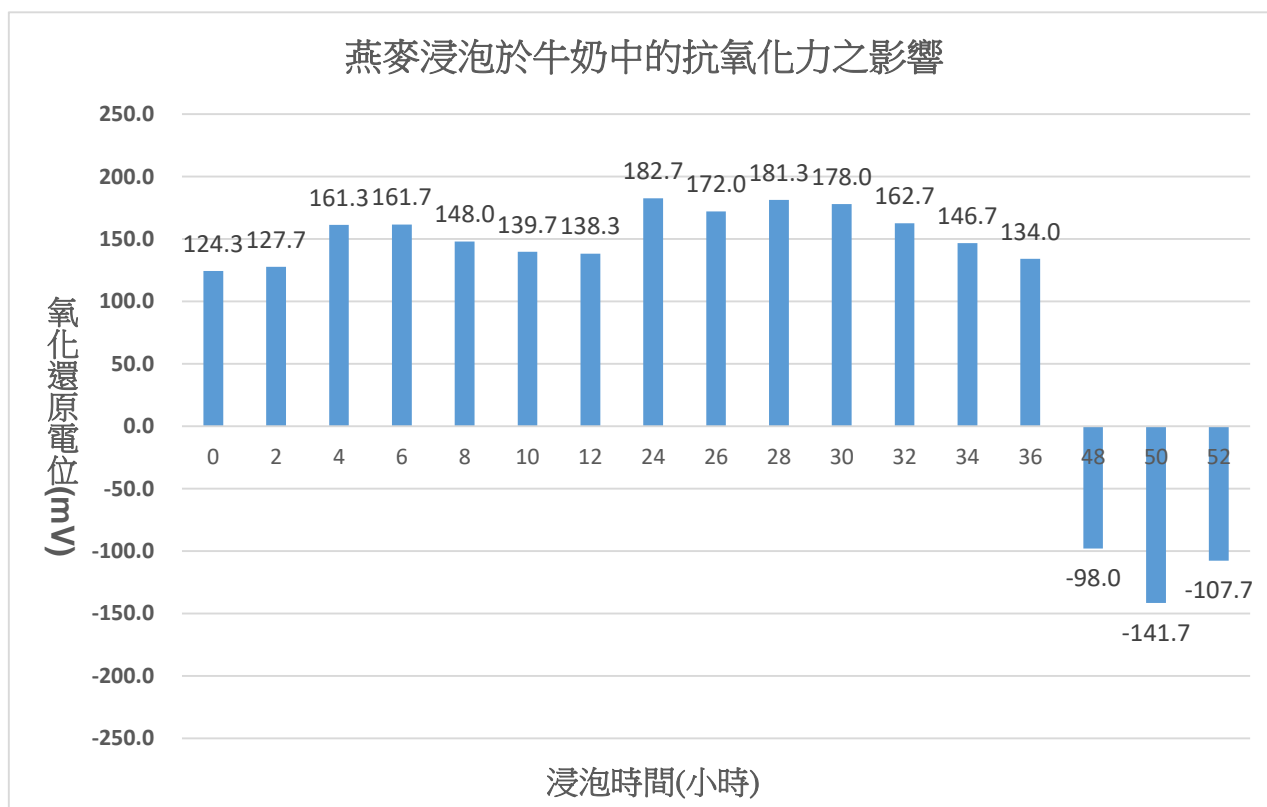


(圖 36 恆溫箱內浸泡 48 個小時燕麥溶液)

## 六、燕麥浸泡溶液種類對其抗氧化力的影響

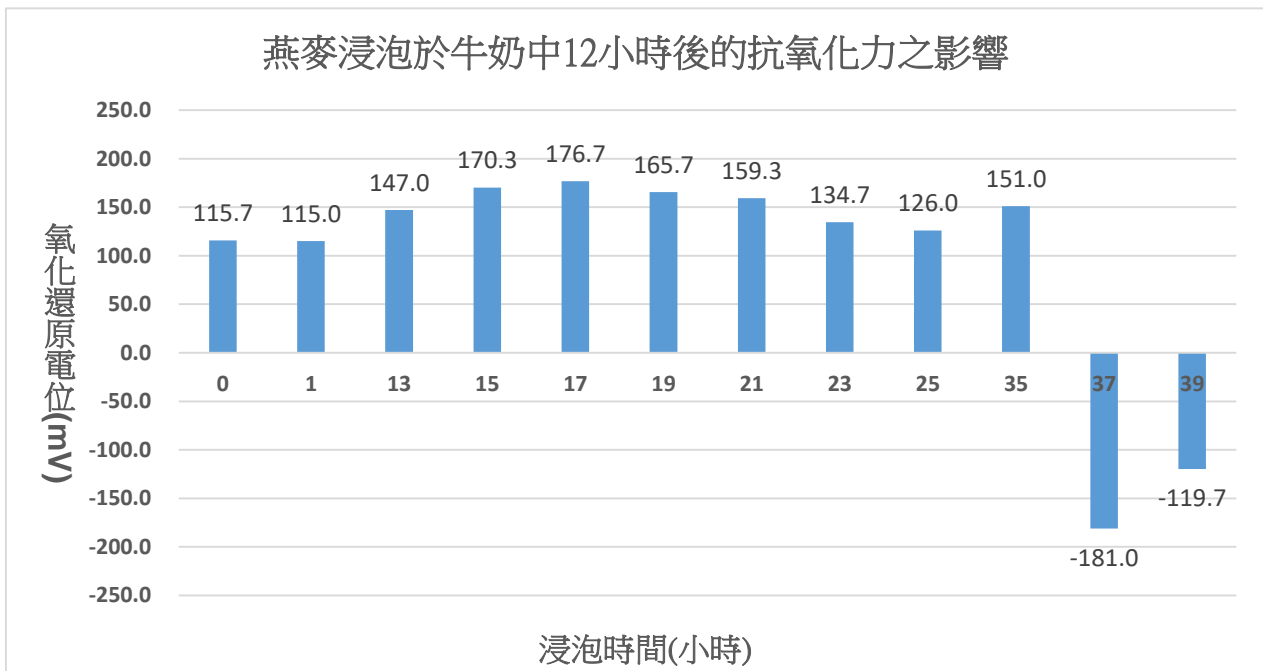
控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆盛裝燕麥的容器(500ml 燒杯)</li> <li>◆燕麥的質量(50 公克)</li> <li>◆浸泡燕麥的水量(150 公克)</li> <li>◆燕麥的浸泡溫度(冰箱)</li> <li>◆燕麥的顆粒大小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆燕麥的浸泡溶液種類</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆燕麥溶液的 氧化還原電位數值</li> </ul>

將實驗分為兩階段，第一階段實驗時間是第 0 至 52 小時，第二階段實驗時間是 13 至 39 小時，由第一階段實驗結果得知，當 50 公克燕麥浸泡於 150 公克牛奶中，在實驗時間 36 小時內燕麥溶液的氧化還原電位數值仍為正值，第 48 個小時的氧化還原電位為-98.0 mV，達負值表示具有抗氧化力；而事先浸泡於牛奶中 12 小時的燕麥溶液則是在第 37 小時達負值，氧化還原電位為-181.0 mV，具有抗氧化力，實驗結果如圖 37、38。



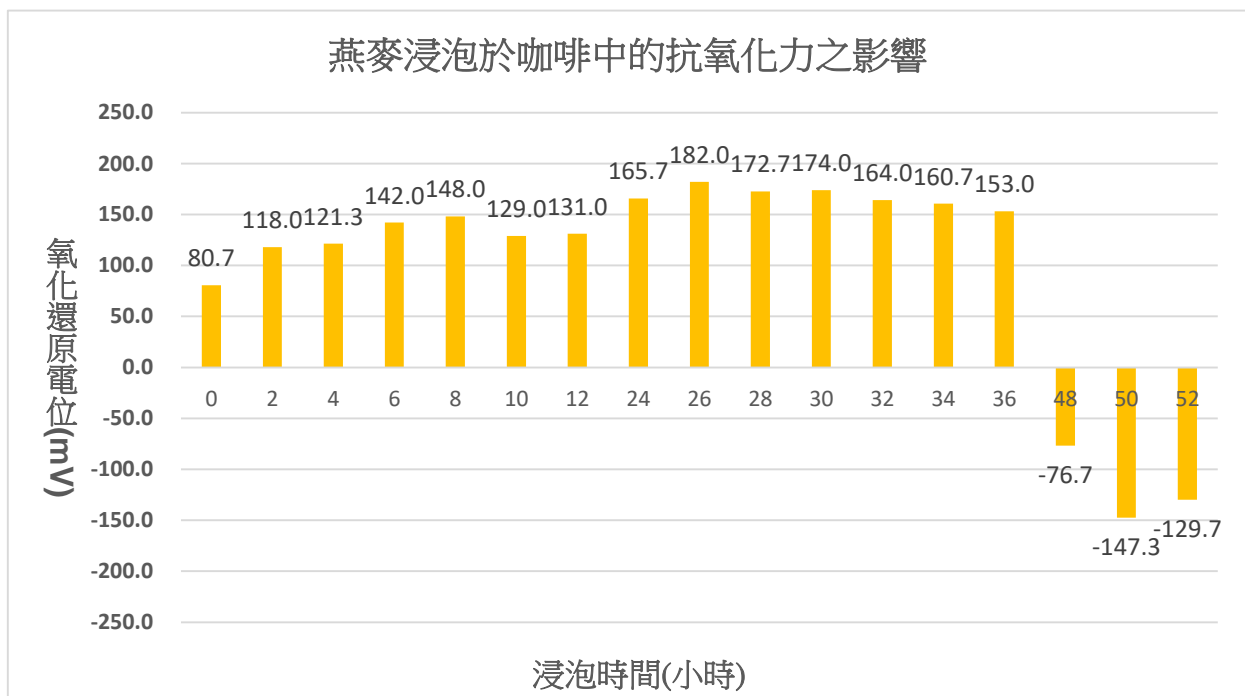
(圖 37 燕麥浸泡於牛奶中的抗氧化力之影響)



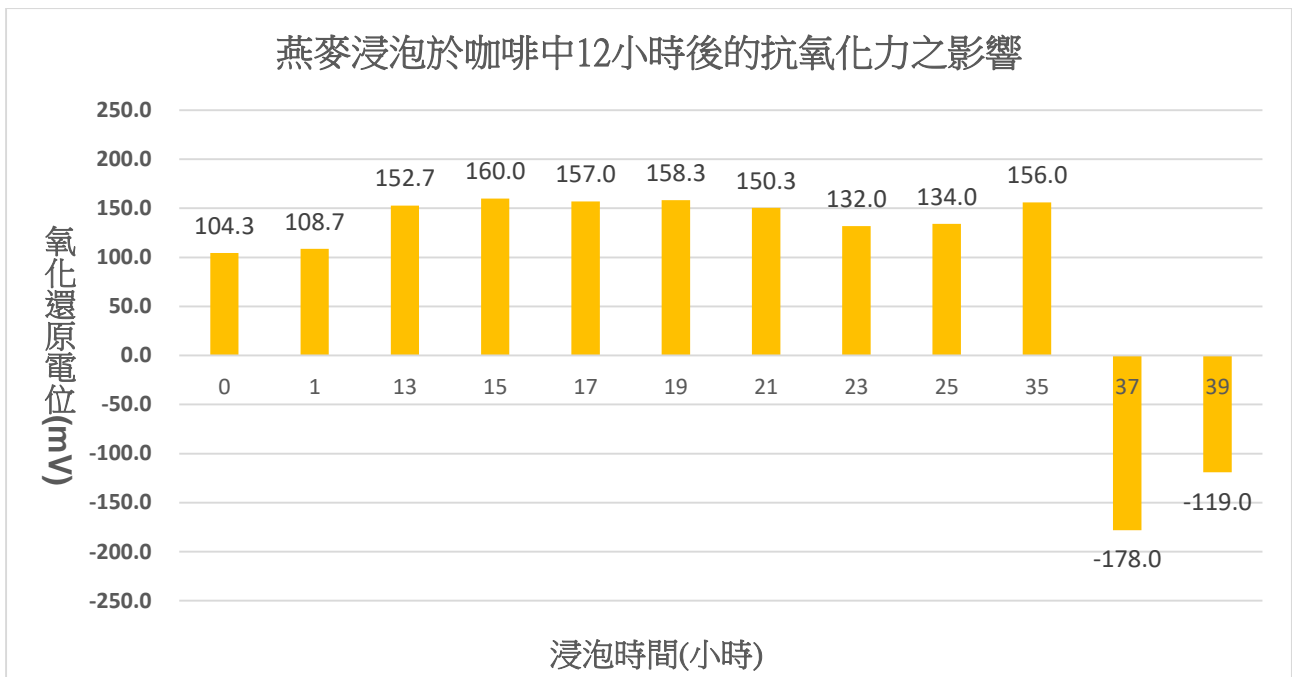


(圖 38 燕麥浸泡於牛奶中 12 小時後的抗氧化力之影響)

實驗結果得知，當 50 公克燕麥浸泡於 150 公克咖啡中，在實驗時間 36 小時內燕麥溶液的氧化還原電位數值仍為正值，第 48 個小時的氧化還原電位為-76.7 mV，達負值表示具有抗氧化力；而事先浸泡於咖啡中 12 小時的燕麥溶液則是在第 37 小時達負值，其氧化還原電位為-178.0 mV，具有抗氧化力，實驗結果如圖 39、40。

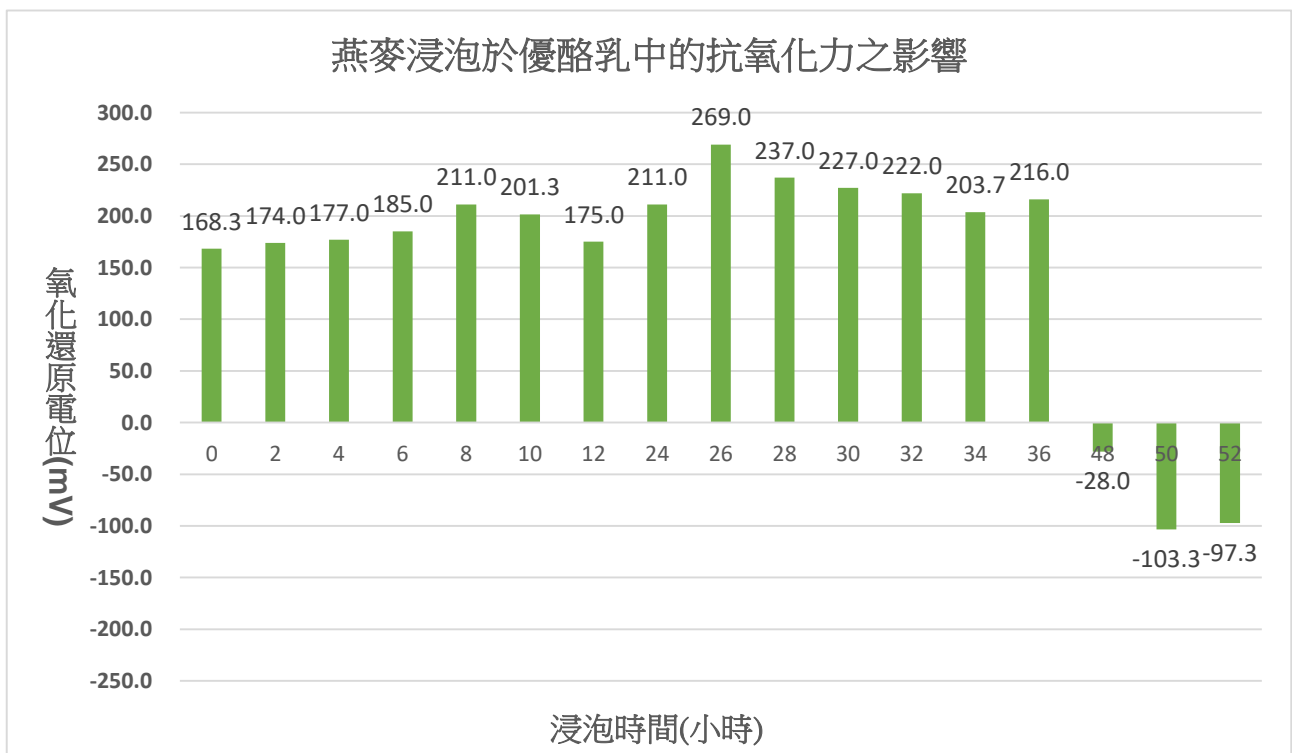


(圖 39 燕麥浸泡於咖啡中的抗氧化力之影響)

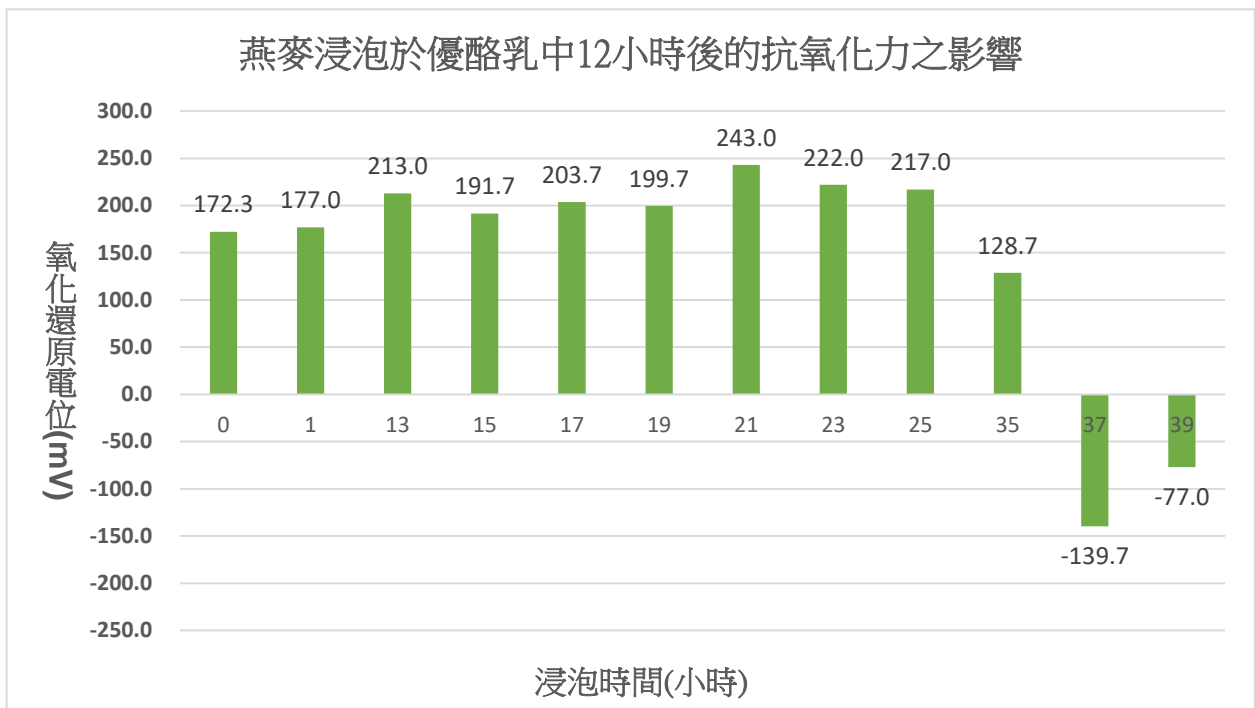


(圖 40 燕麥浸泡於咖啡中 12 小時後的抗氧化力之影響)

在實驗發現，當 50 公克燕麥浸泡於 150 公克優酪乳中，在實驗時間 36 小時內燕麥溶液的氧化還原電位數值仍為正值，第 48 個小時的氧化還原電位為-28.0 mV，達負值表示具有抗氧化力；而事先浸泡於優酪乳中 12 小時的燕麥溶液則是在第 37 小時達負值，其氧化還原電位為-139.7 mV，具有抗氧化力，實驗結果如圖 41、42。

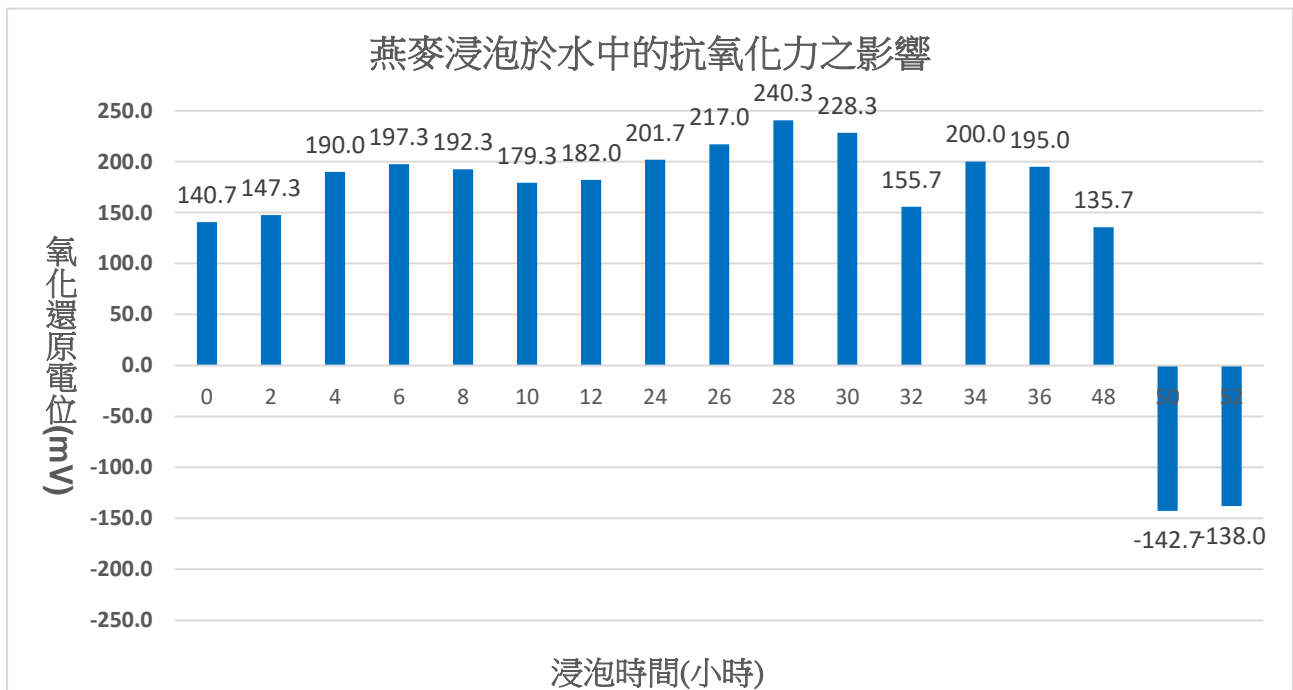


(圖 41 燕麥浸泡於優酪乳中的抗氧化力之影響)

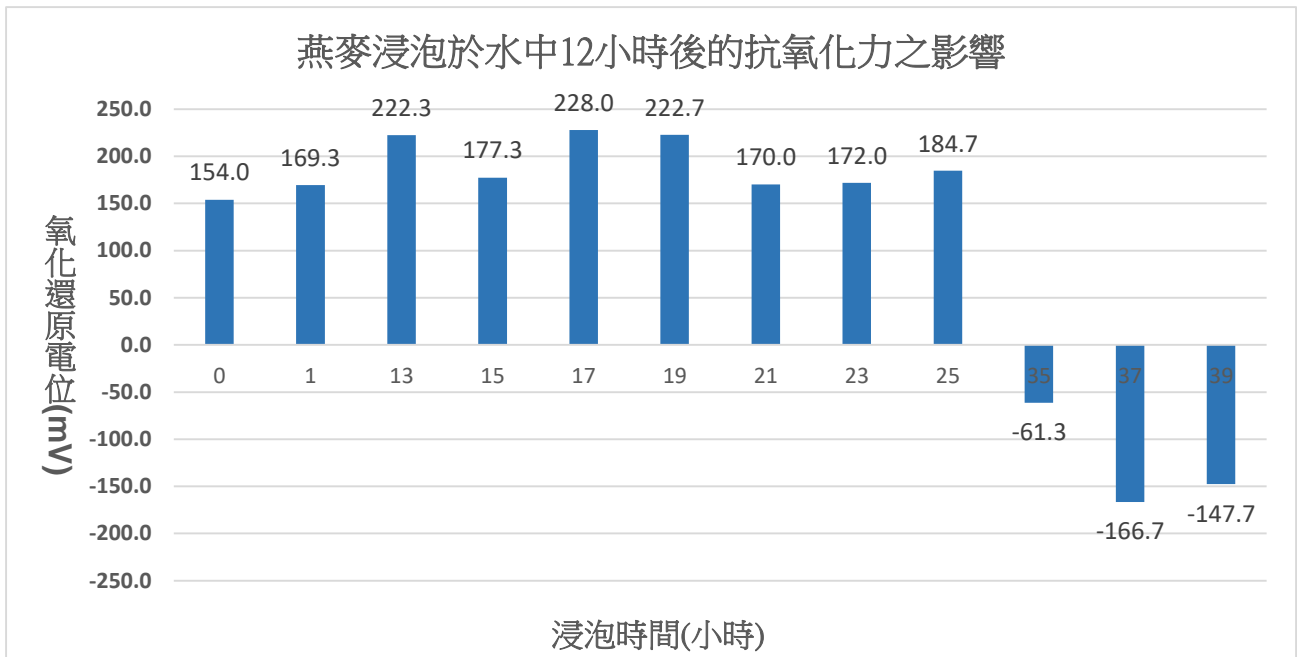


(圖 42 燕麥浸泡於優酪乳中 12 小時後的抗氧化力之影響)

由實驗得知，當 50 公克燕麥浸泡於 150 公克純水中，在實驗時間 48 小時內燕麥溶液的氧化還原電位數值仍為正值，第 50 個小時的氧化還原電位為-142.7 mV，達負值表示具有抗氧化力；而事先浸泡於純水中 12 小時的燕麥溶液則是在第 35 小時達負值，其氧化還原電位為-61.3 mV，具有抗氧化力，實驗結果如圖 43、44。



(圖 43 燕麥浸泡於純水中的抗氧化力之影響)

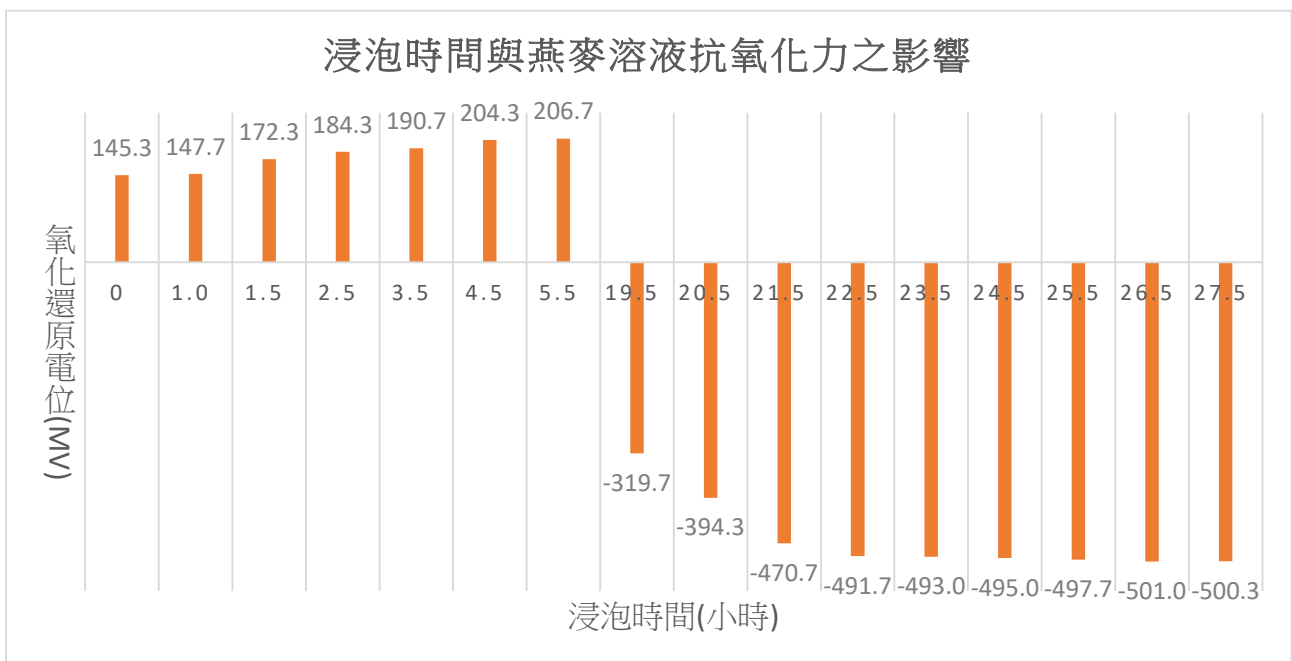


(圖 44 燕麥浸泡於純水中 12 小時後的抗氧化力之影響)

## 陸、討論

### 一、燕麥浸泡時間對抗氧化力的影響

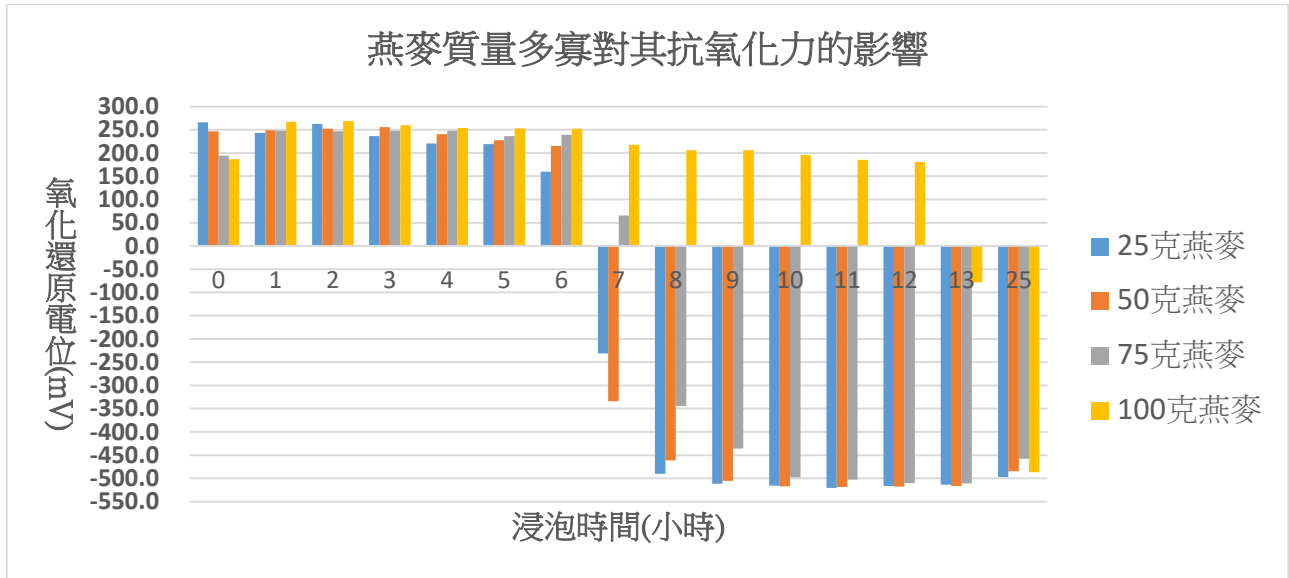
經過實驗發現，50 公克燕麥在 150 公克水中浸泡 19.5 個小時以後，其氧化還原電位呈負值，表示燕麥在水中浸泡 19.5 個小時以上已具抗氧化力，且浸泡時間越久氧化還原電位數值的負值越大，表示抗氧化力越強，但在浸泡 22.5 個小時後的抗氧化力變化不大(圖 45)。



(圖 45 浸泡時間對燕麥溶液抗氧化力的影響)

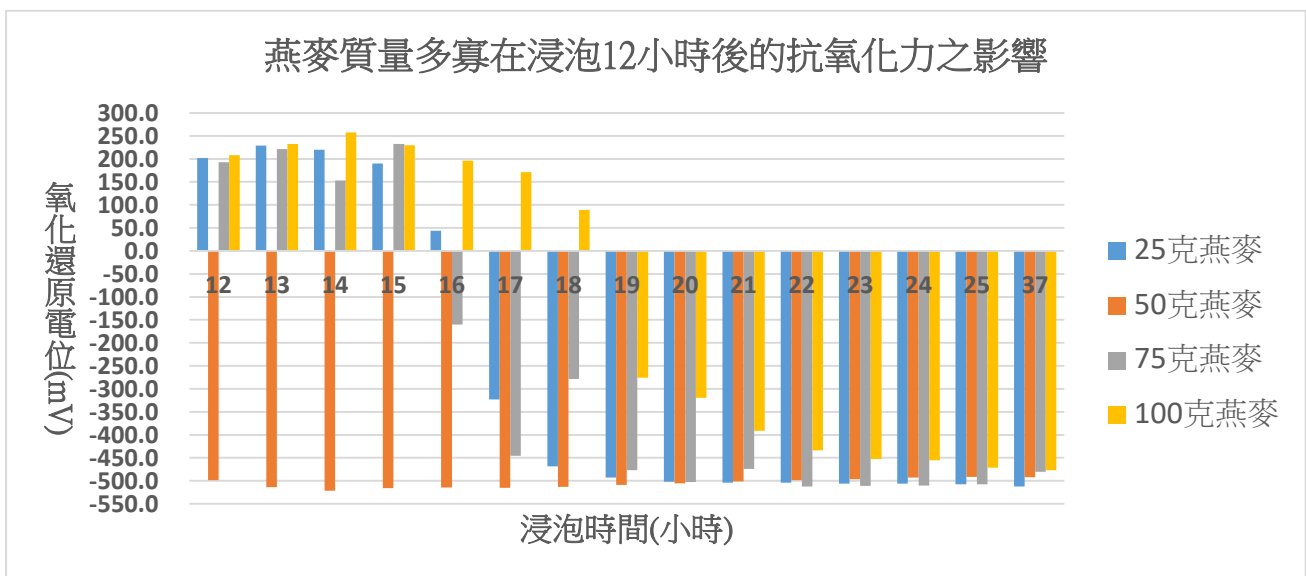
## 二、燕麥質量多寡對燕麥溶液抗氧化力的影響

由第一階段實驗(浸泡 0~25 個小時)，25 公克、50 公克、75 公克、100 公克燕麥浸泡於 150 公克水的氧化還原電位由 50 公克燕麥最快達負值且數值明顯，而 100 公克燕麥最慢達到負值，但氧化還原電位的數值變化最後相差不大，最終都能達到抗氧化之效(圖 46)。



(圖 46 燕麥質量多寡對氧化還原電位之比較)

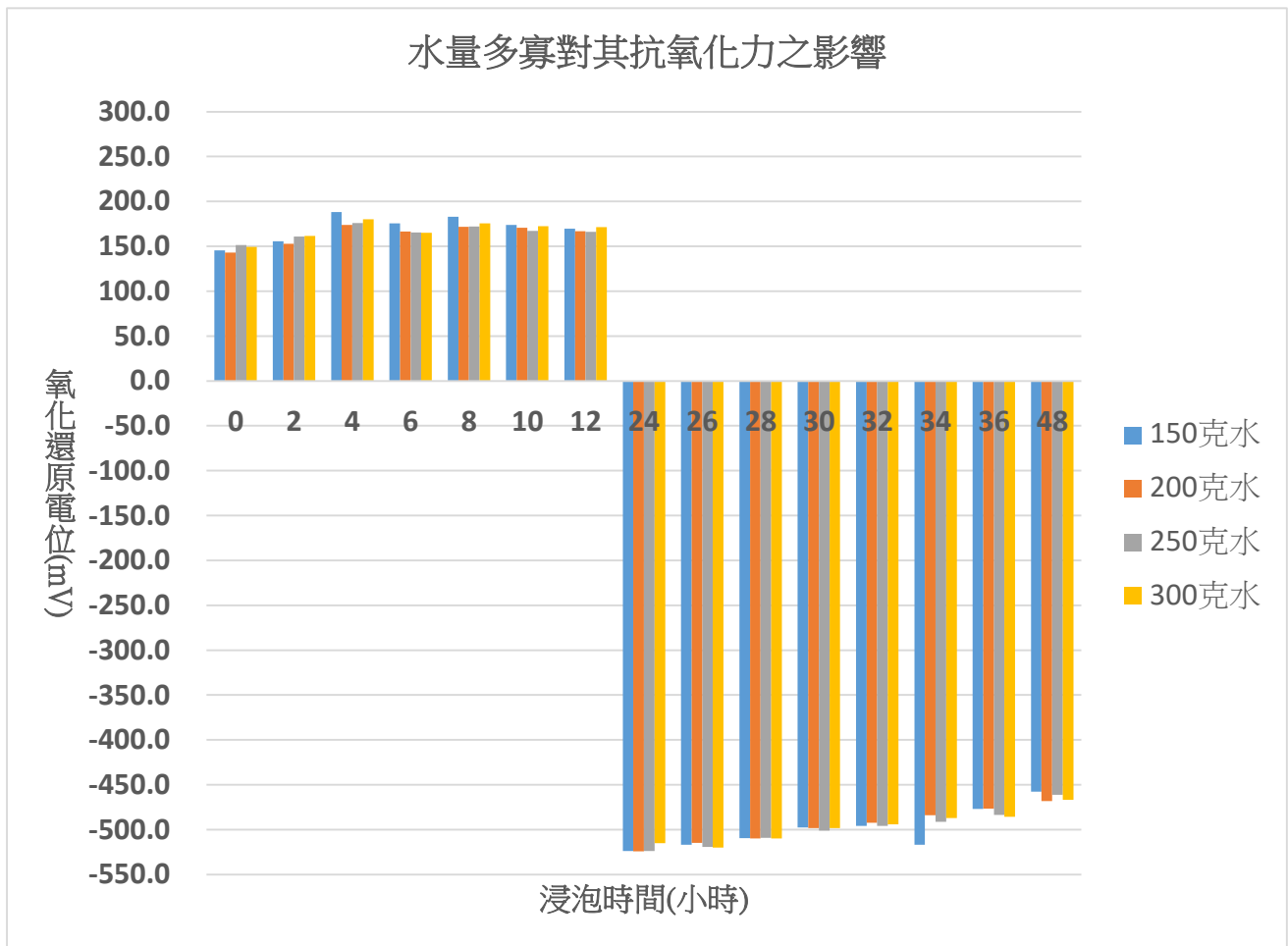
由第二階段實驗(浸泡 12~37 個小時)得知，25 公克、50 公克、75 公克、100 公克燕麥浸泡於 150 公克水的氧化還原電位由 50 公克燕麥於第 12 個小時達負值且最快、數值最明顯，而 100 公克燕麥最慢達到負值，但氧化還原電位的數值變化最後相差不大，最終都能達到抗氧化之效(圖 47)。



(圖 47 燕麥質量多寡在浸泡 12 小時後對氧化還原電位之比較)

### 三、水量多寡對燕麥溶液抗氧化力的影響

經實驗發現，50 公克燕麥分別浸泡於 150 公克、200 公克、250 公克、300 公克的水中其氧化還原電位相差不大，24 個小時後皆降至負值，表具抗氧化力，但浸泡水量多寡對其電位數值變化皆相近，介於-515.0mV~-524.3mV 之間，故水量多寡對其抗氧化力不具太大影響，最終都能達到抗氧化之效 (圖 48)。

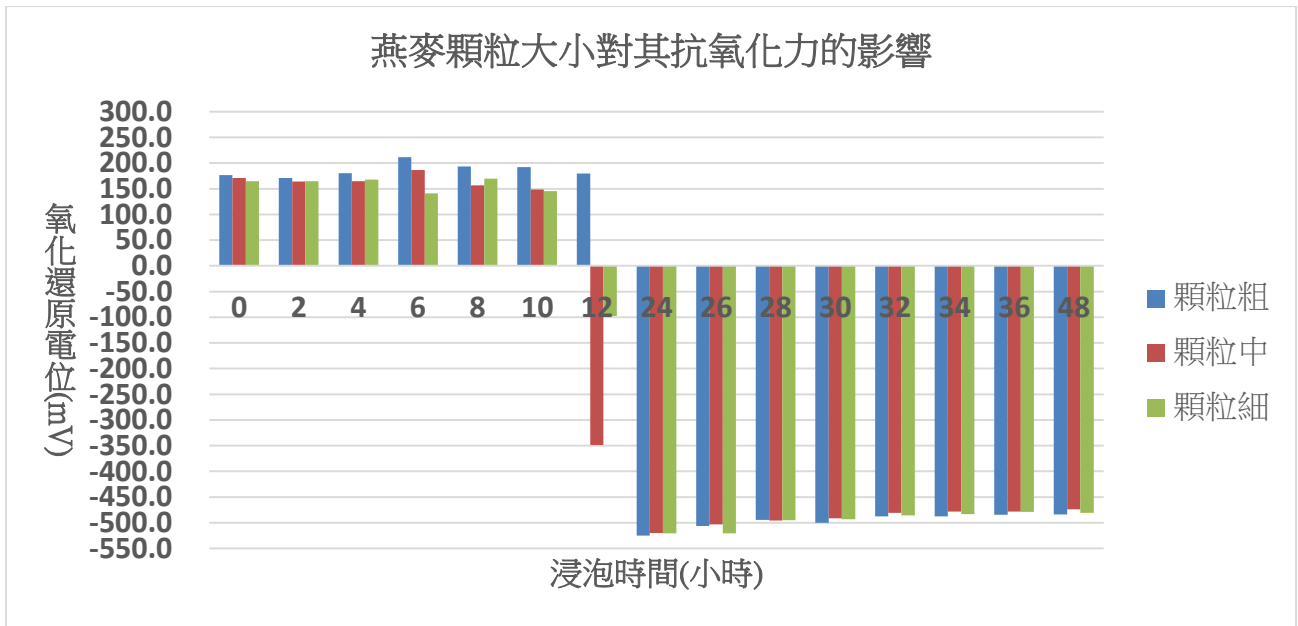


(圖 48 水量多寡對其氧化還原電位之比較)

### 四、燕麥顆粒大小對其抗氧化力的影響

燕麥溶液在浸泡 12 個小時後，顆粒細及顆粒中的氧化還原電位已達負值，此時顆粒中的氧化還原電位又比顆粒細的更佳，而顆粒粗(未研磨)的氧化還原電位還未達負值，推論有研磨的燕麥比未研磨的燕麥溶液更快具有抗氧化力。但浸泡第 24 小時時，其氧化還原電位皆在-520.0mV 左右，三者皆降至負值，表都具有抗氧化力，而後氧化還原電位則在-520.3mV 至-473.7mV 間，可知 24 個小時後顆粒大小對其抗氧化力的影響不大 (圖 49)。

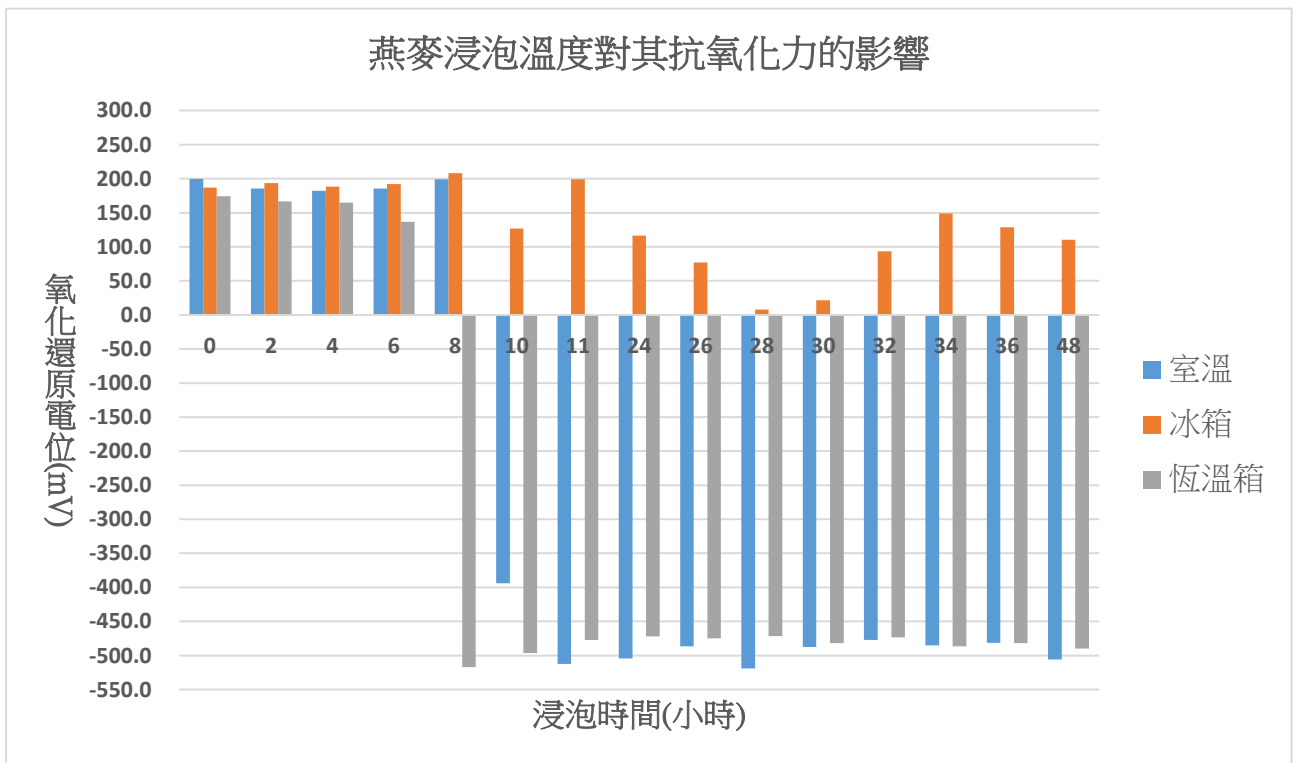




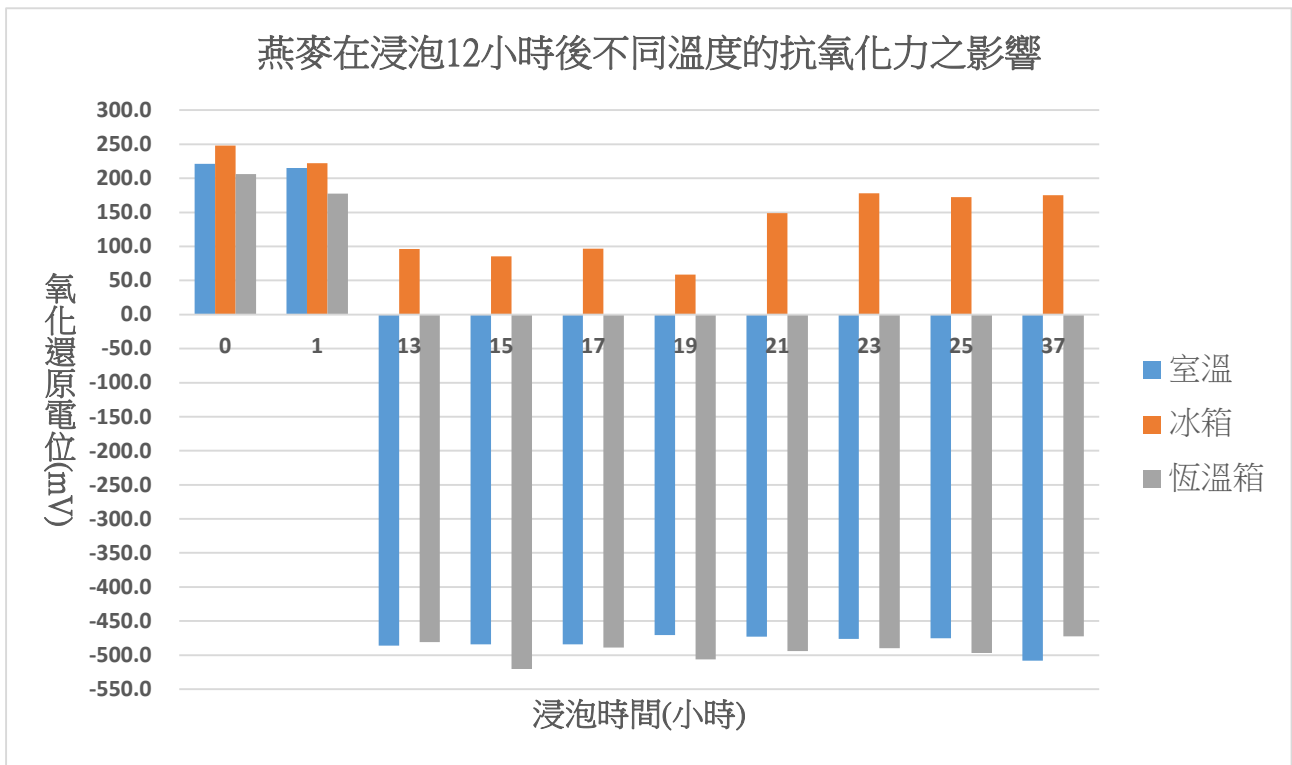
(圖 49 燕麥顆粒大小對其氧化還原電位之比較)

#### 五、燕麥浸泡溫度對其抗氧化的影響

置於室溫的燕麥溶液在第 10 小時以上具抗氧化力，置於恆溫箱的燕麥溶液在第 8 小時以上具有抗氧化力，此時的燕麥溶液表面冒泡且散發出異味，推測已有變質現象，而置於冰箱的燕麥溶液在實驗時間的 48 小時內皆不具抗氧化力 (圖 50、51)。



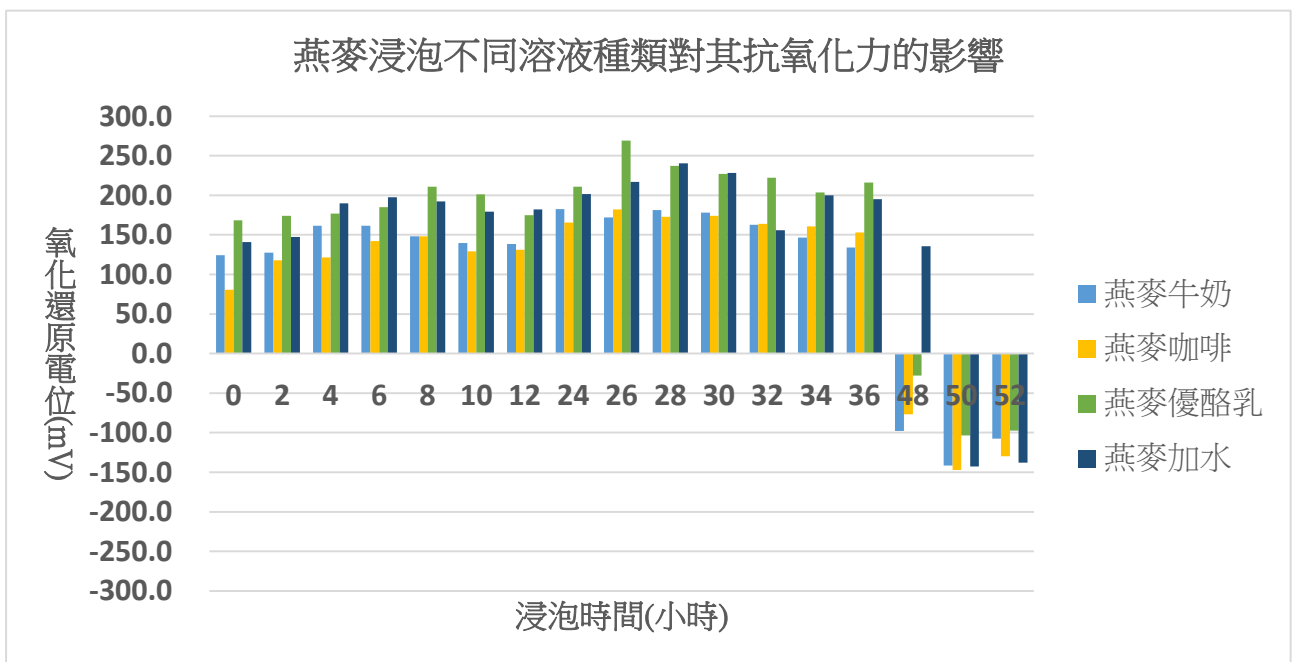
(圖 50 燕麥浸泡溫度對其抗氧化力的影響)



(圖 51 燕麥在浸泡 12 小時後不同溫度的抗氧化力的影響)

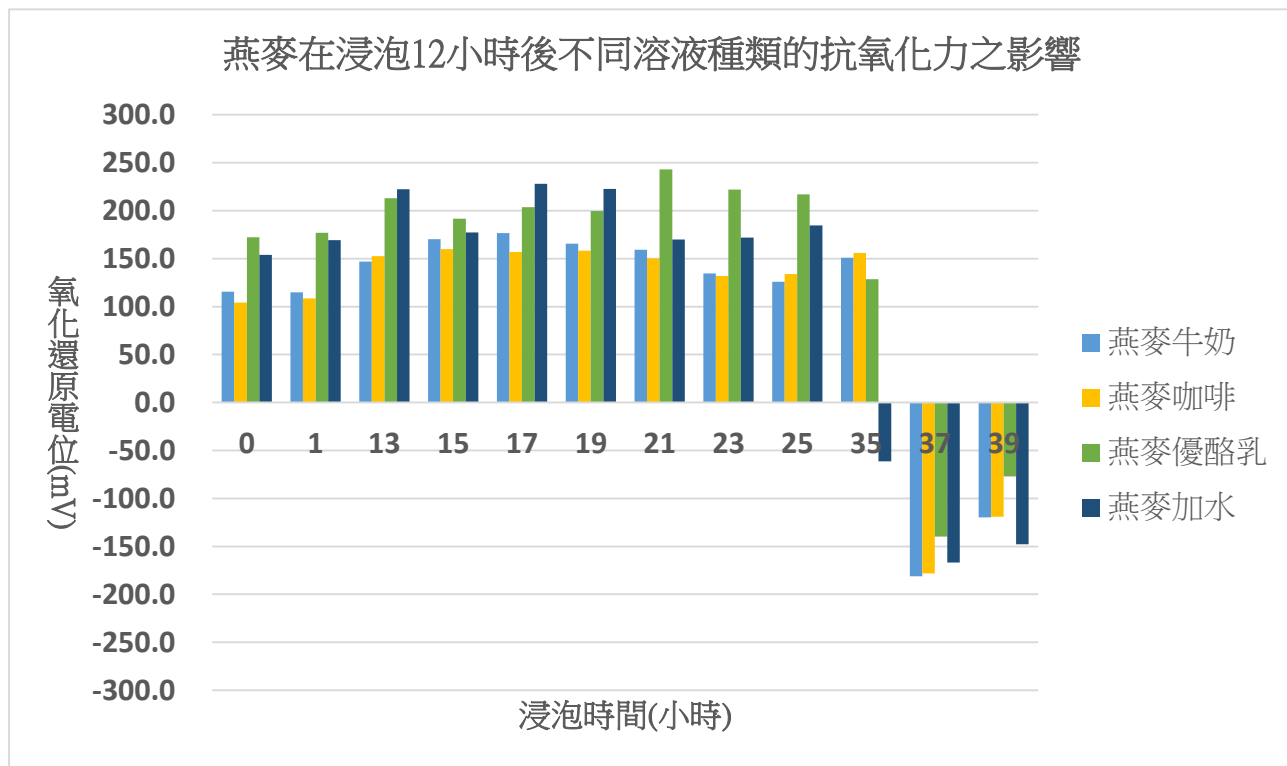
#### 六、燕麥浸泡溶液種類對其抗氧化力的影響

由第一階段實驗(浸泡 0~52 個小時)，燕麥浸泡於牛奶中第 36 小時以上具有抗氧化力，浸泡於咖啡中第 36 小時以上具有抗氧化力，浸泡於優酪乳中第 36 小時以上具有抗氧化力。浸泡於純水中第 50 小時具有抗氧化力，最終實驗都能達到抗氧化之效(圖 52)。



(圖 52 燕麥浸泡於不同溶液中的抗氧化力之影響)

由第二階段實驗(浸泡 13~39 個小時)得知，燕麥浸泡於牛奶中第 37 小時具有抗氧化力，浸泡於咖啡中第 37 小時具有抗氧化力，浸泡於優酪乳中第 37 小時具有抗氧化力。浸泡於純水中第 35 小時以上具有抗氧化力，最終實驗都能達到抗氧化之效(圖 53)。



(圖 53 燕麥浸泡於不同溶液中 12 小時後的抗氧化力之影響)

## 柒、結論

### 一、燕麥浸泡時間對抗氧化力的影響

燕麥在水中浸泡 19.5 個小時以上已具抗氧化力，但在浸泡 22.5 個小時之後的抗氧化力變化不大，故可知燕麥溶液短時間浸泡不具抗氧化力，需經長時間浸泡才可具抗氧化之效，且抗氧化力是因燕麥浸泡於其中所致。

### 二、燕麥質量多寡對燕麥溶液抗氧化力的影響

將不同質量的燕麥分別浸泡於 150 公克水中，不論第一階段(0 到 24 小時)或第二階段(12 到 37 小時)，兩階段實驗都是 50 公克燕麥最早到達負值，並以先浸泡 12 小時後再進行測量的氧化還原電位數值變化更快、更明顯，且最終氧化還原電位皆達負值，表皆具抗氧化力。

### 三、水量多寡對燕麥溶液抗氧化力的影響

相同質量燕麥浸泡於不同質量的水中，其抗氧化效果相差不大，在浸泡第 24 個小時時氧化還原電位皆達負值，表具抗氧化力，但浸泡 24 個小時之後的氧化還原電位變化不大。

### 四、燕麥顆粒大小對其抗氧化力的影響

燕麥是否研磨與其抗氧化力有關，有研磨的燕麥比未研磨的燕麥其溶液更快具有抗氧化力，有研磨的燕麥在浸泡 12 個小時後其氧化還原電位達負值，但不論研磨與否在 24 個小時後燕麥溶液的氧化還原電位皆達負值且其值相近。

### 五、燕麥浸泡溫度對其抗氧化力的的影響

置於室溫的燕麥溶液在第 10 小時後具有抗氧化力，置於恆溫箱內的燕麥溶液在第 8 小時後具有抗氧化力，而置於冰箱的燕麥溶液第在實驗時時間的 48 小時內皆不具抗氧化力，其中以恆溫箱的環境最快達到抗氧化之效，但發現其表面冒泡且有異味，已有變質現象；接著是室溫優於冰箱。

### 六、燕麥浸泡溶液種類對抗氧化力的影響

燕麥浸泡於牛奶、咖啡及優酪乳中第 36 小時以上具有抗氧化力，而浸泡於純水中則在第 50 小時具有抗氧化力，但實驗最終皆有抗氧化力。若燕麥先浸泡 12 個小時後再進行實驗，燕麥浸泡於牛奶、咖啡及優酪乳中第 37 小時時具有抗氧化力，而浸泡於純水中第 35 小時以上具有抗氧化力，最終實驗都有抗氧化之效。

## 捌、參考資料及其他

- 一、姚珩等人 (2019)。國民中學自然與生活科技第四冊。臺南市：翰林書局。
- 二、黃得時等人 (2017)。普通高級中學選修化學上冊。新北市：龍騰文化事業股份有限公司。
- 三、許浚璋、施雅馨、黃浚硯、蔡柏宏 (2015)。「紫」色魔力，非「茄」莫屬～天然抗氧化劑紫色茄子之探討。中華民國第 55 屆中小學科展覽會。未出版。
- 四、編輯部 (2004)。14 種超級食物，改變你的一生。康健雜誌，69。
- 五、任祎、平华、任贵兴(2010)。裸燕麦核心种质的抗氧化特性。作物學報，36，988-994。
- 六、維基百科，燕麥。檢自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%87%95%E9%BA%A6> (20200322)
- 七、百度百科，燕麥。檢自 <https://baike.baidu.com/item/%E7%87%95%E9%BA%A6> (20200322)