

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

探究精神獎

052209

別有「滋」味—探討不同條件製程對美乃滋黏度的影響

學校名稱：國立鳳新高級中學

作者： 高二 李婉瑜 高二 劉芷妘	指導老師： 楊子瑩
-------------------------	--------------

關鍵詞：美乃滋、黏滯係數、乳化

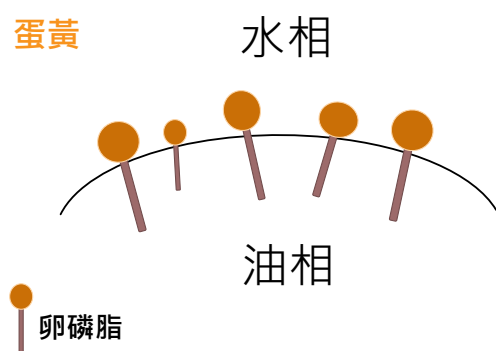
摘要

為觀察不同條件製作之美乃滋品質，我們選擇黏滯係數作為測試標準，並以學生品評分數進行比較，選擇品質較佳之美乃滋。本研究以不同攪打轉速、油品種類、含油量、蛋黃的存放狀態（溫度）、含糖量、添加的檸檬酸及食鹽水溶液佔整體濃度比例為變因。實驗結果攪拌器各個轉速的黏滯係數相近且皆能達乳化作用，芥花油（飽和脂肪酸低）的美乃滋黏滯係數較高，高油、高糖、冷凍蛋黃會提升美乃滋的黏滯係數，加檸檬酸或加鹽則會降低美乃滋的黏滯係數。品評後發現同學喜愛美乃滋的外觀顏色、香氣差異不大；整體接受度與黏稠度（口感）有正相關，再以統計軟體 SPSS 分析品評的口感與測得的黏滯係數為高度正相關。最後，依實驗及統計分析結果來研發出健康美乃滋。

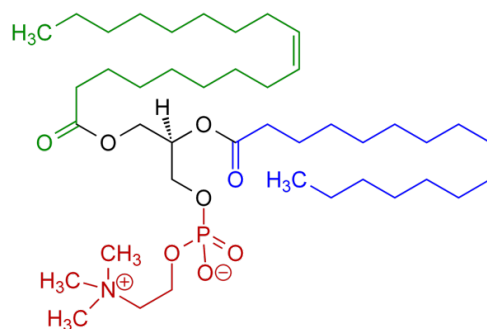
壹、研究動機

當品嚐食物時，我們常會添加美乃滋增加食物甜度，也增加食物濕潤度，早餐店的沙拉醬、夜市裡的小吃、辦桌常備的沾醬等等都可見其身影。美乃滋是一種做法簡單的食品，網路上有許多的自製美乃滋食譜，雖然原料和做法大同小異，但是看到網友們分享的成品照會發現，每人製作的美乃滋成品狀態都不盡相同，有比較黏稠也有比較稀薄的，我們想了解美乃滋的黏稠度差異。

我們比較了幾種市售的美乃滋，發現材料皆使用油品、雞蛋、醋、以及糖，依口味的不同則添加不同的辛香料，查找文獻後發現製作美乃滋的關鍵是乳化作用（圖一），其中蛋黃含有卵磷脂（圖二），可作為界面活性劑（即乳化劑），在油水兩相的介面上，親油端伸入油相，親水端伸入水相，這樣能使得乳化劑自身處於穩定狀態，而且改變了油、水兩介面原來的特性，蛋黃的卵磷脂與油品的長鏈飽和三酸甘油酯產生膠體狀態，為水包油型（Koissooglou & Sherman, 1983；歐雷·莫西森等，2018；沙珮琦，2018）。



圖一、乳化作用示意圖

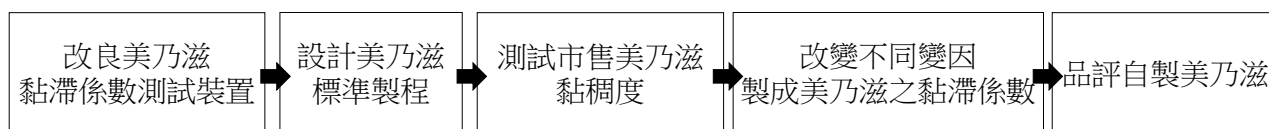


圖二、卵磷脂（引用自維基百科）

我們以此為契機，想要更深入的探討美乃滋的製程及其材料的差異，實測出不同做法及不同材料添加量所製成美乃滋的黏滯程度差異，並和市售的美乃滋加以比較，最後想探討黏滯程度與口感的關聯性。

貳、研究目的

- 一、改良美乃滋黏滯係數測試裝置
- 二、設計美乃滋標準製作流程
- 三、測試市售美乃滋的黏滯係數
- 四、不同攪打轉速對美乃滋黏滯係數的影響
- 五、不同種類的植物油對美乃滋黏滯係數的影響
- 六、不同含油量（50%~80%）對美乃滋黏滯係數的影響
- 七、不同含糖量（0%~10%）對美乃滋黏滯係數的影響
- 八、不同檸檬酸水溶液添加比例（佔整體濃度 0%~8%）對美乃滋黏滯係數的影響
- 九、蛋黃在不同存放狀態（室溫 31°C&冷藏 11°C&冷凍-6°C）對美乃滋黏滯係數的影響
- 十、不同食鹽水溶液添加比例（佔整體濃度 0%~8%）對美乃滋黏滯係數的影響
- 十一、品評自製美乃滋
 - （一）同學對美乃滋外觀顏色的喜好程度
 - （二）同學對美乃滋香氣的喜好程度
 - （三）同學對美乃滋黏稠度（口感）與整體接受度的喜好程度
 - （四）同學對美乃滋的黏稠度（口感）與黏滯係數兩者的相關性



圖三、本研究流程圖

參、實驗設備及器材

一、實驗設備與器材

手機攝影 (Oppo RENO)	水浴槽 (BH-230D)
精密電子秤 (THB-600)	攪拌機 (鍋寶 HA-3068)
玻棒	溫度計
燒杯	量筒
刮勺	布丁杯
布丁杯 (120 c.c.)	滑輪
保鮮膜	雷射木板
秤量紙	釣魚線
30g 重物	

二、實驗材料

各類油品 (芥花油、葵花油、酪梨油、橄欖油、大豆沙拉油)	
室溫蛋黃/冷藏蛋黃/冷凍蛋黃	砂糖
5%檸檬酸水溶液	20%食鹽水溶液

三、軟體分析：Tracker、SPSS (第 25 版)



圖四、本研究使用的設備器材

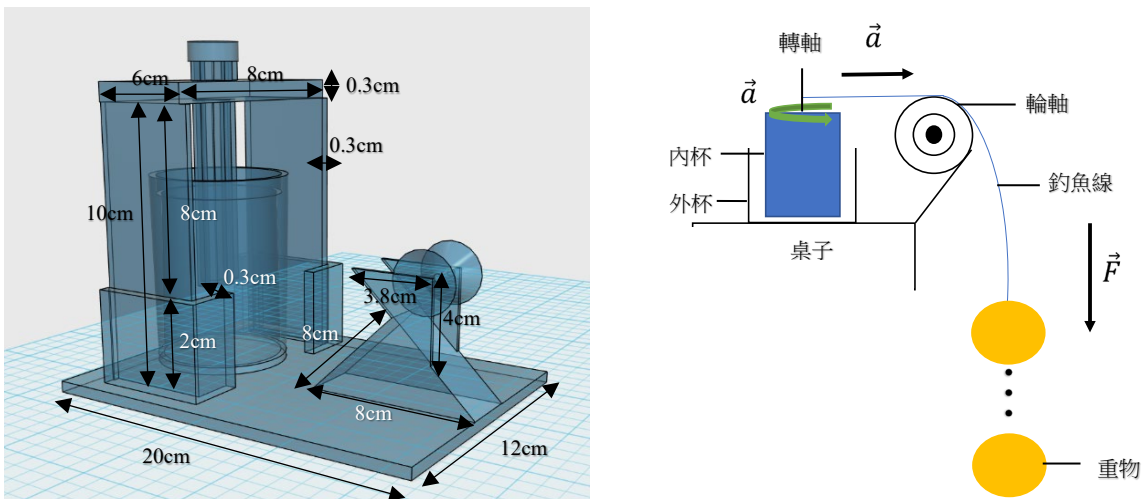
A.水浴槽 (BH-230D) B.各類油品 (由左到右為芥花油、葵花油、酪梨油、橄欖油、大豆沙拉油) C.布丁杯 (120 c.c.) D.攪拌器 (鍋寶 HA-3068) E 電子秤 (THB-600)

肆、研究過程或方法

經查閱文獻及討論後，我們試驗了許多項目作為測試美乃滋的標準，包括表面張力、氧化能力等等，最後我們將自製的美乃滋，放入蝸牛球中，欲測其黏滯度，但後來發現其移動效果並不顯著，所以我們後來決定改用我們自製的裝置作為測量的工具。

一、黏滯係數測試裝置設計圖（如圖五、六所示，以下稱裝置）

參考何梓華等（2018）製作的果醬黏度測試裝置進行改良，改以木板作整體結構，針筒棒作為轉軸可以拆卸，方便清洗，將釣魚線纏繞在轉軸上，釣魚線接上重物，利用重力下拉針筒棒以攪動美乃滋，原本使用的重物重量不足，無法產生足夠的力帶動針筒棒攪拌某些較黏稠的美乃滋，後以紙團包裹後其總重量便可行（共 30 克重）。然後錄影，利用 Tracker 計算時間差，再參考國立中央物理學系（2020）黏滯係數公式計算出黏滯係數。



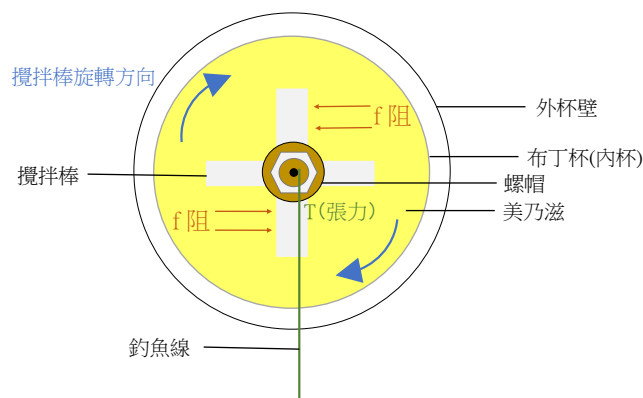
圖五、黏滯係數測試裝置設計圖。左圖為立體圖；右圖為平面圖



圖六、黏滯係數測試裝置。左圖為側面角度拍攝；右圖為正面角度拍攝

二、美乃滋黏滯係數測試方式

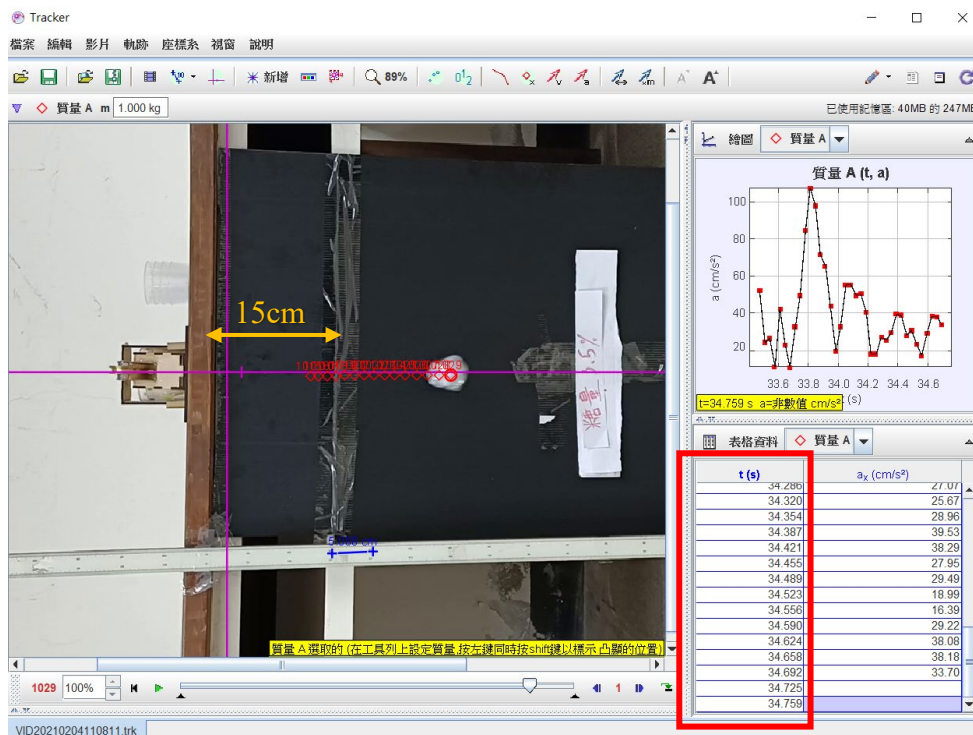
- (一) 取美乃滋 20 毫升置於裝置內杯處，透過綁著重物的釣魚線施予攪拌棒的繩張力轉動攪拌棒，其中美乃滋會造成攪拌棒轉動時的阻力（圖七），發現在重物垂直移動距離固定的情況下，黏滯係數越高，重物移動所需的時間越長，因此我們選用時間作為我們測定黏滯係數的依據。



圖七、黏滯係數測試裝置圖內杯設計俯視圖

(二) 黏滯係數測試步驟：

1. 取 25°C 待測美乃滋 20 毫升，攪拌 30 下，倒入內杯，於外杯中放置 25°C 溫水控溫。
2. 將攪拌棒放入美乃滋中，順時針將線繞轉軸卷起。
3. 放開轉軸使 30g 重物的線落下，帶動攪拌棒攪動膠體，用手機錄影其軌跡，用 Tracker 分析經過特定區段的時間差（圖八）。



圖八、Tracker 分析時間差

我們使用 Tracker 分析實驗影片（圖八），將重物訂為質點 A，調整好 X 軸和 Y 軸，追蹤質點 A 下落之區段（圖八中黃箭頭），Tracker 分析完影片後，會於圖中紅框處顯示質點每一個位置的時間點，因此推得各位置的時間差。

（三）黏滯係數計算公式

本實驗黏滯係數 η 的測定，是參考國立中央物理學系（2020）黏滯係數公式，公式：

$\eta = \frac{mgR^2t}{4\pi hS} \left(\frac{1}{Ra^2} - \frac{1}{Rb^2} \right)$ ，將需要的函數（時間）測量完成後，代入公式即可以得到市售美乃滋與自製美乃滋的黏滯係數。

表一、公式函數解釋

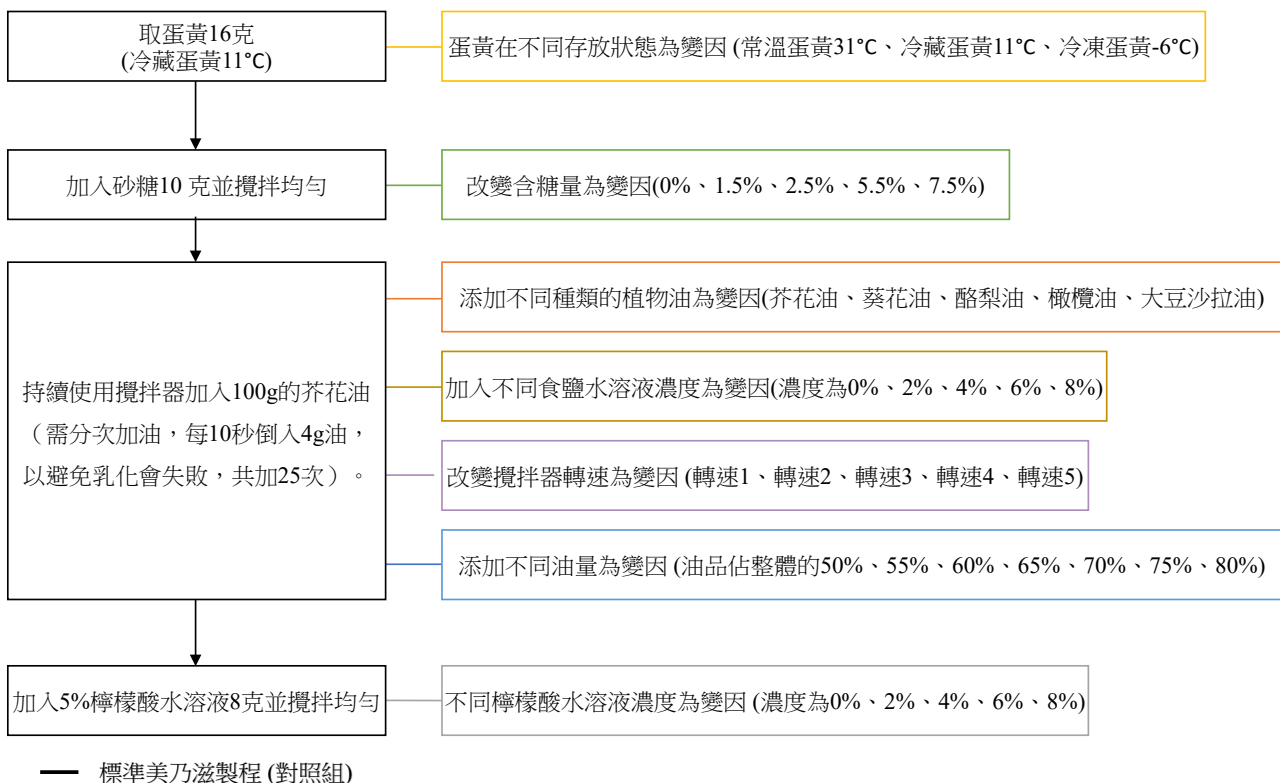
符號	意義	單位	數值	實驗變因
m	懸掛重物質量	g	30.00	控制
R^2	攪拌棒握把處的半徑平方值	cm^2	0.3025	控制
$(R_a)^2$	攪拌棒半徑平方值	cm^2	1.00	控制
$(R_b)^2$	內杯半徑平方值	cm^2	5.5225	控制
h	美乃滋在內杯的高度	cm	1.30	控制
S	懸掛重物垂直移動距離	cm	15	控制
g	重力加速度	m/s^2	9.8	控制
π	係數	無	3.14	控制
t	重物垂直移動花費時間	s	本實驗量測者	應變

註：本次實驗之 R 值：0.55cm、 R_a 值：1cm、 R_b 值：2.35cm

三、美乃滋的標準製作流程（圖九）

本研究製作的美乃滋成分均以重量百分濃度作為濃度單位，成分有：蛋黃、植物油、糖、檸檬酸、水、鹽等，但由於添加方式、順序等條件會影響乳化，設計方法如下：

- （一）將冷藏蛋黃（16g）和砂糖（10g）混合。
- （二）使用攪拌器均勻混合冷藏蛋黃和砂糖，並分次加入 100g 植物油（每 10 秒倒入 4g 油，以避免乳化會失敗，共加 25 次）。
- （三）待油全部乳化後停止攪打
- （四）加入 8g 濃度為 5% 的檸檬酸水溶液並攪拌均勻。
- （五）每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯，每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋，以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。
- （六）重複步驟（一）到步驟（五），實驗三次並錄影紀錄。



圖九、各種美乃滋製作流程模式圖

四、測量市售美乃滋的黏滯係數

- （一）取出至少兩個布丁杯，每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋，以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。

五、不同攪打轉速對美乃滋黏滯係數的影響

- (一) 將冷藏蛋黃 (16g) 和砂糖 (10g) 混合。
- (二) 使用攪拌器轉速 (轉速 1、轉速 2、轉速 3、轉速 4、轉速 5) 均勻混合冷藏蛋黃和砂糖。
- (三) 持續使用攪拌器加入 100g 的植物油 (需分次加油, 每 10 秒倒入 4g 油, 以避免乳化會失敗, 共加 25 次)。
- (四) 待油全部乳化後停止攪打。
- (五) 加入 8g 濃度為 5% 檸檬酸水溶液並攪拌均勻。
- (六) 每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯, 每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋, 以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。
- (七) 重複步驟 (一) 到步驟 (五), 實驗三次並錄影紀錄。

六、不同種類的植物油對美乃滋黏滯係數的影響

- (一) 將冷藏蛋黃 (16g) 和砂糖 (10g) 混合。
- (二) 使用攪拌器均勻混合冷藏蛋黃和砂糖。
- (三) 持續使用攪拌器加入 100g 的植物油 (需分次加油, 每 10 秒倒入 4g 油, 以避免乳化會失敗, 共加 25 次)。使用不同油品 (芥花油、葵花油、酪梨油、橄欖油、大豆沙拉油)。
- (四) 待油全部乳化後停止攪打。
- (五) 加入 8g 濃度為 5% 檸檬酸水溶液並攪拌均勻。
- (六) 每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯, 每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋, 以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。
- (七) 重複步驟 (一) 到步驟 (五), 實驗三次並錄影紀錄。

七、不同含油量 (50%~80%) 對美乃滋黏滯係數的影響

- (一) 將冷藏蛋黃 (16g) 和砂糖 (10g) 混合。
- (二) 使用攪拌器均勻混合冷藏蛋黃和砂糖。
- (三) 持續使用攪拌器加入不同量的植物油 (需分次加油, 每 10 秒倒入 4g 油, 以避免乳化會失敗)。
- (四) 待油全部乳化後停止攪打。
- (五) 加入 8g 濃度為 5% 檸檬酸水溶液並攪拌均勻。

(六) 每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯，每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋，以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。

(七) 重複步驟 (一) 到步驟 (五)，實驗三次並錄影紀錄。

八、不同含糖量 (0%~10%) 對美乃滋黏滯係數的影響

(一) 將冷藏蛋黃 (16g) 和不同量的砂糖混合。

(二) 使用攪拌器均勻混合冷藏蛋黃和砂糖。

(三) 持續使用攪拌器加入 100g 的植物油 (需分次加油，每 10 秒倒入 4g 油，以避免乳化成失敗，共加 25 次)。

(四) 待油全部乳化後停止攪打。

(五) 加入 8g 濃度為 5% 檸檬酸水溶液並攪拌均勻。

(六) 每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯，每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋，以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。

(七) 重複步驟 (一) 到步驟 (五)，實驗三次並錄影紀錄。

九、不同檸檬酸水溶液添加比例 (佔整體濃度 0%~8%) 對美乃滋黏滯係數的影響

(一) 將冷藏蛋黃 (16g) 和砂糖 (10g) 混合。

(二) 使用攪拌器均勻混合冷藏蛋黃和砂糖。

(三) 持續使用攪拌器加入 100g 的植物油 (需分次加油，每 10 秒倒入 4g 油，以避免乳化成失敗，共加 25 次)。

(四) 待油全部乳化後停止攪打。

(五) 加入不同克數，濃度為 5% 檸檬酸水溶液並攪拌均勻。

(六) 每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯，每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋，以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。

(七) 重複步驟 (一) 到步驟 (五)，實驗三次並錄影紀錄。

十、蛋黃在不同存放狀態 (室溫 31°C&冷藏 11°C&冷凍-6°C) 對美乃滋黏滯係數的影響

(一) 將不同存放狀態的蛋黃 (16g) 和砂糖 (10g) 混合。

(二) 使用攪拌器均勻混合不同存放狀態的蛋黃和砂糖。註：蛋黃存放時間皆為 7 天。

(三) 持續使用攪拌器加入 100g 的植物油 (需分次加油，每 10 秒倒入 4g 油，以避免乳化成失敗，共加 25 次)。

(四) 待油全部乳化後停止攪打。

(五) 加入 8g 濃度為 5% 檸檬酸水溶液並攪拌均勻。

(六) 每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯，每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋，以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。

(七) 重複步驟 (一) 到步驟 (五)，實驗三次並錄影紀錄。

十一、不同食鹽水溶液添加比例 (佔整體濃度 0%~8%) 對美乃滋黏滯係數的影響

(一) 將冷藏蛋黃 (16g)、砂糖 (10g) 和不同克數的 20% 食鹽水溶液混合。

(二) 使用攪拌器均勻混合冷藏蛋黃、砂糖和食鹽水溶液。

(三) 持續使用攪拌器加入 100g 的植物油 (需分次加油，每 10 秒倒入 4g 油，以避免乳化會失敗，共加 25 次)。

(四) 待油全部乳化後停止攪打。

(五) 加入 8g 濃度為 5% 檸檬酸水溶液並攪拌均勻。

(六) 每一鋼杯會分出至少兩個布丁杯，每一個布丁杯裝取 20 毫升的美乃滋，以黏滯係數測試裝置測量並錄影三次。

(七) 重複步驟 (一) 到步驟 (五)，實驗三次並錄影紀錄。

十二、品評自製美乃滋

關於這次的美乃滋品評，我們選定市售美乃滋、少油、標準對照組、少糖及少油少糖，後面四種為自製美乃滋，讓同學品嚐五種，並且製作出包含外觀顏色、香氣、黏稠度 (口感) 和整體接受度這四種品評項目的問卷 (附錄一)。實際參與研究的樣本為 44 位同學，皆為有效問卷並且取得品評家長同意書 (附錄二)。

為了調查出每一位同學最真實的反應，我們使用盲測作為品評測試方法，將美乃滋塗抹在吐司上，品評不同美乃滋時皆會喝水除去口中的味道。在每一個項目中，以五點量表從非常不喜歡 (1) 至非常喜歡 (5) 讓同學勾選，藉此問卷調查出市售美乃滋與自製美乃滋其材料不同添加程度之間的差異。

註：少油、標準、少糖及少油少糖配方

(一) 少油：含油量 50% (參考第八頁)

(二) 標準對照組：標準製作流程 (參考第七頁)

(三) 少糖：含糖量 1.5% (參考第九頁)

(四) 少油少糖：因實驗中未有此變因，故打出其自製配方。

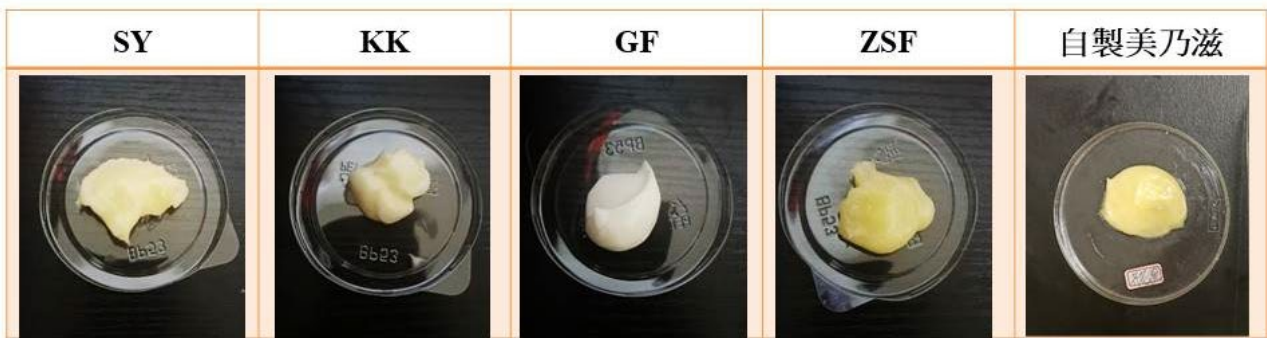
配方：油品(芥花油)、油量(56.8%)、蛋黃(23%)、砂糖(3%)、檸檬酸(13%)、攪拌器轉速(轉速 5)

伍、研究結果

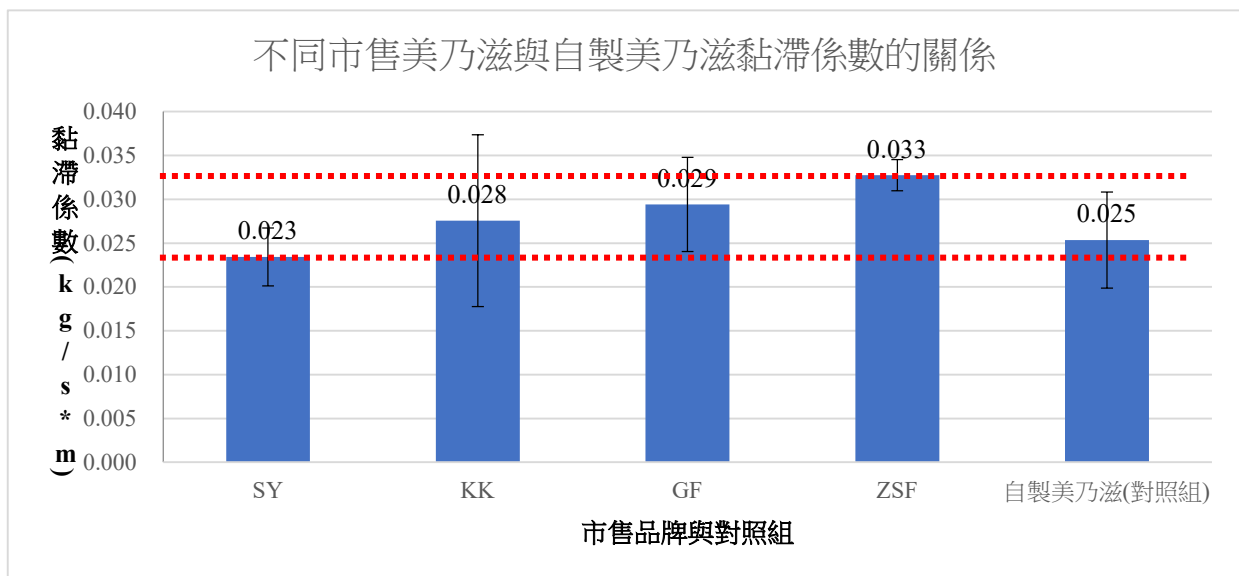
一、測試市售美乃滋的黏滯係數

表二、不同市售美乃滋與自製美乃滋（對照組）的黏滯係數

市售美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
SY	0.023
KK	0.028
GF	0.029
ZSF	0.033
自製美乃滋（對照組）	0.025



圖十、不同市售美乃滋與自製美乃滋（對照組）的樣貌



圖十一、不同市售美乃滋與自製美乃滋（對照組）黏滯係數的關係

由實驗結果可知，我們挑選的市售美乃滋的黏滯係數範圍在 0.023 kg/s*m 到 0.033 kg/s*m 之間，而我們做的對照組黏滯係數為 0.025 kg/s*m，介在此範圍之間，即可知所製作的對照組已完成乳化形成膠體狀態，並在黏滯程度上為社會大眾可接受的範圍。

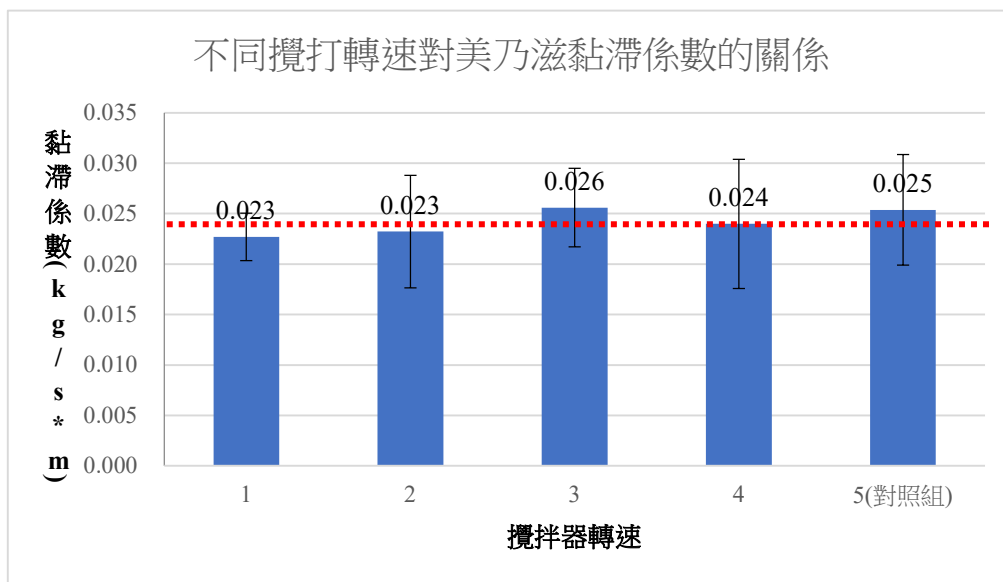
二、不同攪打轉速對美乃滋黏滯係數的影響

操縱變因：攪拌器轉速（由慢而快依序為轉速 1、轉速 2、轉速 3、轉速 4、轉速 5）

控制變因：油品(芥花油)、油量(75%)、蛋黃(12%)、砂糖(7%)、檸檬酸(5%)

表三、不同攪打轉速製成美乃滋的黏滯係數

不同攪打轉速製成的美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
轉速 1	0.023
轉速 2	0.023
轉速 3	0.026
轉速 4	0.024
轉速 5 (對照組)	0.025



圖十二、不同攪打轉速對美乃滋黏滯係數的關係

由實驗結果可知，攪打轉速的提升（轉速 1 到轉速 3）會影響美乃滋的黏滯係數，而再增加轉速則會趨向於一定值，黏滯係數並不會持續提升，因此可推論美乃滋攪打至一定程度即達乳化完成，故我們選用轉速 5 來製作美乃滋，確保其乳化完成。

三、不同種類的植物油對美乃滋黏滯係數的影響

操作變因：不同油品（芥花油、葵花油、酪梨油、橄欖油、大豆沙拉油）

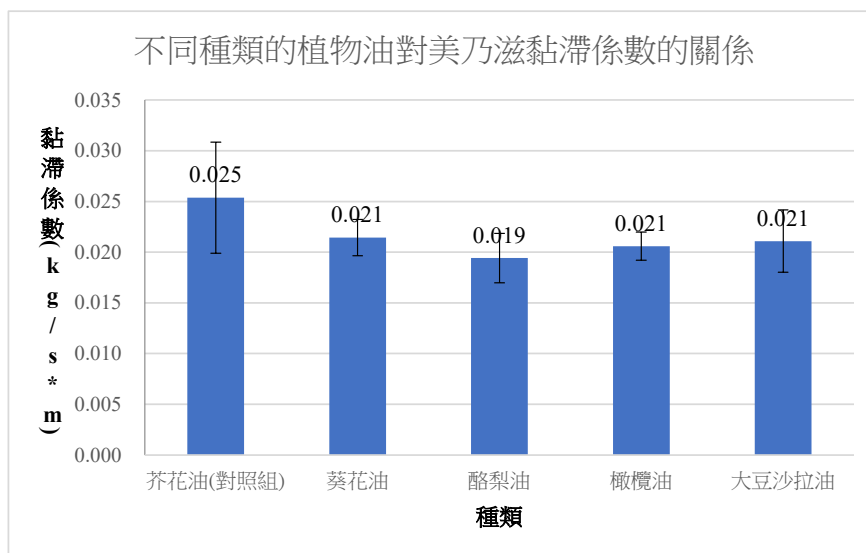
控制變因：油量(75%)、蛋黃(12%)、砂糖(7%)、檸檬酸(5%)、攪拌器轉速(轉速 5)

表四、不同種類的植物油製成美乃滋的黏滯係數

不同種類的植物油製成的美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
芥花油 (對照組)	0.025
葵花油	0.021
酪梨油	0.019
橄欖油	0.021
大豆沙拉油	0.021



圖十三、不同種類的植物油製成美乃滋的樣貌



圖十四、不同種類的植物油對美乃滋黏滯係數的關係

由實驗結果可知，用不同油品製成的美乃滋，以芥花油製作的美乃滋（對照組）黏滯係數較高，約為 0.025 kg/s*m，芥花油在五種油品中飽和脂肪克數最低，接續的實驗為了符合健康且黏滯係數在市售品質範圍，選擇以芥花油製作之後的實驗。

四、不同含油量（50%~80%）對美乃滋黏滯係數的影響

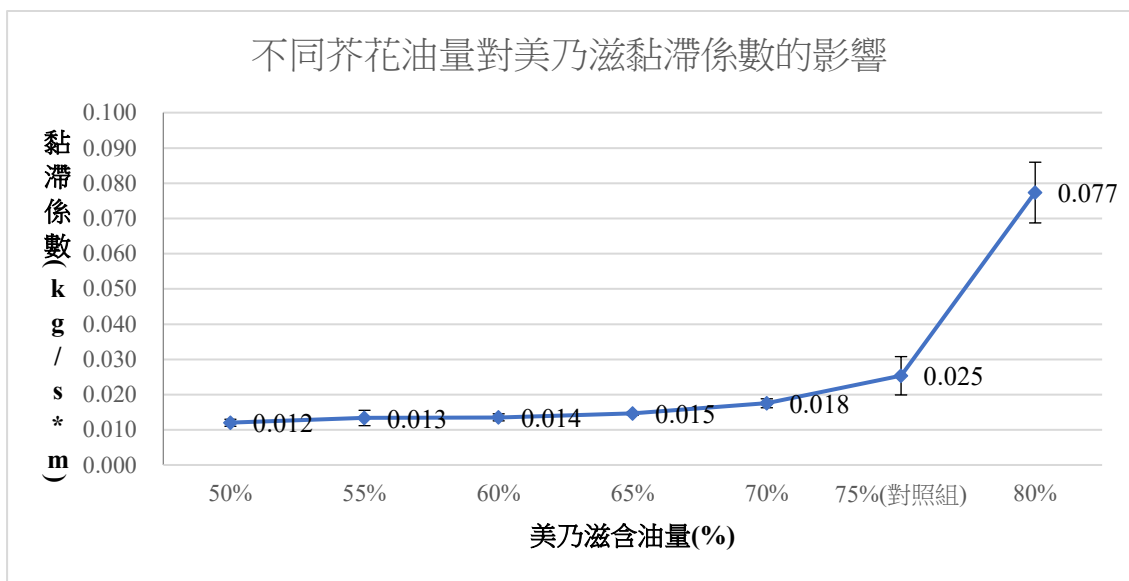
操作變因：芥花油量

含油量	50%	55%	60%	65%	70%	75%(對照組)	80%
克數	34g	42g	51g	63g	79g	100g	136g

控制變因：油品(芥花油)、蛋黃、砂糖、檸檬酸、攪拌器轉速(轉速 5)

表五、不同含油量製成美乃滋的黏滯係數

不同含油量製成的美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
50%	0.012
55%	0.013
60%	0.014
65%	0.015
70%	0.018
75% (對照組)	0.025
80%	0.077



圖十五、不同芥花油量對美乃滋黏滯係數的關係

由實驗結果得知，所使用油量達 80%時，美乃滋黏滯係數為 0.077kg/s*m，依序減少使用油量，則美乃滋的黏滯係數也會逐漸降低，因此我們發現**增加含油量會使美乃滋黏滯係數升高。**

五、不同含糖量（0%~10%）對美乃滋黏滯係數的影響

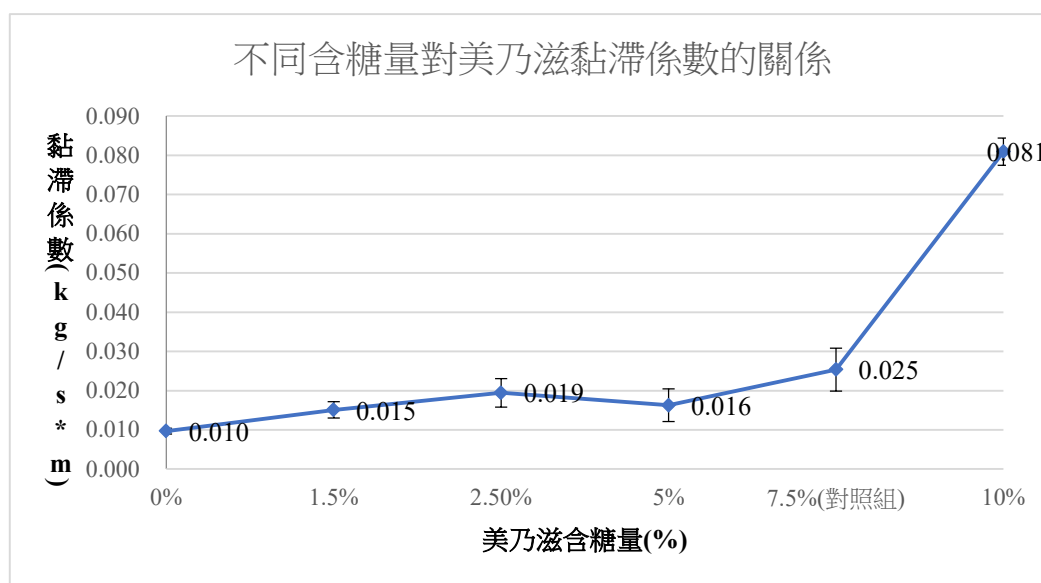
操縱變因：含糖量

含糖量	0%	1.5%	2.5%	5%	7.5%(對照組)	10%
克數	0g	1.89g	3.18g	6.52g	10g	13.78g

控制變因：油品(芥花油)、油量、蛋黃、檸檬酸、攪拌器轉速(轉速 5)

表六、不同含糖量製成美乃滋的黏滯係數

不同含糖量製成的美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
0%	0.010
1.5%	0.015
2.5%	0.019
5%	0.016
7.5% (對照組)	0.025
10%	0.081



圖十六、不同含糖量對美乃滋黏滯係數的關係

由實驗結果得知，製作美乃滋所使用糖量達 10%的黏滯係數較高，為 0.081 kg/s*m；對照組所使用糖量達 7.5%時，美乃滋黏滯係數為 0.025 kg/s*m，再依序減少使用糖量，則美乃滋的黏滯係數也會逐漸降低，因此我們發現**增加含糖量會使美乃滋黏滯係數升高。**

六、不同檸檬酸水溶液佔整體濃度（0%~8%）對美乃滋黏滯係數的影響

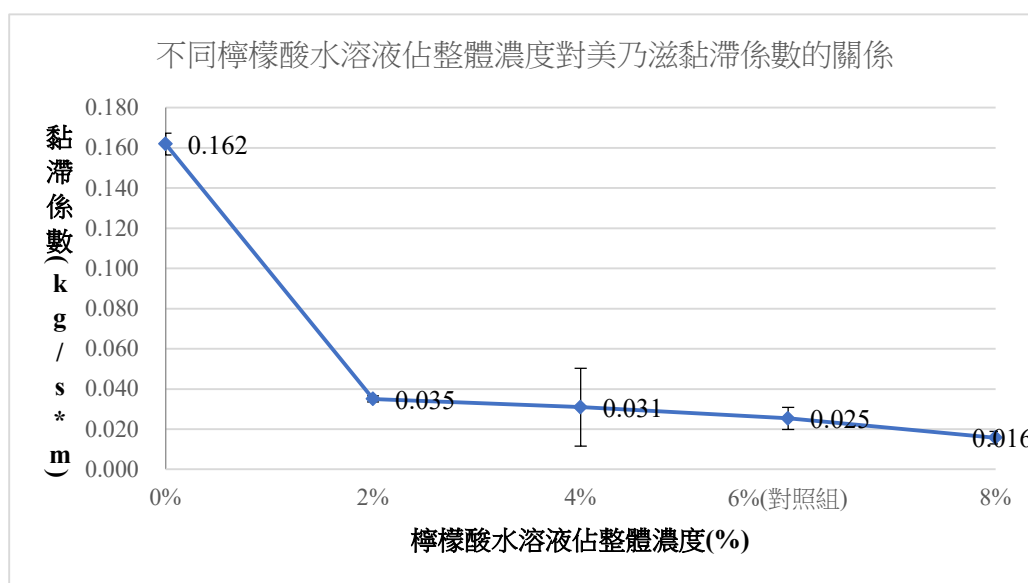
操縱變因：檸檬酸水溶液佔整體濃度

檸檬酸水溶液佔整體濃度	0%	2%	4%	6%	8%
檸檬酸水溶液濃度 5%克數	0g	2.57g	5.25g	8g	10.96g

控制變因：油品(芥花油)、油量、蛋黃、砂糖、攪拌器轉速(轉速 5)

表七、不同檸檬酸水溶液佔整體濃度製成美乃滋的黏滯係數

不同檸檬酸水溶液佔整體濃度製成的美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
0%	0.162
2%	0.035
4%	0.031
6% (對照組)	0.025
8%	0.016



圖十七、不同檸檬酸水溶液佔整體濃度對美乃滋黏滯係數的關係

由實驗結果可知，不同含酸量做出的美乃滋相互比較，沒有添加檸檬酸水溶液的美乃滋黏滯係數顯著的較高，約為 0.162 kg/s*m；添加檸檬酸水溶液的美乃滋其檸檬酸水溶液含量與黏滯係數呈負相關，因此我們發現**添加檸檬酸水溶液會使美乃滋黏滯係數降低。**

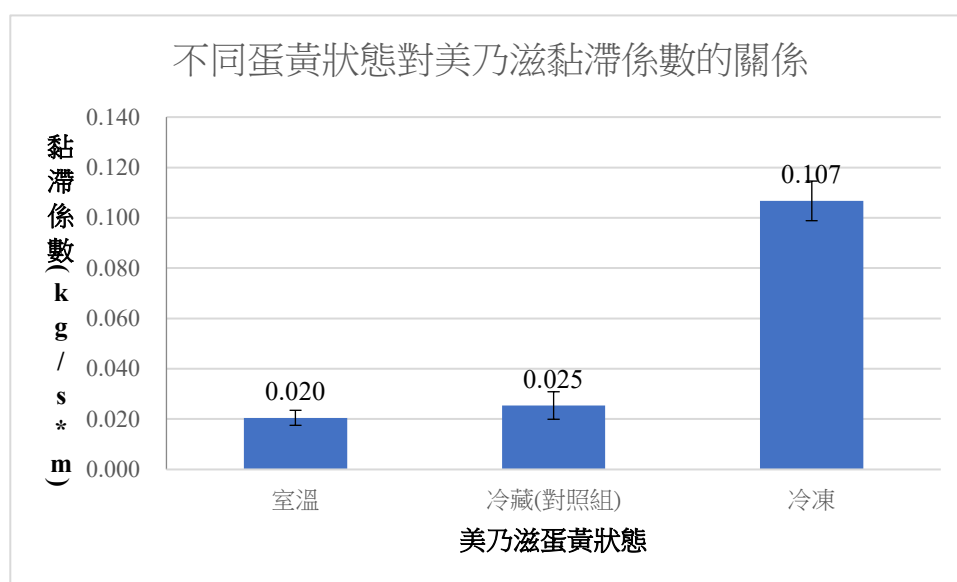
七、蛋黃在不同存放狀態（室溫 31°C&冷藏 11°C&冷凍-6°C）對美乃滋黏滯係數的影響

操縱變因：室溫蛋黃 31°C、冷藏蛋黃 11°C、冷凍蛋黃-6°C 各放置七天

控制變因：油品(芥花油)、油量(75%)、砂糖(7%)、檸檬酸(5%)、攪拌器轉速(轉速 5)

表八、蛋黃在不同存放狀態製成美乃滋的黏滯係數

蛋黃在不同存放狀態製成的美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
室溫 31°C	0.020
冷藏（對照組） 11°C	0.025
冷凍-6°C	0.107



圖十八、不同蛋黃狀態對美乃滋黏滯係數的關係

由實驗結果可知，不同存放狀態的蛋黃做出的美乃滋相互比較，以冷凍蛋黃做出的美乃滋黏滯係數較高，為 0.107 kg/s*m；以冷藏蛋黃做出的美乃滋黏滯係數為 0.025 kg/s*m；以室溫蛋黃的黏滯係數較低，為 0.020kg/s*m，我們發現蛋黃在冰箱長時間（七天）冷凍下，會使美乃滋黏滯係數升高。我們選擇短時間放置的冷藏蛋黃來製作美乃滋，是因為其乳化效果比較穩定，其黏滯係數達市售美乃滋的黏滯係數範圍內。

八、不同食鹽水溶液佔整體濃度（0%~8%）對美乃滋黏滯係數的影響

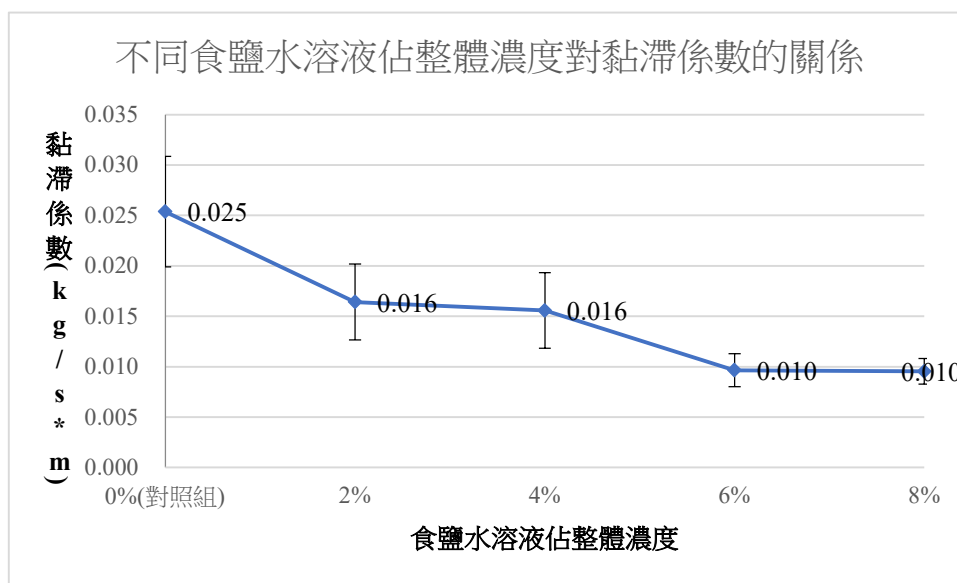
操縱變因：食鹽水溶液佔整體濃度

食鹽水溶液佔整體濃度	0%	2%	4%	6%	8%
以 20%食鹽水溶液濃度添加克數	0g	2.73g	5.58g	8.55g	11.65g

控制變因：油品(芥花油)、油量、蛋黃、砂糖、檸檬酸、攪拌器轉速(轉速 5)

表九、不同食鹽水溶液佔整體濃度製成美乃滋的黏滯係數

不同食鹽水溶液佔整體濃度製成的美乃滋	黏滯係數 (kg/s*m)
0% (對照組)	0.025
2%	0.016
4%	0.016
6%	0.010
8%	0.010



圖十九、不同食鹽水溶液佔整體濃度對黏滯係數的關係

由實驗結果可知，0%食鹽水溶液(對照組)做出的美乃滋黏滯係數較高，為 0.025 kg/s*m。我們發現**添加食鹽水溶液，會使美乃滋的黏滯係數下降。**

九、品評自製美乃滋

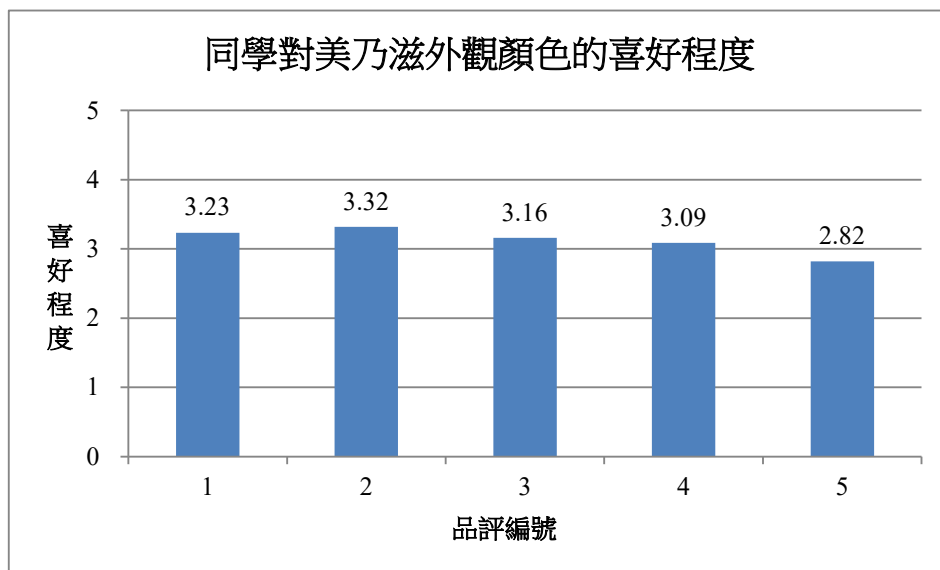
品評編號一至五分別為市售美乃滋（ZSF）、少油（含油量 50%）、標準對照組、少糖（含糖量 1.5%）及少油少糖。



市售美乃滋 少油美乃滋 對照組美乃滋 少糖美乃滋 少油少糖美乃滋

圖二十、品評的五種美乃滋樣貌

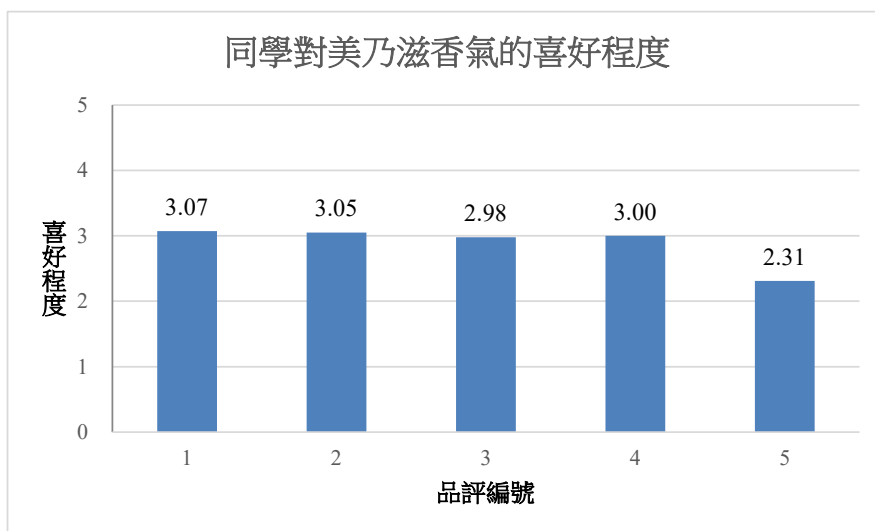
（一）同學對美乃滋外觀顏色的喜好程度



圖二十一、同學對美乃滋外觀顏色的喜好程度

根據調查結果，同學對一到四號美乃滋的外觀顏色喜愛程度差異不大，而五號較不被接受，少油美乃滋的外觀顏色被較多同學喜愛。

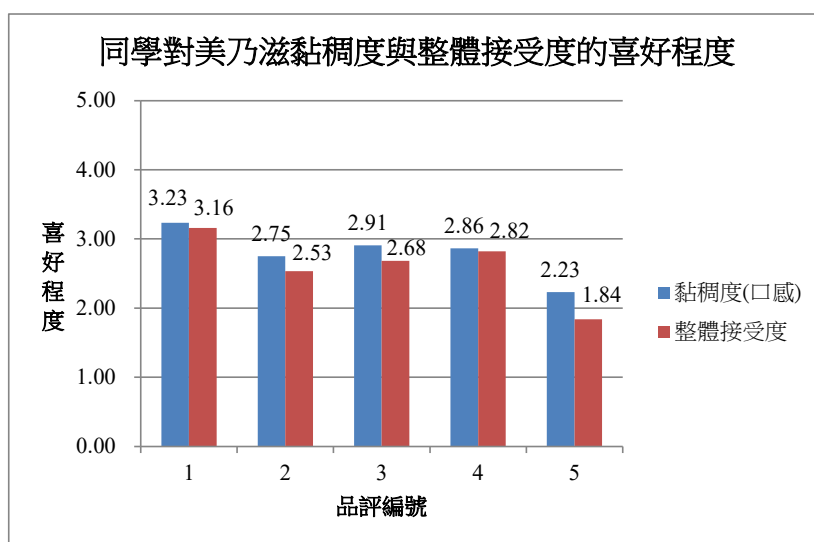
(二) 同學對美乃滋香氣的喜好程度



圖二十二、同學對美乃滋香氣的喜好程度

根據調查結果，我們同學對二號、三號及四號的美乃滋（自製美乃滋）香氣喜好度幾乎等同於市售的美乃滋一號，而五號則較低，我們認為原因是糖可以降低添加油所帶來的油耗味，不過五號的糖量比對照組減少了百分之六，因此使五號（少油少糖）美乃滋比一到四號美乃滋的香氣較不受喜歡。

(三) 同學對美乃滋黏稠度（口感）與整體接受度的喜好程度



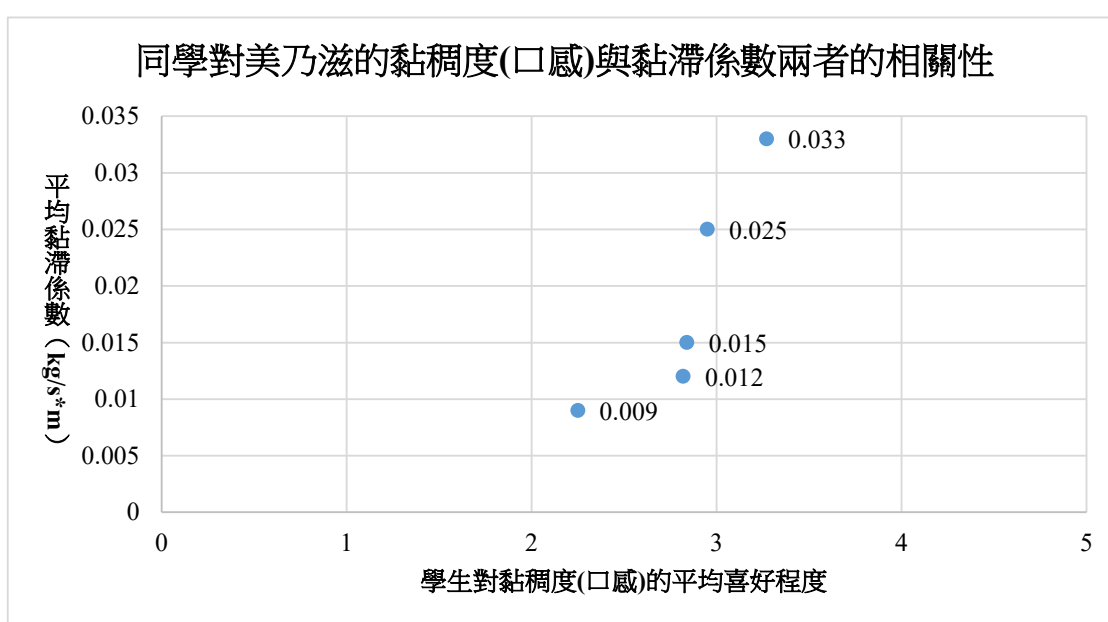
圖二十三、同學對美乃滋黏稠度（口感）與整體接受度的喜好程度

根據調查結果，我們發現同學對一到五號美乃滋整體接受度的趨勢和黏稠度（口感）的趨勢大致相同，**推測整體接受度與黏稠度有很大的關係**。為了了解美乃滋的黏稠度是否是大眾在品評美乃滋時的一個關鍵，我們使用統計軟體 SPSS 分析同學對美乃滋的黏稠度（口感）與測得的黏滯係數兩者間的關係。

(四) 同學對美乃滋的黏稠度（口感）與黏滯係數兩者的相關性

表十、 品評五種美乃滋的黏稠度（口感）與黏滯係數

品評編號	名稱	黏稠度（口感）	黏滯係數（kg/s*m）
編號 1	市售美乃滋（ZSF）	3.27	0.033
編號 2	少油（含油量 50%）	2.82	0.012
編號 3	標準對照組	2.95	0.025
編號 4	少糖（含糖量 1.5%）	2.84	0.015
編號 5	少油少糖	2.25	0.009



圖二十四、同學對美乃滋的黏稠度（口感）與黏滯係數兩者的相關性

表十一、 同學對美乃滋的黏稠度（口感）與黏滯係數之相關性

	黏稠度（口感）	黏滯係數
黏稠度（口感）	1	.864*
黏滯係數	.864*	1

*p < .05

關於美乃滋的品評，我們參考歐雷·莫西森等（2018）提及口感包含黏稠度，因此我們選擇黏稠度作為同學品評口感的依據，經 SPSS 統計軟體統計分析，黏稠度（口感）與黏滯係數相關性評分為 0.864（大於 0.7），相關性在相關水準上達顯著，表示同學品評的口感與測得的黏滯係數為高度正相關。

陸、討論

一、改良美乃滋黏滯係數測試裝置

我們剛開始實驗時的設想是希望能觀測別人沒有觀測過的地方，因為何梓華等（2018）是取數據的「時間」這個變因研究，於是我們轉而研究裝置，想出以「繩張力」取代，作為我們研究的目標，於是我們使用 Tracker 分析出實驗裝置的繩張力，原本以為繩張力和黏滯係數成正比，但是老師告訴我們，公式裡的其他數字也是變因，不能相互約分去除掉，不能直接因此判斷繩張力與黏滯係數成正比，因此我們後來修改方向，重新分析影片，使用特定區段的「時間差」並帶入完整的公式，求得美乃滋的黏滯係數。

二、測試市售美乃滋的黏滯係數

根據實驗結果，自製美乃滋的黏滯係數位於不同市售美乃滋的黏滯係數範圍之中，所以我們由此推得所製作的對照組美乃滋已完成乳化作用，形成膠體狀態，並且在黏滯程度上落在可以被大眾接受的範圍。

三、不同攪打轉速對美乃滋黏滯係數的影響

根據實驗結果，轉速對美乃滋的黏滯係數影響不大，而我們會選用轉速 5 製作美乃滋的原因是為了標準化、確保乳化完成且加快實驗速度。

四、不同種類的植物油對美乃滋黏滯係數的影響

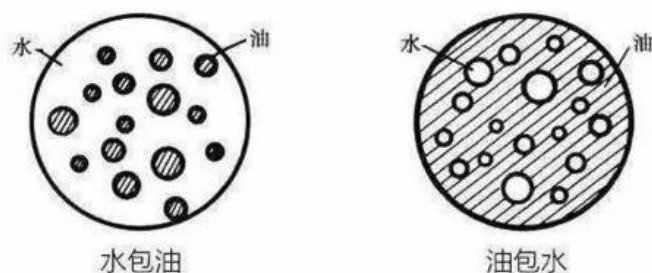
分析出圖表數據後，我們重新仔細觀察本次參與實驗的植物油營養標示，預期黏滯係數會隨著飽和脂肪酸克數增加而升高，但與實驗結果不一樣，推測黏滯係數的趨勢可能與飽和脂肪克數有關，但由於文獻不多，有待未來探討。

表十二、各種油品每 100 公克油脂瓶身標示的成分

油品	芥花油	葵花油	酪梨油	橄欖油	大豆沙拉油
飽和脂肪克數 (g/100ml)	7	11	13.1	13.3	14
脂肪克數 (g/100ml)	92g	92g	92g	93.3g	92g

五、不同含油量對美乃滋黏滯係數的影響

比較油包水型與水包油型的乳化物，油包水型乳化物是將細小水滴嵌入連續相的油裡，例如奶油。而美乃滋屬於水包油型乳化物，能將細小油滴嵌入連續相的水裡（歐雷·莫西森等，2018）。



圖二十五、水包油乳化物與油包水乳化物示意圖。引用自雪花新聞。

從實驗結果可知，添加的油量與黏滯係數成正相關，這個結果是有符合我們的實驗預期，因為在添加植物油時，整杯美乃滋是從水狀越來越濃稠，剛開始添加油品時添加量也不能太高，但漸漸地，美乃滋會越來越濃稠，油品的一次添加量也可大幅提升，我們認為原因是美乃滋為水包油型，水與水之間的引力較高，而水與油就沒有那麼強的引力，因此油與水的結合需要乳化劑（卵磷脂）的作用，而隨著油品添加量越多，油與混合液之間的引力越大，形成的分子間引力也隨之越強、越堅固，使美乃滋的黏滯係數提升。

六、不同含糖量對美乃滋黏滯係數的影響

根據實驗結果，添加的糖越多，製成的美乃滋黏滯係數越高，我們剛開始往糖會讓食物脫水的方向思考，但在此假設中，含糖量越高的美乃滋應該會脫水越高，製成的美乃滋應該要越稀，但是明顯與我們的實驗結果相反，糖可能使乳化劑脫水，其釋出的水分沒有消失，仍存在於乳化劑中，因此我們轉換方向，思考糖和黏度的直接關係。砂糖內含有蔗糖，而我們認為蔗糖結構上有八組羥基（OH⁻），所以可以與水產生許多的氫鍵作用力，增加蔗糖與水分子之間的引力，導致黏稠度上升，也參考曹智萍等（2014）提及糖濃度上升提高了糖與水分子間的作用力，因此糖水的濃度越高，其黏滯係數也就越高，和我們的實驗結果相符。

七、不同檸檬酸水溶液濃度對美乃滋黏滯係數的影響

食譜有提及以醋來製作美乃滋，但市售醋的酸度我們無法自行掌控，而使用檸檬酸調配水溶液才能更精確得知其占整體濃度，所以使用檸檬酸水溶液代替醋。

我們當初的假設是當檸檬酸的濃度越高，黏滯係數會越低，而根據實驗結果，檸檬酸水溶液佔整體的濃度越高，會使黏滯係數下降，檸檬酸水溶液的濃度越低，黏滯係數越高，濃度由低至高，黏滯係數呈現下降的趨勢，符合我們一開始的推斷。於是我們根據實驗結果推測出檸檬酸內的物質，有助於降低美乃滋的黏稠度。另外，我們計算檸檬酸水溶液 pH 值落

在 2-3，而卵磷脂水解的 pH 值落在 4.5，推測檸檬酸水溶液會使卵磷脂水解，使黏滯係數下降。

八、蛋黃在不同存放狀態對美乃滋黏滯係數的影響

我們當初會設計這個實驗是有參考 Koisseoglou & Sherman (1983) 提及蛋黃的許多乳化特性取決於其結構，因此我們設計這個實驗想驗證，究竟冷凍的蛋黃、放置在冰箱內的冷藏蛋黃以及室溫蛋黃其乳化效果如何？又其製成的美乃滋黏稠度會有什麼差異？我們的實驗結果，是冷凍蛋黃製成的美乃滋黏滯係數較高，室溫蛋黃製成之美乃滋黏滯係數較低，而冷藏蛋黃製成的美乃滋黏滯係數介在中間。雖然在長時間放置下的冷凍蛋黃製成的美乃滋乳化液較穩定，不過我們不使用冷凍蛋黃作為標準蛋黃的原因有以下兩點：

首先，蛋黃在長時間的存放狀態下，的確冷凍蛋黃的黏滯係數會較高，但在短時間的存放狀態下，我們的實驗結果是冷藏蛋黃的黏滯係數較高，而且它的乳化效果是比較穩定的。第二，冷藏蛋黃在短時間存放的狀況下，黏滯係數較接近目前我們所測市售美乃滋的黏滯係數，而冷凍蛋黃雖然在長時間的放置下，黏滯係數會升高，不過其黏滯係數沒有落在我們所測的市售美乃滋的黏滯係數範圍內，我們所製作的美乃滋主要還是會希望越接近大眾口味越好，且一般家庭自製美乃滋較常使用冷藏蛋黃去製作，所以選擇在短時間存放的冷藏蛋黃來製作美乃滋。

九、不同食鹽水溶液濃度對美乃滋黏滯係數的影響

根據實驗結果，加了食鹽水溶液反而降低了美乃滋的黏滯係數，我們剛開始得到這個結果是十分困擾的，因為 Koisseoglou & Sherman (1983) 提及鹽有助於乳化作用，因而得到的美乃滋應該要較為黏稠，此與我們的實驗結果相違背，後來翻閱朱延美等 (2002) 說明鹽分有助於乳化作用，但是高濃度的食鹽水溶液對乳化作用的影響較為複雜，高濃度的食鹽水溶液反而會使混合液的黏滯係數下降，這點符合了我們的實驗，我們實驗所使用的食鹽水溶液是接近飽和的濃度，可解釋為什麼加入了食鹽水溶液的對照組其黏滯係數皆低於沒有添加鹽的標準組。另外，我們推測鹽會填充糖的氫氧基與水之間的空隙，使黏滯係數下降。

十、品評自製美乃滋

- (一) 同學對一到四號美乃滋的外觀顏色喜愛程度差異不大，而五號較不被接受，推測可能為油量減少，再加上檸檬酸水溶液的作用後，黏滯係數降低，故看起來比較水。

- (二) 市售美乃滋比我們自製的美乃滋多了胡椒粉，以醋替代檸檬酸水溶液，可蓋住美乃滋本身的油耗味。
- (三) 此次品評中，使用的少糖美乃滋(編號 4) 是採用前面實驗中含糖量最低的 1.5% 美乃滋，使用的少油美乃滋(編號 2)，是採用前面實驗中含油量最低的 50%美乃滋。品評結果發現少糖的 4 號美乃滋其整體接受度比對照組的 3 號美乃滋高，因此我們認為大眾在家中製作美乃滋時，可以考慮降低糖的添加量，而少油的美乃滋整體接受度只略低於市售美乃滋，因此想製作較健康且風味佳的美乃滋是有可能的，至於編號 5 美乃滋，由於一次調整了兩個變因，製作出來的美乃滋狀況不甚理想，同學的整體接受度也較低。
- (四) 同學品評的口感與測得的黏滯係數為高度正相關，也就是說黏稠度越高的美乃滋同學對它的接受度也就越高，但參考市售美乃滋的黏稠度，我們認為民眾能接受的美乃滋黏稠度還是有極值的，不應該超過市售美乃滋的範圍，因此若想製作出風味較佳的美乃滋可以選擇製作較黏稠的美乃滋。

十一、綜合研究

由同學品評的結論是美乃滋的整體接受度主要看黏稠度(口感)，且與實驗測得的黏滯係數為高度正相關，但從實驗中可以發現要提升美乃滋的黏滯係是提高含油量或含糖量，製作出來的高油高糖美乃滋並不是最健康的比例，因此在多方考量下，我們推薦以下兩款美乃滋的配方

- (一) 健康美乃滋：使用飽和脂肪酸含量較低較健康的芥花油且少油少糖來製作。
- (二) 風味較佳美乃滋：主要就是以提升黏稠度為目的，使用標準油量、糖、檸檬酸水溶液佔整體濃度低、冷藏蛋黃、食鹽水溶液占整體濃度低來製作。

十二、未來研究與建議

- (一) 實驗添加其他配方的美乃滋黏滯係數的趨勢，如添加芥末粉：網路上的自製美乃滋食譜在食材的添加上有許多的變化，有人會添加芥末增添風味，芥末內同樣含卵磷脂，應會影響美乃滋的黏稠度，也可能取代蛋黃，因此可以進一步的探討。
- (二) 實驗不同食材比例的美乃滋存放在冰箱內的保存期限：我們的自製美乃滋相較於市售美乃滋的優點是無添加食品添加劑，但也相對的在美乃滋的保存期限上有所受限制，因此我們希望能進一步研究自製美乃滋的存放期限及能延長保存的方式。

- (三) 飽和脂肪酸含量對美乃滋黏滯係數的影響：由於蛋黃會和油品內的長鏈飽和三酸甘油酯進行乳化作用，因此我們認為黏滯係數應與飽和脂肪酸的含量有關，但由於相關的文獻不多，因此有待未來探討。
- (四) 以其他膠體溶液來探討口感和黏滯係數的相關性：由於美乃滋是膠體狀食品，因此我們想研究同為膠體狀的食品如果醬、優格等是否在口感及黏稠度也具備相同的趨勢。

柒、結論

一、改良黏滯係數測定裝置，利用 Tracker 錄製影片分析時間差，使用公式

$$\eta = \frac{mgR^2t}{4\pi hS} \left(\frac{1}{Ra^2} - \frac{1}{Rb^2} \right)$$

，帶入實驗分析所得的時間差，換算出美乃滋的黏滯係數。

二、自製美乃滋的黏滯係數介在各種品牌市售美乃滋之間，黏滯係數 0.023 -0.033 kg/s*m 為大眾接受的範圍內，確立自製美乃滋已完成乳化作用，形成膠體狀態。

三、不同攪打轉速對美乃滋黏滯係數的影響：轉速對美乃滋的黏滯係數影響不大。

四、不同種類的植物油對美乃滋的黏滯係數關係：用芥花油製成的美乃滋黏滯係數較高。

五、不同含油量對美乃滋黏滯係數的影響：80%含油量做出的美乃滋黏滯係數最高，當含油量越多，會使美乃滋的黏滯係數越高。

六、不同含糖量對美乃滋黏滯係數的影響：10%含糖量做出的美乃滋黏滯係數較高，因此含糖量越高，美乃滋黏滯係數越高。

七、不同檸檬酸水溶液佔整體濃度對美乃滋黏滯係數的影響：未加檸檬酸水溶液做出的美乃滋黏滯係數較高，加入檸檬酸水溶液會降低美乃滋的黏滯係數。

八、蛋黃在不同存放狀態對美乃滋黏滯係數的影響：長時間放置下的冷凍蛋黃做出的美乃滋黏滯係數較高。不過為了符合大眾口味，選擇以冷藏蛋黃製作對照組美乃滋。

九、不同食鹽水溶液佔整體濃度對美乃滋黏滯係數的影響：未加食鹽水溶液做出的美乃滋黏滯係數較高，加入食鹽水溶液會使美乃滋黏滯係數下降。

十、品評自製美乃滋：

(一) 少油美乃滋的外觀顏色被較多同學喜愛，推測原因可能為較濕潤。

(二) 同學對自製美乃滋的香氣喜好度幾乎等同於市售的美乃滋。

(三) 同學對美乃滋整體接受度的趨勢和黏稠度（口感）的趨勢大致相同，推測整體接受度與黏稠度有很大的關係。

(四) **同學品評的口感與測得的黏滯係數為高度正相關。**

捌、參考文獻

- 一、Kiosseoglou, V. D. & Sherman, P. (1983). Influence of egg yolk lipoproteins on the rheology and stability of oil/water emulsions and mayonnaise 1. Viscoelasticity of groundnut oil-in-water emulsions and mayonnaise. *Journal of Texture Studies*, 14, 397–417.
- 二、沙珮琦 (2018)。美乃滋：一段愛與乳化的故事。檢自：<https://pansci.asia/archives/147438>
- 三、國立中央大學物理學系 (2020)。黏滯係數之測定。國立中央大學物理學系。網址 http://140.115.31.34/phy_lab/viscosity.htm?fbclid=IwAR39nDV1ZsAMfSdoJD7_IPegB2mgCfGTgt9X2bvK0mjEJZsC6uXT9DmPVY
- 四、歐雷·莫西森、克拉夫斯·史帝貝克、王翎 (譯) (2018)。口感科學，由食物質地解讀大腦到舌尖的風味之源。台北市：大寫出版。
- 五、曹智萍、林佩萱、陳良宇 (2014)。糖水溶液黏度量測的熱力學觀點。
- 六、朱延美、王棟、吳軍見 (2002)。水相中表面活性劑與鹽類的物理化學關係及其在水處理過程中的作用。
- 七、何梓華、翁婉榆、曾旭宏 (2018)。「醬」新獨具—低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討。
- 八、卵磷脂。在**維基百科**。檢索於 2021 年 2 月 24 日，
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%B5%E7%A3%B7%E8%84%82>
- 九、油包水型與水包油型。在**雪花新聞**。檢索於 2021 年 4 月 6 日，
<https://pic1.xuehuaimg.com/proxy/baijia/https://f10.baidu.com/it/u=4038620856,1469921906&fm=173&app=25&f=JPEG?w=464&h=233&s=0AAA7A23498048D6197DD4CA0100E0B1&access=215967316>

美乃滋品評問卷

班級：_____座號：_____性別：_____

各位同學，你們好：我們這組自製美乃滋的材料及器具皆符合食品級，請同學們安心食用，這份問卷主要是想了解你食用完對『美乃滋』的看法，請你照實回答，將你的答案在答案框裡打勾。注意，不要遺漏任何一題哦！

215 科展美乃滋組

編號一	非常不喜歡 1	不喜歡 2	普通 3	喜歡 4	非常喜歡 5
外觀顏色					
香氣					
黏稠度(口感)					
整體接受度					

編號二	非常不喜歡 1	不喜歡 2	普通 3	喜歡 4	非常喜歡 5
外觀顏色					
香氣					
黏稠度(口感)					
整體接受度					

編號三	非常不喜歡 1	不喜歡 2	普通 3	喜歡 4	非常喜歡 5
外觀顏色					
香氣					
黏稠度(口感)					
整體接受度					

編號四	非常不喜歡 1	不喜歡 2	普通 3	喜歡 4	非常喜歡 5
外觀顏色					
香氣					
黏稠度(口感)					
整體接受度					

編號五	非常不喜歡 1	不喜歡 2	普通 3	喜歡 4	非常喜歡 5
外觀顏色					
香氣					
黏稠度(口感)					
整體接受度					

家長同意書

茲同意學生_____於XX高中協助品測(試吃)同學於科展所製作的美乃滋，製作器具皆有消毒，且材料皆符合食品等級，食材含植物油、蛋黃、砂糖、檸檬酸，我們在製作美乃滋時皆有自行品嚐過，未有任何不適。任何品測皆有風險，請謹慎評估。品嚐過程中我們會進行問卷調查，以作為日後研究所需。

- 我同意接受本子女品嚐美乃滋，並填寫問卷調查供研究使用
- 我不同意本子女品嚐美乃滋

感謝各位家長抽空幫我們填寫此份同意書，在此我們表達深深的謝意。

學生_____ (簽名)

家長_____ (簽名)

215 科展美乃滋組

中華民國 110 年 月 日

【評語】 052209

1. 本研究測試發現添加的油量、糖水的濃度越高，與美乃滋黏滯係數成正相關；反之，與檸檬酸水溶液與食鹽水溶液的濃度成負相關。進一步品評的口感與測得的黏滯係數為高度正相關。本研究並建議以冷藏蛋黃來製作美乃滋。
2. 本研究試驗的執行以及數據解讀的準確性與自製之測定黏滯係數裝置的準確度與靈敏度有直接關連，但這部分的因素沒有被考慮進來。例如：圖 12 (p. 12) 不同轉速製成之美乃滋，黏滯係數間並無差異；圖 14 (p. 13) 中介花油雖然黏滯係數最低，但與其餘四種油間，統計上並無差異。這些數據解讀是否完全正確？
3. 製作成美乃滋之油耗味是何原因造成？原料油品放置過久氧化造成？糖如何可以降低油耗味？
4. 參考文獻蒐集較少，部分假設並無文獻支持。此外參考文獻部分書寫並不完整，也未依序排列，需再改進。

作品簡報

別有「滋」味

探討不同條件製程
對美乃滋黏度的影響

科別：農業與食品學科
組別：高級中等學校組



研究動機

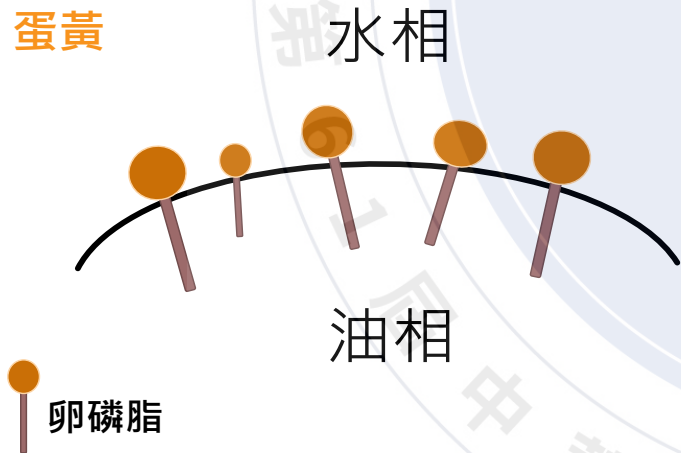
觀察市售及自製美乃滋
發現黏稠度有差異

查看市售美乃滋的成分
油品、雞蛋、糖、醋

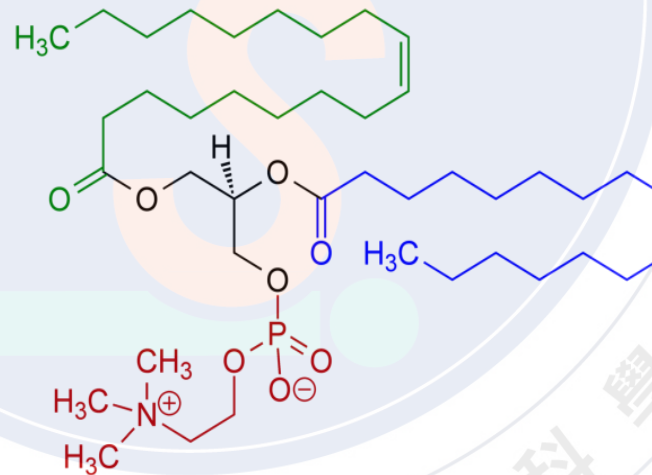
查詢網路食譜
了解美乃滋作法

文獻探討

- 形成美乃滋的關鍵是乳化作用。
- 蛋黃的卵磷脂與油品的長鏈飽和三酸甘油酯產生膠體狀態，為水包油型
(Koisseoglou & Sherman, 1983; 歐雷·莫西森等, 2018; 沙珮琦, 2018)



圖一、乳化作用



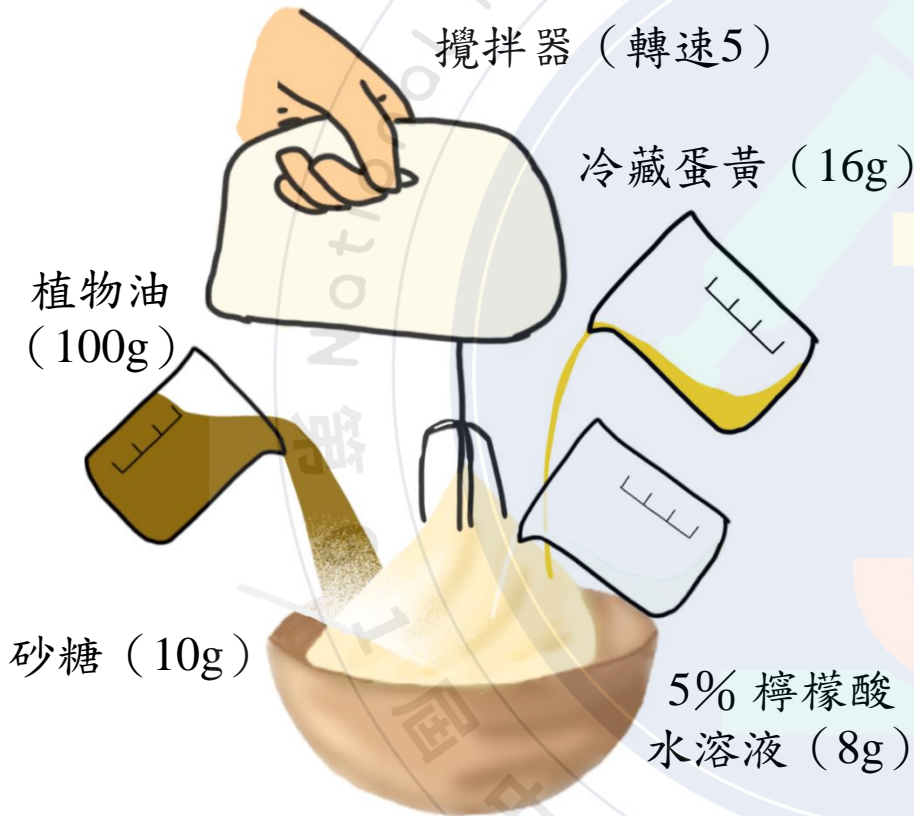
圖二、卵磷脂



圖三、水包油型

研究方法

一、美乃滋的標準製作流程

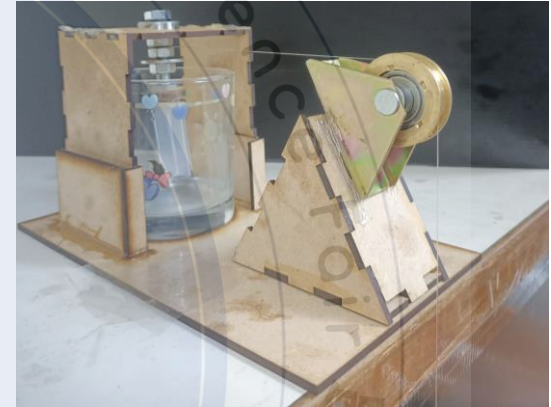


圖四、美乃滋製作流程圖

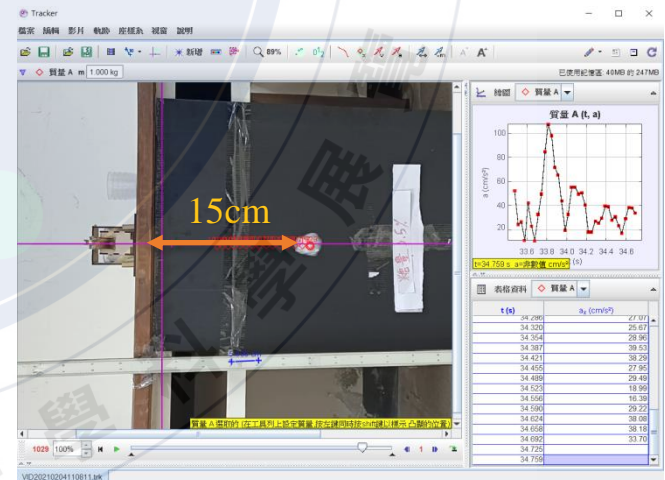
各種美乃滋製作流程，參考報告書第7~10頁

二、黏滯係數測試裝置設計圖

※參考何梓華等 (2018) 的果醬黏度測試裝置進行改良



圖五、黏滯係數測試裝置。

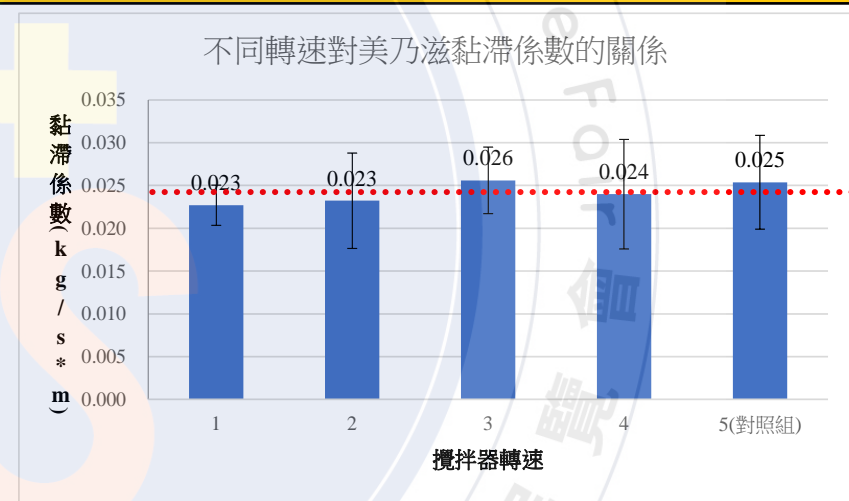
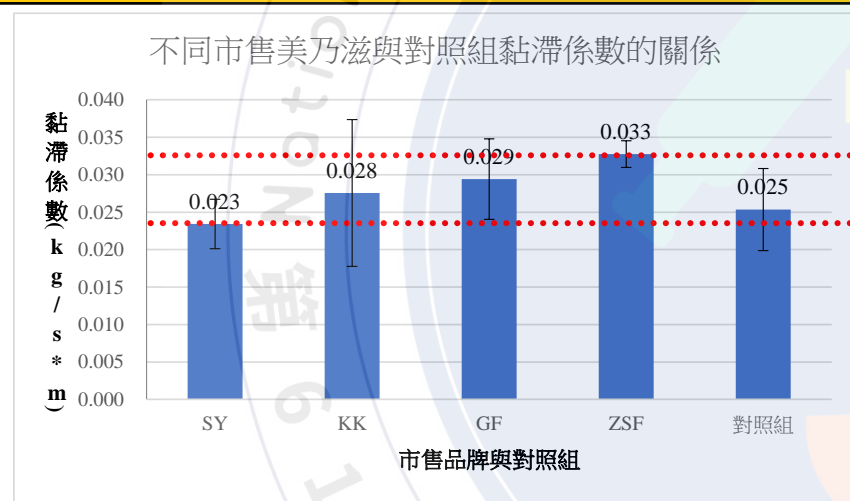


圖六、用Tracker分析影片的時間差

研究結果

實驗結果一、市售美乃滋的黏滯係數區間為0.023 kg/s*m到0.033 kg/s*m，視為大眾接受範圍

實驗結果二、不同轉速對美乃滋的黏滯係數趨向於一定值



圖七、不同市售美乃滋與自製美乃滋（對照組）黏滯係數的關係

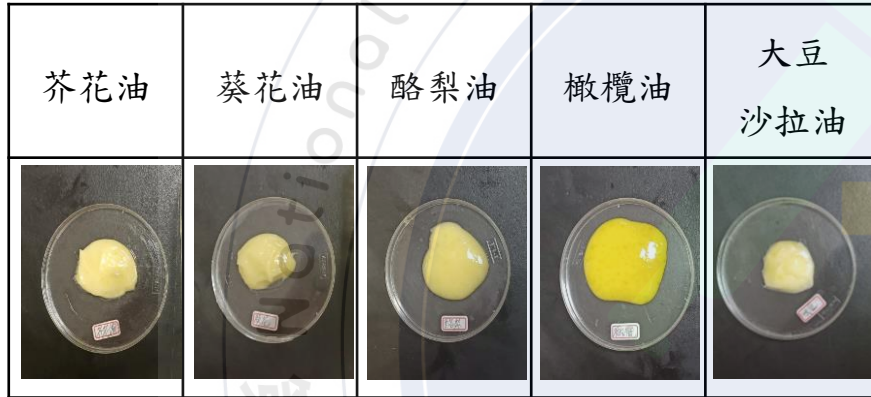
我們自製美乃滋（對照組）在黏滯程度上落在可以被大眾接受的範圍，因此確認美乃滋配方及作法。

圖八、不同攪打轉速對美乃滋黏滯係數的關係

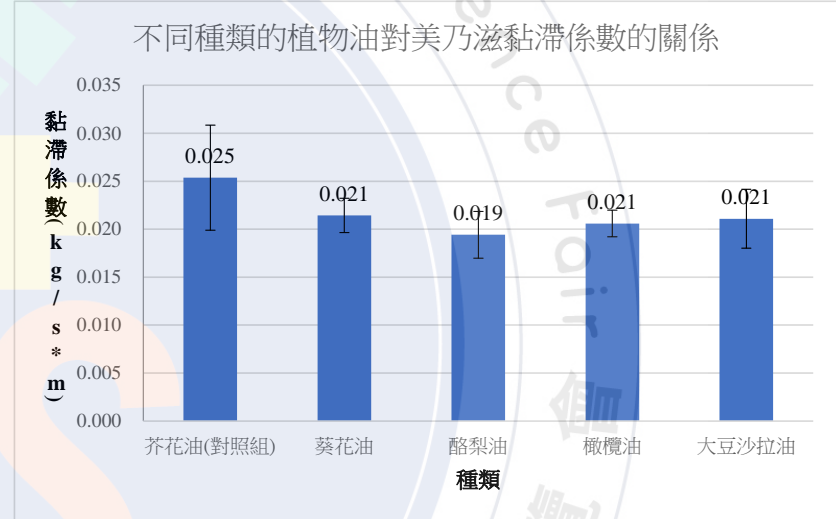
選用轉速5來製作美乃滋不同變因的實驗，確保其乳化完成。

研究結果

實驗結果三、使用芥花油製作美乃滋的黏滯係數較佳



圖九、不同種類的植物油製成美乃滋的樣貌



圖十、不同種類的植物油對美乃滋黏滯係數的關係

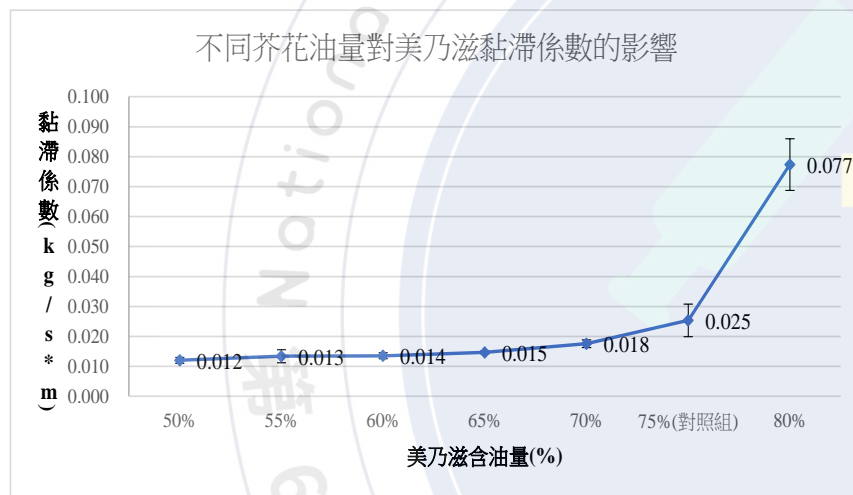
表一、各種油品每100公克油脂瓶身標示的成分

油品	芥花油	葵花油	酪梨油	橄欖油	大豆沙拉油
飽和脂肪 (g/100ml)	7	11	13.1	13.3	14
脂肪 (g/100ml)	92	92	92	93.3	92

接續的實驗為了符合健康且黏滯係數在市售品質範圍，選擇以芥花油製作。

研究結果

實驗結果四、含油量增加會使得美乃滋黏滯係數上升



圖十一、不同芥花油量對美乃滋黏滯係數的關係

油量達80%的美乃滋黏滯係數達到最高為0.025 kg/s*m，得知**增加含油量會使美乃滋黏滯係數升高**。

實驗結果五、含糖量增加會使得美乃滋黏滯係數上升

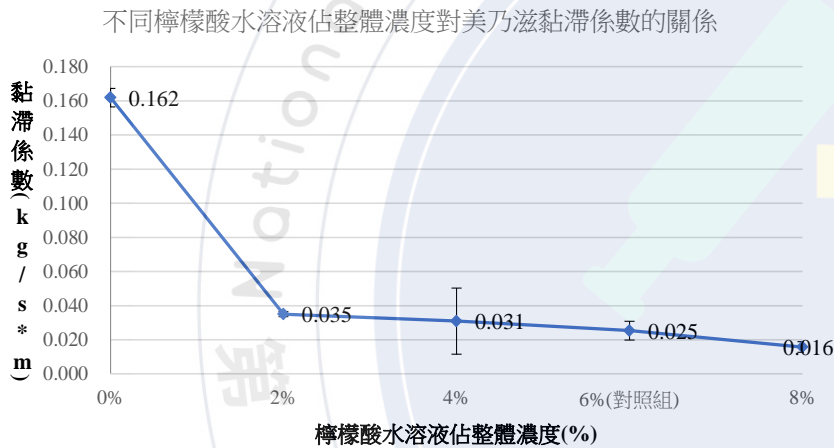


圖十二、不同含糖量對美乃滋黏滯係數的關係

含糖量達10%的美乃滋黏滯係數最高，為0.077kg/s*m，得知**增加含糖量會使美乃滋黏滯係數升高**。

研究結果

實驗結果六、檸檬酸水溶液佔整體濃度增加會使得美乃滋黏滯係數下降

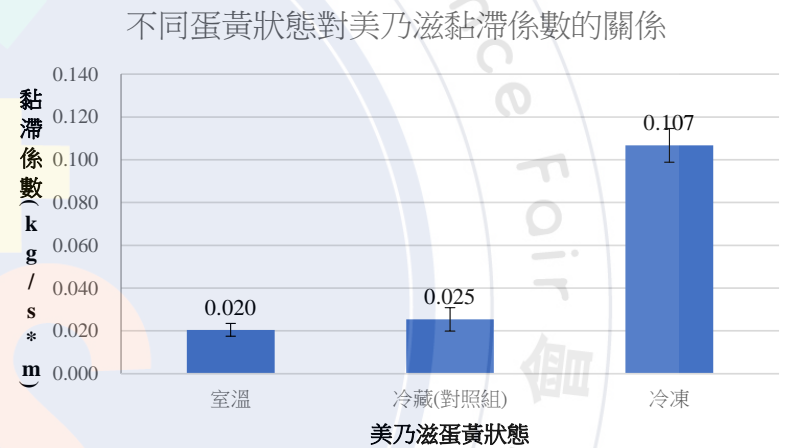


圖十三、不同檸檬酸水溶液佔整體濃度對美乃滋黏滯係數的關係

沒有添加檸檬酸水溶液的美乃滋黏滯係數顯著的較高，約為0.162

kg/s*m，發現**添加檸檬酸水溶液會使美乃滋黏滯係數降低。**

實驗結果七、蛋黃狀態會影響美乃滋黏滯係數



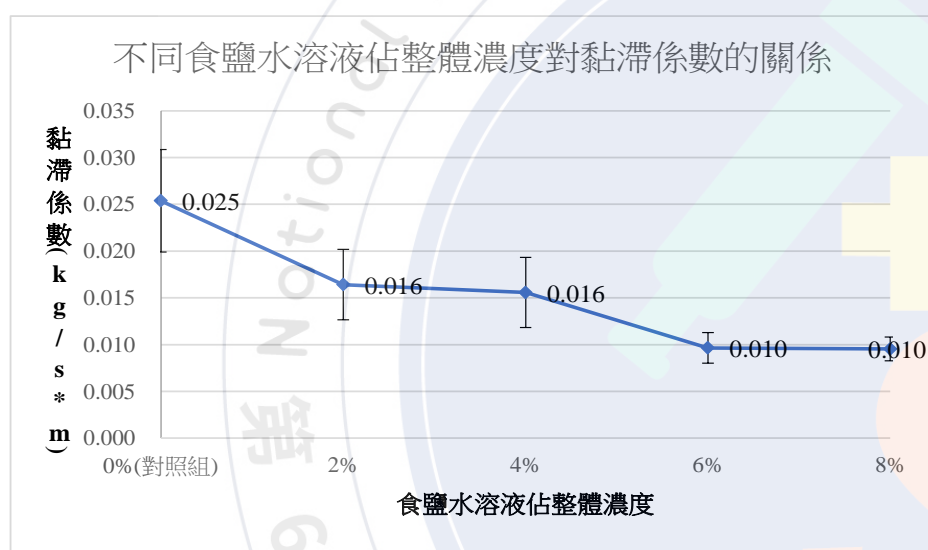
圖十四、不同蛋黃狀態對美乃滋黏滯係數的關係

長時間放置下的冷凍蛋黃做出美乃滋黏滯係數較高，為0.081 kg/s*m。

選用短時間放置的冷藏蛋黃來製作美乃滋，其乳化效果比較穩定。

研究結果

實驗結果八、食鹽水溶液佔整體濃度增加會使得美乃滋黏滯係數下降



0%食鹽水溶液（對照組）做出的美乃滋黏滯係數最高，為0.162 kg/s*m。得知**添加食鹽水溶液，會使美乃滋的黏滯係數下降。**

圖十五、不同食鹽水溶液佔整體濃度對黏滯係數的關係



實驗結果九、品評自製美乃滋

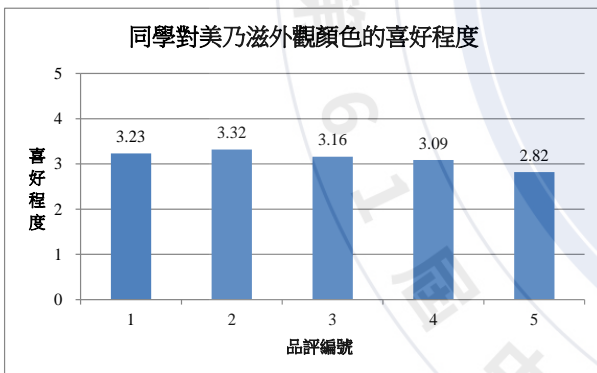
品評編號一至五分別為市售美乃滋 (ZSF)、少油(含油量50%)、標準對照組、少糖(含糖量1.5%)及少油少糖。



市售美乃滋 少油美乃滋 對照組美乃滋 少糖美乃滋 少油少糖美乃滋

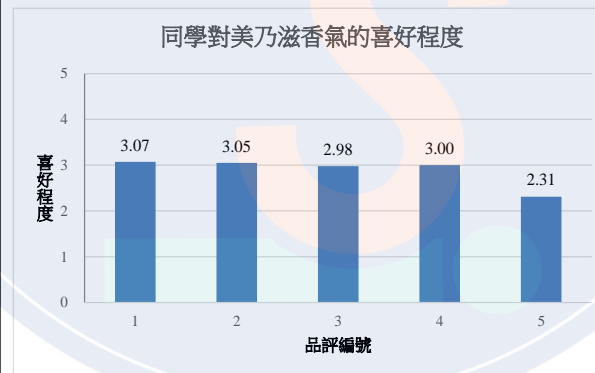
品評者共44位同學。

(一) 同學對美乃滋外觀顏色的喜好程度



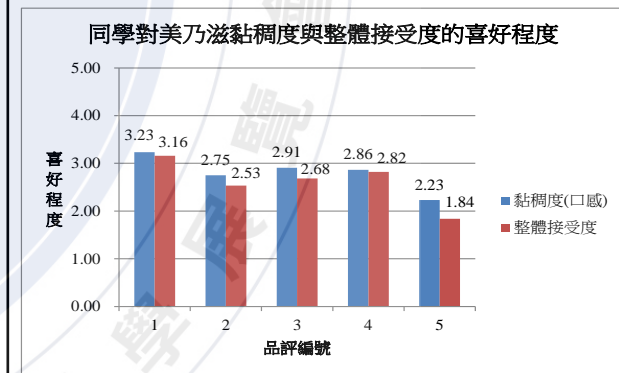
圖十六、同學對美乃滋外觀顏色的喜好程度

(二) 同學對美乃滋香氣的喜好程度



圖十七、同學對美乃滋香氣的喜好程度

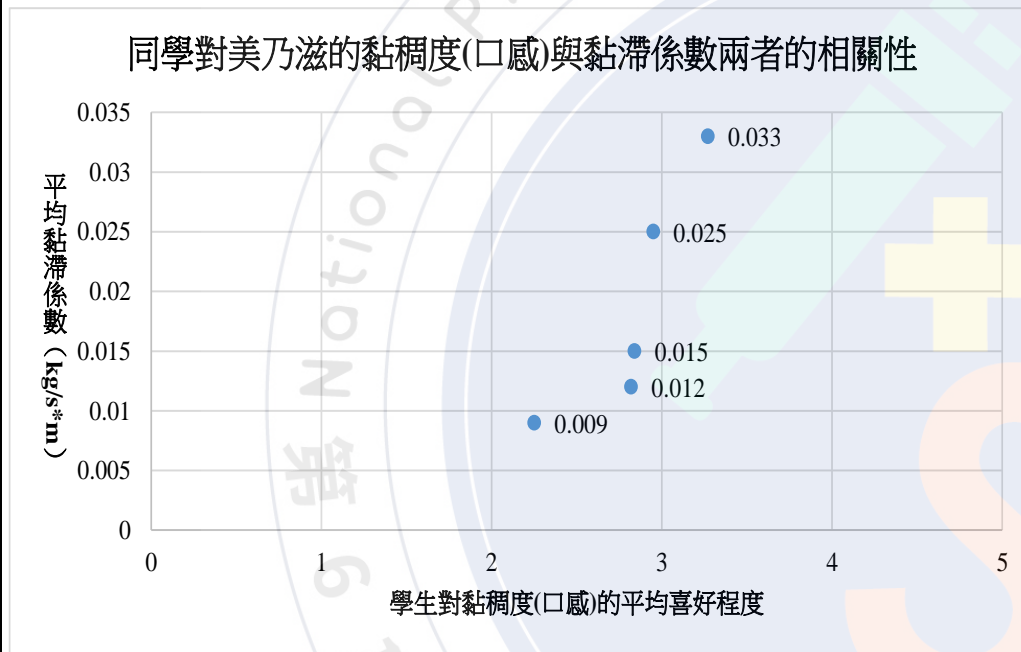
(三) 同學對美乃滋黏稠度(口感)與整體接受度的喜好程度



圖十八、同學對美乃滋黏稠度(口感)與整體接受度的喜好程度

實驗結果九、品評自製美乃滋

(四) 同學對美乃滋的黏稠度(口感)與黏滯係數兩者的相關性



表二、黏稠度(口感)與黏滯係數之相關性

	黏稠度 (口感)	黏滯係數
黏稠度	1	.864*
黏滯係數	.864*	1

*p < .05

圖十九、同學對美乃滋的黏稠度(口感)與黏滯係數兩者的相關性

經SPSS統計軟體統計分析，黏稠度(口感)與黏滯係數相關性評分為0.864 (大於0.7)，在相關水準上達顯著，表示**同學品評的口感與測得的黏滯係數為高度正相關**。

結論

表三、不同條件製程對美乃滋黏度的影響

不同變因	對黏度的影響
轉速	對黏滯係數差異不大
油品種類	芥花油黏滯係數最高
含油量	含量增加黏滯係數越高
含糖量	含量增加黏滯係數越高
蛋黃狀態	冷凍蛋黃黏滯係數最高 冷藏蛋黃黏滯係數較佳
檸檬酸水溶液 佔整體濃度	含量增加黏滯係數越低
食鹽水溶液 佔整體濃度	含量增加黏滯係數越低

表四、同學品評美乃滋的喜好程度

	同學對美乃滋的喜好程度
外觀 顏色	較偏好少油(50%)美乃滋
香氣	喜好程度與市售美乃滋的 香氣接近
整體 接受度	較偏好市售美乃滋的整體 口感

※依據實驗及品評結果討論出兩種配方

一、健康美乃滋

使用芥花油且少油少糖來製作

二、風味較佳美乃滋

使用標準油量、糖、檸檬酸水溶液佔

整體濃度低、冷藏蛋黃、食鹽水溶液
佔整體濃度低來製作

未來研究與建議

- 一、實驗添加其他配方的美乃滋黏滯係數的趨勢，如添加芥末粉。
- 二、不同食材比例的美乃滋存放在冰箱內的保存期限。
- 三、飽和脂肪酸含量對美乃滋黏滯係數的影響。
- 四、以其他膠體溶液來探討口感和黏滯係數的相關性，如果醬、優格。

參考文獻

- 一. Kiosseoglou, V. D., & Sherman, P. (1983). Influence of egg yolk lipoproteins on the rheology and stability of oil/water emulsions and mayonnaise 1. Viscoelasticity of groundnut oil-in-water emulsions and mayonnaise. *Journal of Texture Studies*, 14, 397–417.
- 二. 沙珮琦 (2018)。美乃滋：一段愛與乳化的故事。檢自：
<https://pansci.asia/archives/147438>
- 三. 國立中央大學物理學系 (2020)。黏滯係數之測定。國立中央大學物理學系。網址
http://140.115.31.34/phy_lab/viscosity.htm?fbclid=IwAR39nDV1ZsAMfSdoJD7_IPegB2mgCfGTgn9X2bvK0mjEJZsC6uXT9DmPVY
- 四. 何梓華、翁婉榆、曾旭宏 (2018)。「醬」新獨具—低糖果醬的製程開發及凝膠性質探討。
- 五. 曹智萍、林佩萱、陳良宇 (2014) 糖水溶液黏度量測的熱力學觀點。
- 六. 朱延美、王棟、吳軍見 (2002)。水相中表面活性劑與鹽類的物理化學關係及其在水處理過程中的作用。
- 七. 卵磷質。在維基百科。檢索於2021年2月24日，
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%B5%E7%A3%B7%E8%84%82>