

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)

探究精神獎

032908

米粉圓舞曲—探討溫度、蛋白質和花青素對米麵
包的影響

學校名稱： 新北市私立南山高級中學

作者：	指導老師：
國二 何曼峰	鄭雅鈺
國二 張鈺右	柯惟信

關鍵詞： 米粉、蛋白質、抗氧化力

摘要

麩質中主要胺基酸為麩醯胺、脯胺酸和半胱胺酸，三者能提升麵團延展性、韌性與彈性。米粉中缺乏上述胺基酸，因此米糊缺乏上述特性。本研究的目的是依循「天然、健康、好口感」原則，探討米粉種類、不同水溫、添加蛋白質種類與含量、添加花青素（健康）對於米麵包特性（口感）的影響。研究結果顯示，添加雞蛋白、奶粉（天然、健康）製作的米麵包鬆軟彈性佳，或以蓬萊米粉：糯米粉比例4:1、水溫70°C製作麵包品質也不錯。火龍果皮萃取液在烘烤後，抗氧化力會提升，這可增加果皮的實用性，符合「全果使用」的理念。本研究中的米麵包優點有 1.推廣米農業. 2.避免麩質過敏. 3.添加花青素，增加抗氧化能力. 4.製作簡單，價格親民。

本研究中所有照片皆為本團隊自行攝影

壹、前言

一、研究動機

★與課本相關單元：國中自然科學一上 6-1 呼吸作用、發酵作用

在閱讀歷屆科展作品時，學姊的米麵包研究（陳，2022）提到：「小麥麵包中的麩質蛋白，是人類無法完全消化、吸收的蛋白質，有些人對其過敏，甚至還有乳糜瀉的問題。」讓我們驚訝、產生疑問：小麥蛋白不好嗎？常常以麵包當早餐的我們，是否該改變習慣呢？

學姊說的「米麵包」，我們都沒有吃過，生活周圍店家也沒有販售，網路上的「純米麵包」價格並不親民：樂米工坊(原味)\$120 (350g)、永林素之味(原味)\$65 (150g)、米師傅(原味)\$150 (400g)、天和鮮物(橙香豆奶)\$1178 (1440g)，且還需考量運費、新鮮度...等問題。

「米麵包」為什麼不普遍、價格不親民呢？是不好吃？還是不易製作？我們想自製吃看看。再仔細閱讀學姊的作品書後發現，學姊最後並未找到最好的配方與方法，製作上許多變因仍需多方探究，這引起了我們的興趣，便開始著手了解相關知識。

首先，我們了解麩質蛋白（gluten），在拉丁文中，字根「glute」就是膠水之意。是一種存在於小麥、大麥、燕麥和黑麥中的蛋白質，又稱麵筋，主要成分為兩種蛋白質：

- 麥穀蛋白（glutenin）：提供麵團強度(柔韌度)與彈性。含量最高，因而得此名。
- 醇溶蛋白（gliadin）：提供麵團黏性與延展性。

也因這些特性，使得麵團能留住酵母菌發酵產生的二氧化碳，讓麵包吃起來鬆軟、有彈性。

米粉中沒有麩質蛋白，也就沒有彈性與延展性，我們要如何增加這個特性呢？添加蛋白質有用嗎？另外，我們知道米中的支鏈澱粉越多，加水、加熱後米糰越黏，所以我們該選擇何種米來製作？溫度又有什麼影響？為了增加營養，添加的花青素，其抗氧化力效果如何？

二、研究目的

我們希望找出「簡易、天然、健康、好口感」的製作方法。因此，我們的**研究目的**有：

- (一) 探討米粉種類、不同溫度做成之米麵包的特性。
- (二) 探討添加不同蛋白質，做成之米麵包的特性。
- (三) 探討不同來源的花青素抗氧化力為何，及其做成之米麵包的特性。

三、文獻回顧

(一) 「米粉」種類與特性

(作者與指導老師討論整理)

米種類 特性	蓬萊米	在來米(秈米)	糯米
類型	1921 年開始試種， 目前為主要食用米	台灣原種植類型	分梗糯和秈糯
支鏈澱粉含量	80~85%	70~80%	>90%
口感風味	圓、Q軟、黏性次之	外觀長、 黏性最低	最黏
適合料理	飯、粥、壽司	碗粿、蘿蔔糕、粄條	湯圓、麻糬

1. 米是我們的主食，**不含麩質**，是製作麵包時麵粉的理想替代原料。米中的**支鏈澱粉**含量越高，其**黏性**越高（上表），且**高溫**會使得**澱粉糊化**，**增加黏性**。
2. 查詢資訊發現，在農業部期刊²說到：

「依米穀粉替代麵粉之比例，米麵包可分為三大類：

1. 麵粉混米穀粉之米麵包；
2. 米穀粉混麵筋之米麵包；
3. 無麵筋的米麵包：本類型麵包針對小麥蛋白過敏之消費者食用，在 90~99% 米穀粉糰中混入 1~10% 的增稠劑，諸如瓜取膠 (Guar gum)、三仙膠 (Xanthan gum) 或 羥丙基甲基纖維素 (Hydroxypropyl methylcellulose)。」

上述方法中的**第 3 類**因為沒了麩質，米糰中少了黏性，因此需要添加**增稠劑**，上述增稠劑**非天然**食材，也令我們產生使用疑慮，所以我們繼續查找**天然材料與方法**，希望**增加米糰黏性**。

3. 我們探訪到**阿嬤的古法**：製作**湯圓皮**時，以一小塊**煮熟的糯米糰**，當作**粿脆(台語)**混入糯米糊中，**不斷地攪拌、揉捏米糰**，使湯圓皮變得 Q 黏。這應該就是所謂的**澱粉糊化**。

我們的想法：實驗設計分別採用不同米種，以單獨材料、不同比例配方和不同溫度糊化米粉，製作米麵包，進行結果探討。

(二) 麩質蛋白、胺基酸種類及其特性：

1. 主要成分是麥穀蛋白和醇溶蛋白，兩者皆是高分子量的蛋白質聚合物，由 10 幾種胺基酸組成，其中**含量最高的兩種**：**麩醯胺 (glutamine)**、**脯胺酸 (proline)**，以及**獨特能形成雙硫鍵的半胱胺酸 (cysteine)**。三者皆為穩定蛋白結構的重要胺基酸（下表）。

胺基酸(麩質中含量)	結構貢獻	對麵糰功能的影響
麩醯胺(酸) 20.72% - 40.18%	側鍊酰胺基(-CONH ₂)與水或其他胺基酸易形成氫鍵，提供極性與親水性結構。	1. 增強蛋白間交聯、保濕。 2. 提升麵團延展性與韌性。
脯胺酸 8.44% - 24.84%	環狀結構、限制摺疊	1. 是唯一側鍊環狀的胺基酸，限制主鍊的彎曲，使蛋白質較不易摺疊 2. 破壞 α -螺旋與 β -摺疊等二級結構，使蛋白質有更多「隨機線圈」(random coil)區域。 3. 提供彈性與隨機結構，讓麵筋形成拉伸、彈性網狀結構。
半胱胺酸 1.97% - 5.43%	2個半胱胺酸，經氧化形成雙硫鍵結構(-S-S-)	雙硫鍵結構，形成共價交聯(disulfide bonds)，連結多個麥穀蛋白形成大型聚合體，是麵筋網絡強度的來源 $2 \text{ HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2 \xrightarrow{\text{氧化}} \text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

(作者與指導老師討論整理)

2. 人的消化系統缺乏有效分解含脯胺酸勝肽鍵的酵素，導致分解後殘留不易消化的小片段，對大多數人來說，這些片段並不造成問題，但引起少部分人的免疫系統中的抗體結合，使得腸黏膜受損，無法吸收營養，發生腹瀉(乳糜瀉患者)。依據統計，全世界約有1%的人口有乳糜瀉的問題，另約有6%~10%對麩質過敏。

我們的想法：

- 這些胺基酸使麩質蛋白結構穩定，那麼生活中的其他蛋白質，是否也能有這種功能？我們在米糊/糰中加入生活中的蛋白質，試圖找出「簡易的」製作米麵包方法。
- 經「查詢」得知，生活中常見的蛋白質材料含量(%)。依此資訊計算需添加的重量。

包裝上營養成分表標示蛋白質含量 g/100g	高筋麵粉	蓬萊米粉	糯米粉	黃豆粉	黑豆粉	綠豆粉	紅豆	蛋黃	蛋白	奶粉	乳清蛋白
	13.5	6.6	7.5	37.4	37.7	22.8	21	16	10.5	24.3	80

(三) 材料中蛋白質含量檢測：

我們好奇，我們添加的材料中蛋白質含量是否如包裝上、網路上資訊所述？是否影響我們的麵包體積、柔軟值…等結果？所以我們找尋「測量蛋白質含量」的方法。

蛋白質檢測有許多方法，我們在考量藥品、儀器取得的可行性及技術普遍性之後，我們選用 **Bradford 法**，這也是生物奧林匹亞、生物學科能力競賽經常使用的技術。此方法步驟/原理大致如下：

- 配製 BSA 標準品濃度 0、20、40、60、80、100 ($\mu\text{g/ml}$)，以分光光度計在 595nm 下讀取吸光值 (OD 值)，再繪製標準曲線。
- 將待測樣本做不同倍率的稀釋後讀取吸光值，使吸光值落在標準曲線範圍內。
- 再依稀釋倍率反推回去，得到原來材料中的蛋白質濃度。

(四) 花青素 (Anthocyanidin) 抗氧化力檢測：

是一種水溶性的植物色素，存在於天然的植物中，人體無法自行合成，可抗發炎、抗氧化、預防糖尿病、保護心血管、以及延緩皮膚老化、促進視紫質生成等功效⁵。在紅色、紫色的蔬果中含量特別高。葡萄皮汁、紅火龍果、黑豆水、紫色高麗菜、蝶豆花、蔓越莓、藍莓、紅蘿蔔皮皆富含花青素。本實驗取用生活中手邊容易取得的常見含花青素材料，有葡萄皮、紅色火龍果皮、紫米、黑米等四種材料，來進行抗氧化力的探討。

在另一篇學長們的研究³ (王, 2024) 中，探討鹹酥雞中蔬菜的抗氧化力，使用的是「間接碘滴定法」，這也是高一化學課本中的課程內容，我們利用這個方法來進行材料中花青素的抗氧化能力的測量。若果皮的抗氧化力佳，使用葡萄皮和火龍果皮，更可增加果皮的實用性，符合「全果使用」的理念。整理如下表： (作者與指導老師討論整理)

歷屆科展作品(屆)組別	作品重點	我們的啟發或採用
麵包超人拯救你-改良無麩質麵包 (62 屆) <u>新北市 高中組 農業與食品科學</u> <u>優等</u>	1.蓬萊米:糯米 = 2:1 和 3:1，米麵包(體積)膨脹仍不理想(較黏) 2.水溫影響米糊膨脹程度。 3.只有使用黃豆和綠豆。 4.添加火龍果肉，果膠太多，麵包太黏。 5.抗氧化力效果無數據說明。	1.降低糯米比例。 2.使用裸脆取代水溫調控。 3.增加多種蛋白質實驗組。 4.改用泡火龍果皮後的花青素水，製作麵包。 5.量化花青素抗氧化力。
酥蔬跟你說-鹹酥雞撻常見蔬菜之抗氧化力探討 (64 屆) <u>全國 高中組 農業與食品科學</u> <u>佳作</u>	測量花青素的抗氧化力： 使用「間接碘滴定法」，這也是高一化學課本中課程內容。	依照課本原理與前人測量方法，測量我們的樣本。
「圓」來如此~湯圓改良之探討 (59 屆) <u>新北市 高中組</u>	裸脆可增加米糰黏性	為增加米糰穩定結構。作品皆提到提高「黏性」。 我們設計 1.提高溫度糊化澱粉。 2.使用裸脆。 3.添加可能增加米糰結構穩定的物質(據前面「(二)胺基酸種類及其特性」所述，添加各種含蛋白質的材料)。
發糕膨發條件之探討_農業與食品學科 (54 屆) <u>全國 高職組 農業及生物科技</u> <u>科 第三名</u>	溫度越高，在來米粉液糊化黏度越高，保留氣體越多，膨發情形越好。	1.提高溫度糊化澱粉。 2.使用裸脆。 3.添加可能增加米糰結構穩定的物質(據前面「(二)胺基酸種類及其特性」所述，添加各種含蛋白質的材料)。
添加羅望子膠對無麩質蛋糕品質之影響 (碩士論文) 添加奇亞籽對無麩質蛋糕品質之影響 (碩士論文)	羅望子膠、奇亞籽可增加米糊黏性。添加這些物質於米穀粉，對無麩質蛋糕品質之影響(麵包米粉含量較高，更需黏性)	我們的麵包較小，經測試後，改施以 400g 壓力。
「麵」目一新~探討「湯種麵糰技術」應用在「傳統饅頭」之品質研究 (50 屆全國 國小組生活與應用科學科 第一名)	測量麵包以 1kg 重量下壓與回彈，視為硬度與彈性值。	

本篇研究的優點：

- 推廣我們的稻米農作經濟。
- 米麵包能滿足麩質過敏者的飲食需求。
- 找到簡易製作的配方，讓大眾容易的享受到天然、營養、好口感的"米"麵包。

貳、研究設備與器材

【實驗一、二】製作米麵包的器材

						
					安佳無鹽奶油	保麗龍箱(23.2*20.7*16.5cm) 、玻璃杯、溫度計
						烘焙紙杯(捲)
						滿點即發酵母

【實驗三】蛋白質含量檢測_器材

						
---	---	---	---	--	---	---

【實驗四】檢測花青素抗氧化力_器材

各項藥品溶液配製：

(一) 配製 0.01 M 碘液 1000 mL

- 量取 6.5 g 碘化鉀放入燒杯，加入些許去離子水後，攪拌使其溶解。
- 量取碘酸鉀 0.71 g，置入上述碘化鉀溶液，並攪拌使其溶解。
- 將溶液倒入容量瓶中，再加入去離子水至接近刻度線的位置。
- 滴入濃鹽酸 6 mL。
- 加入去離子水至容量瓶刻度線。
- 搖晃使其變色（深褐色）。

(二) 配置 0.01 M 硫代硫酸鈉溶液 500 mL

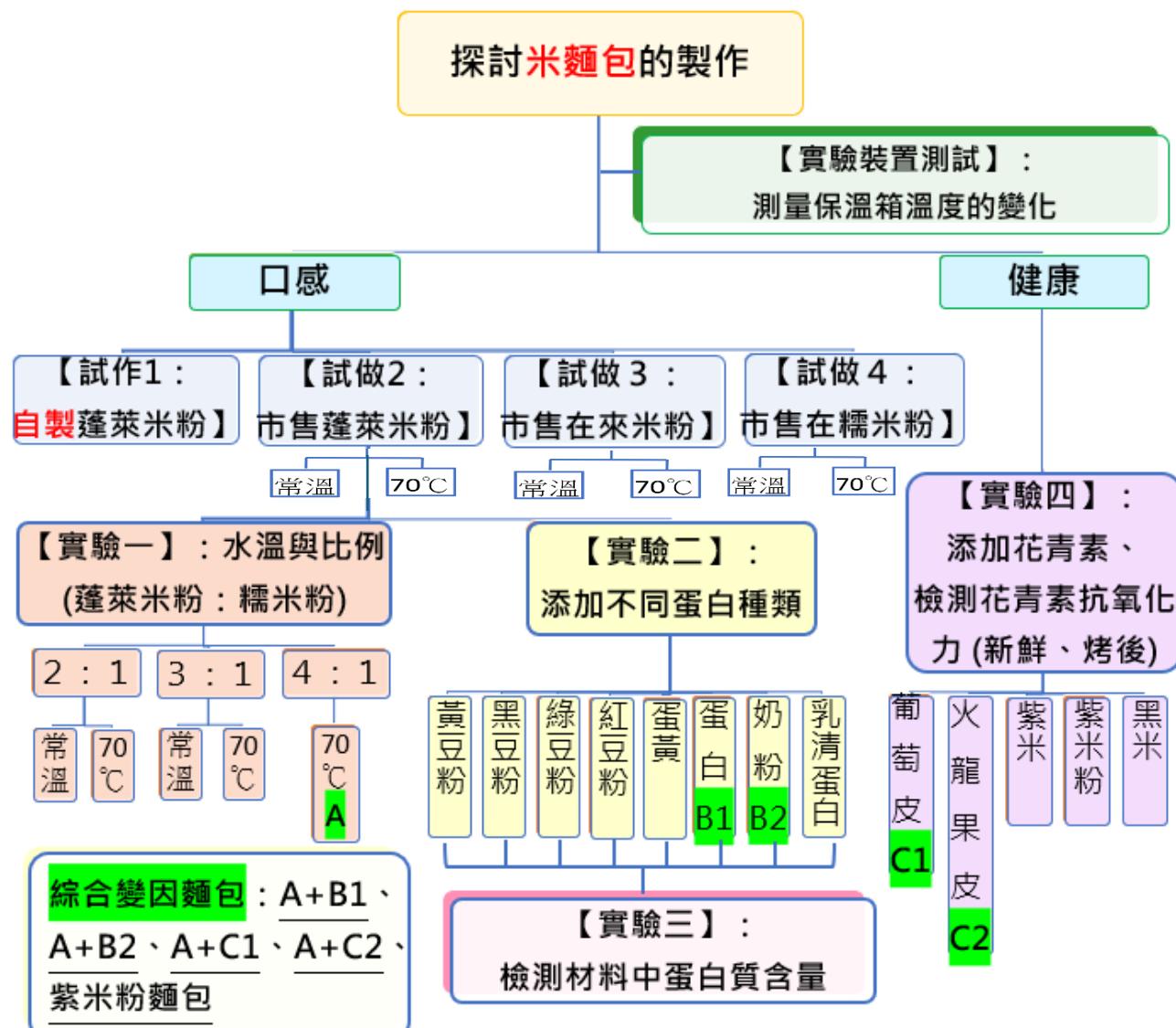
1. 量取 1.24 g 硫代硫酸鈉置入燒杯中。
2. 加入些許去離子水，並攪拌至溶解。
3. 倒入容量瓶，再加入去離子水至刻度線。
4. 搖晃均勻。

(三) 配置澱粉液

1. 量取 0.6 g 澱粉放入燒杯中。
2. 加入 25 mL 去離子水，搖晃。
3. 再加入 100°C 热水 100 mL。
4. 再放入攪拌磁石，將燒杯放置於加熱板上，以 200°C 加熱 15 分鐘。

參、研究過程與方法

實驗架構：



【實驗裝置測試】：測量保溫箱溫度的變化

動機：考量經費與便利性，我們自製恆溫箱。

目的：藉由紀錄溫度變化，了解保麗龍箱的保溫效果，評估用來作為**麵包發酵箱**的可行性。

材料：保麗龍箱、燒杯 100ml、溫度計、沸水



方法：我們找來保麗龍箱，鑽 1 個僅能使溫度計穿過的小洞，

將探測頭端插入箱內，放入沸水，之後 每隔一分鐘讀取溫度計數值，紀錄之。（上

圖：之後進行麵包發酵時，因為衛生觀感問題，燒杯改用水杯；為減少溫度散失，溫度計直接放在裡面。）

變因：1.溫度計位置與溫度的關係。

2.燒杯所裝水量相同與燒杯數量關係。



【試作 1：自製蓬萊米粉】：將蓬萊米打成“米粉”

目的：在網路上看到別人自行將生米打成粉（破壁機）來製作麵包，我們來仿照試做。（但是我們只有果汁機）

材料：蓬萊米生米 170 克（泡水後約 223-226 克），奶油 20 克，糖 12 克，鹽 3 克，即溶速發酵母 3 克，清水 110 克。

步驟：將上述生米浸泡 8 小時後，以果汁機均勻打碎，再混入其餘材料，發酵，進行烘烤。

【試作 2：市售蓬萊米粉】探討市售蓬萊米粉做成的米麵包之特性。

【試作 3：市售在來米粉】探討市售在來米粉做成的米麵包之特性。

【試作 4：市售糯米粉】探討糯米粉做成的米麵包之特性。以高筋麵粉麵包為對照組。

材料	米粉或高筋麵粉	奶油	糖	速發酵母粉	水 ml	總重
重量(g)	20	1.5	1	0.2	20	42.7

步驟：每個實驗組製作皆三重複，因此秤重取樣皆準備三份。



● **米糊黏性**：筷子攪拌，拿離麵糊，等待麵糊不再滴下時，秤(重量) - (原來筷子的重量)。

測量麵包性質：

- **體積**：麵包裝入夾鏈袋，抽氣真空(上圖二)。浸入水中(上圖三)，排水法測得體積。
- **柔軟值**：麵包高度(原高)，再以400g(水杯)將麵包往下壓，測得下壓後高度(壓高)，(原高) - (壓高)可得。
- **彈性**：移除上述水杯，麵面包回彈後的高度(彈高)，(彈高 - 壓高)可得。
- 發酵過程中，不打開保麗龍箱(以免影響溫度恆定)，若打開(或增加放入新的米糊樣本)就需換新的沸水，以保持箱內溫度>40°C，以利酵母菌的發酵作用。
- 若箱內溫度不足40°C，則需置換杯中新的沸水。
- 烘烤時，上方以烘焙紙覆蓋，避免麵包表面太乾

【實驗一】：探討蓬萊米粉與糯米不同比例的混合、不同水溫，做成的米麵包之特性

● 蓬萊米粉：糯米粉 = 2:1、3:1 (分別以常溫水和70°C水製作)、4:1 (以70°C水製作)

材料：除了米粉種類、比例和水溫，其餘與【試做2~4：市售米粉】相同

步驟：與【試做2~4：市售米粉】相同。



【實驗二】：探討添加不同蛋白種類做成之米麵包的特性

材料：

「需添加的蛋白質」重量計算方式：

1. 依據「新北市麵粉製品業職業工會」高筋麵粉含有約11.5~14%的蛋白質，我們以蛋白質含量為14%作為依準，計算各種「需添加的蛋白質種類」應該加入多少克？計算方法如下：

(1). 在20g米粉中應該要有 χ g蛋白質。 $\chi/20(\text{米粉重}) = 14\% \Rightarrow \chi = 2.8$ 。

(2). 以黃豆粉為例：y(需加入的黃豆粉量) $\times 37.4\%$ (黃豆粉中蛋白質比例) = 2.8， $y = 7.5(\text{g})$

包裝上營養成分表標示蛋白質含量 g/100g	高筋	蓬萊米粉	糯米粉	黃豆粉	黑豆粉	綠豆粉	紅豆粉	蛋黃	蛋白	奶粉	乳清蛋白
	13.5	6.6	7.5	37.4	37.7	22.8	21	16	10.5	24.3	80

材料 (g) 實驗組		米粉	奶油	糖	酵母粉	需添加的蛋白質種類、重量	水量 (ml)	總重
(實驗一)	米粉組	20	1.5	1	0.2	---	20	42.7
	紅豆粉組	7	1.5	1	0.2	紅豆粉 13 g	20	42.7
	黑豆粉+30g水組	12	1.5	1	0.2	黑豆粉 8 g	20	42.7
	綠豆粉組	8	1.5	1	0.2	綠豆粉 12 g	20	42.7
	黃豆粉+30g水組	12	1.5	1	0.2	黃豆粉 8 g	20	42.7
	蛋黃組	2.5	0	1	0.2	蛋黃 17.5 g	12	33.2
	蛋白組		1.5	1	0.2	蛋白 25 g	0	44.6
	奶粉組	9	1.5	1	0.2	奶粉 11 g	20	42.7
(實驗二)	乳清蛋白粉組	16	1.5	1	0.2	乳清蛋白粉 4 g	20	42.7

依上述計算結果，紅豆粉、綠豆粉、蛋黃、蛋白、奶粉添加量皆大於米粉量，這樣製作的成品不能算是“麵包”，因此修正實驗材料重量，以20g米粉為基本，再添加蛋白質材料如下

實驗組	材料 (g)	米粉	奶油	糖	酵母粉	需添加的蛋白質種類、重量	水量 (ml)	總重
(實驗一)	米粉組	20	1.5	1	0.2	---	20	42.7
	紅豆粉組	20	1.5	1	0.2	紅豆粉 13g	30	65.7
	黑豆粉+20g 水組	20	1.5	1	0.2	黑豆粉 8g	20	50.7
	黑豆粉+30g 水組	20	1.5	1	0.2	黑豆粉 8g	30	60.7
	綠豆粉組	20	1.5	1	0.2	綠豆粉 12g	30	64.7
	黃豆粉+20g 水組	20	1.5	1	0.2	黃豆粉 8g	20	50.7
	黃豆粉+30g 水組	20	1.5	1	0.2	黃豆粉 8g	30	60.7
	蛋黃組	20	0	1	0.2	蛋黃 16g	12	49.2
	蛋白組	20	1.5	1	0.2	蛋白 25g	0	47.7
	奶粉組	20	1.5	1	0.2	奶粉 11g	20	53.7
	乳清蛋白粉組	20	1.5	1	0.2	乳清蛋白粉 3.5g	20	46.2

*添加豆類實驗組，米糊太乾，增加水量改為 30ml 的實驗組。*灰底部分為實驗微調

步驟：與【試做 2：市售米粉】相同。

【實驗三】：檢測材料中蛋白質含量

動機：依據實驗一和實驗二結果發現，含有蛋白質確實能改變米麵包的體積、彈性、柔軟值..等特性。我們好奇，材料中蛋白質含量是否如包裝上、網路上標示？與我們的麵包體積、彈性等是否有正相關？

目的：檢測材料中蛋白質含量，與包裝上「成分表」中蛋白質含量做比較，進一步探討是否與米麵包特性（體積、高度、彈性…等）相關。

方法：Bradford 法

(一) 事前配置藥品

(1) Dye (蛋白質試劑) (保存於 4 度/冷藏)：用滅菌水 5 倍稀釋

*例如：取 3ml Dye 加 12 ml 滅菌水得到總體積 15ml

(2) BSA (保存於-20 度/冷凍)：取 5mg 的 BSA，加入 5ml 滅菌水，得到最終濃度 1mg /ml；再 10 倍稀釋成 100 μ g/ml BSA 蛋白質標準品。

*例如：取 150 μ l BSA 加 1350 μ l 滅菌水得到總體積 1500 μ l

(二) BSA 標準品配置

A~F 的微量試管依序配置各不同濃度 0~100 (μ g/ml) BSA 標準品

(1) 請取 6 支 1.5ml 的微量離心管，並標示 A、B、C、D、E、F

(2) A~E 管先加入不同體積 BSA (如下表)

(3) A~E 管再加入不同體積 Tris Buffer 稀釋 (如下表)

(4) 得到最終體積為 500 μ l 的不同濃度的 BSA 標準品

小試管標示	A	B	C	D	E	F
BSA (μ l)	500	400	300	200	100	0
Tris Buffer (μ l)	0	100	200	300	400	500
最終體積 (μ l)	500	500	500	500	500	500
最終濃度 (μ g /ml)	100	80	60	40	20	0

(三)蛋白質定量_標準曲線繪製

(1)分別取 $400 \mu\text{l}$ A~F 標準品置入比色管中，再加入 $1600 \mu\text{l}$ Dye。

*操作時間不要拖太久尤其在添加 Dye 時不要中斷，並且盡量避免氣泡產生。

*氣泡會嚴重影響實驗結果！

(2) 小心將比色管中的溶液混合均勻，使添加的各成份均勻混合，注意 Dye 因密度較大，很容易沉積在下方。

*若此刻還有氣泡，可用 tip 刺破。

(3) 靜置室溫 10 min (需避光)。

(4) 以分光光度計測 595 nm 吸光值。

(5) 根據實驗結果，進行繪製標準曲線及計算樣品濃度。

(四)材料樣品中蛋白質含量測定

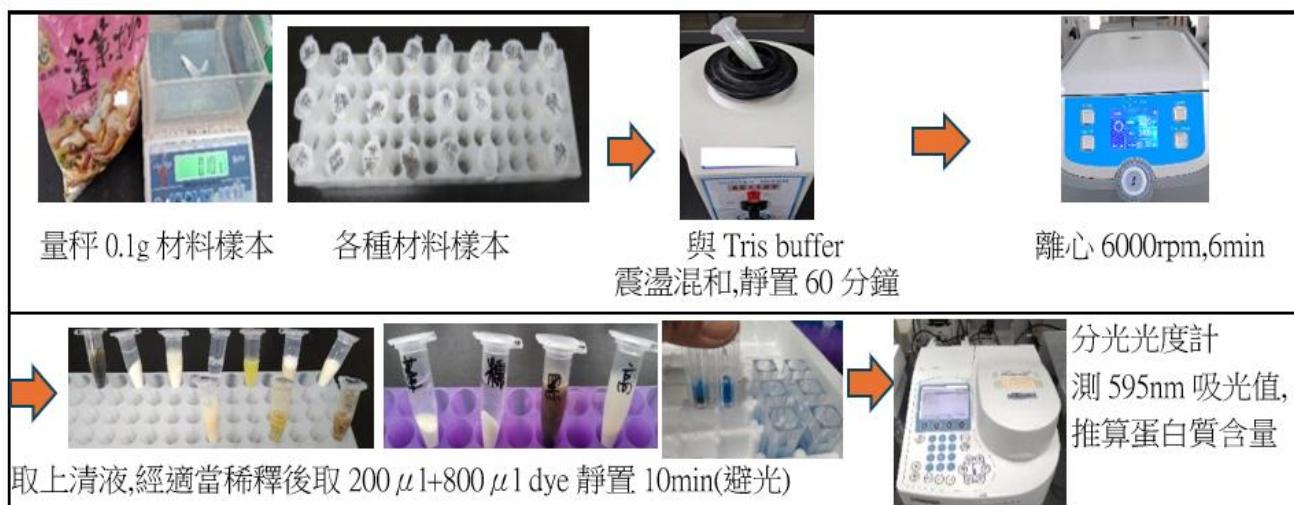
●以 6000 rpm 離心，6min。(第一次實驗時沒有此步驟，後來因為測量乳清蛋白粉萃取液時，OD 值一直很高，我們發現應該是蛋白粉，懸浮在溶液中（混濁）影響測量準確性。經幾次離心測試後，加入此步驟。)

●取上清液，以 Tris Buffer 經適當稀釋。

*例如：取 $50 \mu\text{l}$ 上清液，加 $450 \mu\text{l}$ Tris Buffer，得到 10 倍稀釋液。

●取 $200 \mu\text{l}$ 稀釋液於比色管中，再加入 $800 \mu\text{l}$ Dye。靜置室溫 10 min (需避光)。以分光光度計測 595 nm 吸光值。推算樣品濃度。

●實驗流程簡圖



【實驗四】：檢測花青素的抗氧化力及探討添加不同花青素米麵包的特性

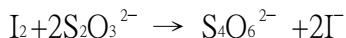
材料：葡萄皮、火龍果皮、紫米、黑米（皇家穀堡莊園黑米）

(一) 花青素米麵包

材料	米粉 20g	奶油	糖	速發酵母粉	花青素水(ml)	總重
重量(g)	蓬萊米粉：糯米粉 = 4:1	1.5	1	0.2	20	42.7

(二) 檢測花青素的抗氧化力：「間接碘滴定法」原理 (王, 2024)：

此為氧化還原滴定法的一種，先將材料浸泡於碘液中，使其與碘液進行反應，過程中會有部分的 I_2 被材料反應掉，當碘液轉為淡黃色時，在待測碘液中加入澱粉指示劑以方便觀察顏色變化，之後再利用硫代硫酸鈉 ($Na_2S_2O_3$) 作為標準液滴定剩下的 I_2 (此反應中 $Na_2S_2O_3$ 為還原劑， I_2 為氧化劑)，當溶液中無存在任何黑色澱粉粒時，即達滴定終點。以下為滴定過程中進行的反應式：



(三) 數據計算：

1. 硫代硫酸鈉分解的 I_2 莫耳數

透過上面反應式可得知，當 $S_2O_3^{2-}$ 消耗兩莫耳時， I_2 會消耗一莫耳，硫代硫酸鈉分解的 I_2 莫耳數即食材分解後剩餘之 I_2 莫耳數，可由下式得到

$$\text{硫代硫酸鈉分解的 } I_2 \text{ 莫耳數} = \frac{C_{M_{Na_2S_2O_3}} \times V_{Na_2S_2O_3}}{2}$$

2. 材料分解 (碘) 率

我們利用初始 I_2 莫耳數減去剩餘 I_2 莫耳數得到食材反應掉的 I_2 莫耳數，再除以初始 I_2 莫耳數，再乘以 100%，即可得到「碘分解率」(即花青素抗氧化力)。(公式如下)

$$\text{分解率} = \frac{\frac{(滴定使用到的) C_{M_{Na_2S_2O_3}} \times V_{Na_2S_2O_3}}{2}}{C_{M_{I_2}} \times 0.025} \times 100\%$$

(四) 檢測材料抗氧化力：

◆新鮮材料與烘烤 (150°C、15 分鐘) 後的材料，分別進行抗氧化力檢測。

1. 取待測材料 10g 浸泡於碘液 (0.01M, 25ml) 中 10 分鐘，進行反應。
2. 取浸泡液 5 ml 於錐形瓶中，加入適量澱粉液，搖晃均勻，此時會出現黑色澱粉粒。
3. 再以 0.01M 硫代硫酸鈉 ($Na_2S_2O_3$) 滴定之，當溶液中無存在任何黑色澱粉粒時，即達滴定終點。記錄硫代硫酸鈉用量，依上述公式計算「碘分解率」。

實驗流程簡圖：



肆、研究結果與討論

【實驗前裝置測試】：測量保溫箱溫度的變化

測試一 -1：燒杯數量：4杯 X 100ml (分布在四個角落)

燒杯所裝水溫：100°C；初始溫度：28°C

經過時間 (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
箱內溫度	40	46	50	53	53	53	53	52	52	51
經過時間 (min)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
箱內溫度	51	51	50	49	49	49	48	48	47	47

測試一 -2：

燒杯所裝水溫：100°C；初始溫度：35°C

經過時間 (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
箱內溫度	43	46	50	51	52	52	52	52	52	51
經過時間 (min)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
箱內溫度	50	50	49	49	48	48	48	47	47	46

測試二 -1：燒杯數量：4杯 X 50ml (分布在四個角落)

燒杯所裝水溫：100°C；初始溫度：25°C

經過時間 (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
箱內溫度	36	40	44	45	45	45	45	44	43	43
經過時間 (min)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
箱內溫度	42	42	41	41	40	40	39	39	39	39

測試二 -2：

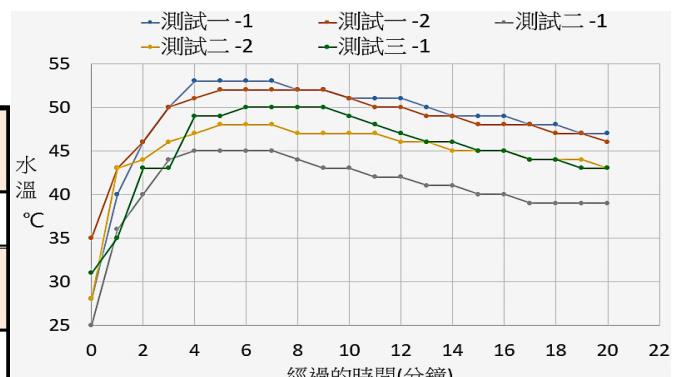
燒杯所裝水溫：100°C；初始溫度：28°C

經過時間 (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
箱內溫度	43	44	46	47	48	48	48	47	47	47
經過時間 (min)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
箱內溫度	47	46	46	45	45	45	44	44	44	43

測試三 -1：燒杯數量：2杯 X 100ml (分布在斜對角)

燒杯所裝水溫：100°C；初始溫度：31

經過時間 (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
箱內溫度	35	43	43	49	49	50	50	50	50	49
經過時間 (min)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
箱內溫度	48	47	46	46	45	45	44	44	43	43



圖四 不同燒杯數量與水量裝置，保麗龍箱溫度變化圖

結果與討論：

- 由結果數據和右上圖可發現，在保麗龍箱中放置一樣的沸水總量(皆 200ml)，放置 4 杯、100ml 沸水，於箱中四個角落溫度上升較快，之後下降較慢，能維持較長的溫暖時間。
- 這樣大小的保利龍箱，放置 400ml 沸水，大約 20 分鐘之後，換新的沸水置入。因為我們一個箱中不會只放 3 份米糊（1 個實驗組）發酵，每當我們打開箱蓋，要放入下一組米糊時（或大約 30 分鐘後），會換置新的沸水，可維持箱內溫度 40°C 以上。這樣的裝置 **簡易又有效，真是太好了！**

【試作 1：自製蓬萊米粉】：自行將蓬萊米打成“米粉”

結果與討論：

- 自行將蓬萊米打成粉狀，發酵後有飄出米香，但打粉較費工夫，且我們沒有破壁機（網路上使用），只是用一般的果汁機將米打碎。
- 試作結果不算成功，米糊發酵後體積有變大，但是要放入烤箱時，米糊容易塌陷。
- 我們發現屏東農產有出售磨好的米粉（蓬萊米、在來米、糯米），考量若想**快速**、大量製作、**便利性**以及有利**農產品推廣**條件下，我們決定利用現成的米粉，以進行後續實驗變因的探究。試圖找出能讓米糊發酵膨大，並且能維持體積的更好**配方與做法**。

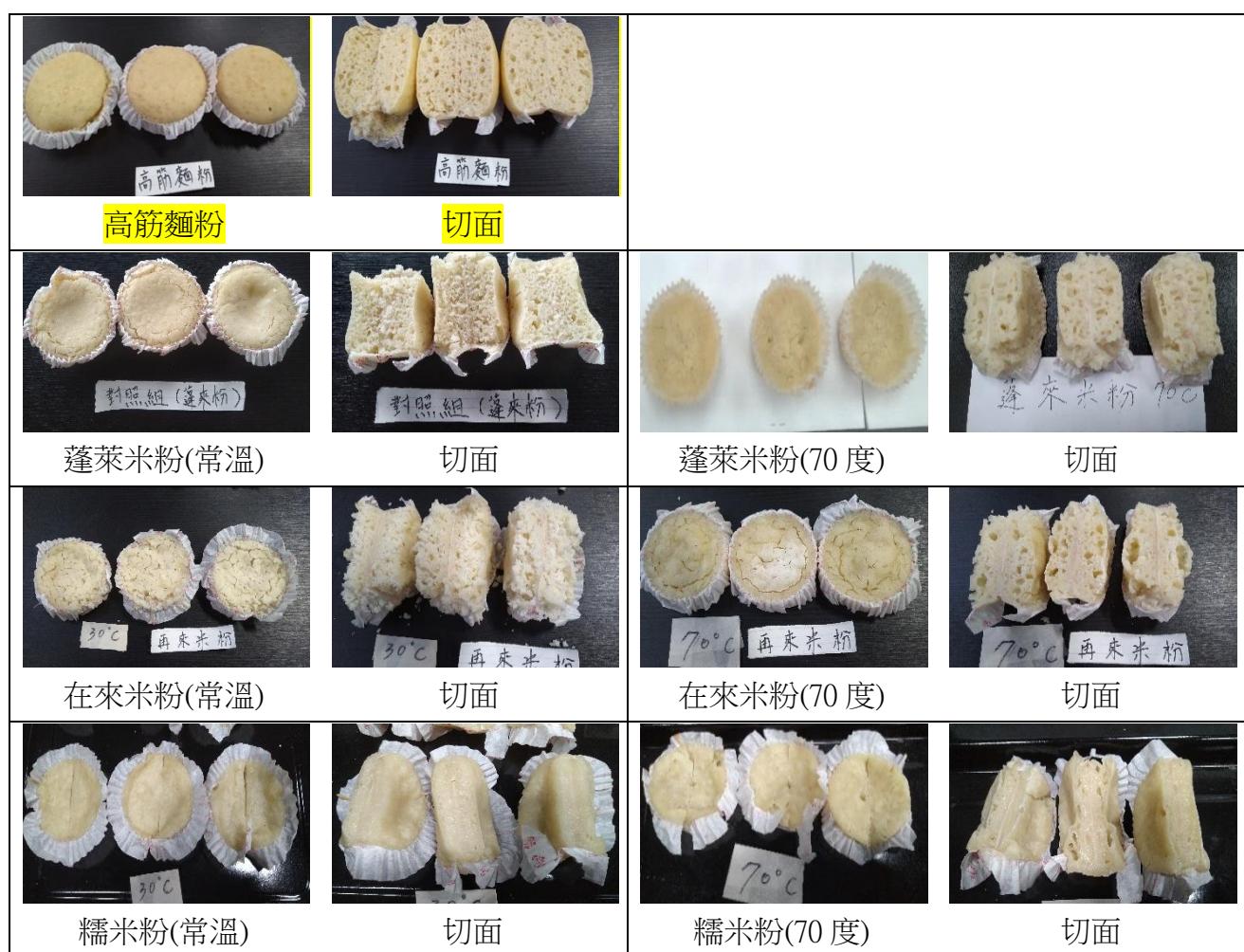


【試做 2~4：市售米粉】：探討不同種類的米粉（蓬萊米粉、在來米粉、糯米粉）做成的米麵包之特性。高筋麵粉麵包為對照組



高筋麵粉麵包容易膨脹→

◆ 從照片中可觀察到各組麵包**表面**和**切面**（孔隙大小）的情況。



表一 以高筋麵粉為對照組，三種市售米粉、不同溫度，製作的麵包性質。表中**紅色字體**為該性質與高筋麵粉麵包較相近，值得參考比較的米粉與溫度條件。

	黏性	平均黏性 / stdev	體積	1. 平均體積 / std / 體積變化百分比 %	重量	平均重量 / std	2. 密度	平均密度 / std	原高	平均原高 / std	壓高	平均壓高 / std	彈高	平均彈高 / std	3. 柔軟值	平均柔軟值 / std	4. 彈性	平均彈性 / std	(彈性 / 柔軟值) %
高筋麵粉	1.26	1.27	103.67	108.19	38.06	36.74	0.37	0.34	2.90	3.09	2.40	2.65	2.80	2.94	0.50	0.44	0.40	0.29	65.9
	1.32	0.12	117.8	5.9	37.7	1.41	0.32	0.02	3.35	0.23	3.10	0.27	3.20	0.19	0.25	0.19	0.10	0.17	
	1.34		109.9	--	37.49		0.34		2.80		2.55		2.70		0.25		0.15		
	1.35		105.25		34.92		0.33		3.20		2.70		3.00		0.50		0.30		
	1.06		104.33		35.53		0.34		3.20		2.50		3.00		0.70		0.50		
蓬萊米粉(常溫)	0.45	0.38	90.78	90.48	38.2	37.61	0.42	0.42	2.40	2.40	2.10	2.17	2.30	2.32	0.30	0.23	0.20	0.15	65.2
	0.32	0.06	87.89	4.10	37.19	0.96	0.42	0.02	2.30	0.12	2.25	0.12	2.30	0.11	0.05	0.11	0.05	0.07	
	0.39		85.07	-30.51	37.55		0.44		2.30		2.00		2.20		0.30		0.20		
	0.32		93.36		36.3		0.39		2.40		2.20		2.30		0.20		0.10		
	0.4		95.28		38.81		0.41		2.60		2.30		2.50		0.30		0.20		
蓬萊米粉(70°C)	0.23	0.22	77.75	73.40	37.76	37.50	0.49	0.51	1.94	1.82	1.80	1.67	1.90	1.77	0.14	0.15	0.10	0.10	67.4
	0.2	0.02	67.42	5.3	38.36	1.01	0.57	0.05	1.80	0.11	1.60	0.12	1.70	0.11	0.20	0.04	0.10	0.01	
	0.22		75.11	-9.5	36.39		0.48		1.72		1.60		1.71		0.12		0.11		
在來米粉(常溫)	0.11	0.14	87.16	87.70	36.05	38.16	0.41	0.44	1.90	1.96	1.70	1.68	1.90	1.84	0.20	0.28	0.20	0.16	57.1
	0.14	0.03	85.73	3.59	37.57	1.69	0.44	0.03	1.70	0.17	1.50	0.13	1.60	0.16	0.20	0.08	0.10	0.04	
	0.17		91.57	-19.0	37.38		0.41		2.10		1.80		2.00		0.30		0.20		
	0.18		83.02		39.78		0.48		2.10		1.80		1.95		0.30		0.15		
	0.12		90.93		40.01		0.44		2.00		1.60		1.75		0.40		0.15		
在來米粉(70°C)	0.09	0.10	70.07	72.60	39.22	36.77	0.56	0.51	2.00	1.90	1.60	1.60	1.70	1.70	0.40	0.30	0.10	0.10	33.3
	0.11	0.01	78.52	5.1	34.95	2.20	0.45	0.06	1.80	0.10	1.50	0.10	1.70	0.00	0.30	0.10	0.20	0.10	
	0.09		69.23	-32.9	36.14		0.52		1.90		1.70		1.70		0.20		0.00		
糯米粉(常溫)	1.33	1.33	54.84	66.60	30.98	34.73	0.56	0.53	2.00	2.14	1.30	1.50	1.60	1.74	0.70	0.64	0.30	0.24	37.5
	1.17	0.15	62.26	12.19	38	3.46	0.61	0.07	2.30	0.11	1.70	0.16	1.90	0.11	0.60	0.05	0.20	0.05	
	1.58		58	-38.4	31		0.53		2.10		1.50		1.70		0.60		0.20		
	1.28		73.9		36.47		0.49		2.20		1.60		1.80		0.60		0.20		
	1.31		84.22		37.21		0.44		2.10		1.40		1.70		0.70		0.30		
糯米粉(70°C)	1.42	1.36	57.63	59.50	38.3	38.01	0.66	0.64	1.70	1.77	1.30	1.33	1.50	1.57	0.40	0.43	0.20	0.23	53.8
	1.49	0.17	62.26	2.43	37.1	0.81	0.60	0.038	1.70	0.12	1.20	0.15	1.50	0.12	0.50	0.06	0.30	0.06	
	1.16		58.66	-45.0	38.63		0.66		1.90		1.50		1.70		0.40		0.20		

1. **體積變化百分比**= [平均體積/108.19(高筋麵粉麵包體積)]*100% (負值表示比高筋麵包體積小)

2. **密度**：用來探討麵包切麵的孔隙大小。密度大，麵包比較不膨鬆。

3. **柔軟值**：麵包容易壓下去，此值越大表示越柔軟。

4. **彈性**：此值越大表示麵包彈性佳。但因為每種麵包原高(高度)不同，麵包要柔軟且有彈性

較佳，因此我們計算了：**回彈率%=(彈性/柔軟值) x 100%**。

依據上表數據，以下繪圖討論：

圖 (以高筋麵粉為對照組)	說明																																								
<table border="1"> <caption>圖五 四種材料、不同溫度，製作的麵包重量</caption> <thead> <tr> <th>材料溫度</th> <th>平均重量 (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高筋麵粉</td> <td>~36</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(常溫)</td> <td>~37</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(70度)</td> <td>~37</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(常溫)</td> <td>~37</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(70度)</td> <td>~37</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(常溫)</td> <td>~34</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(70度)</td> <td>~37</td> </tr> </tbody> </table>	材料溫度	平均重量 (g)	高筋麵粉	~36	蓬萊米粉(常溫)	~37	蓬萊米粉(70度)	~37	在來米粉(常溫)	~37	在來米粉(70度)	~37	糯米粉(常溫)	~34	糯米粉(70度)	~37	重量 ：由表與左圖中發現，四種麵包 差異不大 ，糯米粉(常溫)麵包略低，有2個數據較低(標準差稍大)。是因為米粉吸水力不同？																								
材料溫度	平均重量 (g)																																								
高筋麵粉	~36																																								
蓬萊米粉(常溫)	~37																																								
蓬萊米粉(70度)	~37																																								
在來米粉(常溫)	~37																																								
在來米粉(70度)	~37																																								
糯米粉(常溫)	~34																																								
糯米粉(70度)	~37																																								
<table border="1"> <caption>圖六 四種材料、不同溫度，製作的麵包體積</caption> <thead> <tr> <th>材料溫度</th> <th>平均體積 (cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高筋麵粉</td> <td>~105</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(常溫)</td> <td>~90</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(70度)</td> <td>~70</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(常溫)</td> <td>~85</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(70度)</td> <td>~70</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(常溫)</td> <td>~65</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(70度)</td> <td>~60</td> </tr> </tbody> </table>	材料溫度	平均體積 (cm³)	高筋麵粉	~105	蓬萊米粉(常溫)	~90	蓬萊米粉(70度)	~70	在來米粉(常溫)	~85	在來米粉(70度)	~70	糯米粉(常溫)	~65	糯米粉(70度)	~60	體積 ：1.三種米粉麵包 皆小於 高筋麵粉麵包。但蓬萊米麵包、在來米麵包相近 > 糯米麵包。 2. 蓬萊米麵包膨脹最佳 ，只是仍不如高筋麵粉麵包。 3. 質地 ：在來米麵包 容易鬆垮 ，呈粉塊狀掉落。糯米麵包 較黏 。																								
材料溫度	平均體積 (cm³)																																								
高筋麵粉	~105																																								
蓬萊米粉(常溫)	~90																																								
蓬萊米粉(70度)	~70																																								
在來米粉(常溫)	~85																																								
在來米粉(70度)	~70																																								
糯米粉(常溫)	~65																																								
糯米粉(70度)	~60																																								
<table border="1"> <caption>圖七 四種材料、不同溫度，製作的麵包密度</caption> <thead> <tr> <th>材料溫度</th> <th>密度 (g/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高筋麵粉</td> <td>~0.35</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(常溫)</td> <td>~0.42</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(70度)</td> <td>~0.50</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(常溫)</td> <td>~0.42</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(70度)</td> <td>~0.48</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(常溫)</td> <td>~0.50</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(70度)</td> <td>~0.62</td> </tr> </tbody> </table>	材料溫度	密度 (g/cm³)	高筋麵粉	~0.35	蓬萊米粉(常溫)	~0.42	蓬萊米粉(70度)	~0.50	在來米粉(常溫)	~0.42	在來米粉(70度)	~0.48	糯米粉(常溫)	~0.50	糯米粉(70度)	~0.62	密度 ：體積大、密度小，麵包較膨鬆。麵包切面的 孔隙大 。是受米粉中， 蓬萊米粉(常溫) 麵包 密度最小 ，在來米粉(常溫)麵包，次之。																								
材料溫度	密度 (g/cm³)																																								
高筋麵粉	~0.35																																								
蓬萊米粉(常溫)	~0.42																																								
蓬萊米粉(70度)	~0.50																																								
在來米粉(常溫)	~0.42																																								
在來米粉(70度)	~0.48																																								
糯米粉(常溫)	~0.50																																								
糯米粉(70度)	~0.62																																								
<table border="1"> <caption>圖八 四種材料、不同溫度，製作的麵包平均原高、壓高、彈高、回彈率(彈性/柔軟值)*100%</caption> <thead> <tr> <th>材料溫度</th> <th>原高 (cm)</th> <th>壓高 (cm)</th> <th>彈高 (cm)</th> <th>回彈 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高筋麵粉</td> <td>~3.1</td> <td>~2.6</td> <td>~2.8</td> <td>~70</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(常溫)</td> <td>~2.2</td> <td>~2.0</td> <td>~2.1</td> <td>~65</td> </tr> <tr> <td>蓬萊米粉(70度)</td> <td>~1.7</td> <td>~1.5</td> <td>~1.6</td> <td>~68</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(常溫)</td> <td>~1.8</td> <td>~1.5</td> <td>~1.7</td> <td>~58</td> </tr> <tr> <td>在來米粉(70度)</td> <td>~1.7</td> <td>~1.4</td> <td>~1.6</td> <td>~55</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(常溫)</td> <td>~1.9</td> <td>~1.4</td> <td>~1.6</td> <td>~45</td> </tr> <tr> <td>糯米粉(70度)</td> <td>~1.6</td> <td>~1.3</td> <td>~1.5</td> <td>~55</td> </tr> </tbody> </table>	材料溫度	原高 (cm)	壓高 (cm)	彈高 (cm)	回彈 %	高筋麵粉	~3.1	~2.6	~2.8	~70	蓬萊米粉(常溫)	~2.2	~2.0	~2.1	~65	蓬萊米粉(70度)	~1.7	~1.5	~1.6	~68	在來米粉(常溫)	~1.8	~1.5	~1.7	~58	在來米粉(70度)	~1.7	~1.4	~1.6	~55	糯米粉(常溫)	~1.9	~1.4	~1.6	~45	糯米粉(70度)	~1.6	~1.3	~1.5	~55	柔軟值 ：(原高 - 壓高)。 彈性 ：(彈高 - 壓高)。 三種米麵包 皆 < 高筋麵粉 麵包。 回彈率 ：回彈率% = (彈性/柔軟值) x 100%。 原高高 且 回彈率高 ，這樣的麵包才 鬆軟且有彈性 ，蓬萊米粉 (常溫) 麵包較符合這樣條件。
材料溫度	原高 (cm)	壓高 (cm)	彈高 (cm)	回彈 %																																					
高筋麵粉	~3.1	~2.6	~2.8	~70																																					
蓬萊米粉(常溫)	~2.2	~2.0	~2.1	~65																																					
蓬萊米粉(70度)	~1.7	~1.5	~1.6	~68																																					
在來米粉(常溫)	~1.8	~1.5	~1.7	~58																																					
在來米粉(70度)	~1.7	~1.4	~1.6	~55																																					
糯米粉(常溫)	~1.9	~1.4	~1.6	~45																																					
糯米粉(70度)	~1.6	~1.3	~1.5	~55																																					

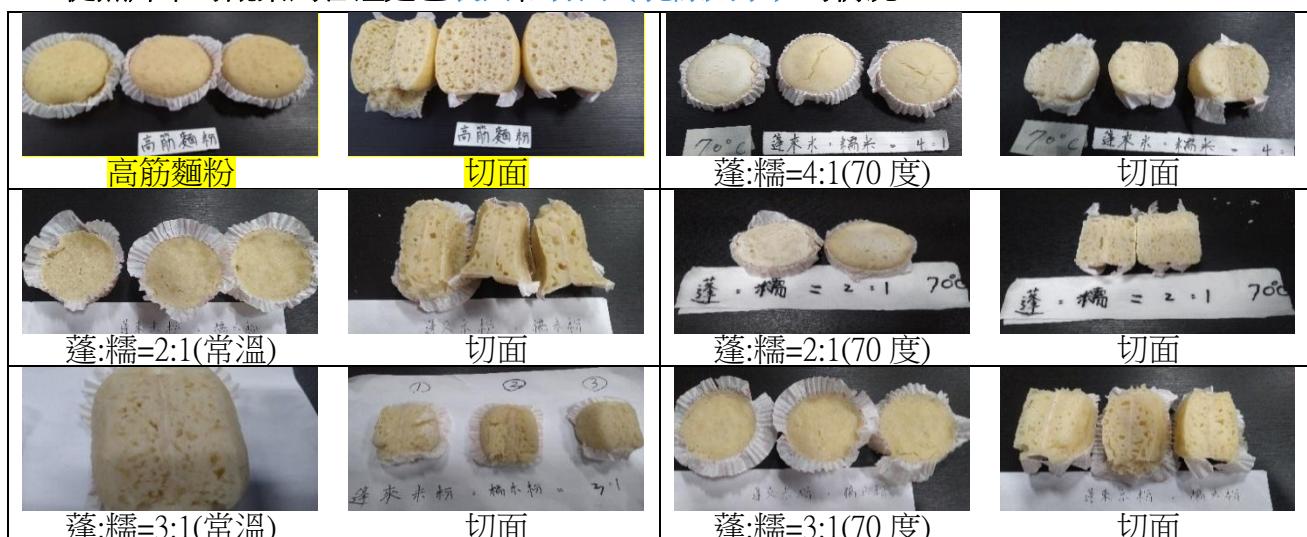
結果與討論：

- 基於上述，我們決定以蓬萊米粉做為探究製作米麵包的基礎米粉。也想利用糯米粉的黏性，藉此留住較多發酵時的氣體，增加麵包蓬鬆度
- 查找資料時知道，溫度可使澱粉糊化，增加黏性。因此之後的實驗想加入溫度變因。我們也有嘗試做了以蓬萊米粉分別加入 30°C、40°C、50°C、70°C 水製作麵包，發現水溫不易控制，30°C、40°C、50°C 製作的麵包差異不大，因此接下來將以常溫和 70°C 水進行探究。

以下我們將【實驗一、二、四】的米麵包進行比較，先觀察麵包外觀/切面，再進行數據分析

【實驗一】：探討蓬萊米粉與糯米不同比例的混合、不同水溫，做成的米麵包之特性

◆ 從照片中可觀察到各組麵包表面和切面（孔隙大小）的情況。



表二 不同比例米粉與溫度的米麵包。有色字體為該性質與高筋麵粉麵包較相近。紅字>藍字

	黏性	平均黏性 / std	體積	平均體積 / std / 體積變化百分比%	重量	平均重量 / std	密度	平均密度 / std	原高	平均原高 / std	壓高	平均壓高 / std	彈高	平均彈高 / std	柔軟值	平均柔軟值 / std	彈性	平均彈性 / std	(彈性 / 柔軟值) %
高筋麵粉	1.3	1.27	104	108.19	38.06	36.74	0.37	0.34	2.90	3.09	2.40	2.65	2.80	2.94	0.50	0.44	0.40	0.29	65.9
	1.3	0.12	118	5.9	37.7	1.41	0.32	0.02	3.35	0.23	3.10	0.27	3.20	0.19	0.25	0.19	0.10	0.17	
	1.3		110	---	37.49		0.34		2.80		2.55		2.70		0.25		0.15		
	1.4		105		34.92		0.33		3.20		2.70		3.00		0.50		0.30		
	1.1		104		35.53		0.34		3.20		2.50		3.00		0.70		0.50		
蓬:糯=2:1 (常溫)	0.6	0.53	78	85.90	38.75	39.09	0.50	0.46	2.30	2.23	1.70	1.93	2.20	2.20	0.60	0.30	0.50	0.27	88.9
	0.5	0.06	86.7	7.54	38.69	0.64	0.45	0.04	2.10	0.12	2.00	0.21	2.10	0.10	0.10	0.26	0.10	0.21	
	0.5		93	-20.6	39.83		0.43		2.30		2.10		2.30		0.20		0.20		
蓬:糯=3:1 (常溫)	0.3	0.29	70.6	79.00	38.26	38.89	0.54	0.49	2.00	2.17	1.80	1.87	1.90	2.07	0.20	0.30	0.10	0.20	66.7
	0.3	0.02	86.9	8.17	39.5	0.62	0.45	0.04	2.30	0.15	2.00	0.12	2.20	0.15	0.30	0.10	0.20	0.10	
	0.3		79.7	-26.9	38.9		0.49		2.20		1.80		2.10		0.40		0.30		
蓬:糯 =2:1(70°C)	0.9	0.71	78.2	83.30	38.76	37.44	0.50	0.45	2.20	2.14	2.00	1.92	2.10	2.00	0.20	0.22	0.10	0.08	36.4
	0.6	0.12	89.4	4.47	37.42	1.59	0.42	0.03	1.90	0.15	1.80	0.08	1.80	0.12	0.10	0.08	0.00	0.04	
	0.6		85.3	-23.0	38.3		0.45		2.20		1.90		2.00		0.30		0.10		
	0.7		83.9		38		0.45		2.30		2.00		2.10		0.30		0.10		
	0.8		79.7		34.73		0.44		2.10		1.90		2.00		0.20		0.10		
蓬:糯 =3:1(70°C)	0.3	0.31	71.4	70.40	37.52	38.35	0.53	0.55	1.70	1.84	1.60	1.60	1.60	1.60	0.10	0.24	0.00	0.00	0.0
	0.3	0.04	74	3.53	38.8	0.79	0.52	0.04	2.00	0.18	1.70	0.17	1.70	0.17	0.30	0.09	0.00	0.00	
	0.3		67.9	-34.9	39.14		0.58		1.60		1.30		1.30		0.30		0.00		
	0.4		65.7		38.81		0.59		2.00		1.70		1.70		0.30		0.00		
	0.3		73.1		37.48		0.51		1.90		1.70		1.70		0.20		0.00		
蓬:糯 =4:1(70°C)	0.2	0.30	69.3	80.30	36.62	37.93	0.53	0.48	2.40	2.26	2.00	1.88	2.30	2.12	0.40	0.38	0.30	0.24	63.2
	0.3	0.06	86.2	7.09	36.91	1.55	0.43	0.04	2.20	0.09	1.70	0.13	1.90	0.15	0.50	0.11	0.20	0.09	
	0.3		85.7	-25.8	39.36		0.46		2.20		2.00		2.10		0.20		0.10		
	0.3		83		36.89		0.44		2.20		1.80		2.10		0.40		0.30		
	0.4		77.3		39.85		0.52		2.30		1.90		2.20		0.40		0.30		

結果與討論：

1. 上表中，淺灰色底為測量值。我們計算了：回彈率% = (彈性/柔軟值) x 100%。
2. 我們認為麵包性質要以體積大、原高高、柔軟值大且回彈率（彈性/柔軟值%）高，這些條件下，麵包才是鬆軟有彈性。
3. 從上表數據來看，以高筋麵粉麵包為對照組，原高以 2:1（常溫）和 4:1（70°C）(紅字)較佳，3:1（常溫）和 2:1（70°C）(藍字)次之。
4. 符合柔軟值大且回彈率高的米麵包，則以 4:1（70°C）為最佳。

【實驗二】：探討添加不同蛋白質種類做成之米麵包的特性

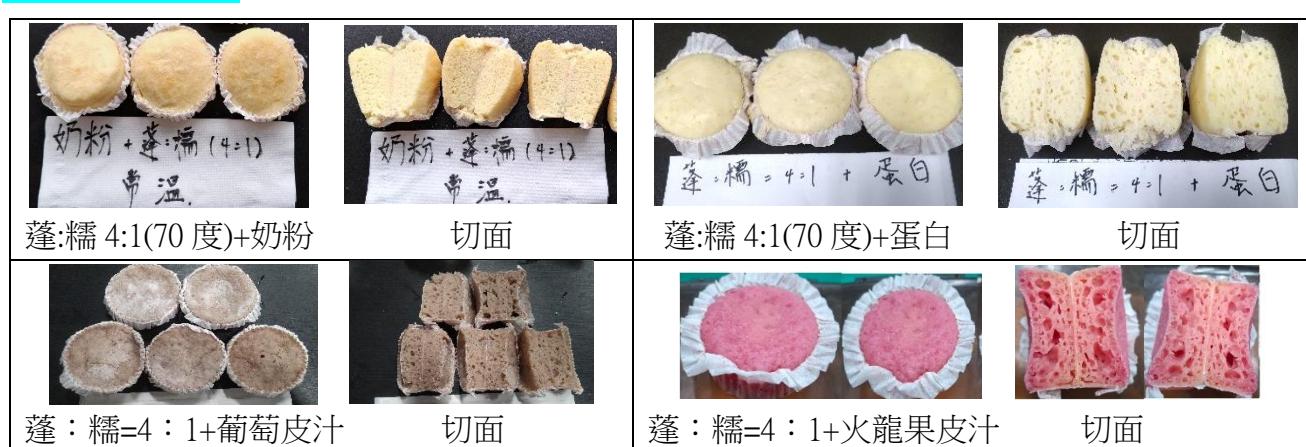
◆ 從照片中可觀察到各組麵包表面和切面（孔隙大小）的情況。

			
黃豆粉組(20g 水)	黃豆粉組(20g 水)切面	黃豆粉組(30g 水)	切面
			
黑豆粉組(20g 水)	黑豆粉組(20g 水)切面	黑豆粉組(30g 水)	切面
			
綠豆粉組(30g 水)	切面	紅豆粉組(30g 水)	切面
			
蛋黃組	切面	蛋白組	切面
			
奶粉組	切面	乳清蛋白粉組	切面

表三 添加不同蛋白質種類的米麵包特性紀錄

	黏性 平均黏性 / std	體積 體積 / std / 體積變化百分比%	平均體積 / std / 體積變化百分比%	重量 平均重量 / std	密度 平均密度 / std	原高 平均原高 / std	壓高 平均壓高 / std	彈高 平均彈高 / std	柔軟值 平均柔軟值 / std	彈性 平均彈性 / std	(彈性 / 柔軟值) %								
高筋麵粉	1.3	1.27	104	108.19	38.06	36.74	0.37	0.34	2.90	3.09	2.40	2.65	2.80	2.94	0.50	0.44	0.40	0.29	65.9
	1.3	0.12	118	5.9	37.7	1.41	0.32	0.02	3.35	0.23	3.10	0.27	3.20	0.19	0.25	0.19	0.10	0.17	
			110	---	37.49		0.34		2.80		2.55		2.70		0.25		0.15		
	1.4		105		34.92		0.33		3.20		2.70		3.00		0.50		0.30		
	1.1		104		35.53		0.34		3.20		2.50		3.00		0.70		0.50		
黃豆20g水	固體		75.3	76.20	39.37	38.86	0.52	0.51	3.00	2.97	2.50	2.47	3.00	2.95	0.50	0.50	0.50	0.48	96.7
	固體		76.2	0.85	36.96	1.70	0.48	0.02	3.00	0.06	2.50	0.06	3.00	0.09	0.50	0.00	0.50	0.03	
	固體		77	-29.6	40.25		0.52		2.90		2.40		2.85		0.50		0.45		
黃豆30g水	0.7	0.62	104	110.31	59.43	57.05	0.57	0.51	2.90	3.00	2.61	2.66	2.78	2.85	0.29	0.34	0.17	0.19	56.0
	0.5	0.20	118	7.51	55.32	2.05	0.47	0.04	2.91	0.13	2.60	0.13	2.77	0.12	0.31	0.04	0.17	0.02	
	0.4		119	2.0	56.4		0.47		3.17		2.85		3.02		0.32		0.17		
	0.9		107		53.84		0.50		3.10		2.72		2.93		0.38		0.21		
	0.7		104		56.4		0.54		2.91		2.53		2.75		0.38		0.22		
黑豆20g水	2.4	2.27	83	77.50	44.21	43.94	0.53	0.57	3.00	3.00	2.50	2.50	2.90	2.88	0.50	0.50	0.40	0.38	76.7
	2.2	0.12	69	7.49	43.52	0.37	0.63	0.05	3.10	0.10	2.60	0.10	2.95	0.08	0.50	0.00	0.35	0.03	
	2.2		80.6	-28.3	44.09		0.55		2.90		2.40		2.80		0.50		0.40		
黑豆30g水	0.5	0.50	110	106.20	58.68	57.89	0.54	0.55	3.00	3.05	2.50	2.50	2.80	2.82	0.50	0.55	0.30	0.32	57.3
	0.5	0.04	103	4.89	57.1	1.12	0.56	0.02	3.10	0.07	2.50	0.00	2.83		0.60	0.07	0.33	0.02	
綠豆30g水	0.4	0.39	132	129.20	56.83	55.71	0.43	0.43	3.20	3.07	3.15	3.02	3.18	3.03	0.05	0.05	0.03	0.01	26.1
	0.4	0.05	117	10.05	52.86	2.04	0.45	0.02	2.85	0.16	2.80	0.16	2.83	0.16	0.05	0.01	0.03	0.02	
	0.5		143	19.4	58.01		0.40		3.20		3.15		3.15		0.05		0.00		
	0.3		130		56.37		0.43		3.15		3.10		3.10		0.05		0.00		
	0.4		124		54.48		0.44		2.93		2.90		2.90		0.03		0.00		
紅豆30g水	0.3	0.36	115	104.77	61.73	61.50	0.54	0.59	2.82	2.84	2.65	2.65	2.80	2.79	0.17	0.19	0.15	0.14	74.5
	0.4	0.05	102	5.95	61.97	0.95	0.61	0.03	2.80	0.05	2.60	0.05	2.74	0.06	0.20	0.01	0.14	0.01	
	0.4		106	-3.2	61.85		0.58		2.86		2.68		2.80		0.18		0.12		
	0.4		100		62.47		0.62		2.93		2.73		2.88		0.20		0.15		
	0.4		101		59.97		0.59		2.80		2.61		2.75		0.19		0.14		
蛋黃	0.1	0.11	80.6	73.80	48.1	45.34	0.60	0.62	1.80	1.83	1.50	1.53	1.70	1.73	0.30	0.30	0.20	0.20	66.7
	0.1	0.03	71.8	6.08	42.0	3.09	0.58	0.04	1.95	0.10	1.75	0.20	1.95	0.20	0.20	0.10	0.20	0.00	
	0.1		68.9	-31.8	45.9		0.67		1.75		1.35		1.55		0.40				
蛋白	0.4	0.28	103	104.10	43.9	43.27	0.43	0.42	2.80	2.78	2.10	2.13	2.70	2.70	0.70	0.65	0.60	0.57	87.2
	0.3	0.06	106	2.08	42.5	0.70	0.40	0.02	2.75	0.03	2.10	0.06	2.65	0.05	0.65	0.05	0.55	0.03	
	0.2		103	-3.8	43.5		0.42		2.80		2.20		2.75		0.60		0.55		
奶粉	0.2	0.28	117	127.10	44.31	48.01	0.38	0.38	2.20	2.42	1.50	1.95	1.90	2.31	0.70	0.47	0.40	0.36	76.6
	0.3	0.05	143	14.58	43.94	3.78	0.31	0.06	2.60	0.27	2.00	0.30	2.50	0.32	0.60	0.19	0.50	0.11	
	0.3		143	17.5	48.76		0.34		2.80		2.35		2.75		0.45		0.40		
	0.3		117		50.63		0.43		2.30		1.90		2.20		0.40		0.30		
	0.3		116		52.43		0.45		2.20		2.00		2.20		0.20		0.20		
乳清蛋白	0.1	0.04	105	118.60	41.21	40.26	0.39	0.34	2.75	2.68	2.30	2.23	2.60	2.62	0.45	0.45	0.30	0.38	85.2
	0	0.02	123	11.77	40.85	1.34	0.33	0.05	2.80	0.16	2.35	0.16	2.80	0.18	0.45	0.00	0.45		
	0		127	9.6	38.73		0.30		2.50		2.05		2.45		0.45		0.40		

◆ 綜合變因麵包

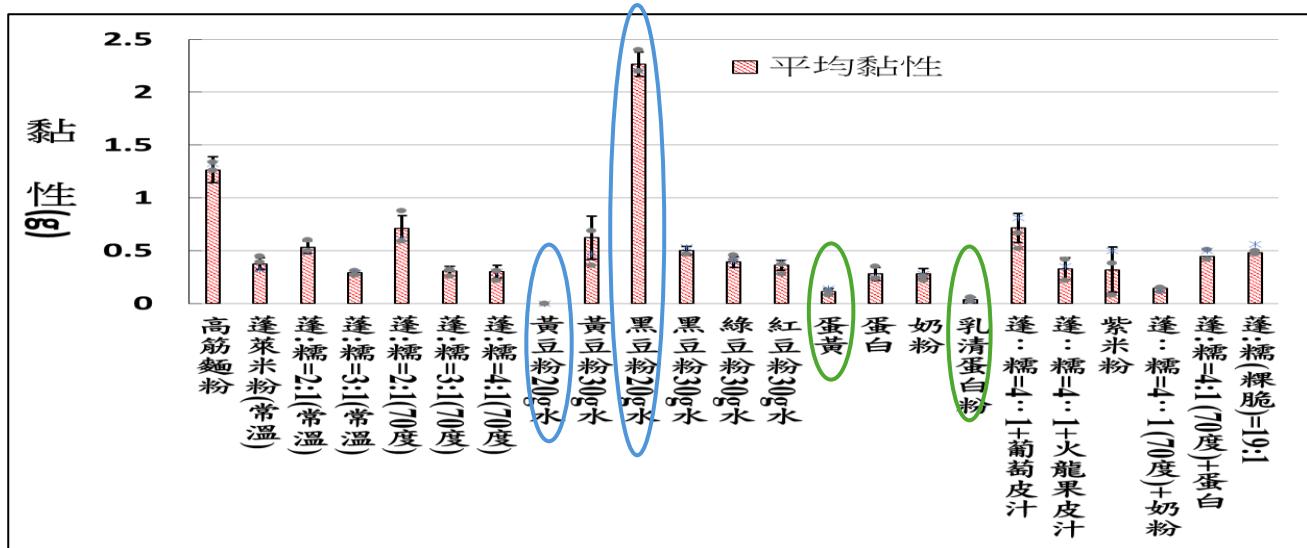


照片中上方為添加 黑豆粉 ，下方為添加 黃豆粉 的米糊，發酵後的情況，拿出保溫箱時，較 不易塌陷 。		照片中為添加 葡萄皮萃取液 的米糊發酵後情況，拿出保溫箱時， 容易會有塌陷 (左方 2 樣本明顯)

表四 綜合變因的米麵包特性紀錄。

	黏性 平均黏性 / stdev	體積 平均體積 / std/ 體積變化百分比%	平均體積/ std/ 體積變化百分比%		重量 平均重量 / std	密度 平均密度 / std	原高 平均原高 / std	壓高 平均壓高 / std	彈高 平均彈高 / std	柔軟值 平均柔軟值 / std	彈性 平均彈性 / std	(彈性/ 柔軟值) %							
			重量	密度															
高筋麵粉	1.3	1.27	104	108.19	38.06	36.74	0.37	0.34	2.90	3.09	2.40	2.65	2.80	2.94	0.50	0.44	0.40	0.29	65.9
	1.3	0.12	118	5.9	37.7	1.41	0.32	0.02	3.35	0.23	3.10	0.27	3.20	0.19	0.25	0.19	0.10	0.17	
	1.3		110	---	37.49		0.34		2.80		2.55		2.70		0.25		0.15		
	1.4		105		34.92		0.33		3.20		2.70		3.00		0.50		0.30		
	1.1		104		35.53		0.34		3.20		2.50		3.00		0.70		0.50		
蓬：糬=4:1 +葡萄皮汁	0.7	0.71	78.9	83.40	38.00	38.50	0.48	0.46	2.20	2.24	1.80	1.88	2.10	2.16	0.40	0.36	0.30	0.28	77.8
	0.8	0.14	86.4	4.33	38.4	0.40	0.44	0.02	2.30	0.05	1.80	0.08	2.20	0.09	0.50	0.09	0.40	0.08	
	0.5		78.7	-22.9	39.07		0.50		2.20		1.90		2.10		0.30		0.20		
	0.7		88.1		38.65		0.44		2.20		1.90		2.10		0.30		0.20		
	0.9		84.8		38.36		0.45		2.30		2.00		2.30		0.30		0.30		
蓬：糬=4:1 +火龍果皮汁	0.4	0.33	87.1	89.40	39.08	39.00	0.45	0.44	2.18	2.20	1.92	1.98	2.17	2.19	0.26	0.22	0.25	0.21	97.0
	0.4	0.10	90.7	1.97	39.01	0.09	0.43	0.01	2.21	0.02	1.99	0.06	2.21	0.02	0.22	0.04	0.22	0.04	
	0.2		90.3	-17.4	38.91		0.43		2.21		2.03		2.20		0.18		0.17		
紫米粉	0.1	0.32	63.5	61.10	48.18	42.80	0.76	0.70	太	1.15	X	扁平, 不	X	扁平, 不	X	扁平, 不	X	扁平, 不	
	0.5	0.22	59	2.26	39.64	4.68	0.67	0.05	1.20		X	不成	X	不成	X	不成	X	不成	
	0.4		60.7	-43.6	40.58		0.67		1.10		X	形	X	形	X	形	X	形	
蓬：糬=4:1 (70°C)+奶粉	0.1	0.10	90	104.93	52.63	52.41	0.58	0.51	3.14	3.01	2.73	2.75	2.79	2.99	0.41	0.26	0.06	0.24	89.9
	0.1	0.03	120	12.58	51.82	0.49	0.43	0.06	2.91	0.12	2.90	0.14	3.20	0.21	0.01	0.22	0.30	0.16	
	0.2		102	-3.02	52.23		0.51		2.99		2.62		2.97		0.37		0.35		
	0.2		107		52.94		0.49												
蓬：糬=4:1 (70°C)+蛋白	0.5	0.40	91.6	92.04	42.23	42.47	0.46	0.46	2.60	2.60	2.20	2.15	2.50	2.50	0.40	0.45	0.30	0.35	77.8
	0.5	0.08	88.7	2.83	43.51	0.90	0.49	0.02	2.50	0.22	2.10	0.06	2.45	0.19	0.40	0.17	0.35	0.15	
	0.4		92.2	-14.93	41.38		0.45		2.40		2.10		2.30		0.30		0.20		
	0.4		95.6		42.75		0.45		2.90		2.20		2.75		0.70		0.55		
蓬:糬(鬆脆) =19 : 1	0.5	0.48	77.8	73.40	35.18	35.01	0.45	0.48	2.00	2.23	1.50	1.83	2.20	2.23	0.50	0.40	0.70	0.40	100.0
	0.6	0.07	68.7	4.57	35.69	0.55	0.52	0.03	2.30	0.17	2.10	0.25	2.20	0.05	0.20	0.14	0.10	0.24	
	0.5		70.3	-32.16	34.45		0.49		2.20		1.80		2.20		0.40		0.40		
	0.4		76.8		34.71		0.45		2.40		1.90		2.30		0.50		0.40		

依據表二~四，以**高筋麵粉**為**對照組**，我們將各種特性進行**繪圖**，比較各**實驗組**之間的差異：

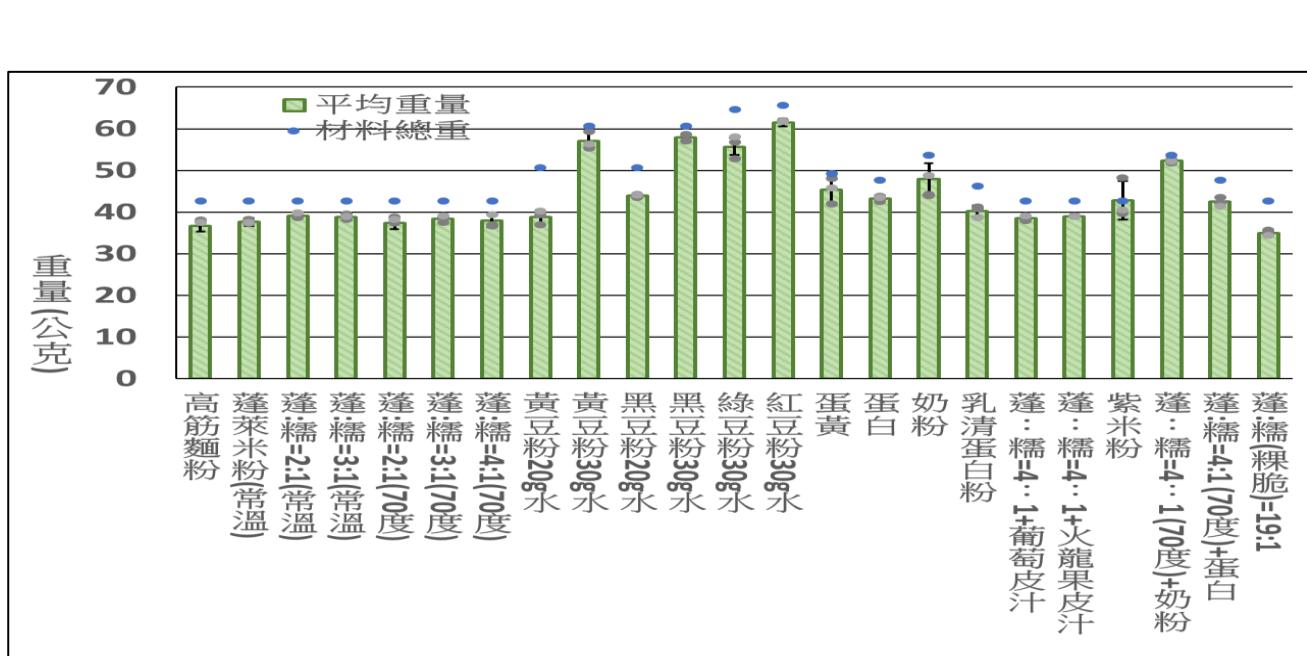


圖九 比較各實驗組米糊黏性差異。

說明：1. 高筋麵糊的平均黏性為 0.84。以此為參考。

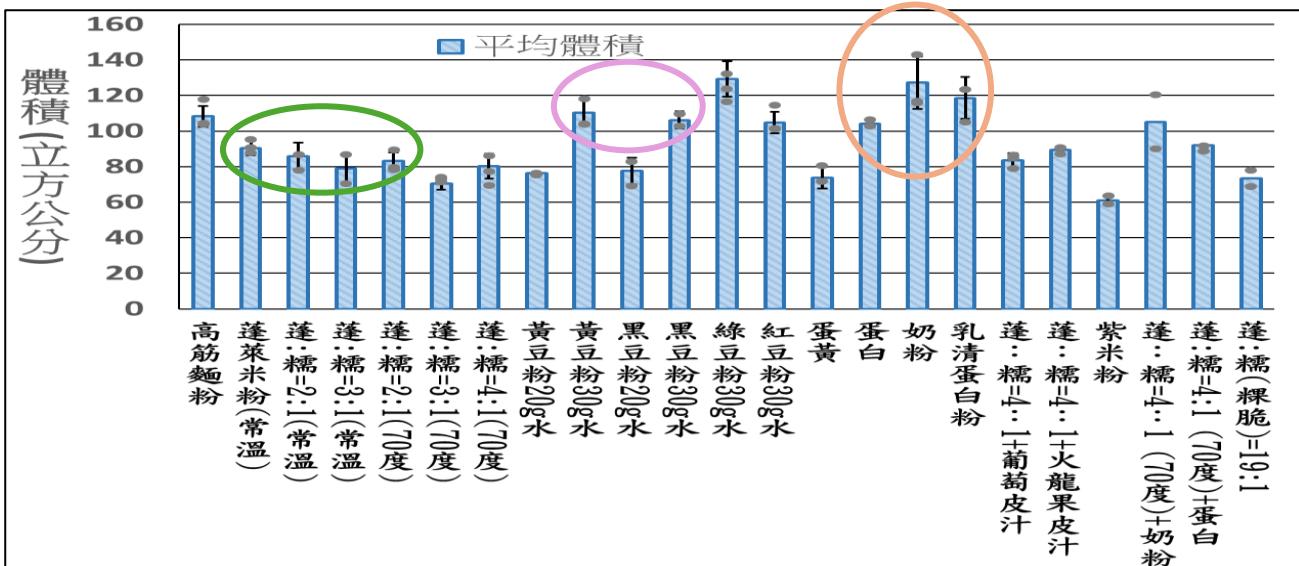
2. 黃豆粉組加 20g 水組，米糰成固體，故無數據（藍框）。黑豆粉組加 20g 水組，米糊黏性大（藍框）。我們認為它們易吸水，需增加水量。所以有了 30g 水組。
 3. 蛋黃組、乳清蛋白組（綠框）米糊黏性都相對較低。

討論：原本設想，米糊(糰)黏性大，比較容易留住氣體，麵包膨脹較佳，因此測量此性質。那麼結果是否如預期呢？接著探討體積和高度…等特性。



圖十 比較各實驗材料重量與麵包重量差異。

說明：1. 各組麵包的重量與所使用的材料總重為正相關。烘烤後減少的水分各組差異不大。
2. 豆類+30克水的組別，麵包會較重。



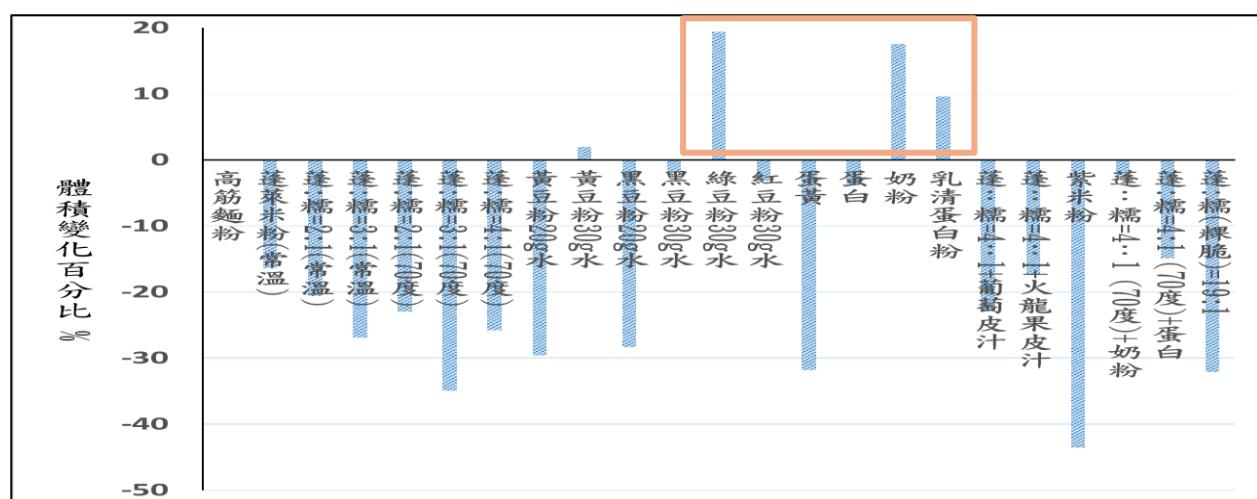
圖十一 比較各實驗組體積差異。

說明：

1. 奶粉組、乳清蛋白組、蛋白組（橘框）體積表現不錯，與高筋麵粉麵包相當。
2. 在豆類中，綠豆 30g 水組、黃豆 30g 水組體積也不錯，與高筋麵粉麵包相當。
3. 純米粉組(無添加蛋白)，則以蓬萊米+糯米(綠框)混合有相對不錯表現(體積較大)。
4. 因此，我們想以密度來探討麵包質地(柔軟值與彈性)_奶粉組、乳清蛋白組、綠豆組、蛋白組，體積較大。

討論：

綠豆組、黃豆組加 30g 水與加 20g 水相較，體積變大。可知水分對麵包膨脹是有影響的，這在未來探討時，是重要變因。



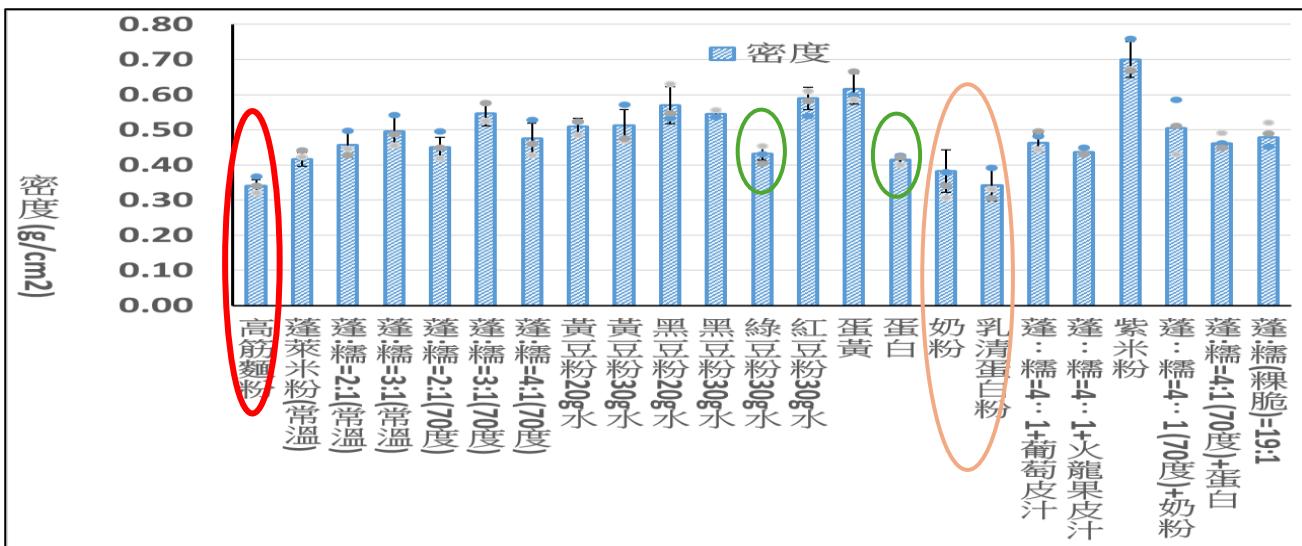
圖十二 比較各實驗組體積變化百分比差異。

說明：

1. 以高筋麵粉麵包為基準，各組麵包體積變化，負值表示體積較高筋麵包小。
2. 圖中顯示奶粉組、乳清蛋白組體積較高筋麵粉麵包有明顯增加。
3. 綠豆 30g 水組則因為水分添加為 30g (高筋麵粉組為 20g)，兩者水份不同，無法直接比較。

討論：

綠豆 30g 水組、黃豆 30g 水組兩者雖無法直接與高筋麵粉組比較，但黃豆 30g 水組與黃豆 20g 水組相較，體積變化百分比差異很大。水是重要因素。

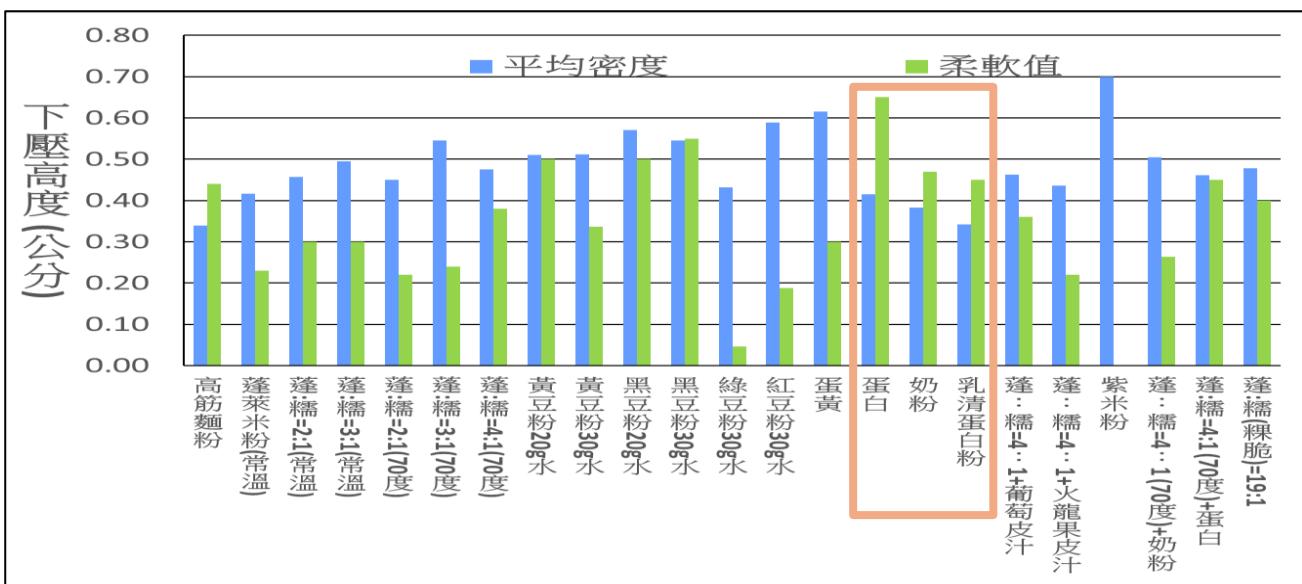


圖十三 比較各實驗組**密度**差異。

說明：以**高筋麵粉**的體積為對照組：

- 我們認為**麵包切面的孔隙大，密度小**，麵包應該**較膨鬆（柔軟值大）**。
- 乳清蛋白組和奶粉組（橘框）**密度最低，接著依序是**蛋白組、綠豆 30g 水組(綠框)**

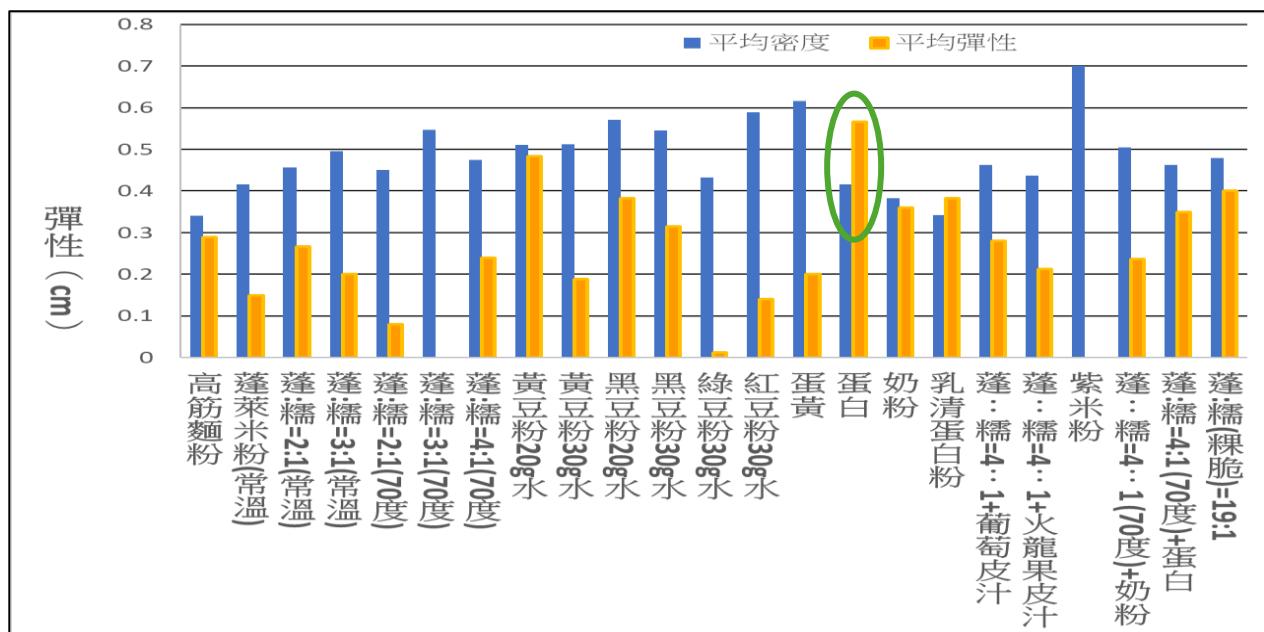
討論：1. 密度小，較蓬鬆，但麵包**是否能具彈性**口感呢？（壓下去能回彈）再做下圖討論



圖十四 比較各組**密度**與**柔軟值**的關係。**柔軟值**：(原高 - 壓高)。

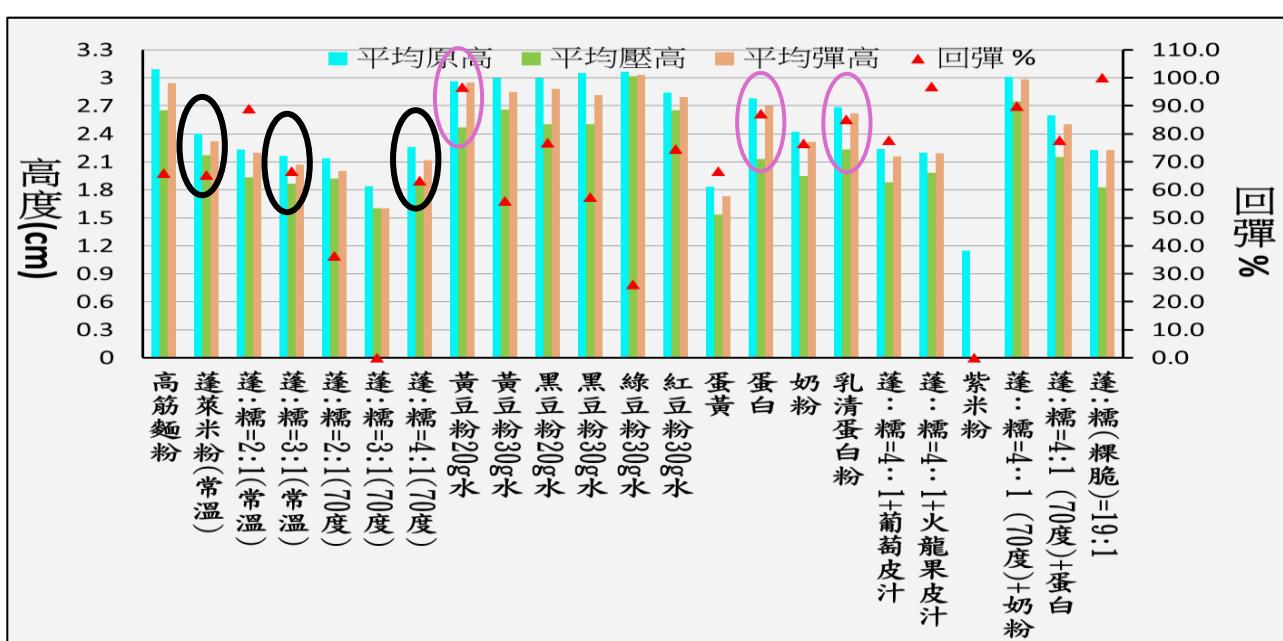
討論：1. 我們認為**密度小且柔軟值高**，則表示此麵包較軟。**乳清蛋白組密度最低（與高筋麵粉麵包相當）**，接著依序是**奶粉組、蛋白組**。**柔軟值**則以**奶粉組**和**蛋白組**與高筋麵粉麵包相當。

- 再加上，若以價格考量**經濟成本**，添加**奶粉**和**蛋白**也是可行的材料。



圖十五 各實驗組麵包密度與彈性關係圖。彈性：(彈高－壓高)。

討論：我們認為密度小且彈性高時，則表示此麵包較柔軟且能回彈。蛋白組（綠框）有明顯這樣的特性。



圖十六 各實驗組原高、壓高、彈高與回彈率關係圖

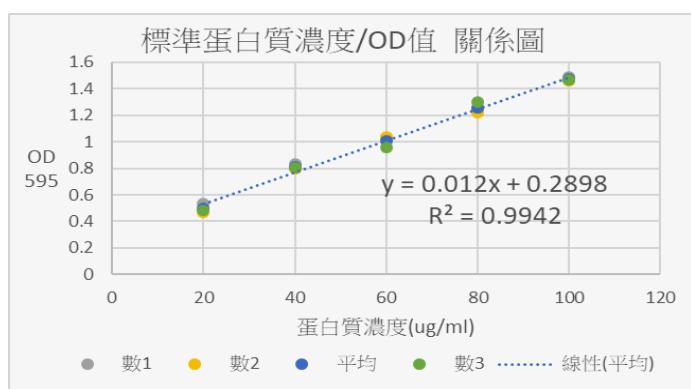
說明：以高筋麵粉麵包的體積為對照組：

1. 麵包的原高高、柔軟值(原高-壓高)大、彈性(彈高-壓高)大，也就是在圖中，麵包的三種高度柱狀圖呈V型，這樣的麵包較柔軟且有彈性(能回彈，不是一壓就扁的)。
2. 柱狀圖呈V型且回彈率(%)高(紫色框)，從圖中可看到符合這樣條件的依序有黃豆粉組、乳清蛋白組、蛋白組（粉紅色圈）。
3. 純米粉組(無添加蛋白)，則以蓬萊米(常溫)、蓬:糬 3:1(常溫)、蓬:糬 4:1(70°C)（黑色圈）符合這樣的條件。

【實驗三】：檢測材料中蛋白質含量

表三-1 BSA 標準品濃度 (μg/ml) 與 OD 值

標準蛋白濃度	數值1	數值2	數值3	平均值	標準差
20	0.536	0.467	0.483	0.495333	0.03
40	0.834	0.8	0.806	0.813333	0.01
60	1.027	1.04	0.959	1.008667	0.04
80	1.249	1.22	1.296	1.255	0.03
100	1.489	1.463	1.468	1.473333	0.01



圖三-1 BSA 標準品濃度與 OD 值關係圖

表三-2 樣本（高筋麵粉、蓬萊米粉、糯米粉、黃豆粉、黑豆粉、綠豆粉、紅豆粉）不同倍率稀釋後，測量 OD 值。*綠色底 OD 值為落在標準曲線範圍內，以此值再依據標準曲線公式 $y = 0.012x + 0.2898$ ($R^2 = 0.9942$) 與稀釋倍率，計算出樣本中的蛋白質含量（單位： $\mu\text{g/ml}$ ）。

*橘色框數據為樣本萃取液未經離心所測得，後來捨棄。採用經離心後測得之數據(紫色框)

取樣重量 與 稀釋處理	樣本	高筋 粉0.2g+0.4ml tris 再10倍稀釋 平均值 標準差	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$	OD值 單位： $\mu\text{g/ml}$					
1	1.44				1.44		2.61		1.47		2.41		2.31						
2	1.50				1.20		2.54		1.23		2.37		2.32						
3	1.58				1.21		2.58		1.13		2.41		2.31						
平均值																			
標準差																			
1	1.16 1.18 1.12	72.43 74.35 69.02	8692.00 8922.00 8282.00		1.21 1.21 1.15	76.60 76.43 71.85	9192.00 9172.00 8622.00		1.46 1.35 1.42	97.85 88.27 94.35	11742.00 10592.00 11322.00								
2																			
3																			
60倍稀釋 平均值			8632.00				8995.33				11218.67								
標準差			324.19				323.47				581.92								
粉0.1g+1ml tris, 取200ul 離心6000 rpm,6分鐘, 再50倍稀釋 標準差	1 2 3											0.54 0.55 0.60	20.77 21.93 25.68	10383.33 10966.67 12841.67	1.80 1.80 1.84				
11397.22 1284.48																			
粉0.1g+1ml tris, 取200ul 離心6000 rpm,6分鐘, 再100倍稀釋 標準差	1 2 3											1.66 1.68 1.57			1.21 1.14 1.20	76.77 70.43 76.18	76766.67 70433.33 76183.33	74461.11 3500.33	
0.78 0.82 0.91								0.137 0.15 0.14											
134646.67 17230.67																			
粉0.1g+1ml tris, 取200ul 離心 6000rpm,6分 鐘,再100倍稀 釋 標準差	1 2 3	0.57 0.59 0.53										0.31 0.33 0.31							
粉0.1g+1ml tris, 取200ul 離心6000 rpm,6分鐘, 再50倍稀釋 標準差	1 2 3	1.04 1.07 1.05	62.18 65.02 63.10	31091.67 32508.33 31550.00	0.684 0.65 0.64	0.447 0.43 0.43													
31716.67 722.89																			
粉0.1g+1ml tris, 取200ul 離心6000 rpm,6分鐘, 再15倍稀釋 標準差	1 2 3	1.56 1.52 1.53			1.32 1.32 1.30	86.18 85.52 84.27	12927.50 12827.50 12640.00	0.86 0.83 0.83	47.85 44.60 45.10	7177.50 6690.00 6765.00			0.89 0.90 0.89	49.93 50.85 50.02	7490.00 7627.50 7502.50				
12798.33 145.95															7540.00 76.03				

表三-3 樣本（蛋黃、蛋白、奶粉、乳清蛋白粉）不同倍率稀釋後，測量OD值。

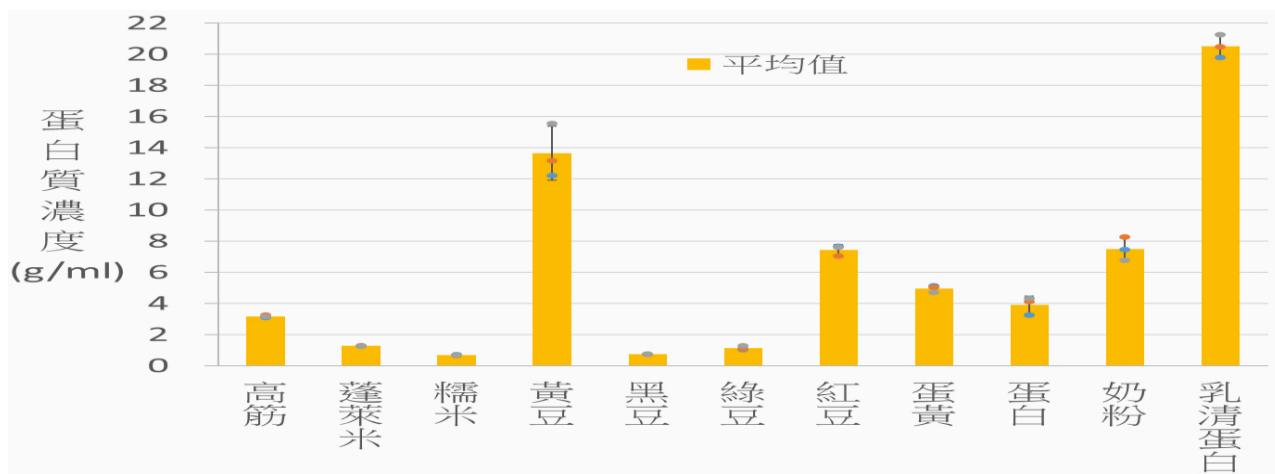
*綠色底OD值為落在標準曲線範圍內，以此值再依據標準曲線公式 $y = 0.012x + 0.2898$ ($R^2 = 0.9942$) 與稀釋倍率，計算出樣本中的蛋白質含量（單位： $\mu\text{g/ml}$ ）。

	樣本	蛋黃	依標準品 每1g樣本在曲線換算 1ml的tris中後濃度 蛋白質含量		蛋白	依標準品 每1g樣本在曲線換算 1ml的tris中後濃度 蛋白質含量		奶粉	依標準品 每1g樣本在曲線換算 1ml的tris中後濃度 蛋白質含量		乳清粉	依標準品 每1g樣本在曲線換算 1ml的tris中後濃度 蛋白質含量	
			OD值	單位： $\mu\text{g/ml}$		OD值	單位： $\mu\text{g/ml}$		OD值	單位： $\mu\text{g/ml}$		OD值	單位： $\mu\text{g/ml}$
粉0.2g+0.4ml tris	1	1.93			0.72	36.18	32565.00						
	2	1.93			0.84	45.93	41340.00						
	3	2.04			0.87	48.27	43440.00						
再10倍稀釋	平均值						39115.00						
	標準差						5768.83						
粉0.2g+0.4ml tris	1	1.77						3.07			2.20		
	2	1.78						3.08			2.30		
	3	1.78						3.04			2.33		
再100倍稀釋	粉0.2g+0.4ml	1.59						1.89			1.85		
	tris	1.92						1.90			1.92		
	再200倍稀釋	1.87						1.88			1.56		
粉0.2g+0.4ml tris	1	1.32	85.60	51360.00				1.70			1.81		
	2	1.30	84.02	50410.00				1.70			1.82		
	3	1.24	78.77	47260.00				1.65			1.82		
再300倍稀釋	平均值			49676.67									
	標準差			2146.12									
粉0.2g+0.4ml tris	1							1.18	74.52	74516.67	1.84		
	2							1.28	82.68	82683.33	1.78		
	3							1.11	67.93	67933.33	1.80		
再500倍稀釋	平均值									75044.44			
	標準差									7389.15			
粉0.1g+1ml tris,	1										1.54		
	2										1.49		
	3										1.51		
再300倍稀釋	粉0.1g+1ml tris,										1.14		
	再500倍稀釋										1.21		
											1.23		
粉0.1g+1ml tris, 取200ul離心6000 rpm,6分鐘,再500倍稀釋	1									0.77	39.60	198000.00	
	2									0.78	40.93	204666.67	
	3									0.80	42.52	212583.33	
粉0.1g+1ml tris, 取200ul離心6000 rpm,6分鐘,再500倍稀釋	平均值											205083.33	
	標準差											7300.59	

表三-4 統整上方表三-2、表三-3 中各樣本蛋白質含量（單位： g/ml ）（綠色底紫色框）與商品成分標示作比較。（蛋黃、蛋白中蛋白質含量是參考農業知識入口網資訊）

商品成分標示：	13.5	6.6	7.5	37.4	37.7	22.8	21	農業知識入口網		24.3	80
蛋白質含量 $\text{g}/100\text{g}$	16	10.5									
每1g樣本在1ml的tris中蛋白質含量($\text{g}/100\text{ml}$)	高筋	蓬萊米	糯米	黃豆	黑豆	綠豆	紅豆	蛋黃	蛋白	奶粉	乳清蛋白
樣本1	3.109	1.293	0.718	12.205	0.749	1.038	7.677	5.136	3.257	7.452	19.800
樣本2	3.251	1.283	0.669	13.180	0.763	1.097	7.043	5.041	4.134	8.268	20.467
樣本3	3.155	1.264	0.677	15.555	0.750	1.284	7.618	4.726	4.344	6.793	21.258
平均值	3.172	1.280	0.688	13.647	0.754	1.140	7.446	4.968	3.912	7.504	20.508
標準差	0.072	0.015	0.026	1.723	0.008	0.128	0.350	0.215	0.577	0.739	0.730

討論：我們測得的蛋白質含量與商品標示有差異，是因為檢測方式不同所造成。我們比對兩個數據，商品標示大約是我們測量的3~5倍（除了糯米11倍、黑豆50倍、綠豆20倍）

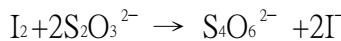


圖三-2 以 Bradford 法檢測材料中的蛋白質濃度（依前兩個表格結果繪圖）。乳清蛋白含量最高(特別高)，黃豆粉次之，之後依序為奶粉、紅豆粉、蛋黃、蛋白、高筋麵粉。

討論：1. 此結果和【實驗二】結果圖九體積、圖十體積變化百分比 (p.21)、圖十六回彈率 (p.23) **相呼應**，添加**黃豆、奶粉與乳清蛋白粉**的麵包，較蓬鬆，回彈率較高。

【實驗四】：檢測花青素的抗氧化力及探討添加不同花青素米麵包的特性

材料：葡萄皮、火龍果皮、紫米、黑米



$$\text{硫代硫酸鈉分解的} I_2 \text{ 莫耳數} = \frac{C_{M_{Na_2S_2O_3}} \times V_{Na_2S_2O_3}}{2}$$

$$\text{分解率:} \frac{\text{碘液濃度} C_{M_{I_2}} \times 0.025 - \frac{(滴定使用到的) C_{M_{Na_2S_2O_3}} \times V_{Na_2S_2O_3}}{2}}{C_{M_{I_2}} \times 0.025} \times 100\%$$

葡萄皮 (葡萄皮10g+25ml碘液), 取5ml萃取液					葡萄皮 (烤後葡萄皮10g+25ml碘液), 取5ml萃取液						
樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫耳數 (mol)	硫代硫酸鈉消耗的莫耳數 (mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解率 (%)	樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫耳數 (mol)	硫代硫酸鈉消耗的莫耳數 (mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解率 (%)
1	1.3	0.00025	0.0000325	0.0002175	87.0%	1	2.2	0.00025	0.0000550	0.0001950	78.0%
2	1.4	0.00025	0.0000350	0.0002150	86.0%	2	2.1	0.00025	0.0000525	0.0001975	79.0%
3	2.1	0.00025	0.0000525	0.0001975	79.0%	3	2.3	0.00025	0.0000575	0.0001925	77.0%
碘分解率平均值 84.0%					碘分解率平均值 78.0%						
標準差% 4%					標準差% 1%						



葡萄皮泡碘液 → 滴澱粉 → 以 $Na_2S_2O_3$ 滴定後



葡萄原汁顏色



火龍果皮、烤過火龍果皮滴定後顏色

火龍果皮 (火龍果皮10g+25ml碘液), 取5ml萃取液					火龍果皮 (烤後火龍果皮10g+25ml碘液), 取5ml萃取液						
樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)	樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)
1	2.7	0.00025	0.0000675	0.0001825	73.0%	1	1.7	0.00025	0.0000425	0.0002075	83.0%
2	2.8	0.00025	0.0000700	0.0001800	72.0%	2	2.1	0.00025	0.0000525	0.0001975	79.0%
3	2.1	0.00025	0.0000525	0.0001975	79.0%	3	2.1	0.00025	0.0000525	0.0001975	79.0%
					碘分解率平均值 74.7%						碘分解率平均值 80.3%
					標準差% 3.1%						標準差% 1.9%

紫米 (紫米6g+15ml碘液), 取4ml萃取液					紫米 (烤後紫米6g+15ml碘液), 取4ml萃取液						
樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)	樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)
1	2.5	0.00015	0.0000469	0.0001031	68.8%	1	3.7	0.00015	0.0000694	0.0000806	53.8%
2	2	0.00015	0.0000375	0.0001125	75.0%	2	3.4	0.00015	0.0000638	0.0000863	57.5%
3	2.4	0.00015	0.0000450	0.0001050	70.0%	3	2.5	0.00015	0.0000469	0.0001031	68.8%
					碘分解率平均值 71.3%						碘分解率平均值 60.0%
					標準差% 2.7%						標準差% 6.4%



顏色變化：紫米泡碘液 → 滴澱粉 → 以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定後

烤後紫米泡碘液 → 滴澱粉 → 以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定後

紫米粉 (紫米粉6g+15ml碘液), 取3ml萃取液					紫米粉 (烤後紫米粉6g+15ml碘液), 取4ml萃取液						
樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)	樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)
1	1	0.00015	0.0000250	0.0001250	83.3%	1	0.8	0.00015	0.0000150	0.0001350	90.0%
2	0.8	0.00015	0.0000200	0.0001300	86.7%	2	1.1	0.00015	0.0000206	0.0001294	86.3%
3	1.2	0.00015	0.0000300	0.0001200	80.0%	3	1.2	0.00015	0.0000225	0.0001275	85.0%
					碘分解率平均值 83.3%						碘分解率平均值 87.1%
					標準差% 2.7%						標準差% 2.1%

黑米 (黑米10g+25ml碘液), 取5ml萃取液

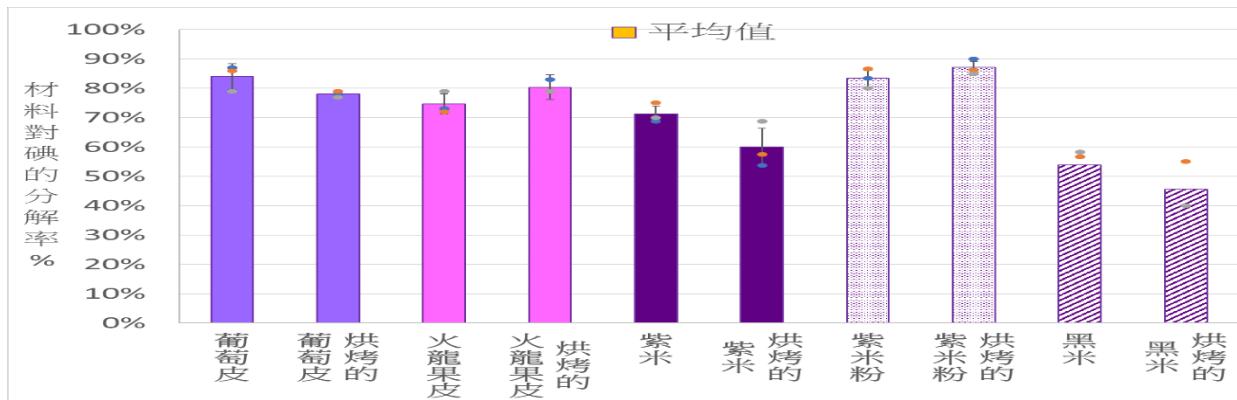
黑米 (烤後黑米10g+25ml碘液), 取5ml萃取液

樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)	樣本	硫代硫酸鈉 滴定用量	碘初始莫 耳數(mol)	硫代硫酸鈉消耗 的莫耳數(mol)	分解碘莫耳數 (mol)	碘分解 率(%)
1	3.2	0.00015	0.0000800	0.0000700	46.7%	1	3.5	0.00015	0.0000875	0.0000625	41.7%
2	2.6	0.00015	0.0000650	0.0000850	56.7%	2	2.7	0.00015	0.0000675	0.0000825	55.0%
3	2.5	0.00015	0.0000625	0.0000875	58.3%	3	3.6	0.00015	0.0000900	0.0000600	40.0%
	2.77				碘分解率平均值 53.9%		3.27				碘分解率平均值 45.6%
					標準差% 5.2%						標準差% 6.7%



顏色變化：黑米泡碘液 → 滴澱粉 → 以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定後

烤後黑米泡碘液 → 滴澱粉 → 以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定後



圖十八 圖中顯示每 10g 材料樣本對於 0.01M、25ml 碘液的分解率(%) (抗氧化力)。

討論： 1.在這些材料樣本中，以**葡萄皮**和**紫米粉**抗氧化能力最佳，略大於**火龍果皮**，後依序為**紫米**和**黑米**(最低)。
 2.烘烤後**葡萄皮**、**紫米**和**黑米**的抗氧化能力會降低。**火龍果皮**、**紫米粉**烤後抗氧化力略上升。依上述結果，我們認為添加**火龍果皮**是經濟實惠最佳選擇。

伍、討論與建議

- 一、依據本實驗結果發現，可以不用自己將米打成粉，利用市售的米粉即可，**便利性高**且有利**農產品推廣**。
- 二、本實驗原本設計製作 30°C、40°C、50°C、60°C、70°C 水溫之米麵包。但是因為水量少，水溫在實驗操作時會一直下降，不好恆溫，最後製作出的麵包，性質差異不大，因此捨棄中間值。下圖為蓬萊米粉，由左至右：水溫 70°C、50°C、40°C，麵包正面觀（左圖）與橫切面（右圖），40°C 組成麵包體易呈粉狀崩散。



- 三、米缺乏麩質蛋白，也因此米糊結構較不穩定且無韌性，若想留住氣體則需改變其特性，這可以從兩方面著手：

- (一)**增加黏性**：本研究是利用水的**高溫**將**糯米粉**(澱粉)糊化，增加米糊**黏性**。天然食材中，**馬鈴薯**、**山藥**也富含**澱粉**，可增加**黏性**，本次實驗尚未測試，**未來**是可以**探討**的方向。
- (二)**增加彈性**：從本研究結果可以發現，添加**蛋白**和**果膠**（火龍果皮汁）使米麵包體**積膨脹**不錯，麵包**彈性**也不錯，可惜麵包還**缺乏一些韌性**（嚼勁）。未來可在這個特性上，**再加以改良修正**。

四、在前言中我們提到，搜尋網路上商品發現，許多是指"含有"米粉的麵包（非純米），若"標榜純米"的麵包，其價格偏高，不親民。此外，我們觀察到有些米麵包外觀像法國麵包，較硬質；切面觀察，較小麥麵包不蓬鬆（孔隙較小，類似磅蛋糕）；部分商家會標註說明米麵包較札實的原因：因為米粉缺少麩質蛋白，米糰缺乏彈性。因此，在我們的實驗中，澱粉糊化、添加蛋白質，都是為了增加米麵包的結構穩定，蓬鬆、有彈性，不讓米麵包吃起來像發糕。我們的實驗目的在於製作「天然、健康、好口感」的麵包，根據我們的結果，綜合圖十一(P.21)~圖十六(P.23)，添加蛋白或奶粉，是可行的材料，且經濟實惠。最後，我們嘗試以電鍋蒸熟米麵包，麵包比較濕潤，吃起來有點像饅頭，但是是可行的，這簡單方便，也可以是趕忙的早餐好選擇，建議可以嘗試看看。

五、米粉組的麵包以實際試吃的口感來說，蓬：糰 = 4：1(70°C)有較好的評價，而添加不同蛋白質以蛋白組和奶粉組麵包特性表現優良，因此我們以綜合兩方變因製作麵包（4:1+蛋白、4:1+奶粉），希望這樣有更好的口感（柔軟、彈性、韌性），檢視圖九~圖十六麵包特性，其柔軟值、彈性、回彈率沒有比原來的蛋白組、奶粉組更好。可能糯米的黏性還是稍高，我們將朝向降低糯米比例繼續調整配方。

六、從胺基酸種類來看，奶粉含豐富的麩醯胺，主要來自乳清蛋白和酪蛋白。酪蛋白中也含高量的脯胺酸。因此奶粉確實使米糊的結構穩定，此與實驗結果相呼應，添加奶粉的麵包，體積膨脹佳，且柔軟有彈性。（p.17 照片）

七、豆類蛋白質中富含麩胺酸，可進一步轉化成麩醯胺，而脯胺酸則少量存在。因此麵包性質表現不如奶粉組。豆類中，黃豆及黑豆的蛋白質含量較高，因此麩醯胺和脯胺酸的含量比紅豆、綠豆稍多。也因此豆類組以黃豆粉組麵包膨脹較佳。我們購買的黑豆粉為熟食，也可能因此影響表現（不佳）。（p.17 照片）

八、烘烤後葡萄皮、紫米和黑米的抗氧化能力會降低。火龍果皮、紫米粉烤後抗氧化力略上升。在過去前人研究¹¹中也有發現，番茄與木瓜加熱後，抗氧化能力會上升，與我們一般的想法認為熱會破壞生物性能不同。

九、紫米屬於糯米，製作的麵包會像麻糬（p.19 照片），且因糯米熱量較高且不易消化，不適合製作麵包。

十、黑豆有秈米或粳米2種，較接近我們主食蓬萊米（粳米）或在來米（蘿蔔糕、碗粿）（秈米），適合製作米麵包，且本身富含花青素，營養價值更加分，但價格較高，不親民。

陸、結論

- 一、綜合本實驗結果，蓬萊米混和糊化的糯米可增加米糊的黏性，有助米麵包的體積增加。
- 二、添加蛋白和奶粉有助於米麵包的結構穩定，使麵包鬆軟且具彈性，是可行的材料，且經濟實惠。
- 三、火龍果皮萃取液具花青素（抗氧化力），烘烤後能力再提升，其果膠能增加彈性(味)，也使米麵包增加水果香氣，「色香味」俱全。取用火龍果皮更可增加果皮的實用性，符合「全果使用」的理念。因此我們認為，這個材料是個不錯的選擇。(p.18 照片)

柒、參考文獻資料

1. 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 農業與食品學科 高級中等學校組，麵包超人拯救你-改良無麩質麵包。
2. 陳曉菁、王仕賢(2011, 10 月)。創新米食新價值～全米麵包研製成功。農業出版品_農政與農情（第 232 期）。<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=24232>。
3. 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 農業與食品學科 高級中等學校組，酥蔬跟你說-鹹酥雞攤常見蔬菜之抗氧化力探討。
4. 新北市 106 年 中小學科學展覽會 高中組，「圓」來如此~湯圓改良之探討。
5. 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 農業及生物科技科 高職組，發糕膨發條件之探討。
6. 中華民國第 50 屆中小學科學展覽會 生活與應用科學科 國小組，「麵」目一新~探討「湯種麵糰技術」應用在「傳統饅頭」之品質研究。
7. 曾意雯, 宋文杰(2019). 添加羅望子膠對無麩質蛋糕品質之影響(碩士論文). 國立台灣海洋大學食品科學系.
8. 邱恩亭, 宋文杰(2018). 添加奇亞籽對無麩質蛋糕品質之影響(碩士論文). 國立台灣海洋大學食品科學系.
9. 【100%純生米做麵包】不思議鬆軟口感！無麩質必學！100% Rice Bread 夢幻廚房在我家。<https://www.youtube.com/watch?v=t87IYLCH4EQ> (2024/08/20 查詢)
10. 富含花青素的 3 大食物是？保護眼睛,抗發炎之外還有這 4 大功效
<https://www.healingdaily.com.tw/articles/%E8%8A%B1%E9%9D%92%E7%B4%A0-%E4%BF%9D%E5%81%A5%E8%A3%9C%E5%85%85/> (2024/08/20 查詢)
11. 新北市 106 學年度中小學科學展覽會化學科，自然就「素」美：植物中的花青素。

【評語】032908

本作品使用國中生能夠理解的資料，以及身邊容易取得的資源，進行妥善的文獻探勘，有清楚的研究目標和研究架構。參賽者經過多次的試誤過程，能夠以科學精神找出合適的條件，數據由多個樣品的結果推算，可以顯示出實驗的客觀性，是用心探討的作品。研究的主軸想要找出替代的材料來改善傳統麵包可能導致的消化不完全的問題，具高度應用性。以下建議供同學參考：

1. 同學在實驗設計時有考慮到科學方法的重複性，進行三重複。除了提供平均值之外，建議也要報導數據的標準差或誤差範圍。雖然表一以「平均黏性/stdev」標示，但數據均無##/##等呈現，而是以表格上下欄位顯示，不易閱讀。建議考慮以##±##的方式呈現，而不是以為標注的表格內不同欄位顯示。
2. 建議也可以考慮實驗的再現性，於不同時日重複製作後，進行量測。
3. 雖硫代硫酸鈉危險性不高，但進行實驗操作時，應佩戴手套與護目鏡等完整個人防護裝備(PPE)。

4. 表一各項參數如黏性、體積、密度等，與滴定表格硫代硫酸鈉用量，均應標示單位。
5. 體積量測時，使用真空袋時，是否會造成內部孔隙因大氣壓力塌陷，而造成量測的誤差？
6. 黏性量測時，建議明確敘述有固定筷子插入的長度與移動速度的量值，可以設計簡單的機械裝置（例如樂高 EV3 系統）進行自動化量測，降低可能的誤差。
7. 報導數值時，應考慮有效數字。表三－1 平均值的數字過多，沒有科學意義。
8. 濃度量測時 OD 值與濃度的檢量線，標準品的濃度範圍(僅至 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$)需高於量測範圍，避免以外插的方式計算。例如 經稀釋後綠色底的高筋麵粉 $8632/60=143$ 或 $31716/50=634$ 仍遠大於 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，因作品文字內容有誤，故未能如文字敘述的「綠色底 OD 值為落在標準曲線範圍內」。
9. 為何火龍果皮、紫米粉烤後抗氧化力增加？是否可能與天然含水量相關？建議考慮水量並以乾重歸一化(normalize)後，檢視其結果。

作品海報

米麴研究 探討溫度、蛋白質和花青素對米麴包的影響

摘要

米粉中缺乏麩醯胺、脯胺酸和半胱胺酸，因此米糊缺乏麵團延展性、韌性與彈性。本研究的目的是依循「簡易、天然、健康、好口感」原則，探討米粉種類、不同水溫、添加蛋白質種類與含量、添加花青素（健康）對於米麵包特性（口感）的影響。研究結果顯示，添加雞蛋白、奶粉（天然、健康）製作的米麵包鬆軟彈性佳，或以蓬萊米粉：糯米粉比例4:1、水溫70°C製作麵包品質也不錯。火龍果皮萃取液在烘烤後，抗氧化力會提升，這可增加果皮的實用性，符合「全果使用」的理念。本研究中的米麵包優點有：

1.推廣米農業。2.避免麩質過敏。3.添加花青素，增加抗氧化能力。4.製作簡單，價格親民。

壹、前言

本實驗照片、圖表皆由作者與指導老師拍照或討論繪製

一、動機：

- 小麥麩質無法完全消化、是過敏原。
- 現況：米麵包不普遍、價格不親民。
- 不好吃？不易製作？

二、目的：

找出「簡易、天然、健康、好口感」的製作方法。

貳、研究設備與器材

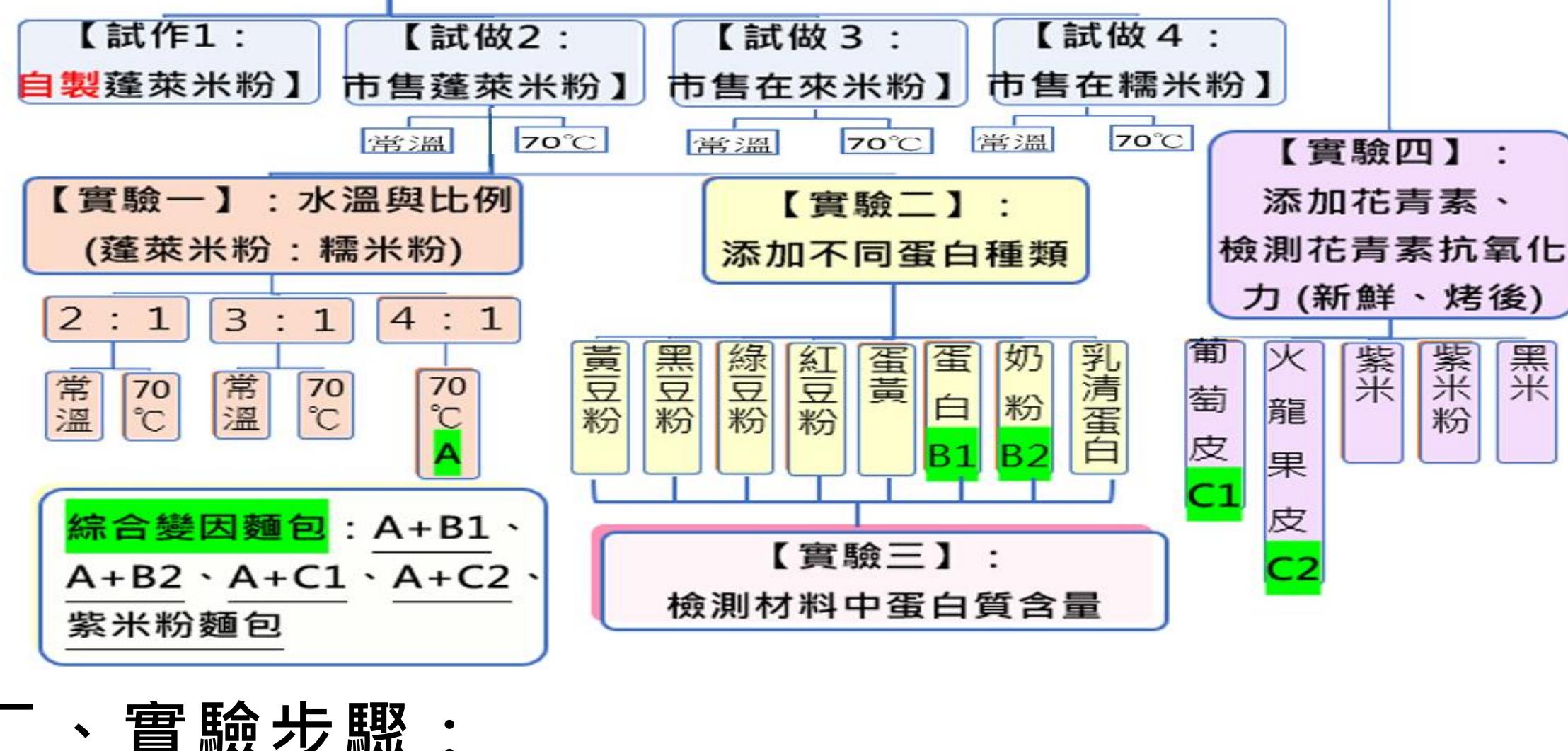


參、研究過程與方法

一、實驗架構

探討米麵包的製作

【實驗裝置測試】：測量保溫箱溫度的變化



二、實驗步驟：

【實驗裝置測試】：燒杯數量、沸水量、放置位置。

測試一：4杯x100ml，放四個角落。



測試二：4杯x50ml，放四個角落。

測試三：2杯x100ml，放斜對角。

【試作1：自製蓬萊米粉】：仿照網路做法，用果汁機將浸泡後的蓬萊米打碎，後續步驟如下圖示。

【試作2~4：市售蓬萊米粉、在來米粉、糯米粉】

每個實驗組製作皆三重複。※對照組：高筋麵粉麵包

材料	米粉或高筋麵粉	奶油	糖	速發酵母粉	水 ml	總重
重量(g)	20	1.5	1	0.2	20	42.7

將上表中材料，用筷子攪拌充分混合。測量米糊的黏性。

保麗龍保溫箱中（內有四個玻璃杯，各裝有約250ml沸水，維持溫暖）

米糊倒入烘焙紙杯(鐵杯)，放入保麗龍保溫箱，靜置發酵約60分鐘

烤箱150°C，預熱15分鐘。放入發酵後米糊，烤15min。上方以烘焙紙覆蓋

測量麵包性質：體積、重量、高度、柔軟值、彈性

黏性：筷子拿離麵糊，麵糊不再滴下時，秤(重量) - (原來筷子的重量)。

柔軟值：麵包高度(原高)，以400g(水杯)將麵包下壓，測下壓後高度(壓高)，原高 - 壓高 可得。

彈性：移除上述水杯，麵包回彈的高度(彈高)，彈高 - 壓高 可得。

體積：麵包裝入夾鏈袋，抽氣真空(上圖二)。浸入水中(上圖三)，排水法測得。

柔軟值：麵包高度(原高)，以400g(水杯)將麵包下壓，測下壓後高度(壓高)，原高 - 壓高 可得。

彈性：移除上述水杯，麵包回彈的高度(彈高)，彈高 - 壓高 可得。

體積：麵包裝入夾鏈袋，抽氣真空(上圖二)。浸入水中(上圖三)，排水法測得。

【實驗一】

探討蓬萊米粉：糯米比例、不同水溫之米麵包特性

➤步驟與【試做2~4：市售米粉】同

【實驗二】探討添加不同蛋白種類之米麵包特性

➤「需添加的蛋白質」重量計算方式：根據高筋麵粉約含14%蛋白質，作為依準進行計算，材料如表一。

➤製作步驟與【試做2~4：市售米粉】同

表一 各實驗組_材料種類與重量(g)

材料	實驗組	米粉	奶油	糖	酵母粉	需添加的蛋白質種類	水量(ml)	總重
(實驗一)	米粉組	20	1.5	1	0.2	---	20	42.7
	黃豆粉+20g水組	20	1.5	1	0.2	黃豆粉 8g	20	50.7
	黃豆粉+30g水組	20	1.5	1	0.2	黃豆粉 8g	30	60.7
	黑豆粉+20g水組	20	1.5	1	0.2	黑豆粉 8g	20	50.7
	黑豆粉+30g水組	20	1.5	1	0.2	黑豆粉 8g	30	60.7
(實驗二)	綠豆粉組	20	1.5	1	0.2	綠豆粉 12g	30	64.7
	紅豆粉組	20	1.5	1	0.2	紅豆粉 13g	30	65.7
	蛋黃組	20	0	1	0.2	蛋黃 16g	12	49.2
	蛋白組	20	1.5	1	0.2	蛋白 25g	0	47.7
	奶粉組	20	1.5	1	0.2	奶粉 11g	20	53.7
	乳清蛋白粉組	20	1.5	1	0.2	乳清蛋白粉 3.5g	20	46.2

*添加豆類實驗組，米糊太乾，增加水量改為30ml的實驗組。*灰底部分注意。

【實驗三】檢測材料中蛋白質含量

方法：Bradford法

(一) BSA 標準品配置

微量試管依序配置各不同濃度0~100(μg/ml) BSA 標準品

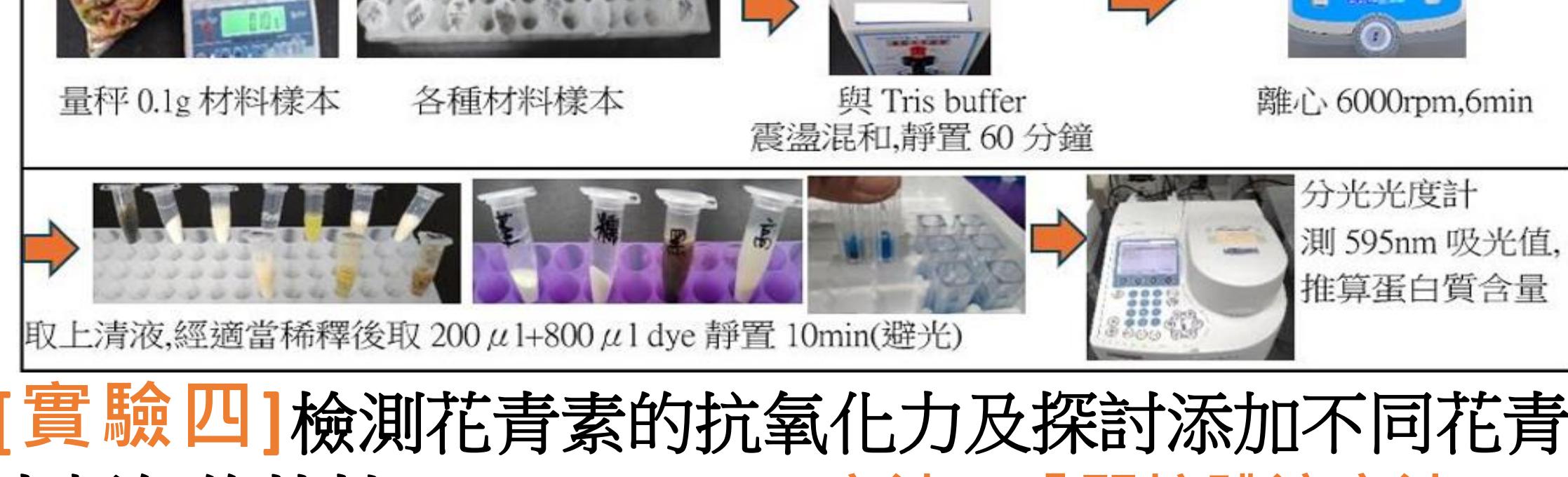
小試管標示	A	B	C	D	E	F
BSA (μl)	500	400	300	200	100	0
Tris Buffer (μl)	0	100	200	300	400	500
最終體積 (μl)	500	500	500	500	500	500
最終濃度 (μg/ml)	100	80	60	40	20	0

(二)蛋白質定量_標準曲線繪製

(1)分別取400μl A~F標準品置入比色管中再加1600μl Dye

(2)以分光光度計測595 nm吸光值。繪製標準曲線。

(三)材料樣品中蛋白質含量測定

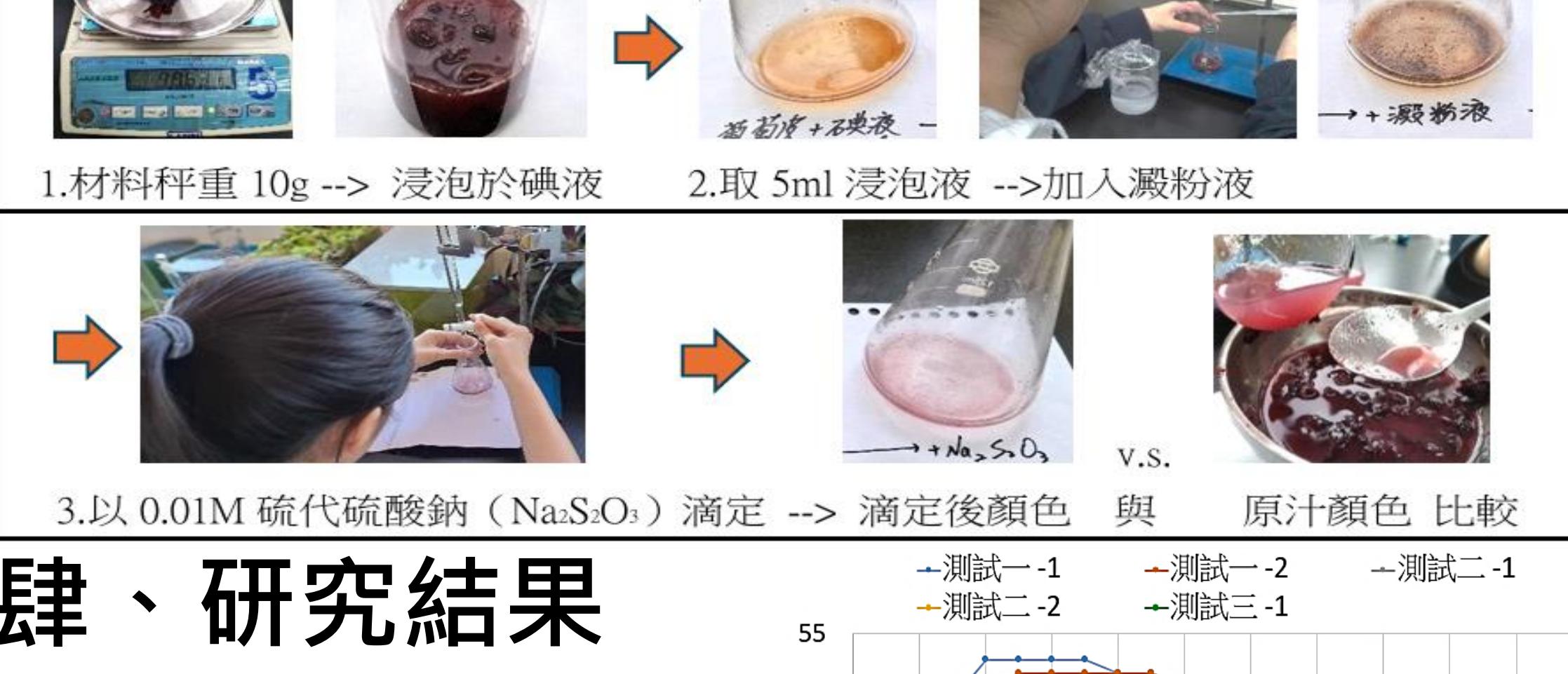


【實驗四】檢測花青素的抗氧化力及探討添加不同花青素米麵包的特性

方法：「間接碘滴定法」

間接碘滴定法利用材料與碘反應後，滴定剩餘碘量來推算反應程度，過程中以硫代硫酸鈉還原碘至終點。

$$\text{硫代硫酸鈉分解的I}_2\text{莫耳數} = \frac{C_{\text{MNa}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{2}$$
$$\text{分解率} = \frac{(滴定使用到的)C_{\text{MNa}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{C_{\text{MNa}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times 0.025} \times 100\%$$



肆、研究結果

【實驗裝置測試】

由結果可知，將4杯100ml

沸水分置四角能使保麗龍

箱升溫快、降溫慢，保溫

效果佳。是簡易且有效的

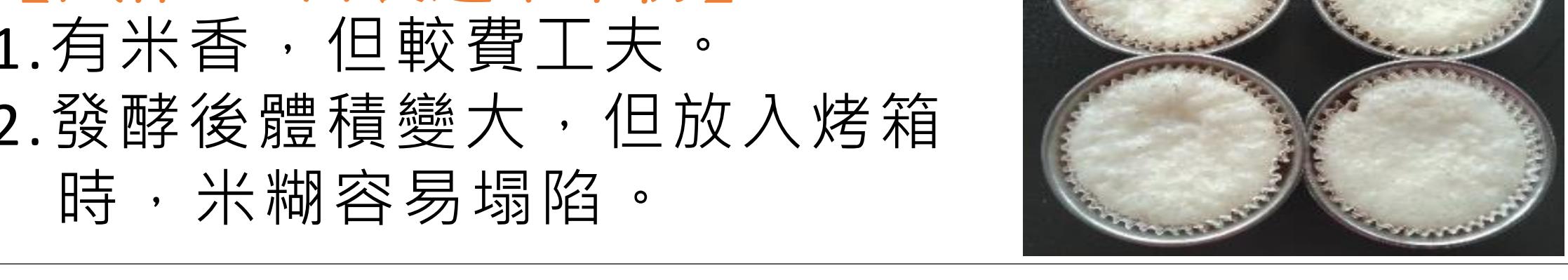
發酵保溫裝置。維持40°C↑

【試作1：自製蓬萊米粉】

1.有米香，但較費工夫。

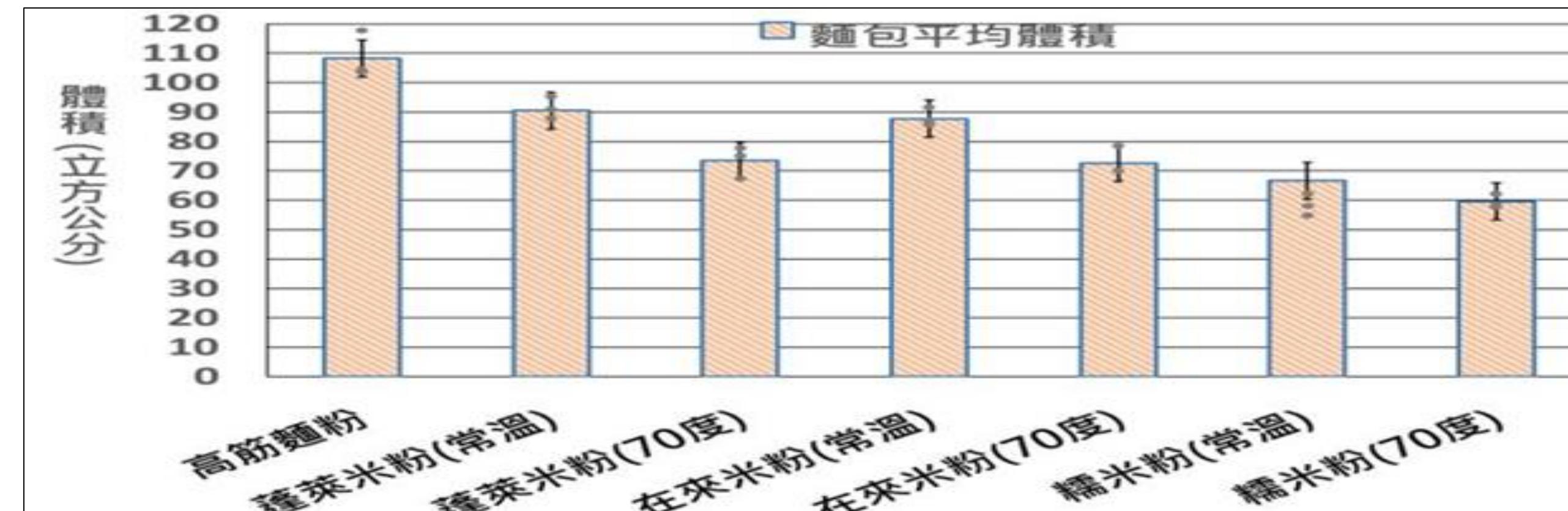
2.發酵後體積變大，但放入烤箱

時，米糊容易塌陷。



【試做2~4：市售米粉】探討不同種類米粉之米麵包特性

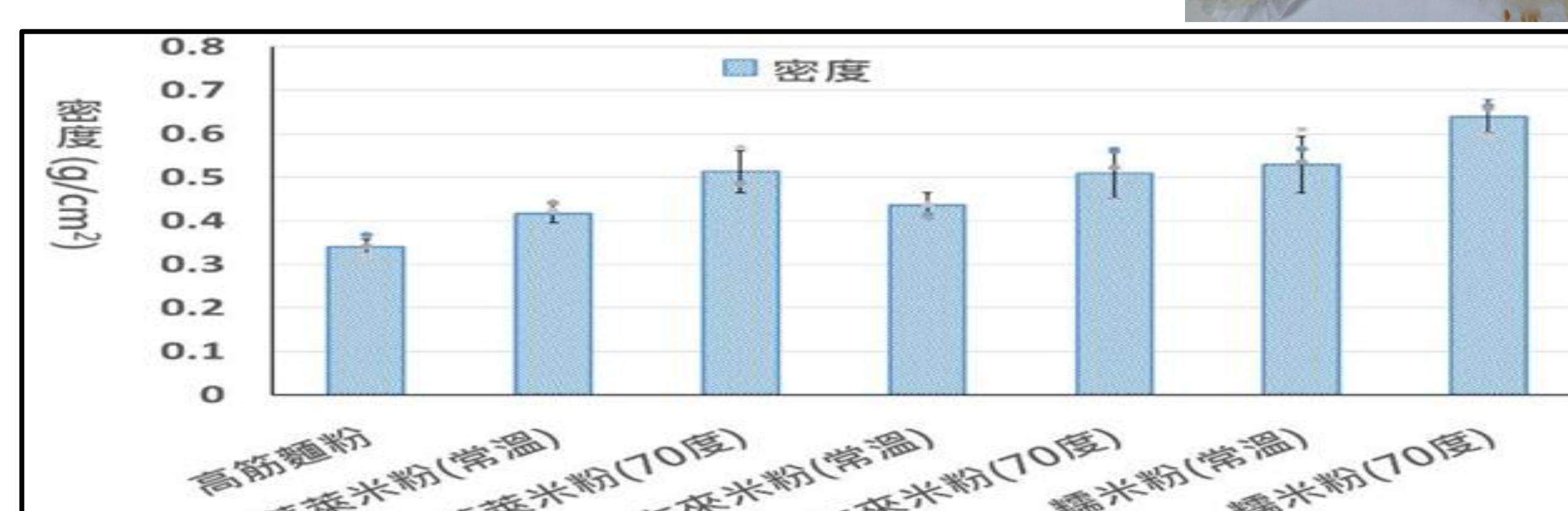
※以高筋麵粉為對照組



圖四 四種材料、不同溫度，製作的麵包體積

說明：1. 蓬萊米麵包膨脹最佳。

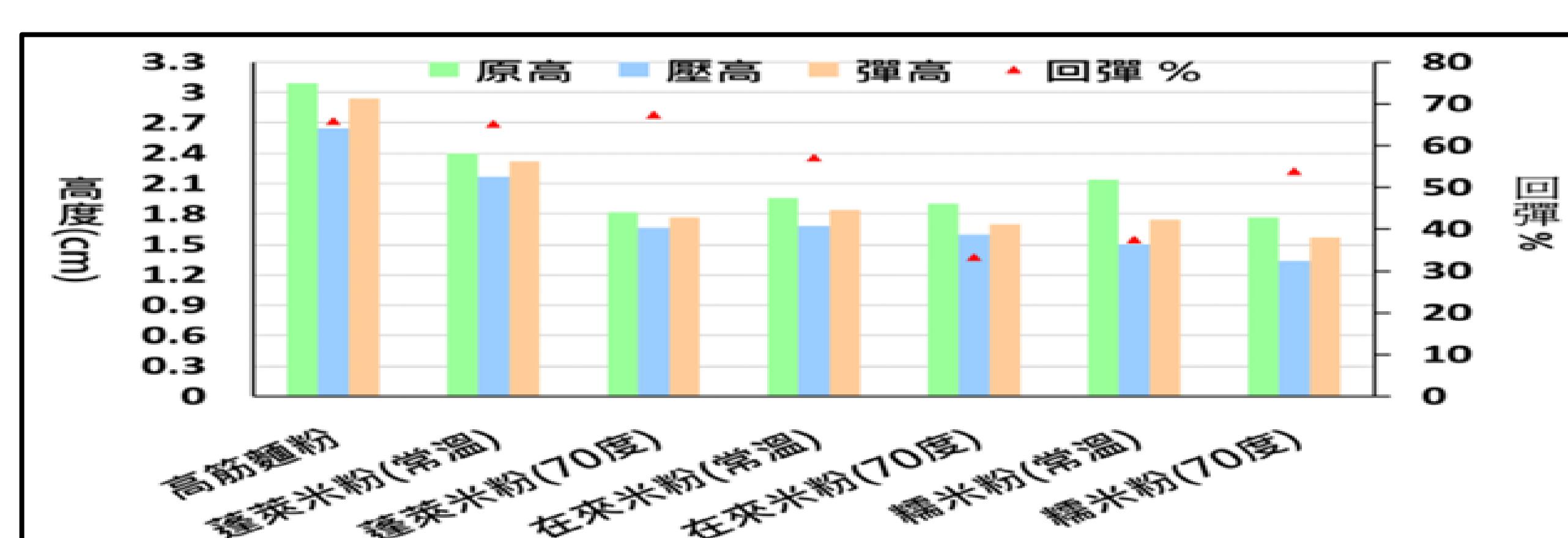
2. 質地：在來米麵包容易鬆垮，呈粉塊狀掉落(右圖)。糯米麵包較黏。



圖五 四種材料、不同溫度，製作的麵包密度

說明：1. 體積大、密度小，麵包較膨鬆。

2. 蓬萊米粉(常溫)麵包密度最小，在來米粉(常溫)麵包次之。



圖六 四種材料、不同溫度，製作的麵包平均原高、壓高、彈高、回彈率(彈性/柔軟值)*100%

說明：原高高且回彈率高，這樣的麵包才鬆軟且有彈性。

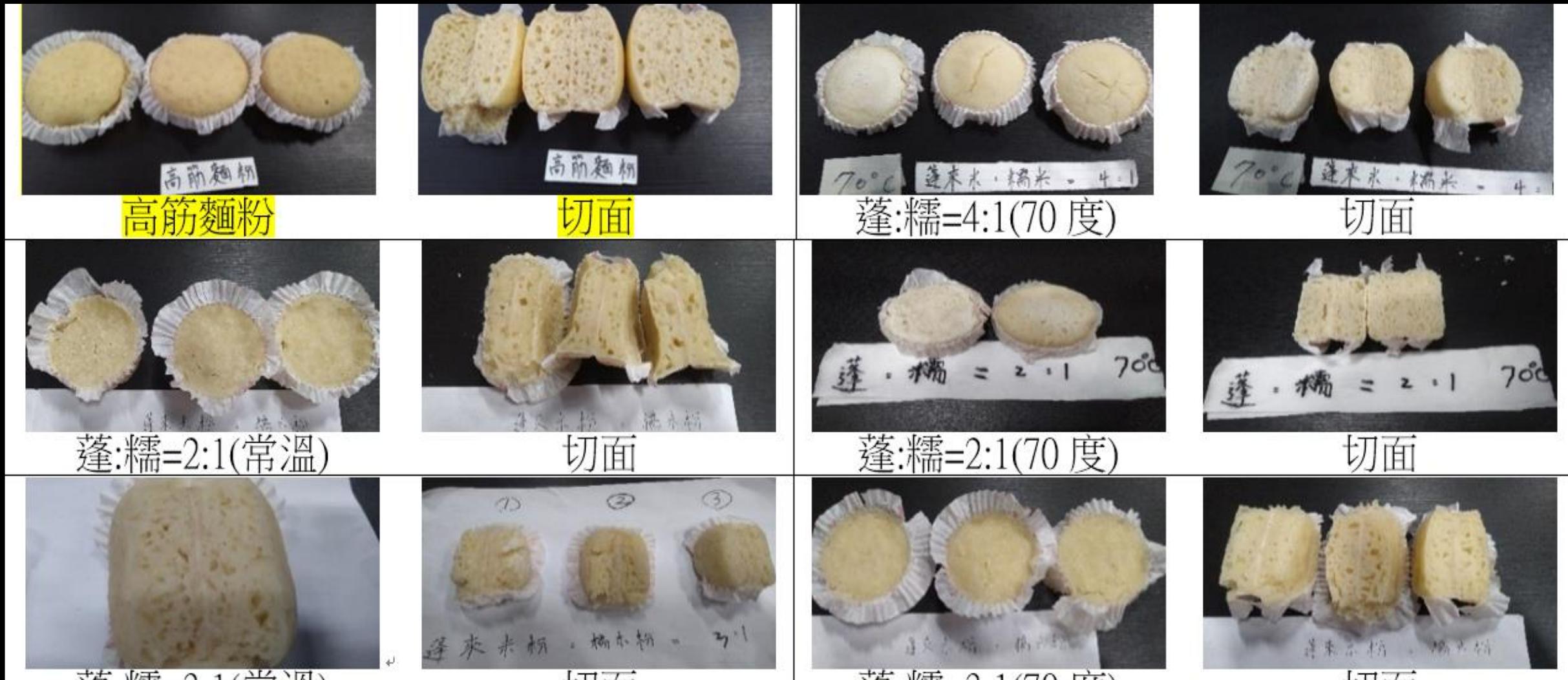
蓬萊米粉(常溫)麵包較符合上述條件。

綜合討論：

1. 基於上述，我們決定以蓬萊米粉做為探究基礎。也想利用糯米粉的黏性，藉此希望留住較多發酵時的氣體
2. 溫度可使澱粉糊化，增加黏性，但水溫不易控制，因此接下來將以常溫和70°C水進行探究。

◆以下我們將【實驗一、二、四】的米麵包一起比較，先觀察麵包外觀/切面，再繪圖，進行說明與討論。
(照片可見麵包表面和切面(孔隙大小)的情況。)

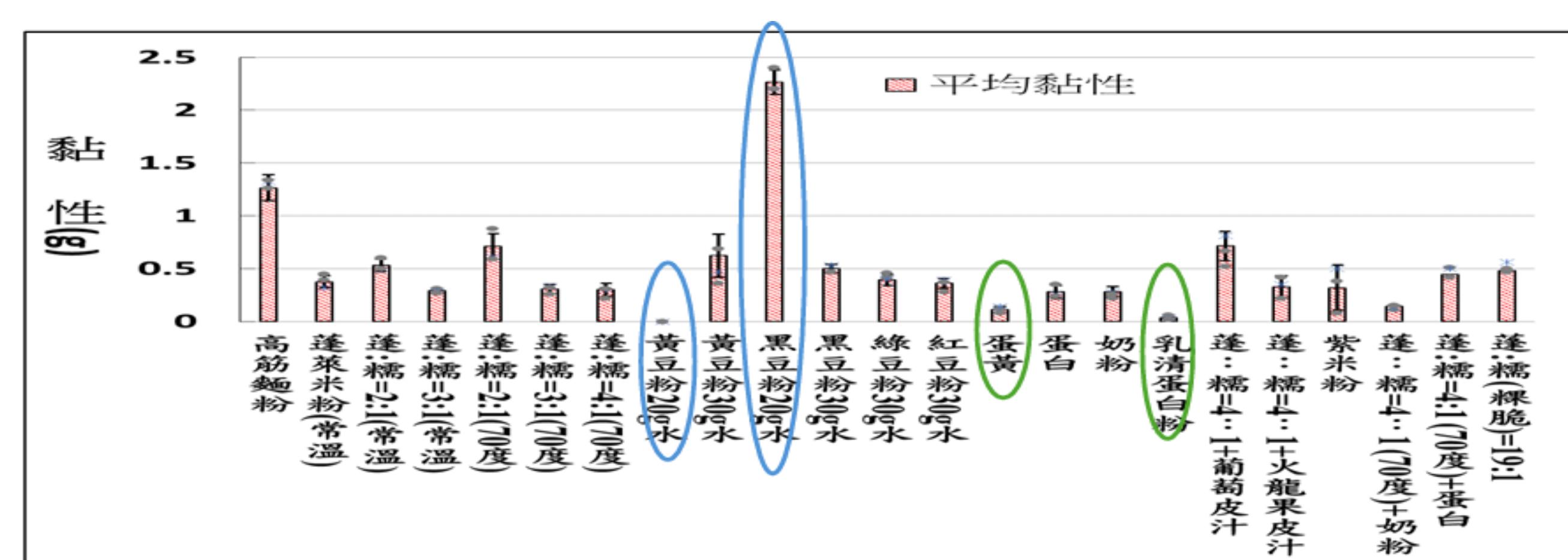
【實驗一】探討蓬萊米粉：糯米比例、不同水溫之米麵包特性



【實驗二】探討添加不同蛋白種類之米麵包特性

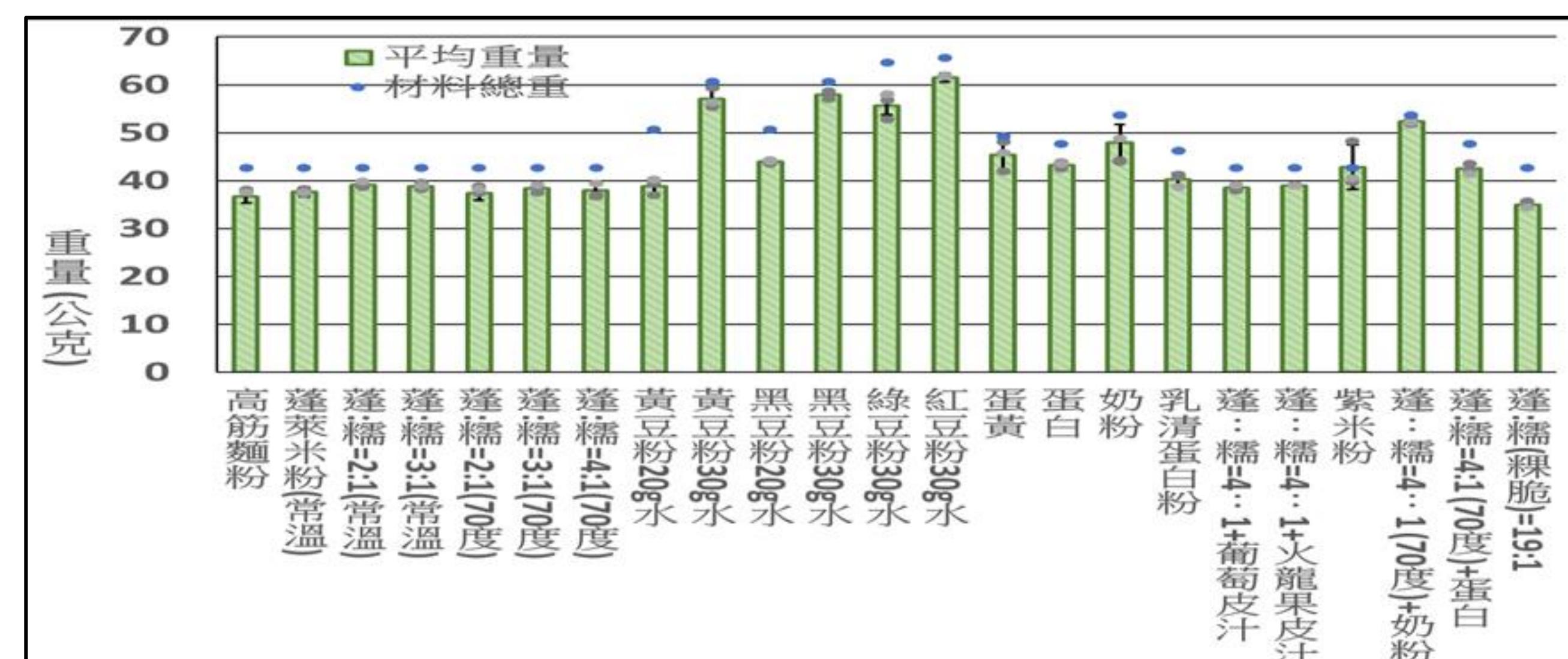


【實驗一、二、四綜合變因麵包】



圖七 比較各實驗組米糊黏性差異

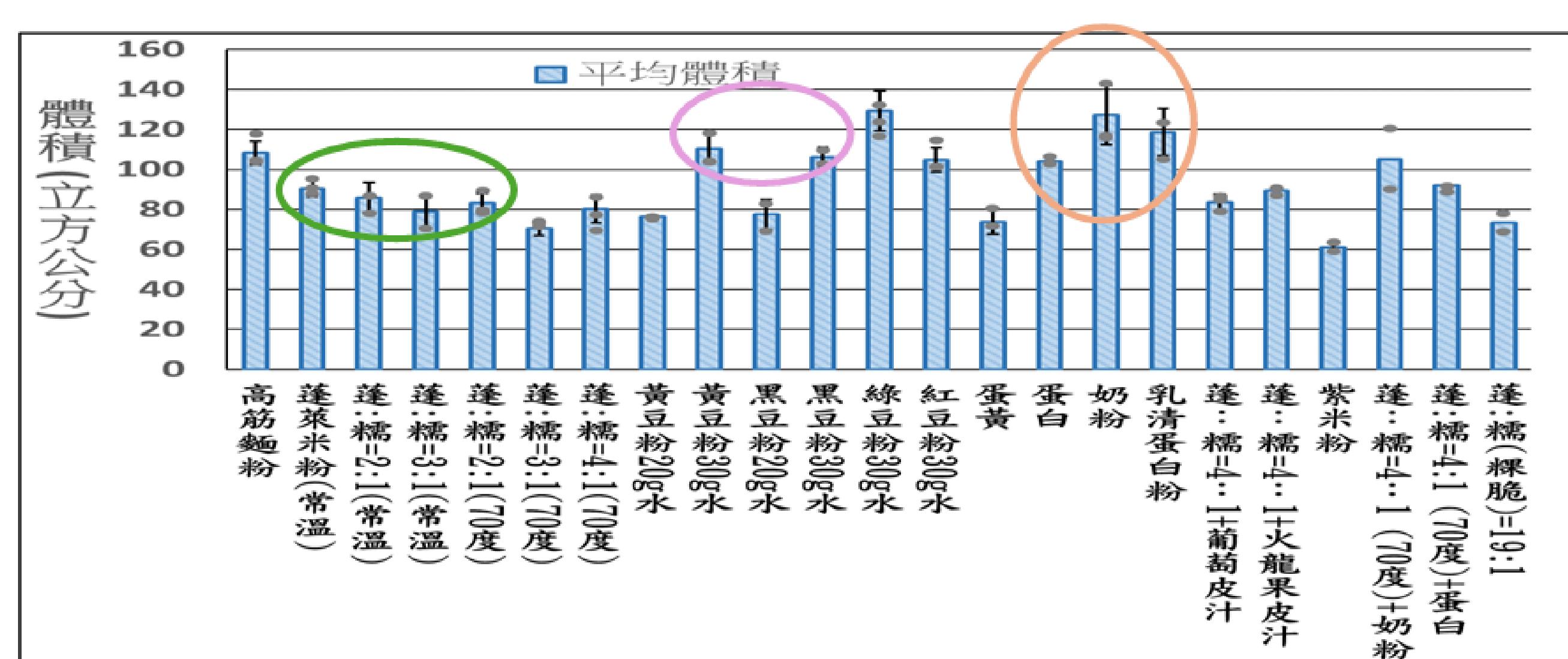
說明：1. 原設想，米糊(糰)黏性大，較容易留住氣體，麵包膨脹較佳。
2. 接下來將進一步探討各組的體積與高度表現。



圖八 比較各實驗組米糊重量差異

說明：

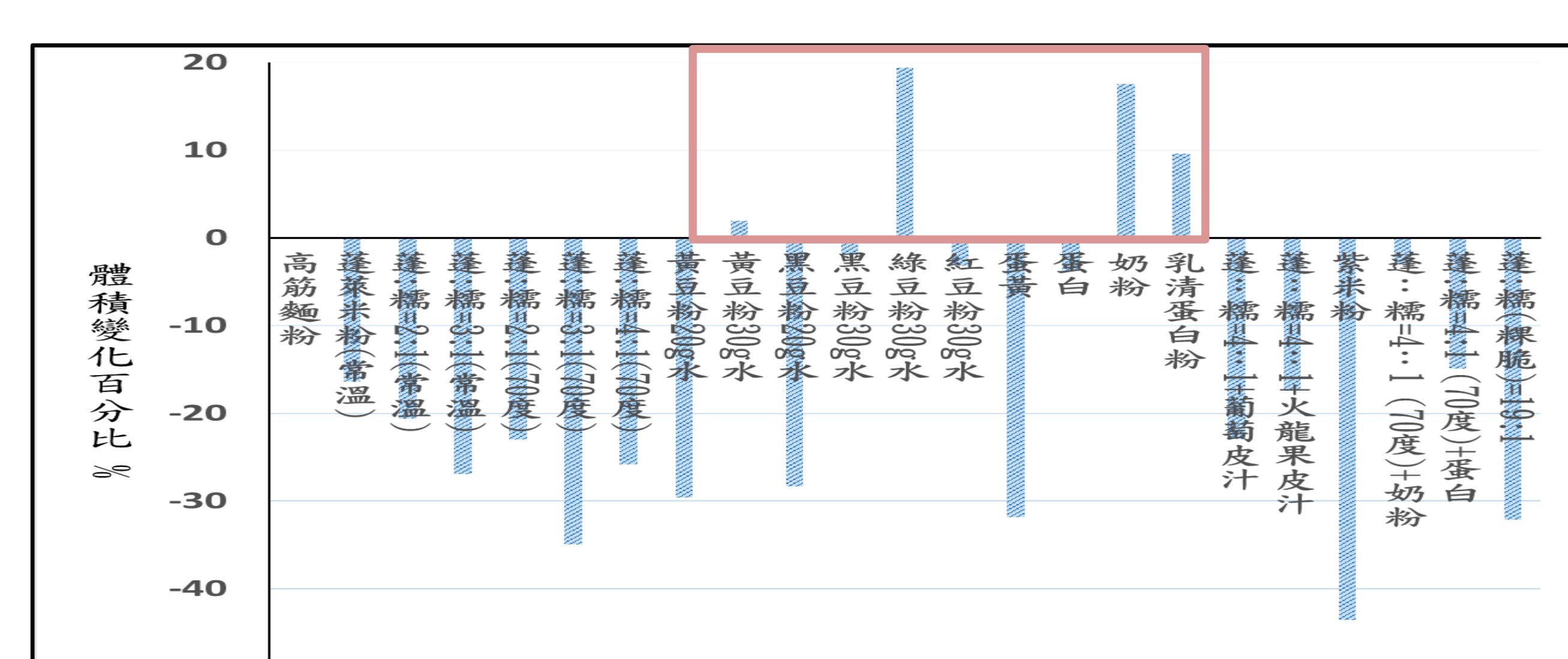
1. 麵包的重量與所使用的材料總重為正相關。烘烤後各組差異不大。
2. 豆類+30克水的組別，麵包會較重。



圖九 比較各實驗組米糊體積差異

說明：

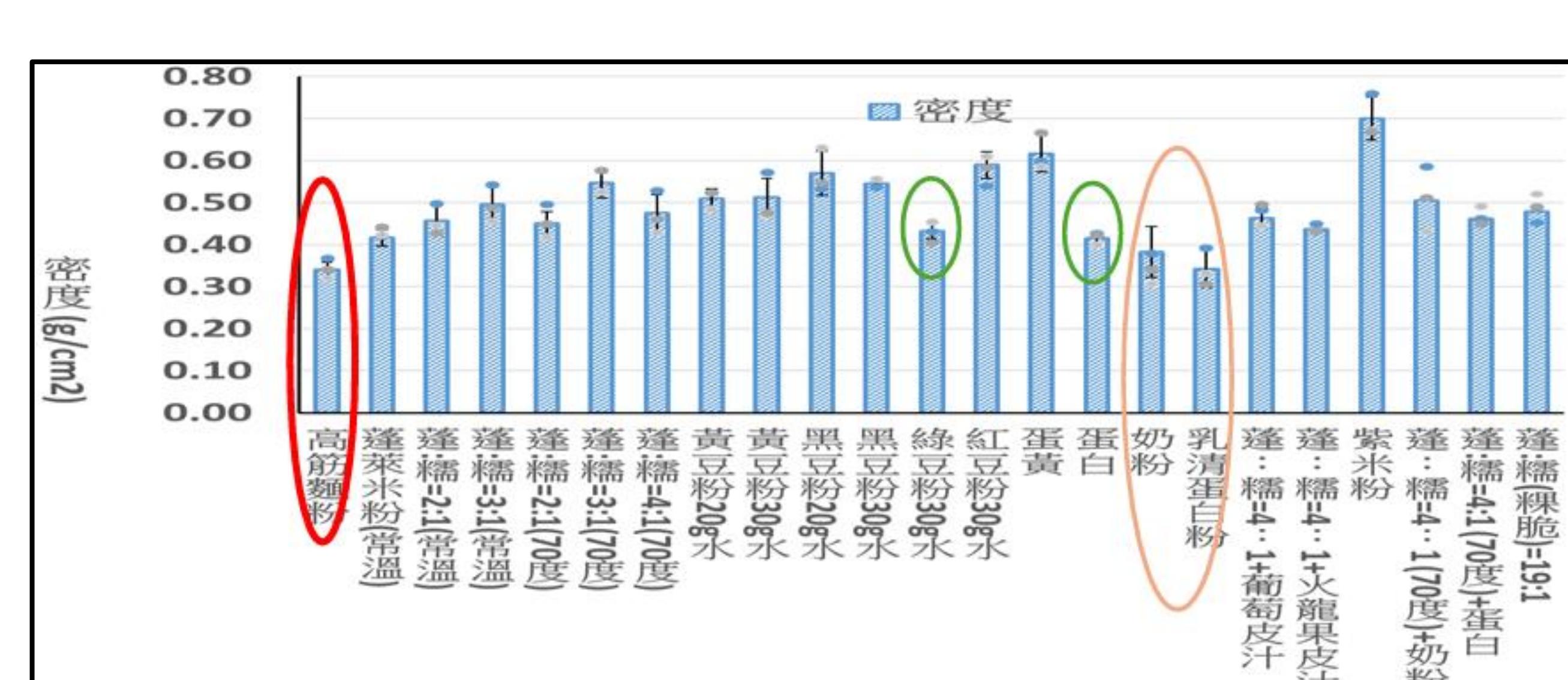
1. 奶粉組、乳清蛋白組、蛋白組(橘框)體積高筋麵粉麵包相當。
2. 豆類中，綠豆30g水組、黃豆30g水組體積與高筋麵粉麵包相當。
3. 純米粉組(無添加蛋白)，則以蓬萊米+糯米(綠框)混合有相對不錯表現(體積較大)。
4. 因此，我們想以密度來探討麵包質地(柔軟值與彈性)奶粉組、乳清蛋白組、綠豆組、蛋白組，體積較大。
5. 綠豆組、黃豆組加30g水與加20g水相較，體積變大(粉紅框)。可知水分對麵包膨脹是有影響的，這在未來探討時，是重要變因。



圖十 比較各實驗組體積變化百分比(%)差異。

說明：

1. 以高筋麵粉麵包為基準，體積變化負值，表示體積較高筋麵包小。
2. 圖中顯示奶粉組、乳清蛋白組體積較高筋麵粉麵包有明顯增加。豆類則以綠豆粉組和黃豆粉(30g水)組體積相對增加。



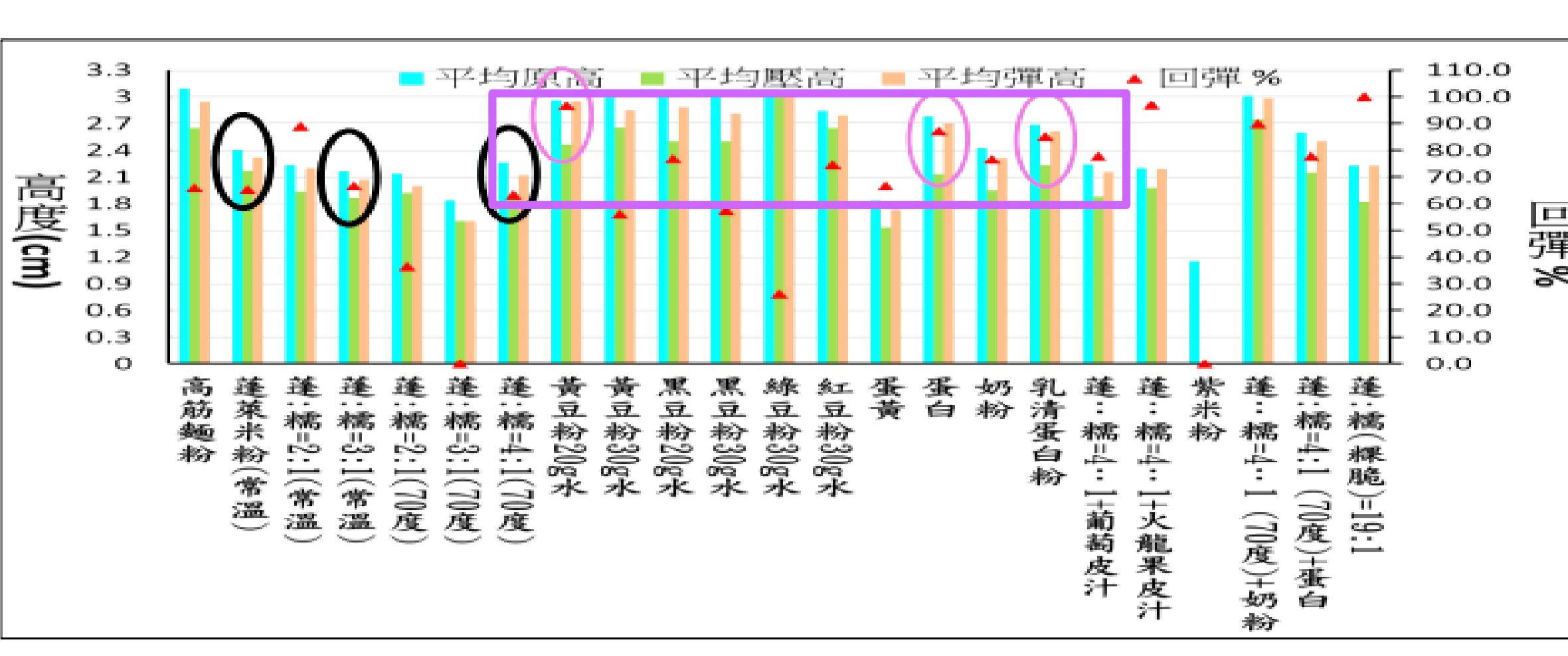
圖十一 比較各實驗組密度差異。

說明：

1. 我們認為麵包切面的孔隙大，密度小，麵包應該較蓬鬆。
2. 乳清蛋白組和奶粉組(橘框)密度最低，接著依序是蛋白組、綠豆30g水組(綠框)

討論：

1. 密度小，較蓬鬆，但麵包是否能具彈性口感呢？再做下圖討論



圖十二 各實驗組原高、壓高與回彈率關係圖

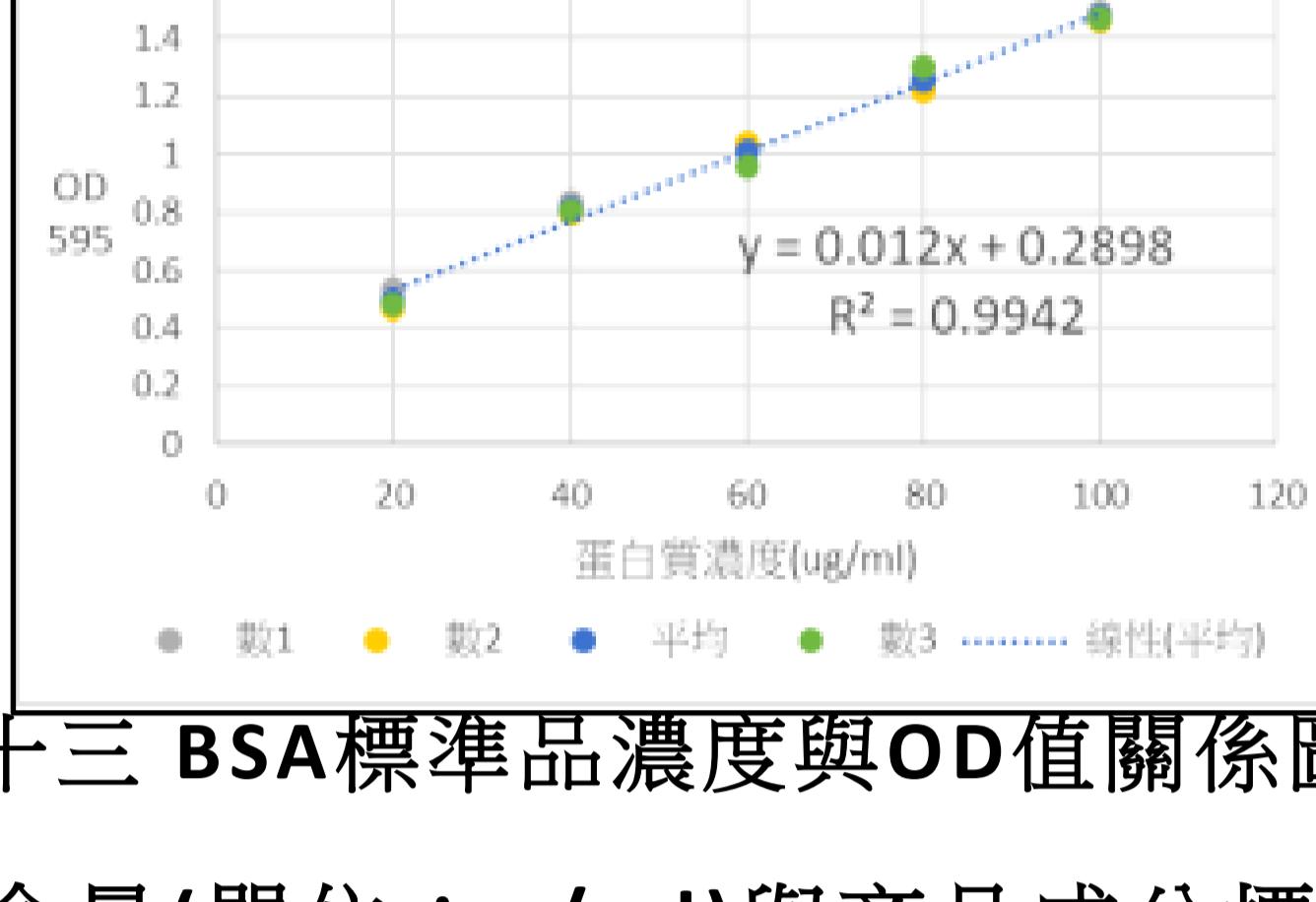
說明：高筋麵粉麵包體積為對照組：

1. 麵包的原高高、柔軟值大、彈性大，也就是在圖中，麵包的三種高度柱狀圖呈V型，這種麵包柔軟、有彈性。
2. 柱狀圖呈V型且回彈率(%)高，符合條件的依序有黃豆粉組、乳清蛋白組、蛋白組。
3. 純米粉組(無添加蛋白)，以蓬萊米(常溫)、蓬:糬3:1(常溫)、蓬:糬4:1(70°C)符合條件。

【實驗三】檢測材料中蛋白質含量檢測

表二 BSA標準品濃度($\mu\text{g/ml}$)與OD值

標準蛋白濃度	數值1	數值2	數值3	平均值	標準差
20	0.536	0.467	0.483	0.495333	0.03
40	0.834	0.8	0.806	0.813333	0.01
60	1.027	1.04	0.959	1.008667	0.04
80	1.249	1.22	1.296	1.255	0.03
100	1.489	1.463	1.468	1.473333	0.01

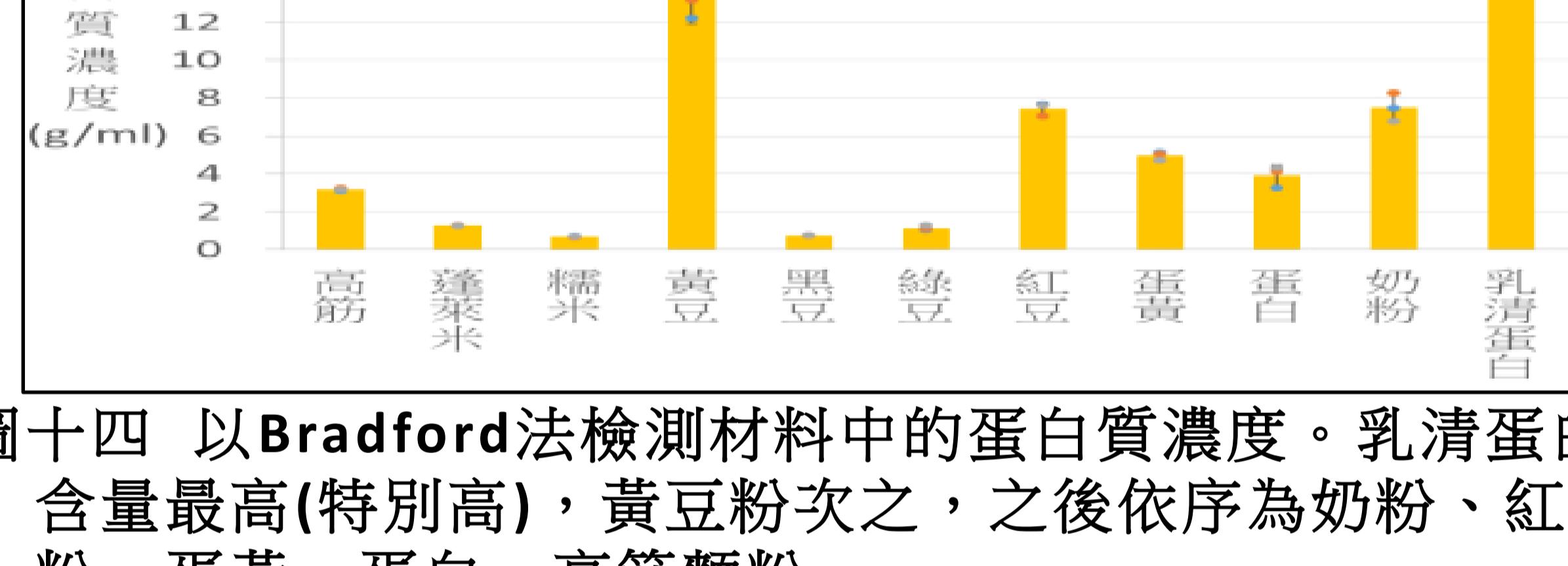


圖十三 BSA標準品濃度與OD值關係圖

表三 測得各材料中蛋白質含量(單位： g/ml)與商品成分標示作比較(蛋黃、蛋白中蛋白質含量為農業知識入口網資訊)

商品成分標示：	13.5	6.6	7.5	37.4	37.7	22.8	21	農業知識入口網	16	10.5	24.3	80
蛋白質含量_g/100g	13.5	6.6	7.5	37.4	37.7	22.8	21	農業知識入口網	16	10.5	24.3	80
每1g樣本在1ml的tris中蛋白質含量(g/100ml)	高筋	蓬萊米	糯米	黃豆	黑豆	綠豆	紅豆	蛋黃	蛋白	奶粉	乳清蛋白	
樣本1	3.109	1.293	0.718	12.205	0.749	1.038	7.677	5.136	3.257	7.452	19.800	
樣本2	3.251	1.283	0.669	13.180	0.763	1.097	7.043	5.041	4.134	8.268	20.467	
樣本3	3.155	1.264	0.677	15.555	0.750	1.284	7.618	4.726	4.344	6.793	21.258	
平均值	3.172	1.280	0.688	13.647	0.754	1.140	7.446	4.968	3.912	7.504	20.508	
標準差	0.072	0.015	0.026	1.723	0.008	0.128	0.350	0.215	0.577	0.739	0.730	

討論：測得的蛋白質含量與商品標示有差異，是因為檢測方式不同。我們比對兩個數據，商品標示大約是我們測量的3~5倍（除了糯米11倍、黑豆50倍、綠豆20倍）



圖十四 以Bradford法檢測材料中的蛋白質濃度。乳清蛋白含量最高(特別高)，黃豆粉次之，之後依序為奶粉、紅豆粉、蛋黃、蛋白、高筋麵粉。

討論：此結果和結果圖九體積、圖十體積變化百分比、圖十二回彈率相呼應，添加黃豆、奶粉與乳清蛋白粉的麵包，較蓬鬆，回彈率較高。

◆ 關於蛋白質_實驗結果與查找資料 綜合整理：

1. 本文中探討小麥中的麩質(gluten)(過敏原)，在拉丁文中，字根「glute」就是膠水之意。主要包含
 - ✓ 麥穀蛋白 (glutenin)：提供麵團強度(柔韌度)與彈性。含量最高，因而得此名。
 - ✓ 酵溶蛋白 (gliadin)：提供麵團黏性與延展性。
2. 此兩種蛋白皆由多種胺基酸所組成。其中含量最多為**麩醯胺(Glutamine)**和**脯胺酸(Proline)**，也是因為這兩種胺基酸讓麵糰能形成良好的結構，留住氣體。這兩種胺基酸廣泛存在於各種植物性和動物性蛋白質中，但含量則不盡相同。
3. 奶粉包含兩種主要的蛋白質，酪蛋白(佔80%)和乳清蛋白。兩種蛋白都含有豐富的**麩醯胺**；酪蛋白則亦含有大量的**脯胺酸**。
4. 豆類(紅豆、綠豆、黑豆、黃豆)則含有豐富的**麩胺酸(Glutamic Acid)**，可轉變為**麩醯胺**。而**脯胺酸**則含量較少。黃豆、黑豆的蛋白質相較紅豆、綠豆高，因此這些胺基酸相對也較多。
5. 蓬萊米、在來米、糯米中的蛋白質以**麩胺酸**為主，再轉化為**麩醯胺**，但是含量都比豆類低。
6. 各種材料的蛋白質相對含量與實驗麵包體積呈正相關。



扁平,無法成形



黃豆粉組



添加葡萄皮萃取液的米糊發酵後情況，拿出保溫箱時，容易會有塌陷(左方2樣本明顯)

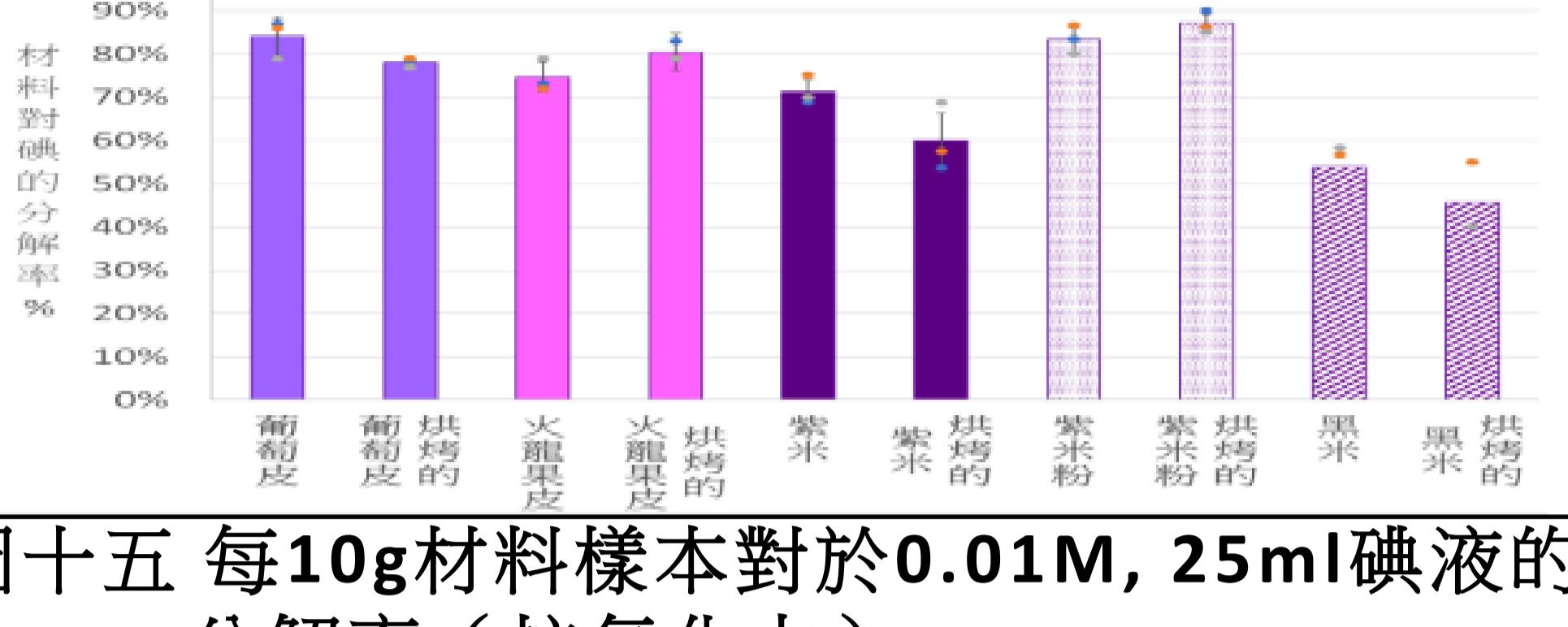
【實驗四】檢測花青素的抗氧化力



葡萄皮泡碘液→滴澱粉→以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定後 火龍果皮、烤過火龍果皮滴定後顏色



葡萄原汁顏色
(滴定後顏色對照)



圖十五 每10g材料樣本對於0.01M, 25ml碘液的分解率(抗氧化力)

討論：

1. 葡萄皮和紫米>火龍果皮>紫米>黑米
2. 烤後火龍果皮、紫米烤後抗氧化力略上升。我們認為添加火龍果皮是經濟實惠最佳選擇。

伍、討論與建議

- 一、本實驗結果發現可直接利用市售的米粉便利性高且有利農產品推廣。
- 二、米麵包因缺乏麩質蛋白，結構不穩定，本實驗透過澱粉糊化和添加蛋白質來提高其蓬鬆度與彈性，其中，添加蛋白或奶粉是既可行又經濟實惠的方法，符合實驗目的製作「簡易、天然、健康、好口感」。
- 三、嘗試將兩個表現較佳配方結合(4:1+蛋白、4:1+奶粉)來改進口感(柔軟、彈性、韌性)。結果顯示，這些配方的柔軟度、彈性和回彈率並未優於原本的蛋白組和奶粉組，可能是因為糯米的黏性過高，未來將繼續調整糯米比例以改善配方。
- 四、紫米因為屬糯米，熱量高且不易消化，不適合製作麵包；而黑豆適合製作米麵包，富含花青素但價格較高。
- 五、在烘烤上，嘗試用電鍋蒸製米麵包，雖較濕潤，但口感也不錯，類似饅頭，簡便且可行。
- 六、為改良口感可從增加黏性(如使用糯米粉、馬鈴薯、山藥)和彈性(添加蛋白和果膠)兩方面著手，未來可進一步改良韌性。

陸、結論

- 一、[簡易]綜合本實驗結果，蓬萊米混合糊化的糯米可提高米糊黏性，有助於米麵包體積增大。
- 二、[天然、健康]添加蛋白質和奶粉能穩定米麵包結構，增加鬆軟和彈性，是可行且經濟的材料。
- 三、[健康]火龍果皮萃取液富含花青素，烘烤後抗樣化力再提升，並增加彈性與水果香氣，符合“全果使用”成為製作米麵包的優良選擇。

柒、參考文獻資料

1. 中華民國第62屆中小學科學展覽會農業與食品學科高級中等學校組，麵包超人拯救你改良無麩質麵包。
2. 陳曉菁、王仕賢(2011, 10月)。創新米食新價值～全米麵包研製成功。農業出版品_農政與農情(第232期)。
3. 中華民國第64屆中小學科學展覽會農業與食品學科高級中等學校組，酥蔬跟你說-鹹酥雞攤常見蔬菜之抗氧化力探討。
4. 新北市106年中小學科學展覽會高中組，「圓」來如此~湯圓改良之探討
5. 中華民國第54屆中小學科學展覽會農業及生物科技科高職組，發糕膨發條件之探討。
6. 中華民國第50屆中小學科學展覽會生活與應用科學科國小組，「麵」目一新~探討「湯種麵糰技術」應用在「傳統饅頭」之品質研究。
7. 曾意雯,宋文杰(2019). 添加羅望子膠對無麩質蛋糕品質之影響(碩士論文). 國立台灣海洋大學 食品科學系。
8. 邱恩亭,宋文杰(2018). 添加奇亞籽對無麩質蛋糕品質之影響(碩士論文). 國立台灣海洋大學 食品科學系。
9. 【100%純生米做麵包】不思議鬆軟口感！無麩質必學！100% Rice Bread 夢幻廚房在我家。
10. 新北市106學年度中小學科學展覽會化學科，自然就「素」美：植物中的花青素。