

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080206

化“澱”成品~謎團，米糰-探討漿糊變硬
『筴』形成的因素

學校名稱：宜蘭縣宜蘭市光復國民小學

作者： 小五 林維萱 小五 陳柏鈞 小五 林軒宇	指導老師： 何佩穎 黃筱媛
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：直鏈澱粉、老化澱粉、多種澱粉混合

摘要

急速降溫冷藏是糊化前澱粉漿的最佳環境。單一澱粉糊化前加少量『酸、油』可加速糊化。雙澱粉混合直鏈含量越多加少鹼越無效果，顯示直鏈澱粉不易被溶出。直鏈澱粉堅硬易撞碎耐不同水溫、不同溶液，支鏈澱粉質軟不易撞碎。老化澱粉對含水量少的溶液和低溫冷藏可較長時間保持硬度。澱粉混合種類以糊化溫度相當，直鏈含量約 25%~30%為佳；多種澱粉混合(三澱粉以上)、易糊化、高直鏈含量澱粉效果不佳。雙澱粉混合 1:1 飽和液加糖-直、支鏈澱粉溶出有限，加鹽-糊化不足，加 5g 食用小蘇打溶出直、支鏈澱粉最多，自然乾老化環境體積完整無裂痕，有利氫鍵形成晶體結構為最堅硬的天然無毒環保筷子，使用完可當飼料或作為調整土壤酸化的肥料。

壹、研究動機

校慶園遊會攤位，我們買了魚丸米粉湯、義大利通心麵、粉圓奶茶品嘗，發現煮熟後的通心麵還可以保有硬度，米粉泡在湯裡久久不會糊掉與軟爛，放了半小時的冷飲粉圓仍保有 Q 彈有嚼勁，這些都含有澱粉的成分，也讓我們想到米飯放久了會硬掉，有哪些因素會影響澱粉的特性引起我們的好奇心。查詢有關澱粉的成分、結構與特性，了解製作澱粉類食品的過程、澱粉糊化前的環境與糊化後的老化環境。我們試著找出製作澱粉漿的澱粉種類與環境以利灌模，糊化後找出適合的老化環境，製作出堅硬的食用筷子，作為我們一次性的天然無毒又環保餐具，使用完還可以當家禽家畜的飼料。

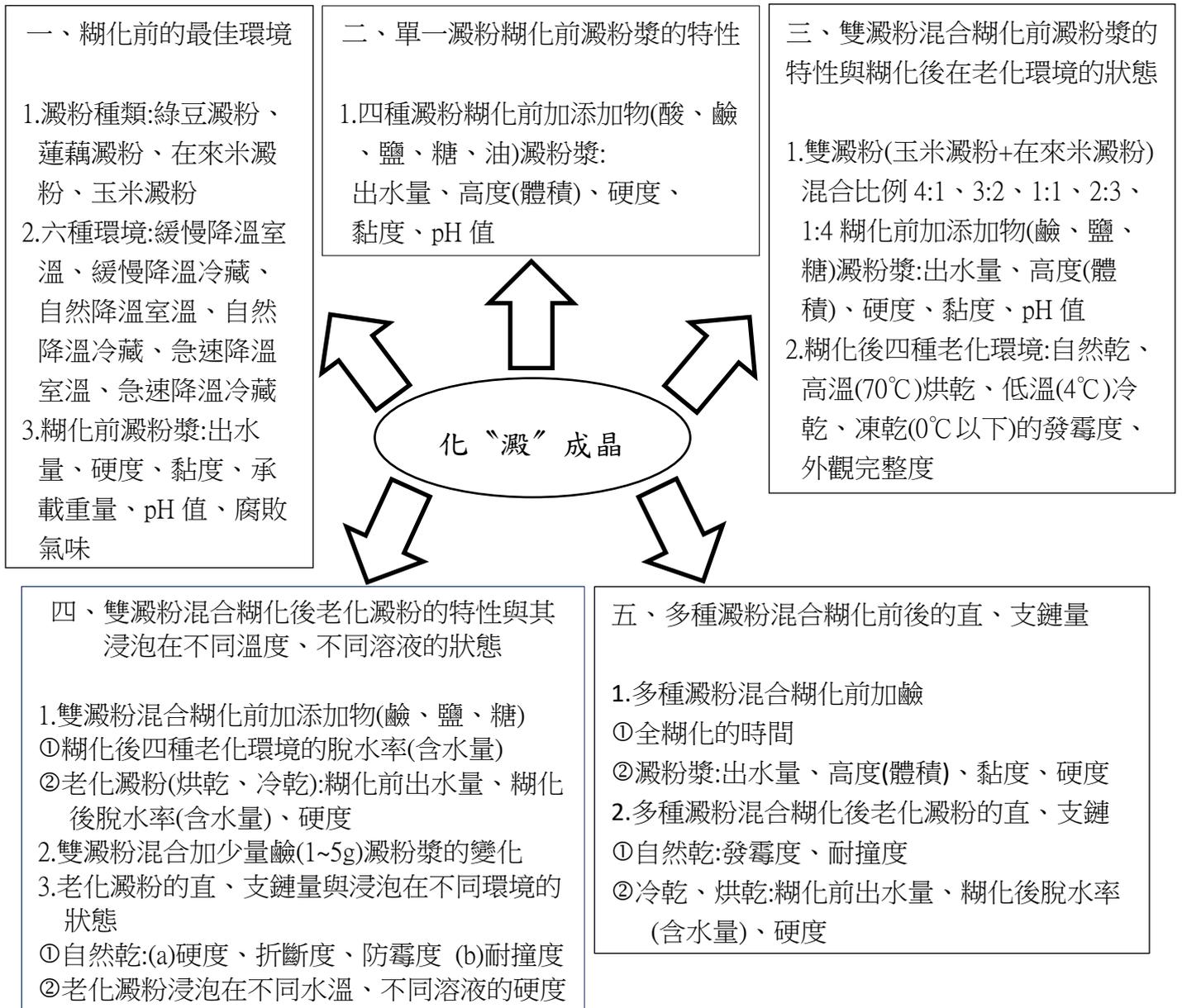
貳、研究目的

- 一、不同種類澱粉糊化前在不同環境下澱粉漿的特性並找出最佳環境
- 二、單一澱粉糊化前加添加物，提升澱粉漿特性的可能性
- 三、雙澱粉混合糊化前加添加物之澱粉漿的特性，糊化後在不同老化環境下的狀態
- 四、雙澱粉混合加添加物，糊化後老化澱粉的特性與在不同溫度、不同溶液下的狀態
- 五、多種澱粉混合糊化前後的直、支鏈變化

參、研究設備與器材

澱粉種類	100%綠豆澱粉 (直鏈含量 57.9%)	100%蓮藕澱粉 (直鏈含量 31.9%)	100%玉米澱粉 (直鏈含量 28.8%)	100%在來米澱粉 (直鏈含量 25%)
				
材料	食用醋(pH2.74)、食用小蘇打粉、二號砂糖、食鹽、沙拉油、蒸餾水、RO 純水			
器材	250ml 燒杯、恆溫電熱水瓶、pH 測試器、電子秤(小數點 2 位)、水溫電子溫度計、溫度計、水果烘乾機、冰箱、10X-60X 倍顯微鏡、新開封美工刀片、新開封塑膠滴管、超黏透明膠帶、計時碼錶、竹籤(長度 25cm)、翻拍架、單眼相機、砝碼、迴紋針、定滑輪、粗透明吸管(直徑 1cm)、直尺、圓形(直徑 6cm)、正方形(邊長 6cm)模具			

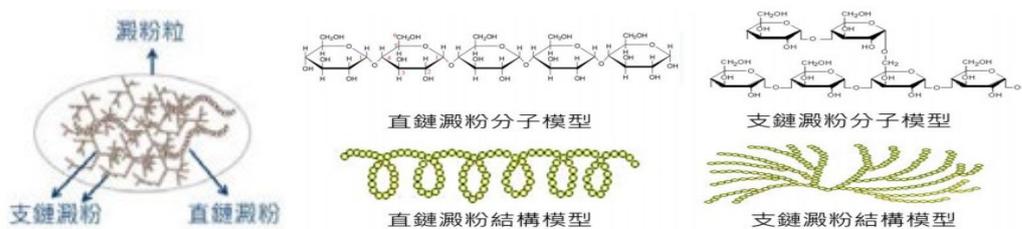
肆、研究架構



伍、研究過程與方法

一、文獻探討

1.澱粉的結構、特性



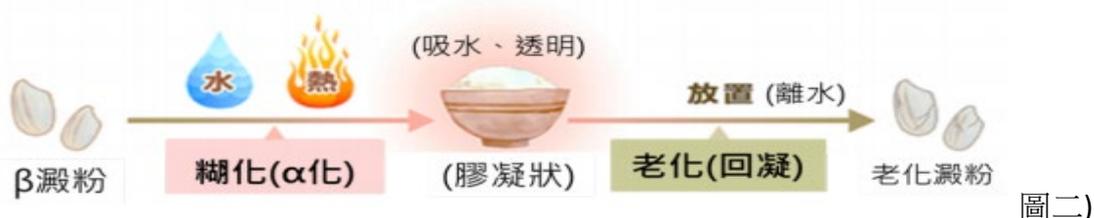
圖一)

澱粉是由葡萄糖聚合而成的有機物，分子式為 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。澱粉因分子內氫鍵捲曲成螺旋結構的不同，可分為直鏈和支鏈兩種(如圖一)。直鏈澱粉(amylose)鏈狀結構為整齊排列規則的螺旋狀，結晶度佳，凝結性質高，較透明，佔有較少的體積，成膜性和強度很好。不溶冷水，會沉澱。易溶於溫水，溶解後黏度較低。具抗膨脹性，其糊化溫度較高，在熱水中不能

成「糊」，直鏈澱粉含量越高，越具彈性，糊化溫度越高，糊化越難。支鏈澱粉(amylopectin)具有樹枝形分支結構鏈狀結構，排列不規則，結晶度差較不透光。黏結性質高，黏附性和穩定性高。分子質量通常比直鏈澱粉大，佔有的體積也較大。不溶冷水，會沉澱。要加熱後才開始溶解，黏度較高。易溶於熱水，會膨脹形成糊狀，比例越多，更加黏稠。不同的植物來源，其直鏈澱粉與支鏈澱粉的比例各不相同，造成他們在形狀、透明度、黏度上、澱粉的性質因此有分別。[綠豆澱粉\(直鏈澱粉含量 57.9%\)糊化溫度 67°C](#)。[在來米粉\(直鏈含量 25%\)糊化溫度 70~76°C](#)。[玉米澱粉\(直鏈含量 28.8%\)糊化溫度 65~76°C](#)，[蓮藕澱粉\(直鏈含量 31.9%\)糊化溫度 66~74°C](#)。

出處『「泡膜」雲起「膜」登寶「澱」—澱粉起泡、成膜性質的探討及應用。中華民國第 54 屆科展 / [直鏈澱粉·支鏈澱粉·分析。葛粉結構特性](#)』

2.澱粉的性質

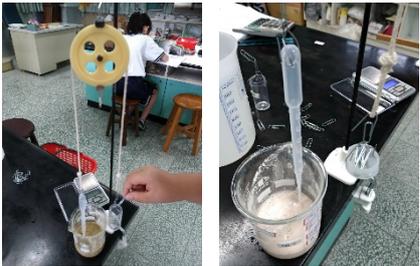
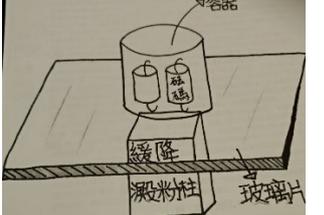


將澱粉液加熱時，澱粉分子經歷(如圖二)的階段。**糊化現象**:澱粉在水中加熱，澱粉粒吸水膨脹，如果繼續加熱至 [60°C ~ 80°C](#) 時，澱粉粒破裂，水分子進入分子結構中、直鏈、支鏈澱粉溶出，澱粉的結構變得鬆散而成為黏稠液體，直鏈、支鏈澱粉的含量比例會影響糊化所需溫度及糊化後的黏度、透明度等特性。直鏈澱粉含量越小糊化後黏性越小，如：糯米的直鏈澱粉極少，黏性極強。**膠凝作用**:已糊化的澱粉在冷卻時，其流動性減少形成凝膠狀，因為糊化的澱粉形成直鏈澱粉與支鏈澱粉，在其分子間形成許多氫鍵，成為具三度空間的立體結構，水被包在其中，構成複雜的網狀結構，澱粉分子在降溫下又排列成序，且保留了许多水分子在其中。**離水現象**:凝膠於放置冷卻時，直鏈澱粉分子間的氫鍵隨時在斷裂及重新生成自然分離，使水分子有逃逸的機會，由凝膠中流出。**老化(回凝)現象**:糊化後的澱粉在含水的狀態下置於常溫，因離水現象使原來已完全崩解的結構，逐漸的又形成規則且緊密的排列，支鏈澱粉中枝與枝間及直鏈澱粉間的水分排出。

出處『萬象「羹」新-探討勾芡液的黏度變化。中華民國第 58 屆科展 / 跟著鄭大師玩科學 / 烘焙的科學-澱粉糊化、澱粉的特性』

二、測量方法

<p>方法一: 澱粉漿的硬度</p>		<p>竹籤在固定高度(100cm)自由落體降落，為避免降落時方向偏移或重心不穩而平躺降落，以粗吸管做為固定降落的管道，竹籤平端以木夾夾住，按鬆木夾使竹籤自由落下，竹籤尖端以 90 度垂直插入澱粉漿，測量竹籤插入的長度。長度(cm)越長表示澱粉漿的硬度越軟，長度(cm)越短表示澱粉漿的硬度越硬。</p>
------------------------	--	---

<p>方法二: 澱粉漿的黏度</p>		<p>使用新開封的塑膠滴管，按壓頭端固定棉線，棉線繞過定滑輪，棉線另一端垂掛迴紋針重量，塑膠滴管尖頭以 2 公分垂直插入澱粉漿，另一端垂掛容器內一個一個放入迴紋針，直到塑膠滴管往上拉起為止，測量容器連同迴紋針秤重。</p>
<p>方法三: 老化澱粉圓柱體-硬度</p>		<p>新開封美工刀片兩端綁上棉線垂掛容器，容器內放入砝碼，直到刀片能在澱粉柱(糊化後澱粉老化的圓柱體)上刻畫有痕跡(凹痕)即停止，測量容器連同砝碼秤重。</p>
<p>方法四: 緩降澱粉柱-耐壓承載重量</p>		<p>長方體(2cm*2cm*4cm)緩降澱粉柱上方平放方型透明厚玻璃片，玻璃片上方放置容器，放入砝碼直到下方緩降澱粉柱塌陷為止，測量容器連同砝碼秤重。</p>
<p>方法五: 老化澱粉圓柱體-折斷度</p>		<p>老化澱粉圓柱體直徑約 0.8cm*長 8cm，左右兩端各 2cm 固定在十字堅固的椅架上，圓柱體中間垂掛容器，容器內放入砝碼，直到圓柱體呈現彎曲斷裂為止，測量容器連同砝碼秤重。</p>
<p>方法六: 黴菌-手機顯微鏡</p>		<p>以超黏透明膠帶在澱粉圓柱體上黏一圈取黴菌，撕下膠帶黏在 A4 全白無瑕的紙張上，以 60X-10X 倍放大顯微鏡，拍下黴菌。</p>
<p>方法七: 老化澱粉-耐撞度</p>	<p>以 3 層樓高度(約 10 公尺)，將直徑 6cm 厚度 0.5cm 的正方形、圓形，平放垂直自由落體，重力瞬間撞擊堅硬的磨石地面，測量有無破碎。</p>	
<p>方法八: 老化澱粉-脫水率</p>	<p>脫水率=(澱粉糊化後的重量-乾燥後的重量)/澱粉糊化後的重量 老化澱粉的脫水率=澱粉糊化後的含水量</p>	

三、研究前-澱粉溶解前置實驗

由文獻探討-四種澱粉的糊化溫度介於以 60°C ~ 80°C，恆溫隔水加熱溶解溫度設定為 85°C: 四種澱粉 1 分鐘內全凝固(全糊化)，溫度設定為 80°C: 綠豆澱粉、在來米澱粉、玉米澱粉約 2 分 30 秒就凝固，蓮藕澱粉約 2 分鐘就凝固，**修正實驗為：溫度設定為 80°C: 綠豆澱粉、在來米澱粉、玉米澱粉加熱 2 分鐘，蓮藕澱粉加熱 1 分 30 秒，則沒有凝固全糊化的狀態。**

研究一、不同種類澱粉糊化前在不同環境下澱粉漿的特性

(一)實驗目的:四種澱粉糊化前在不同降溫速度與環境下澱粉漿的特性並找出最佳環境

(二)實驗步驟:

1.澱粉 90°C 飽和溶解度為 50g/100ml，綠豆粉、蓮藕粉、玉米粉、在來米粉每種澱粉以 250ml 的燒杯裝各 6 杯，飽和液 50g/蒸餾水 100ml 以 80°C 恆溫隔水加熱快速攪拌溶解〔綠

豆粉、玉米粉、在來米粉 2 分鐘，蓮藕粉 1 分 30 秒]，一個燒杯以保鮮膜密封自然降至室溫 (簡稱自室)；一個燒杯以保鮮膜密封自然降至室溫後放入冰箱冷藏低溫(4°C) (簡稱自冷)；兩個燒杯放置於大量冰塊及水大容器隔水急速降溫，一個燒杯從 80°C 急降至 4°C **【約 10 分鐘】** 以保鮮膜密封放入冰箱冷藏低溫(4°C)(簡稱急冷)；一個燒杯從 80°C 急降至室溫後以保鮮膜密封取出放至桌面(簡稱急室)。兩個燒杯以保鮮膜密封放置恆溫熱水瓶，從 80°C 緩降至 40°C 時間共 4 小時後 **【1 小時降 10°C】**，一杯取出放置室溫(簡稱緩室)，一杯取出放入冰箱冷藏低溫(4°C)(簡稱緩冷)。

2. [實驗步驟 1.] 各類澱粉自室、自冷、急室、急冷於 24hr 測量出水量高度、出水量 pH 值後將出水量倒出，48hr 測量第二次的出水量高度、pH 值後將出水量倒出，方法一、方法二測量硬度、黏度。

3. [實驗步驟 1.] 48hr，方法一、方法四測量各類澱粉緩室、緩冷的硬度、承載重量。

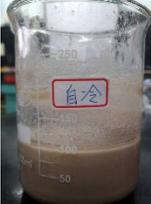
			
澱粉溶解，恆溫熱水瓶 80°C 隔水加熱	急速降溫至 4°C	綠豆澱粉 80°C 緩降 4 小時後冷藏	玉米澱粉 80°C 緩降 4 小時後冷藏

(三)實驗記錄

實驗 1-1:飽和綠豆澱粉(直鏈含量 57.9%)

不同環境	緩慢降溫		自然降溫		急速降溫	
	室溫	冷藏	室溫	冷藏	室溫	冷藏
80°C 加熱 2min						
出水量	24hr	/	0.4	0.5	0.4	0.4
	48hr		無水	0.3	無水	0.3
	總和		0.4	0.8	0.4	0.7
硬度平均(cm)	2.4	2.1	已發霉腐敗，不測量	到底 2.8	已發霉腐敗，不測量	2.2
黏度平均(g)	(緩降為承載重量)			4.78		4.78
	已發霉腐敗，不測量	190				
pH	24hr	/	5.64(臭)	6.29	5.39(臭)	6.36
	48hr		5.54(膨脹、發酵)	6.28	5.04(膨脹、發酵)	6.29

實驗 1-2:飽和蓮藕澱粉(直鏈含量 31.9%)

不同環境		緩慢降溫		自然降溫		急速降溫	
		室溫	冷藏	室溫	冷藏	室溫	冷藏
80°C 加熱 1min30sec							
出水量	24hr	/		0.3	0.4	0.5	0.6
	48hr			無水	0.05	無水	0.05
	總和			0.3	0.45	0.5	0.65
硬度 平均(cm)		0.1 彈出 11 次 (Q 彈)	0.2 (彈出 2 次)	2.7	2.9	2.8	2.6
黏度 平均(g)		(緩降為承載重量)		3.93	4.28	4.28	4.28
pH	24hr	/		6.59	6.32	7.37	6.27
	48hr			6.27	5.70	6.35	5.72
	第 5 天			6.65 表層變黑  4.80 底層有氣泡  腐敗	5.89 	6.46 表層變黑  4.92 底層有氣泡  腐敗	5.71 

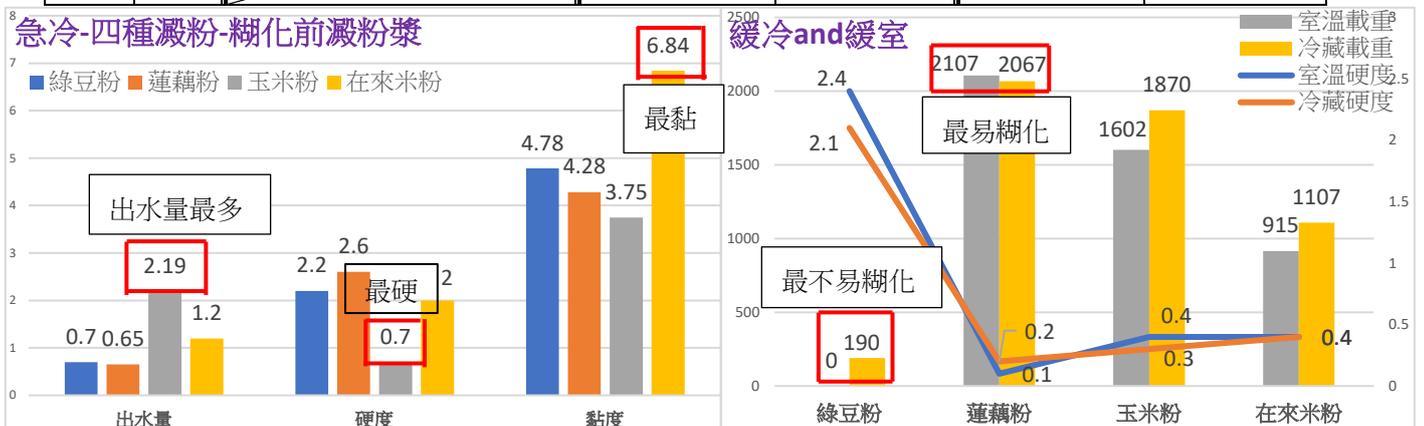
實驗 1-3:飽和玉米澱粉(直鏈含量 28.8%)

不同環境		緩慢降溫		自然降溫		急速降溫	
		室溫	冷藏	室溫	冷藏	室溫	冷藏
2min							
出水量	24hr	/		2	1.98	1.9	2
	48hr			無水	0.1	0.19	0.19
	總和			2	2.08	2.09	2.19

硬度 平均(cm)	0.4 (有彈性， 沒硬度)	0.3 (有硬度， 沒彈性)	2.0	0.8	1.37	0.7
黏度 平均(g)	(緩降為承載重量)		3.58	3.58	3.58	3.75
pH	24hr	/	6.94	7.62	7.02	7.65
	48hr		6.60	6.7	6.8	6.76
	第4天		6.05 (微酸、底層有氣泡)	6.43	6.08 (微酸、底層有氣泡)	6.34

實驗 1-4:飽和在來米澱粉(直鏈含量 25%)

不同環境	緩慢降溫		自然降溫		急速降溫	
	室溫	冷藏	室溫	冷藏	室溫	冷藏
80°C 加熱 2min						
出水量	24hr	/	1.3	1.25	0.9	0.8
	48hr		無水	0.2	無水	0.4
	總和		1.3	1.45	0.9	1.2
硬度 平均(cm)	(緩降為承載重量)		已腐敗 不測量	2.4	已腐敗 不測量	2
黏度 平均(g)	915	1107		6.52		6.84
pH	24hr	/	5.25	6.61	6.21	6.58
	48hr		5.07 (微酸)	6.14	5.34 (微酸)	6.29



<實驗結果>

1. 急冷澱粉漿: **出水量:玉米粉**>在來米粉>綠豆粉>蓮藕粉，澱粉漿前 2 天都有出水情形，第

3 天出水量少或無水。硬度:玉米粉>在來米粉>綠豆粉>蓮藕粉。黏度:在來米粉>綠豆粉>蓮藕粉>玉米粉。緩冷、緩室承載重量:蓮藕粉>玉米粉>在來米粉>綠豆粉。

2. 玉米粉硬度最硬、出水量最多，在來米粉最黏，蓮藕粉承載重量最重，Q 彈性最好，易糊化變固體，綠豆粉有少許水，載重易陷軟不堅硬，呈現半固狀不易糊化。
3. 出水量:冷藏>室溫，急速降溫冷藏澱粉漿出水量最多，澱粉漿含水量較少不易發霉，減緩氧化，硬度、黏度都是最好的，是糊化前製作澱粉漿的最佳環境條件。
4. 室溫-含水量多，綠豆粉、在來米粉 1 天後有酸味，第 2 天發酵膨脹變質，pH 值變酸，發霉速度最快。玉米粉第 4 天底層有氣孔與味道，蓮藕粉第 5 天表層氧化變黑色，pH 值升高呈現偏中性，氧化呈現鹼性，推測蓮藕粉含有與其他三種澱粉不同的成分。底層變黑的速度較慢且有氣孔(腐敗)，pH 值更酸性。蓮藕粉室溫容易氧化，冷藏能減緩氧化。

研究二:單一種澱粉糊化前加入酸、鹼、鹽、糖、油是否可提升澱粉漿的特性

(一)實驗目的:由研究一實驗得知，急降冷藏是製作澱粉漿的最佳環境，在此環境下，四種澱粉糊化前加酸、鹼、鹽、糖、油是否可提升澱粉漿的各項特性

(二)實驗步驟

- 1.調配〔研究一實驗步驟 1〕四種澱粉飽和液各 5 杯分別加入 5ml 食用醋、5g 小蘇打粉、20g 砂糖、20g 食鹽、5ml 沙拉油，在急冷環境的澱粉漿。
- 2.測量 24hr、48hr 測量出水量，48hr 方法一、方法二測量澱粉漿高度、硬度、黏度、pH 值。

(三)實驗記錄

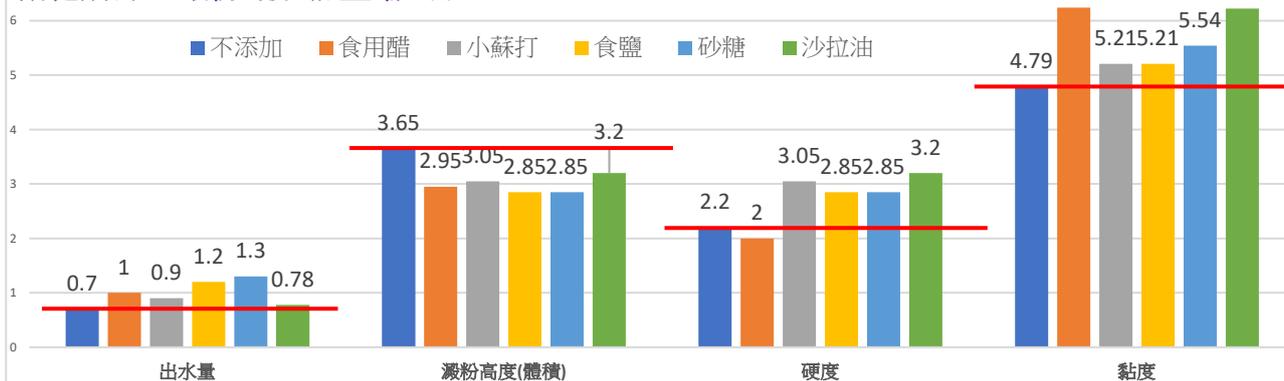
			
測量出水量 pH 值、澱粉漿高度、澱粉漿 pH 值	蓮藕澱粉加酸、鹼、鹽、糖、油	玉米澱粉加酸、鹼、鹽、糖、油	綠豆澱粉加酸、鹼、鹽、糖、油

實驗 2-1:綠豆澱粉(直鏈含量 57.9%)急冷

綠豆粉	不添加	加食用醋	加小蘇打	加食鹽	加砂糖	加沙拉油	
80°C 加熱 2min							
加熱前澱粉水 pH	6.03	4.81	7.15				
出水量	24hr	0.4	0.7	0.6	0.9	1	0.6
	48hr	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.18
	總和	<u>0.7</u>	<u>1.0</u>	<u>0.9</u>	<u>1.2</u>	<u>1.3</u>	<u>0.78</u>
澱粉漿高度(cm)	<u>3.65</u>	<u>2.95</u>	<u>3.05</u>	<u>2.85</u>	<u>2.85</u>	<u>3.2</u>	
硬度平均(cm)	<u>2.2</u>	<u>2</u>	<u>到底 3.05</u>	<u>到底 2.85</u>	<u>到底 2.85</u>	<u>到底 3.2</u>	
黏度平均(g)	<u>4.79</u>	<u>6.24</u>	<u>5.21</u>	<u>5.21</u>	<u>5.54</u>	<u>6.22</u>	

澱粉漿 pH	6.47	5.01	8.61	6.02	6.38	6.34
--------	------	------	------	------	------	------

糊化前綠豆澱粉+酸.鹼.鹽.糖.油.



<實驗結果>

1.出水量:糖>鹽>酸>鹼>油=不添加。體積:糖=鹽<酸<鹼>油>不添加。黏度: 酸=油>糖>鹼=鹽>不添加。硬度:酸>不添加>鹼(到底)=鹽(到底)=糖(到底) =油(到底)。

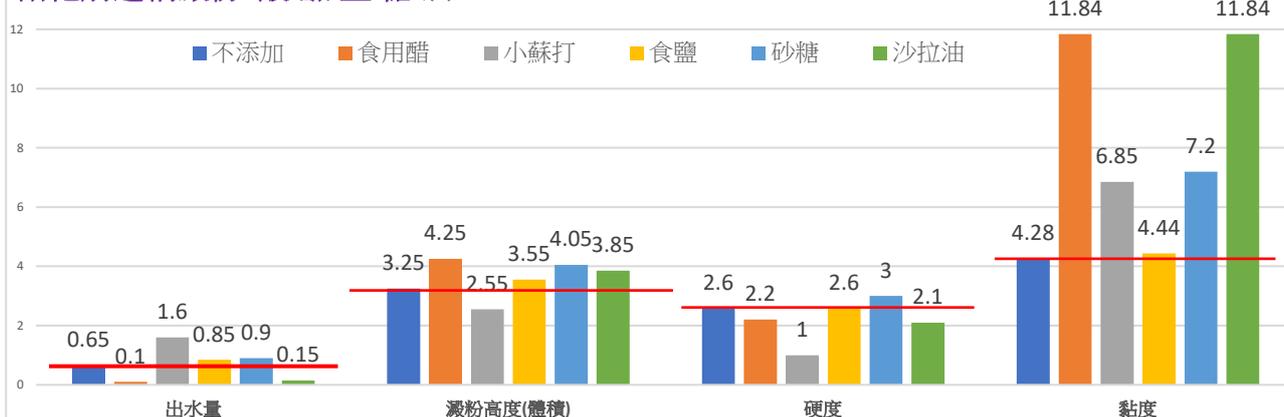
2.加「鹼、鹽、糖」可增加出水量，可增加澱粉粒(直、支鏈澱粉)溶出。**小蘇打(鹼性)會讓綠豆澱粉漿變深棕色**。食鹽會加速綠豆澱粉漿變酸。

3.加『酸、油』黏度最高，可加速達到糊化。

實驗 2-2:蓮藕澱粉(直鏈含量 31.9%)急冷

蓮藕粉		不添加	加食用醋	加小蘇打	加食鹽	加砂糖	加沙拉油
80°C 加熱 1min30sec							
加熱前澱粉水 pH		4.65	3.03	7.63			
出水量	24hr	0.6	0.1	1.3	0.55	0.4	0.1
	48hr	0.05	無水	0.3	0.3	0.5	0.05
	總和	<u>0.65</u>	<u>0.1</u>	<u>1.6</u>	<u>0.85</u>	<u>0.9</u>	<u>0.15</u>
澱粉漿高度(cm)		<u>3.25</u>	<u>4.25</u>	<u>2.55</u>	<u>3.55</u>	<u>4.05</u>	<u>3.85</u>
硬度平均(cm)		<u>2.6</u>	<u>2.2</u>	<u>1</u>	<u>2.6</u>	<u>3</u>	<u>2.1</u>
黏度平均(g)		<u>4.28</u>	<u>11.84(呈稠固狀)</u>	<u>6.85</u>	<u>4.44</u>	<u>7.20</u>	<u>11.84(呈稠固狀)</u>
澱粉漿 pH		<u>5.77</u>	<u>3.73</u>	<u>8.91</u>	<u>5.74</u>	<u>5.78</u>	<u>5.78</u>

糊化前蓮藕澱粉+酸.鹼.鹽.糖.油

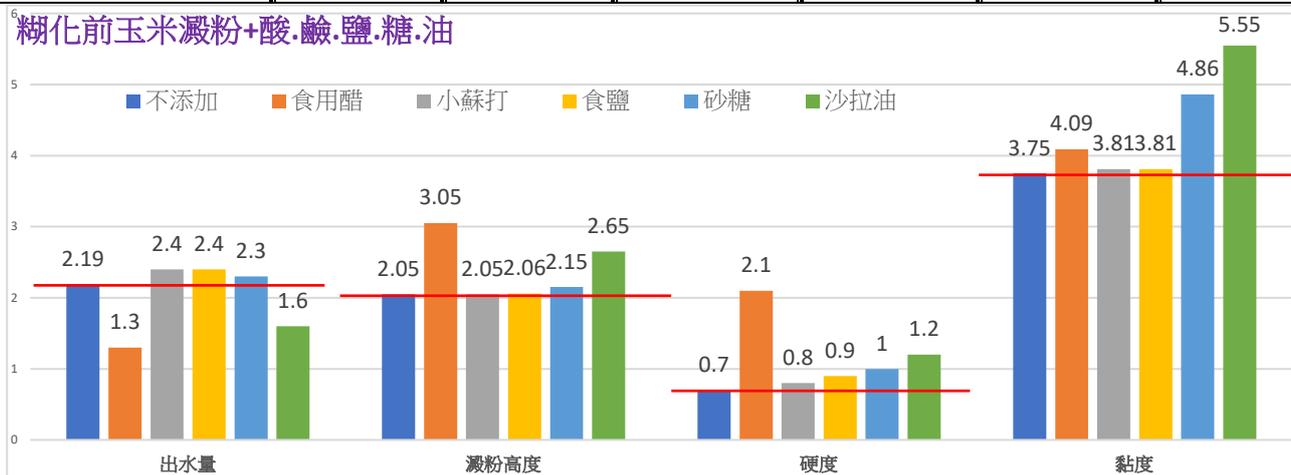


<實驗結果>

1. 出水量: 鹼>糖>鹽>不添加>酸=油。體積: 鹼<不添加<鹽<油<糖<酸。黏度: 酸=油>糖>鹼>鹽>不添加。硬度: 鹼>油>酸>鹽=不添加>糖。
2. 加「鹼、鹽、糖」可增加出水量。加鹼，可幫助直、支鏈澱粉的溶出。加糖，可幫助支鏈澱粉溶出。加鹽，微略可幫助支鏈澱粉溶出，但效果沒有加糖、加鹼來的好。**小蘇打(鹼性)會讓蓮藕澱粉漿變暗紅鐵色。**
3. **加『酸、油』出水量最少，黏度大增，體積膨脹，會加速糊化。**

實驗 2-3: 玉米澱粉(直鏈含量 28.8%)急冷

玉米粉	不添加	加食用醋	加小蘇打	加食鹽	加砂糖	加沙拉油	
80°C 加熱 2min							
加熱前澱粉水 pH	5.5	3.04	7.53				
出水量	24hr	2	0.8	2.1	2.2	2.0	1.3
	48hr	0.19	0.5	0.3	0.2	0.3	0.3
	總和	2.19	1.3	2.4	2.4	2.3	1.6
澱粉漿高度(cm)	2.05	3.05	2.05	2.06	2.15	2.65	
硬度平均(cm)	0.7	2.1	0.8	0.9	1	1.2	
黏度平均(g)	3.75	4.09	3.81	3.81	4.86	5.55	
澱粉漿 pH	6.27	3.96	8.96	6.26	7.63	7.10	

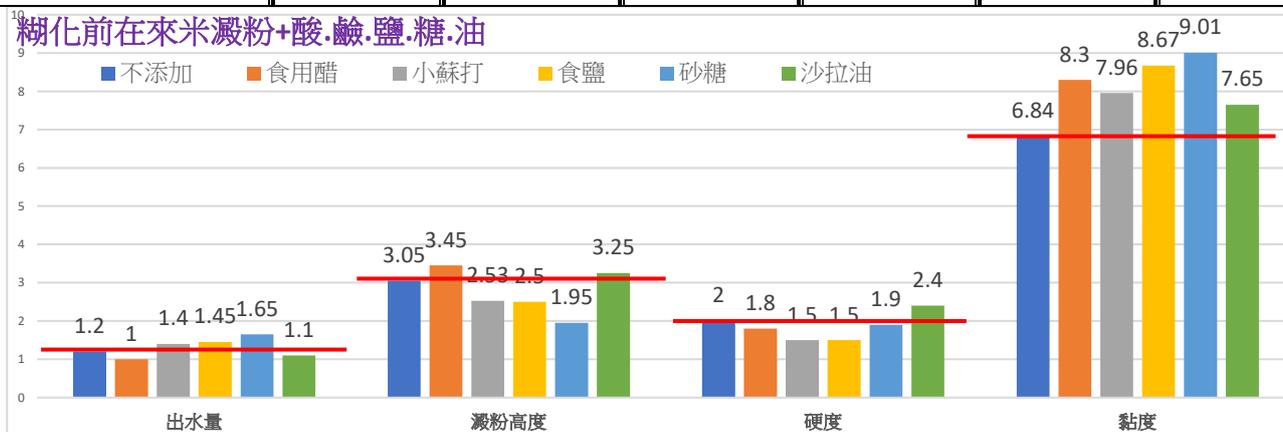


<實驗結果>

1. 出水量: 鹼=鹽>糖>不添加>酸=油。體積: 不添加=鹼=鹽<糖<油<酸。黏度: 油>糖>酸>鹼>鹽>不添加。硬度: 不添加>鹼>鹽>糖>酸>油。
2. 加「鹼、鹽、糖」可增加出水量，可增加支鏈澱粉溶出。
3. **加『酸、油』出水量降低，黏度增加，硬度變軟，體積膨脹，可幫助快速糊化。**

實驗 2-4: 在來米澱粉(直鏈含量 25%)急冷

在來米粉		不添加	加食用醋	加小蘇打	加食鹽	加砂糖	加沙拉油
80°C 加熱 2min							
加熱前澱粉水 pH		5.72	3.40	7.57			
出水量	24hr	0.8	0.6	1.1	1.15	1.35	0.8
	48hr	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	總和	<u>1.2</u>	<u>1.0</u>	<u>1.4</u>	<u>1.45</u>	<u>1.65</u>	<u>1.1</u>
澱粉漿高度(cm)		<u>3.05</u>	<u>3.45</u>	<u>2.53</u>	<u>2.5</u>	<u>1.95</u>	<u>3.25</u>
硬度平均(cm)		<u>2.03</u>	<u>1.8</u>	<u>1.5</u>	<u>1.5</u>	<u>1.9</u>	<u>2.4</u>
黏度平均(g)		<u>6.84</u>	<u>8.30</u>	<u>7.96</u>	<u>8.67</u>	<u>9.01</u>	<u>7.65</u>
澱粉漿 pH		<u>6.15</u>	<u>4.09</u>	<u>8.92</u>	<u>6.32</u>	<u>6.14</u>	<u>6.31</u>



<實驗結果>

- 1.出水量:糖>鹽>鹼>不添加>油>酸。體積:糖<鹽=鹼<不添加<油<酸。黏度:糖>鹽>酸>鹼>油>不添加。硬度:鹼=鹽>酸>糖>不添加>油。
- 2.加「鹼、鹽、糖」可增加出水量，可增加直、支鏈澱粉溶出。
- 3.加「酸、油」出水量減少，體積膨脹，黏度增加，可以幫助糊化。

研究三、兩種澱粉混合糊化前加鹼、鹽、糖之澱粉漿的特性與糊化後不同老化

環境下的狀態

(一)實驗目的:玉米澱粉+在來米澱粉不同混合比例，糊化前不添加、添加不同量的鹼、鹽、糖之澱粉漿的各項特性與糊化後在四種老化環境下的外觀變化與發霉程度

(二)實驗步驟

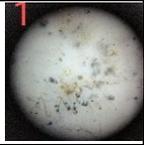
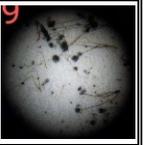
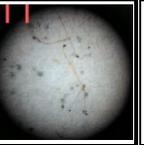
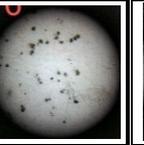
- 1.調配雙澱粉【玉米粉+在來米粉】不同重量混合比例飽和液:(玉米粉 40g+在來米粉 10g)【4:1】/100ml、(玉米粉 30g+在來米粉 20g)【3:2】/100ml、(玉米粉 25g+在來米粉 25g)【1:1】/100ml、(玉米粉 20g+在來米粉 30g)【2:3】/100ml、(玉米粉 10g+在來米粉 40g)【1:4】/100ml，急冷環境的澱粉漿。
- 2.調配〔實驗步驟1〕雙澱粉飽和液不同比例加鹼〔小蘇打 5g、10g、15g〕、加鹽〔食鹽 5g、10g、15g、20g〕、加糖〔糖 5g、10g、15g、20g〕，急冷環境的澱粉漿。

3. [實驗步驟 1.2.] 測量 24hr、48hr 出水量，48hr 澱粉漿高度、硬度、黏度。
4. [實驗步驟 1.2.] 澱粉漿以透明粗吸管灌模，煮沸 98°C 高溫浸泡 12 小時，拆吸管模後分別放置四種老化環境:自然乾室溫 2 周、高溫(70°C)烘乾 8hr 後放置室溫 2 周、冷藏 48hr 後放置室溫 2 周、冷凍 48hr 後放置室溫 2 周，方法八測量脫水率、外觀紀錄、方法六拍下黴菌。

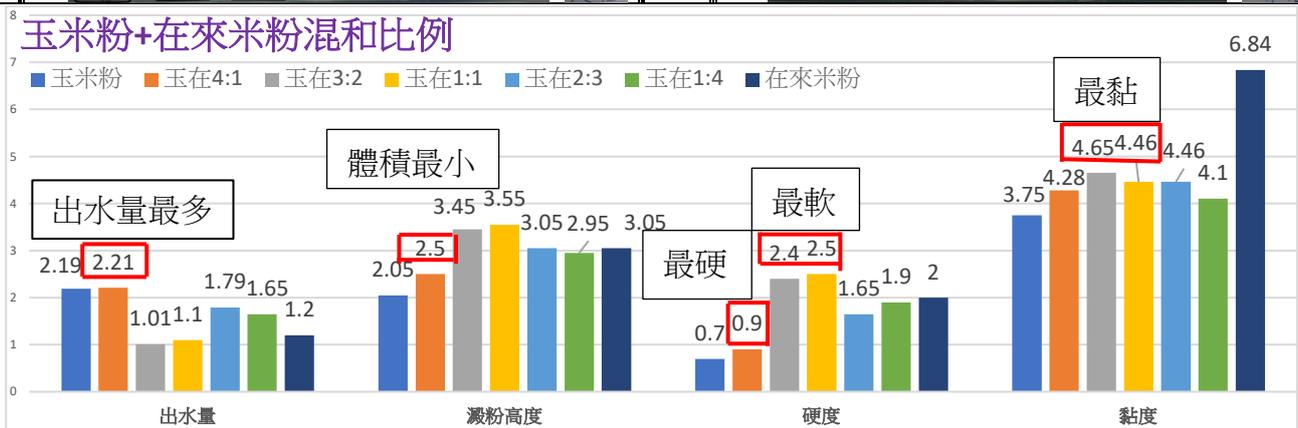
			
顯微鏡黴菌樣本	澱粉漿灌模	澱粉漿吸管灌模	澱粉漿全糊化
			
凍乾	自然乾	烘乾	冷藏乾

(三)實驗記錄

實驗 3-1:雙澱粉(玉米粉+在來米粉)混合比例

急冷		玉米粉	玉在 4:1	玉在 3:2	玉在 1:1	玉在 2:3	玉在 1:4	在來米粉	
80°C 加熱 2min									
糊化前澱粉漿	出水量								
	24hr	2	1.8	0.6	0.7	1.35	1.15	0.8	
	48hr	0.19	0.41	0.41	0.4	0.42	0.5	0.4	
	總和	<u>2.19</u>	<u>2.21</u>	<u>1.01</u>	<u>1.1</u>	<u>1.79</u>	<u>1.65</u>	<u>1.2</u>	
	澱粉漿高度(cm)	<u>2.05</u>	<u>2.50</u>	<u>3.45</u>	<u>3.55</u>	<u>3.05</u>	<u>2.95</u>	<u>3.05</u>	
硬度平均(cm)	<u>0.7</u>	<u>0.9</u>	<u>2.4</u>	<u>2.5</u>	<u>1.65</u>	<u>1.9</u>	<u>2</u>		
黏度平均(g)	<u>3.75</u>	<u>4.28</u>	<u>4.65</u>	<u>4.46</u>	<u>4.46</u>	<u>4.10</u>	<u>6.84</u>		
糊化後老化環境	自然乾	1 週	霉-完整	霉-完整	霉-完整	霉-完整	霉-完整	霉-完整	
		2 週	-最瘦	-瘦	-瘦	霉-瘦	霉-瘦	霉-瘦	
		顯微鏡							
	烘乾	1 週	無-中陷	無-裂	無-裂	無-裂	無-裂	無-裂	無-中陷
		2 週	無-瘦-裂	無-瘦-裂	無-瘦-裂	無-瘦-裂	無-瘦-裂	無-瘦-裂	無-瘦-裂
		顯微鏡	2 半	2 半	2 半	2 半	2 半	2 半	2 半

	2 週 顯微鏡							
	週	-中陷	-裂	無-裂	無-裂	無-裂	無-裂	無-中陷
	2 週	無-裂						
	週							
凍 乾	週	- - 變深白	霉-完整 變深白	霉-完整 變深白	霉-完整 變深白	霉-完整 變深白	霉-完整 變深白	霉-完整 變深白
	2 週	霉-完整 變深白						
	2 週 顯微鏡							
自然 乾		烘 乾						
		凍 乾						



<實驗結果>

- 依玉米粉、在來米粉不同混合比例的理論值與實際值，①可增加出水量的 4:1 (1.99<2.21)；2:3(1.59<1.79)；1:4(1.39<1.65)，無法增加含水量 3:2(1.79>1.01)；1:1(1.69>1.1)，比例差異越大(兩極端)含水量最多，同種類易聚。若比例約各半，含水量最少，不相容。②所有比例的黏度全降低 4:1(4.36>4.28)；3:2(4.98>4.65)；

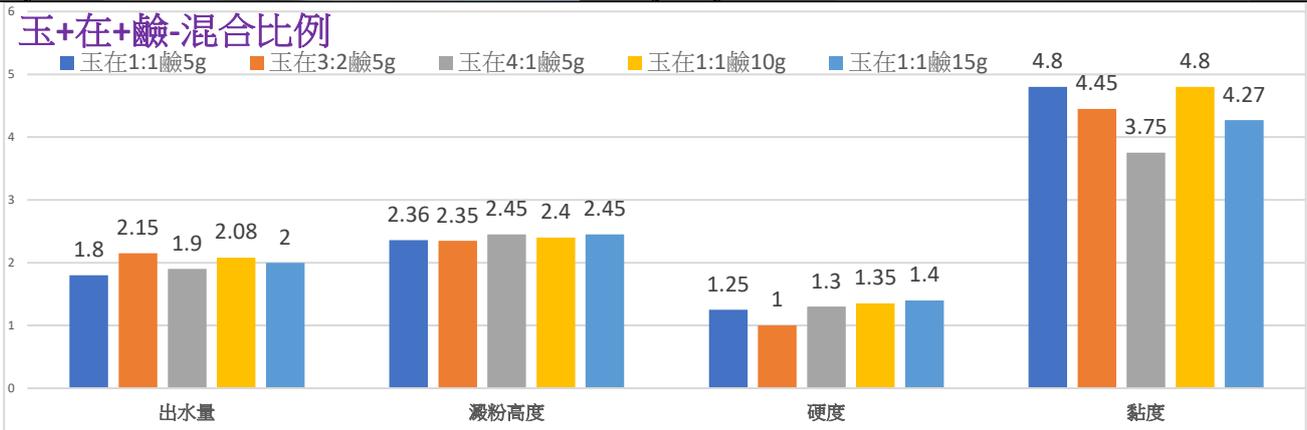
1:1(5.29>4.46) ; 2:3(5.60>4.46) ; 1:4(6.22>4.10) , 不同種類間會使雙方抑制澱粉粒支鏈溶出, 不易糊化。③所有比例的體積全膨脹 4:1(2.25<2.5) ; 3:2(2.45<3.45) ; 1:1(2.55<3.55) ; 2:3(2.65<3.05) ; 1:4(2.85<2.95) 。④所有比例的硬度均變軟 4:1(0.96=0.9) ; 3:2(1.22>2.4) ; 1:1(1.35>2.50) ; 2:3(1.48>1.65) ; 1:4(1.74>1.90) , 不同種類澱粉分子間較無法聚合具有距離, 且抑制直鏈溶出。若比例約各半, 雙方抑制直鏈溶出會更明顯。

2.雙澱粉混合比例以 4:1 出水量最多、體積小、最硬；3:2，1:1 出水量最少、最軟、最黏。

3.四種糊化後老化環境，自乾、凍乾都會發霉，冷乾、烘乾快速脫水都不會發霉，但冷乾都會產生裂痕，烘乾更是裂成 2 半。

實驗 3-2: 雙澱粉混合比例-玉在 4:1、玉在 3:2、玉在 1:1 加不同量的小蘇打

80°C 加熱 2min		玉在 1:1 鹼 5g	玉在 3:2 鹼 5g	玉在 4:1 鹼 5g	玉在 1:1 鹼 10g	玉在 1:1 鹼 15g	
糊化澱粉漿	出水量	24hr	1.5	1.85	1.65	1.7	1.7
		48hr	0.3	0.3	0.25	0.38	0.3
		總和	<u>1.8</u>	<u>2.15</u>	<u>1.9</u>	<u>2.08</u>	<u>2.0</u>
		澱粉漿高度(cm)	<u>2.36</u>	<u>2.35</u>	<u>2.45</u>	<u>2.40</u>	<u>2.45</u>
		硬度平均(cm)	<u>1.25</u>	<u>1</u>	<u>1.3</u>	<u>1.35</u>	<u>1.4</u>
	黏度平均(g)	<u>4.80</u>	<u>4.45</u>	<u>3.75</u>	<u>4.8</u>	<u>4.27</u>	
糊化後老化環境	自乾	1 週	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整	-完整
		2 週	-完整	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整
		2 週 顯微鏡					
	烘乾	1 週	-微裂	-微裂	-微裂	-微裂	無-微裂
		2 週	無-略瘦-微裂	無-略瘦-微裂	無-略瘦-微裂	無-略瘦-微裂	無-略瘦-微裂
		2 週 顯微鏡					
	冷乾	1 週	-完整-微裂	-完整-微裂	無-完整-微裂	無-完整-微裂	無-完整-微裂
		2 週	無-完整-裂	無-完整-裂	無-完整-裂	無-完整-裂	無-完整-裂
		2 週 顯微鏡					
	凍乾	1 週	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白
		2 週	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白	無-完整-變淡白
		2 週 顯微鏡					

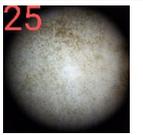
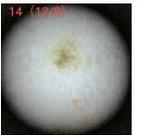
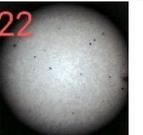
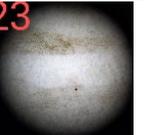
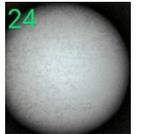
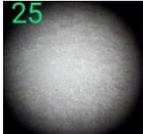
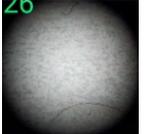
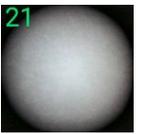
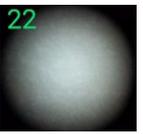
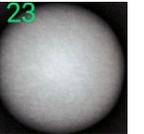
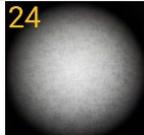
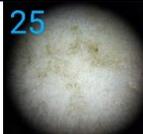


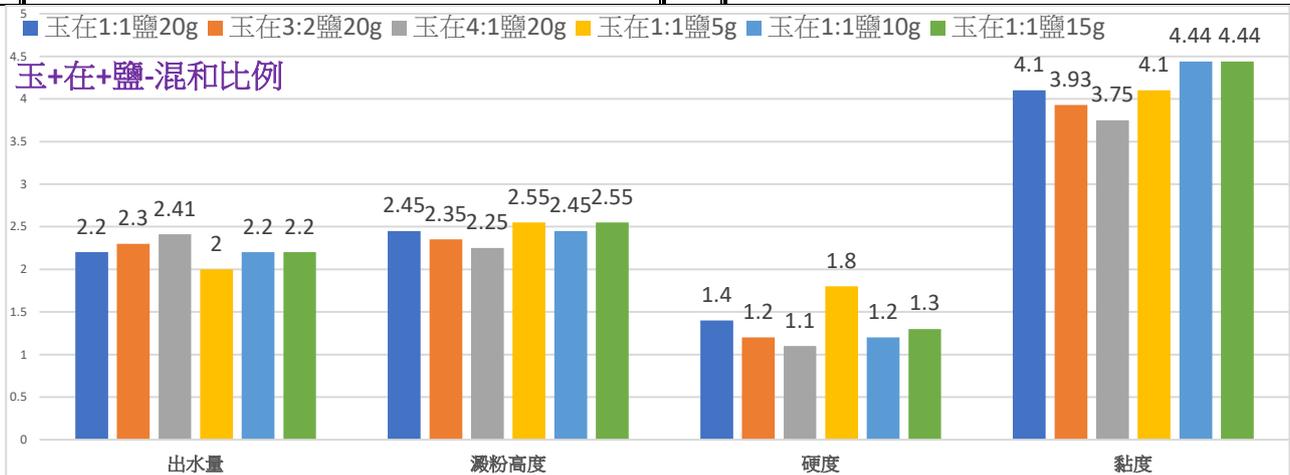
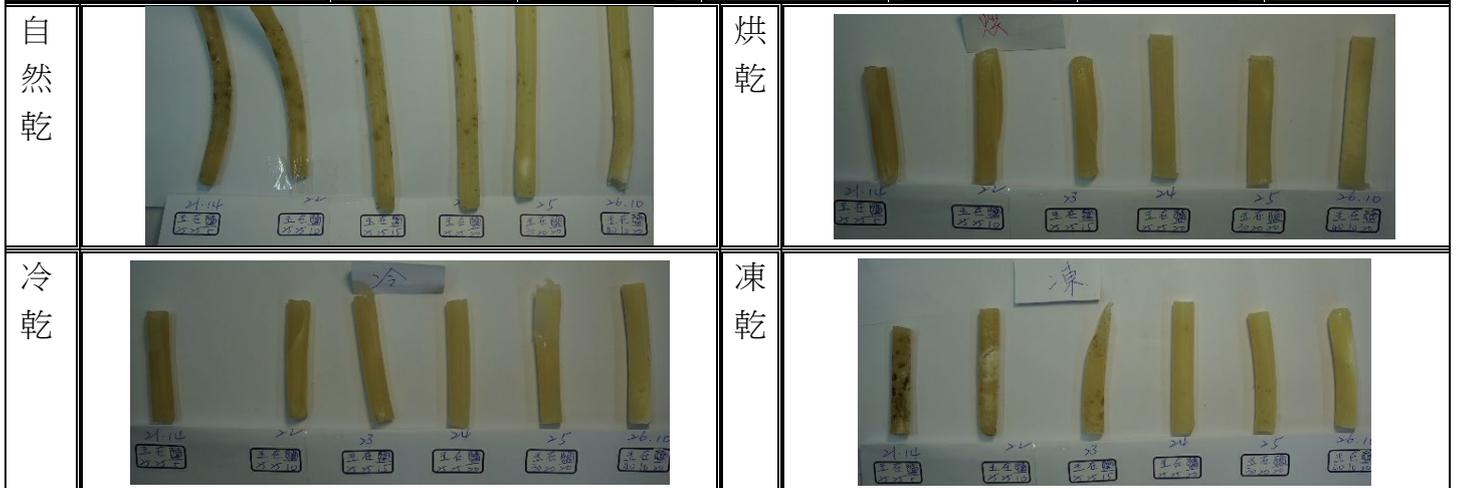
<實驗結果>

1. 依雙澱粉 不添加值 與 加鹼值: 雙澱粉 1:1 加 5g 少鹼: 出水量(1.1<1.8)。體積(3.55>2.36)。硬度(2.5<1.25)。黏度(4.46<4.80)。可增加出水量，可增加支鏈、直鏈溶出，但多鹼，直鏈、支鏈會減少，越無效果。
2. 雙澱粉 3:2 加 5g 少鹼: 出水量(1.01<2.15)。體積(3.45>2.35)。硬度(2.4<1)。黏度(4.65<4.45)。可增加出水量，可增加直鏈溶出。雙澱粉 4:1 加 5g 少鹼: 出水量(2.21>1.9)。體積(2.5>2.45)。硬度(0.9>1.3)。黏度(4.28>3.75)。雙澱粉混合直鏈含量越高，加少鹼無法增加出水量，支鏈溶出減少，直鏈溶出會越無效果。
4. 四種糊化後老化環境都不會發霉，冷乾、烘乾會微裂痕，凍乾顏色變淡白條紋。自然乾體積完整，加鹼容易乾、易脫水，有利氫鍵形成。

實驗 3-3: 雙澱粉混合比例-玉在 4:1、玉在 3:2、玉在 1:1 加不同量的食鹽

80°C 加熱 2min		玉在 1:1 鹽 20g	玉在 3:2 鹽 20g	玉在 4:1 鹽 20g	玉在 1:1 鹽 5g	玉在 1:1 鹽 10g	玉在 1:1 鹽 15g
糊化前澱粉漿	出水量	1.8	2	2.1	1.6	1.8	1.8
	24hr	1.8	2	2.1	1.6	1.8	1.8
	48hr	0.4	0.3	0.31	0.4	0.4	0.4
	總和	<u>2.2</u>	<u>2.3</u>	<u>2.41</u>	<u>2.0</u>	<u>2.2</u>	<u>2.2</u>
	澱粉漿高度(cm)	<u>2.45</u>	<u>2.35</u>	<u>2.25</u>	<u>2.55</u>	<u>2.45</u>	<u>2.55</u>
硬度平均(cm)	<u>1.4</u>	<u>1.2</u>	<u>1.1</u>	<u>1.8</u>	<u>1.2</u>	<u>1.3</u>	
黏度平均(g)	<u>4.10</u>	<u>3.93</u>	<u>3.75</u>	<u>4.10</u>	<u>4.44</u>	<u>4.44</u>	
糊	自 1 週	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整

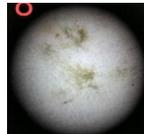
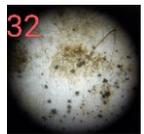
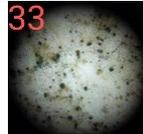
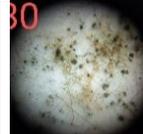
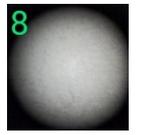
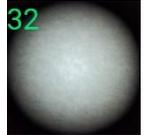
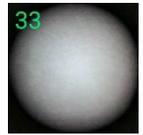
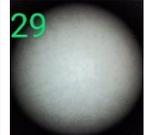
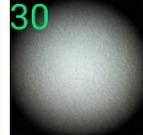
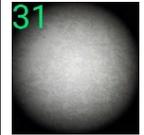
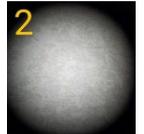
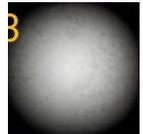
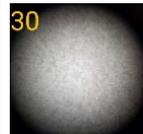
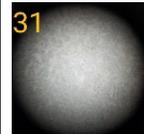
乾	2週	-完整	-完整	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整
	2週 顯微鏡						
烘乾	週	-完整-中縫	-完整-中縫	-完整-裂	-完整	無-完整	無-完整
	2週	無-完整-裂痕	無-完整-裂痕	無-完整-裂痕	無-完整-裂痕	無-完整-裂痕	無-完整-裂痕
	2週 顯微鏡						
冷乾	1週	無-完整-裂	無-完整-裂	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整
	2週	無-完整-裂	無-完整-裂	無-完整	無-完整	-完整	-完整
	週						
	週	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整
	2週	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整
	2週 顯微鏡						

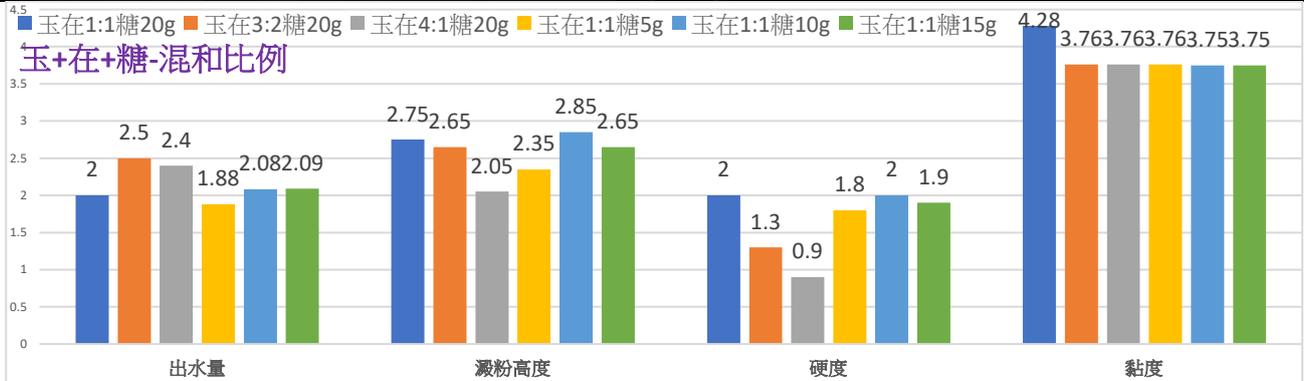
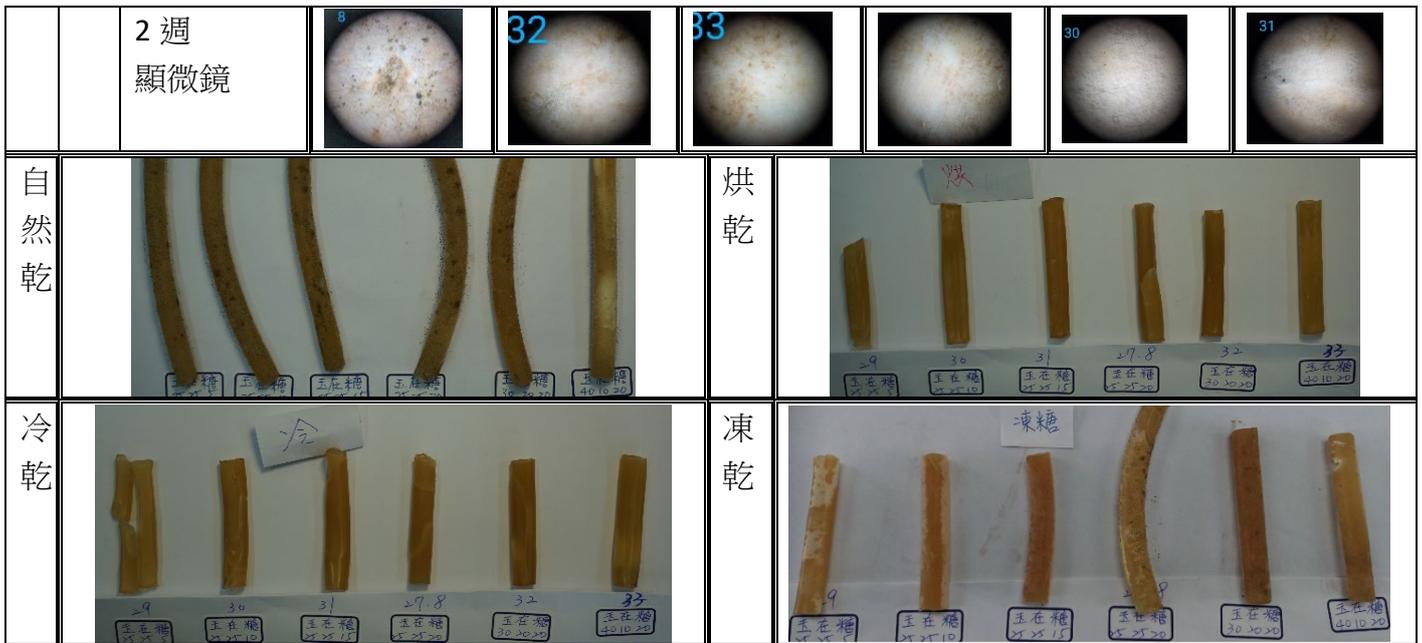


<實驗結果>

- 依雙澱粉不添加值與加鹽值：雙澱粉 1:1 加 20g 鹽:出水量(1.1<2.2)。體積(3.55>2.45)。硬度(2.5<1.40)。黏度(4.46>4.10)。少鹽可增加出水量，直鏈增加，支鏈減少。多鹽出水量無效果，抑制支鏈的溶出。
- 雙澱粉 3:2 加 20g 鹽:出水量(1.01<2.3)。體積(3.45>2.35)。硬度(2.4<1.20)。黏度(4.65>3.93)。可增加出水量，直鏈增加，支鏈減少。雙澱粉 4:1 加 20g 鹽:出水量(2.21<2.41)。體積(2.50>2.25)。硬度(0.9>1.1)。黏度(4.28>3.75)。直鏈不增，支鏈減少。雙澱粉混合直鏈含量多，加鹽都會增加出水量，直鏈不增，支鏈減少，多鹽會越無效果。
- 老化環境-自然乾第三周才發霉，可見含水量很少，為添加物中體積最完整也不易裂，但不易乾，氫鍵不易形成。凍乾會變白會發霉，冷乾、烘乾表面有皺褶但不易有裂痕。

實驗 3-4: 雙澱粉混合比例-玉在 4:1、玉在 3:2、玉在 1:1 加不同量的砂糖

		玉在 1:1 糖 20g	玉在 3:2 糖 20g	玉在 4:1 糖 20g	玉在 1:1 糖 5g	玉在 1:1 糖 10g	玉在 1:1 糖 15g
糊化前澱粉漿	出水量						
	24hr	1.55	2.1	2.1	1.48	1.8	1.69
	48hr	0.45	0.4	0.3	0.4	0.28	0.4
	總和	<u>2</u>	<u>2.5</u>	<u>2.4</u>	<u>1.88</u>	<u>2.08</u>	<u>2.09</u>
	澱粉漿高度(cm)	<u>2.75</u>	<u>2.65</u>	<u>2.05</u>	<u>2.35</u>	<u>2.85</u>	<u>2.65</u>
硬度平均(cm)	<u>2.0</u>	<u>1.3</u>	<u>0.9</u>	<u>1.8</u>	<u>2</u>	<u>1.9</u>	
黏度平均(g)	<u>4.28</u>	<u>3.76</u>	<u>3.76</u>	<u>3.76</u>	<u>3.75</u>	<u>3.75</u>	
糊化後老化環境	自乾						
	1週	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整	少霉-完整	-完整
	2週	-完整	多霉-完整	多霉-完整	多霉-完整	多霉-完整	多霉-完整
	顯微鏡						
	烘乾						
	1週	-完整-略瘦	-完整-略瘦	-完整-略瘦	無-完整-略瘦	無-完整-略瘦	無-完整-略瘦
	2週	無-完整-略瘦	無-完整-略裂	無-完整-略裂	無-完整-略裂	無-完整-略裂	無-完整-略裂
	顯微鏡						
	冷乾						
	1週	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整	無-完整
2週	無-裂 2半	無-裂	無-裂	無-裂	無-裂	無-裂	
顯微鏡							
凍乾							
1週	多霉-完整	多霉-完整	多霉-完整	多霉-完整	多霉-完整	多霉-完整	
2週	多多霉-完整-變微白	多多霉-完整-變微白	多多霉-完整-變微白	多多霉-完整-變微白	多多霉-完整-變微白	多多霉-完整-變微白	



<實驗結果>

- 依雙澱粉不添加值與加糖值：雙澱粉 1:1 加 20g 糖:出水量(1.1<2.0)。體積(3.55>2.75)。硬度(2.5<2.0)。黏度(4.46>4.28)。少糖可增加出水量，增加直鏈溶出，支鏈減少。多糖出水量增加會減緩，硬度不改變。體積呈現略變大或略變小的不一致狀態，推測糖會使兩邊的澱粉水量分配不均，溶出的直、支鏈數不一樣，使體積產生略縮小或略膨脹的情形。
- 雙澱粉 3:2 加 20g 糖:出水量(1.01<2.5)。體積(3.45>2.65)。硬度(2.4<1.30)。黏度(4.65>3.76)。可增加出水量，直鏈溶出，支鏈減少。雙澱粉 4:1 加 20g 糖:出水量(2.21<2.40)。體積(2.50>2.05)。硬度(0.9=0.9)。黏度(4.28>3.76)。可增加出水量，支鏈減少，直鏈不增。雙澱粉混合直鏈含量多，加多糖出水量趨減緩，黏度降低，會抑制雙方直、支鏈溶出，會越無效果。
- 老化環境:烘乾、冷乾快速脫水均不長霉，但凹裂均裂、變形明顯。糖.鹼.鹽.雖出水量差不多，但加糖相較加鹽、鹼，自乾、凍乾外表保持完整、不凹陷，但含水量多發霉最多，不容易脫水，不利氫鍵形成。

研究四、雙澱粉的最佳混合比例糊化後在不同老化環境下的特性與老化澱粉在不同水溫、不同溶液下的狀態

(一)實驗目的:①找出雙澱粉(玉米澱粉+在來米澱粉)的最佳混合比例、添加何種添加物及量、在何種老化環境。②老化澱粉浸泡在不同水溫度、不同溶液下的狀態

(二)實驗步驟

1. 調配雙澱粉同重量混合比例【玉在 1:1】飽和液-未添加、加鹼〔小蘇打 5g、10g、15g〕、加鹽〔食鹽 5g、10g、15g、20g〕、加糖〔糖 5g、10g、15g、20g〕，急冷環境的澱粉漿。
2. 同〔研究三實驗步驟 4.〕在四種老化環境方法八測量糊化後含水量。
3. 方法三測量老化澱粉-烘乾、冷乾的硬度，方法三、五、七測量自然乾的硬度、折斷度、防霉度、耐撞度。
4. 自然乾後浸泡在不同水溫〔冷藏 4°C、室溫 25°C、高溫 60°C〕、不同溶液〔食用醋 pH2.74、飽和小蘇打水(9.6g/100ml)、飽和食鹽水(36g/100ml)、飽和砂糖水(200g/100ml)〕，方法三測量每 0.5hr、1hr、1.5hr、2hr 的硬度。

			
浸泡食用醋	取出浸泡恆溫 60°C 試管	直徑 6cm、厚 0.5cm 圓型模具	浸泡糖水後

(三)實驗記錄

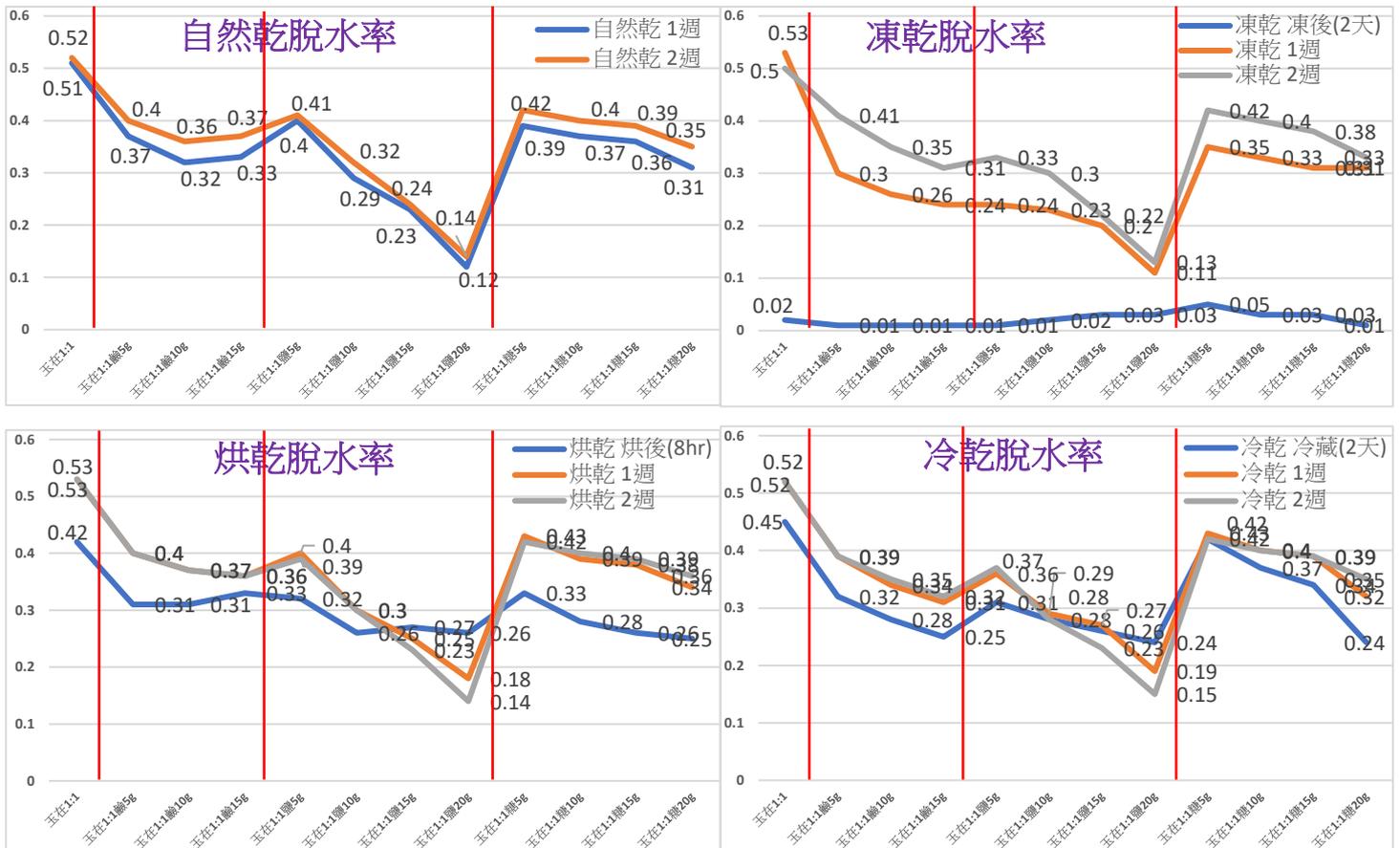
實驗 4-1:雙澱粉 1:1 未添加與添加(鹼、鹽、糖)-糊化後在四種老化環境下的水分脫水率

水分脫水率		玉在 1:1	玉在 1:1 鹼 5g	玉在 1:1 鹼 10g	玉在 1:1 鹼 15g
自乾	1 週	(5.3-2.57)/5.3= 0.51	(5.463.39)/5.46= 0.37	(5.623.81)/5.62= 0.32	(8.28-5.47)/8.28= 0.33
	2 週	(5.3-2.55)/5.3= 0.52	(5.46-3.25)/5.46= 0.40	(5.62-3.59)/5.62= 0.36	(8.28-5.21)/8.28= 0.37
烘乾	烘乾(8hr)	(5.343.08)/5.34= 0.42	(5.23-3.60)/5.23= 0.31	(5.61-3.84)/5.61= 0.31	(4.58-3.04)/4.58= 0.33
	1 週	(5.34-2.49)/5.34= 0.53	(5.23-3.12)/5.23= 0.40	(5.61-3.49)/5.61= 0.37	(4.58-2.91)/4.58= 0.36
	2 週	(5.34-2.49)/5.34= 0.53	(5.23-3.13)/5.23= 0.40	(5.61-3.5)/5.61= 0.37	(4.58-2.91)/4.58= 0.36
凍乾	凍乾(2 天)	(6.1-5.93)/6.1= 0.02	(5.68-5.59)/5.68= 0.01	(5.68-5.61)/5.68= 0.01	(3.81-3.77)/3.81= 0.01
	1 週	(6.1-2.85)/6.1= 0.53	(5.68-3.92)/5.68= 0.30	(5.68-4.2)/5.68= 0.26	(3.81-2.89)/3.81= 0.24
	2 週	(6.1-3)/6.1= 0.50	(5.68-3.34)/5.68= 0.41	(5.68-3.64)/5.68= 0.35	(3.81-2.62)/3.81= 0.31
冷乾	冷乾(2 天)	(4.91-2.67)/4.91= 0.45	(5.43-3.66)/5.43= 0.32	(5.74-4.09)/5.74= 0.28	(6.26-4.67)/6.26= 0.25
	1 週	(4.91-2.35)/4.91= 0.52	(5.43-3.31)/5.43= 0.39	(5.74-3.74)/5.74= 0.34	(6.26-4.31)/6.26= 0.31
	2 週	(4.91-2.34)/4.91= 0.52	(5.43-3.26)/5.43= 0.39	(5.74-3.68)/5.74= 0.35	(6.26-4.21)/6.26= 0.32
水分脫水率		玉在 1:1 鹽 5g	玉在 1:1 鹽 10g	玉在 1:1 鹽 15g	玉在 1:1 鹽 20g
自乾	1 週	(4.89-2.91)/4.89= 0.40	(4.86-3.45)/4.86= 0.29	(5.57-4.26)/5.57= 0.23	(5.48-4.82)/5.48= 0.12
	2 週	(4.89-2.85)/4.89= 0.41	(4.86-3.30)/4.86= 0.32	(5.57-4.19)/5.57= 0.24	(5.48-4.67)/5.48= 0.14
烘乾	烘乾(8hr)	(5.11-3.43)/5.11= 0.32	(5.30-3.87)/5.30= 0.26	(5.56-4.05)/5.56= 0.27	(5.37-3.94)/5.37= 0.26
	1 週	(5.11-3.03)/5.11= 0.40	(5.30-3.66)/5.30= 0.30	(5.56-4.17)/5.56= 0.25	(5.37-4.35)/5.37= 0.18
	2 週	(5.11-3.07)/5.11= 0.39	(5.30-3.70)/5.30= 0.30	(5.56-4.28)/5.56= 0.23	(5.37-4.59)/5.37= 0.14
凍乾	凍乾(2 天)	(5.52-5.42)/5.52= 0.01	(4.56-4.46)/4.56= 0.02	(5.63-5.41)/5.63= 0.03	(7.22-6.95)/7.22= 0.03
	1 週	(5.52-4.16)/5.52= 0.24	(4.56-3.49)/4.56= 0.23	(5.63-4.50)/5.63= 0.20	(7.22-6.37)/7.22= 0.11
	2 週	(5.52-3.68)/5.52= 0.33	(4.56-3.19)/4.56= 0.30	(5.63-4.35)/5.63= 0.22	(7.22-6.25)/7.22= 0.13
冷	冷乾(2 天)	(5.71-3.91)/5.71= 0.31	(4.96-3.55)/4.96= 0.28	(5.49-4.01)/5.49= 0.26	(5.55-4.18)/5.55= 0.24

乾	1 週	$(5.71-3.6)/5.71=0.36$	$(4.96-3.50)/4.96=0.29$	$(5.49-4)/5.49=0.27$	$(5.55-4.49)/5.55=0.19$
	2 週	$(5.71-3.58)/5.71=0.37$	$(4.96-3.56)/4.96=0.28$	$(5.49-4.20)/5.49=0.23$	$(5.55-4.71)/5.55=0.15$
水分脫水率		玉在 1:1 糖 5g	玉在 1:1 糖 10g	玉在 1:1 糖 15g	玉在 1:1 糖 20g
自乾	1 週	$(7.13-4.32)/7.13=0.39$	$(7.45-4.69)/7.45=0.37$	$(7.35-4.69)/7.35=0.36$	$(6.71-4.58)/6.71=0.31$
	2 週	$(7.13-4.10)/7.13=0.42$	$(7.45-4.44)/7.45=0.40$	$(7.35-4.46)/7.35=0.39$	$(6.71-4.34)/6.71=0.35$
烘乾	烘乾(8hr)	$(6.83-4.52)/6.83=0.33$	$(7.5-5.35)/7.5=0.28$	$(7.55-5.58)/7.55=0.26$	$(5.75-4.29)/5.75=0.25$
	1 週	$(6.83-3.89)/6.83=0.43$	$(7.5-4.51)/7.5=0.39$	$(7.55-4.68)/7.55=0.38$	$(5.75-3.75)/5.75=0.34$
	2 週	$(6.83-3.91)/6.83=0.42$	$(7.5-4.46)/7.5=0.40$	$(7.55-4.6)/7.55=0.39$	$(5.75-3.67)/5.75=0.36$
凍乾	凍乾(2 天)	$(7.25-6.88)/7.25=0.05$	$(7.35-7.08)/7.35=0.03$	$(7.27-7.07)/7.27=0.03$	$(3.82-3.77)/3.82=0.01$
	1 週	$(7.25-4.65)/7.25=0.35$	$(7.35-4.91)/7.35=0.33$	$(7.27-4.98)/7.27=0.31$	$(3.82-2.62)/3.82=0.31$
	2 週	$(7.25-4.15)/7.25=0.42$	$(7.35-4.38)/7.35=0.40$	$(7.27-4.47)/7.27=0.38$	$(3.82-2.56)/3.82=0.33$
冷乾	冷乾(2 天)	$(6.62-3.8)/6.62=0.42$	$(6.61-4.12)/6.61=0.37$	$(7.43-4.87)/7.43=0.34$	$(4.56-3.45)/4.56=0.24$
	1 週	$(6.62-3.74)/6.62=0.43$	$(6.61-3.91)/6.61=0.40$	$(7.43-4.52)/7.43=0.39$	$(4.56-3.08)/4.56=0.32$
	2 週	$(6.62-3.79)/6.62=0.42$	$(6.61-3.91)/6.61=0.40$	$(7.43-4.5)/7.43=0.39$	$(4.56-2.93)/4.56=0.35$

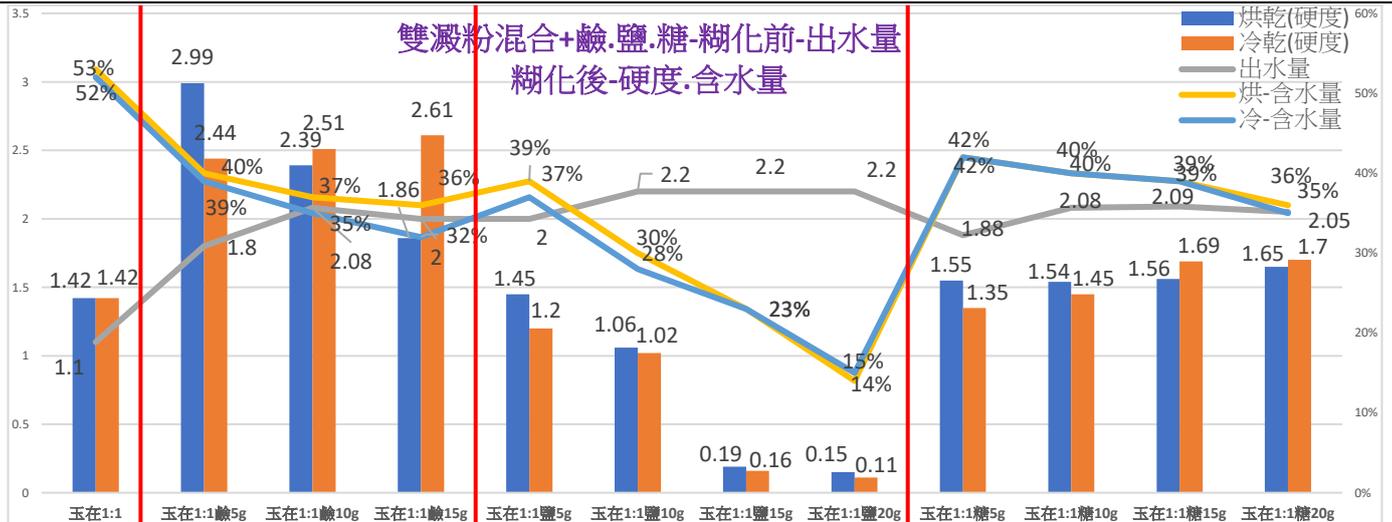
<實驗結果>

1.由四種老化環境得知，雙澱粉糊化後含水量(脫水率)：不添加>糖>鹼>鹽。加糖、鹼量的多寡，含水都差不多。**老化澱粉-加鹼易乾燥，有利氫鍵形成晶體結構，不發霉，且有防霉效果**；加糖保水度最好，不易乾，發霉最多，會抑制分子間氫鍵的形成，抑制排水，不易形成晶體結構；加鹽越多含水量最少，最慢發霉，且不易乾，會抑制氫鍵形成。



實驗 4-2:雙澱粉 1:1 混合未添加與添加物-糊化前出水量，糊化後老化澱粉含水量、硬度

	玉在 1:1	玉在 1:1 鹼 5g	玉在 1:1 鹼 10g	玉在 1:1 鹼 15g	玉在 1:1 鹽 5g	玉在 1:1 鹽 10g	玉在 1:1 鹽 15g	玉在 1:1 鹽 20g	玉在 1:1 糖 5g	玉在 1:1 糖 10g	玉在 1:1 糖 15g	玉在 1:1 糖 20g	
糊化前出水量	1.1	1.8	2.08	2	2	2.2	2.2	2.2	1.88	2.08	2.09	2.05	
烘乾	含水量	53%	40%	37%	36%	39%	30%	23%	14%	42%	40%	39%	36%
	硬度平均	1.42	2.99	2.39	1.86	1.45	1.06	0.19	0.15	1.55	1.54	1.56	1.65
冷乾	含水量	52%	39%	35%	32%	37%	28%	23%	15%	42%	40%	39%	35%
	硬度平均	1.42	2.44	2.51	2.61	1.20	1.02	0.16	0.11	1.35	1.45	1.69	1.70



<實驗結果>

1. 糊化前[出水量]:鹽>糖=鹼>不添加。糊化後[含水量]:不添加>糖>鹼>鹽。[發霉速度]:不添加>糖>鹽，沒發霉。鹼。高溫烘乾能保持持續糊化與脫水，[烘乾老化澱粉硬度]:鹼>糖=不添加>鹽。低溫能加速脫水，[冷乾老化澱粉硬度]:鹼>不添加>糖>鹽。
2. ①烘乾-少鹼含水量適中幫助直、支鏈澱粉溶出；多鹼含水量較少，直、支鏈澱粉溶出有限且會逐漸少。糖的出水量多、含水量也多，硬度與不添加差不多，可見少糖與多糖直、支鏈溶出有限。多鹽含水量瞬間少了一半，缺水情狀下，無法溶出支、直鏈澱粉，硬度減少一半。②冷乾-多鹼、多糖因單位體積內澱粉量變多使紮實而微變硬。多鹽因嚴重缺水造成糊化不足使直、支鏈溶出量最少，硬度為最軟。
3. 老化澱粉-直、支鏈含量:加鹼(最多)>不添加>加糖(減少)>加鹽(最少)。
4. 未添加的澱粉漿含水量多(53%)，並不會幫助澱粉溶出更多的直鏈澱粉。

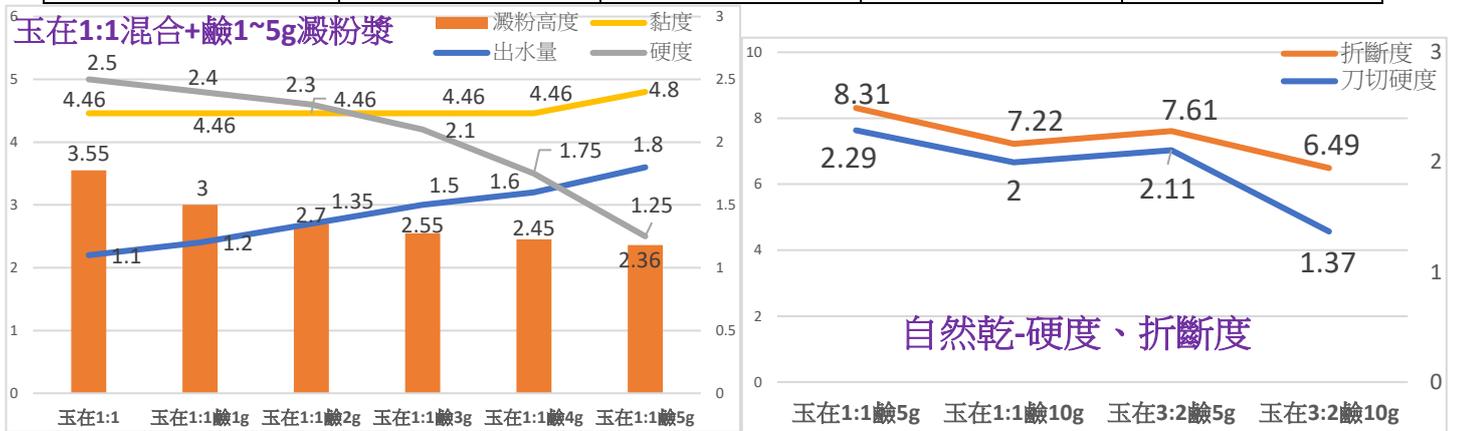
實驗 4-3-1:雙澱粉 1:1 加少量鹼(1~5g)-糊化前澱粉漿的特性

糊化前澱粉漿 48hr	玉在 1:1	玉在 1:1 鹼 1g	玉在 1:1 鹼 2g	玉在 1:1 鹼 3g	玉在 1:1 鹼 4g	玉在 1:1 鹼 5g
出水量(cm)	1.1	1.2	1.35	1.5	1.6	1.8
澱粉漿高度(cm)	3.55	3	2.7	2.55	2.45	2.36
硬度平均(cm)	2.5	2.4	2.3	2.1	1.75	1.25
黏度平均(g)	4.46	4.46	4.46	4.46	4.46	4.80

實驗 4-3-2-A:雙澱粉 1:1、3:2 混合加鹼-糊化後(自然乾)老化的硬度【測直鏈澱粉量】

自然乾	玉在 1:1 鹼 5g	玉在 1:1 鹼 10g	玉在 3:2 鹼 5g	玉在 3:2 鹼 10g
-----	-------------	--------------	-------------	--------------

刀切硬度平均(kg)	2.29	2.00	2.11	1.37
折斷度平均(kg)	8.31	7.22	7.61	6.49
防霉	每天噴水，噴水一周，不發黴	每天噴水，噴水一周，不發黴	每天噴水，噴水一周，不發黴	每天噴水，噴水一周，不發黴



<實驗結果>

1. 雙澱粉 1:1 加鹼(1~5g)澱粉漿，以 5g 溶出的直、支鏈澱粉最多，各項特性最好。
2. 老化澱粉的硬度、折斷度: 雙澱粉 1:1 鹼 5g > 雙澱粉 3:2 鹼 5g > 雙澱粉 1:1 鹼 10g > 雙澱粉 3:2 鹼 10g，都是雙澱粉 1:1 鹼 5g 效果最好。加鹼有防霉效果。

實驗 4-3-2-B: 雙澱粉 1:1、3:2 加鹼-糊化後老化澱粉(自然乾)耐撞度【測支鏈澱粉黏著性】

自然乾	玉在 1:1 鹼 5g	玉在 1:1 鹼 10g	玉在 3:2 鹼 5g	玉在 3:2 鹼 10g
第一次撞擊後圖			三個圓形全不破 三個方形全不破	三個方形全不破 三個圓形全不破
第二次撞擊後圖				三個方形全不破 三個圓形全不破
第三次撞擊後圖	-			
三次撞擊結束仍保持	0 個保持完整			

完整		1 個圓形保持完整	2 個圓形保持完整	 1 個方形、3 個圓形 保持完整
耐撞度	第四名	第三名	第二名	第一名

<實驗結果>

1. 耐撞度:雙澱粉 3:2 鹼 10g(4 個保持完整) > 雙澱粉 3:2 鹼 5g(2 個保持完整) > 雙澱粉 1:1 鹼 10g(1 個保持完整) > 雙澱粉 1:1 鹼 5g(0 個保持完整)。

實驗 4-4-1:老化澱粉(自然乾)浸泡在不同水溫-冷藏 4°C、室溫 25°C、高溫 60°C 的硬度

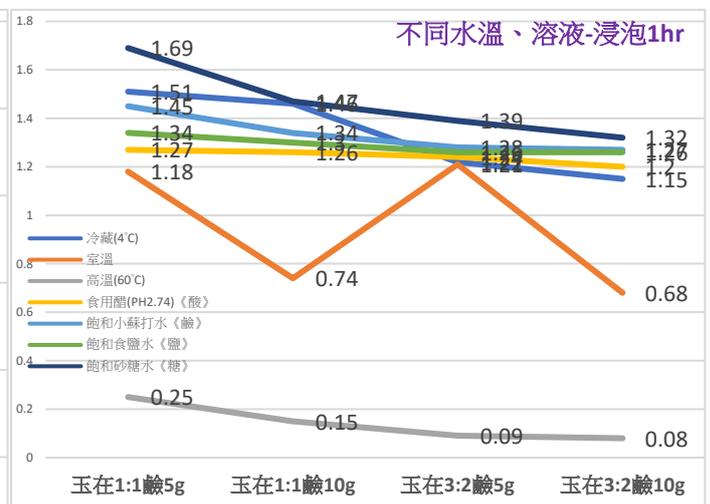
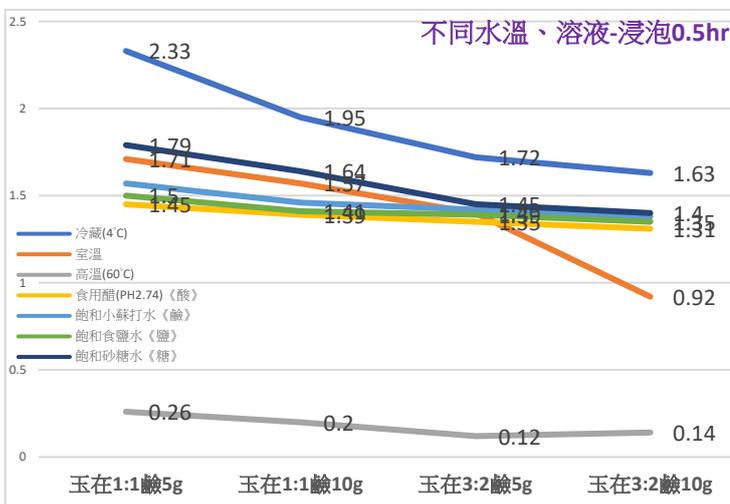
水溫/ 硬度	玉在 1:1 鹼 5g				玉在 1:1 鹼 10g				玉在 3:2 鹼 5g				玉在 3:2 鹼 10g			
	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr
冷藏/平均	2.33	1.51	1.13	0.68	1.95	1.46	0.86	0.47	1.72	1.22	0.86	0.46	1.63	1.15	0.84	0.35
室溫/平均	1.71	1.18	0.85	0.62	1.57	0.74	0.64	0.57	1.40	1.21	0.66	0.46	0.92	0.68	0.62	0.47
高溫/平均	0.26	0.25	0.21	0.18	0.20	0.15	0.10	0.09	0.12	0.09	0.09	0.09	0.14	0.08	0.05	0.05

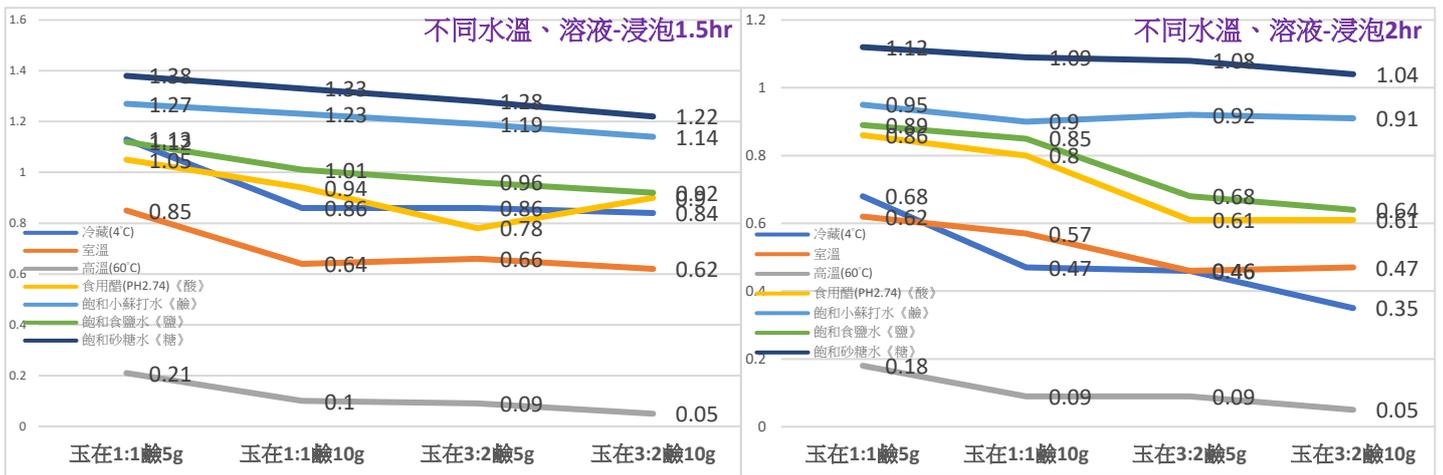
實驗 4-4-2:老化澱粉(自然乾)浸泡在食用醋、飽和(小蘇打水、食鹽水、砂糖水)的硬度

溶液/ 硬度	玉在 1:1 鹼 5g				玉在 1:1 鹼 10g				玉在 3:2 鹼 5g				玉在 3:2 鹼 10g			
	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr	0.5hr	1hr	1.5hr	2hr
酸/平均	1.45	1.27	1.05	0.86	1.39	1.26	0.94	0.80	1.35	1.24	0.78	0.61	1.31	1.20	0.90	0.61
鹼/平均	1.57	1.45	1.27	0.95	1.46	1.34	1.23	0.90	1.42	1.28	1.19	0.92	1.38	1.27	1.14	0.91
鹽/平均	1.50	1.34	1.12	0.89	1.41	1.30	1.01	0.85	1.39	1.26	0.96	0.68	1.35	1.26	0.92	0.64
糖/平均	1.79	1.69	1.38	1.12	1.64	1.47	1.33	1.09	1.45	1.39	1.28	1.08	1.40	1.32	1.22	1.04

<實驗結果>

1. 0.5 小時，雙澱粉 1:1 加少鹼 5g 在低溫(4°C)最硬，也較能耐高溫水，2 小時後可明顯看出泡水變軟，但泡在酸.鹼.鹽.糖.溶液還能維持一定的硬度。
2. 外在環境對老化澱粉的侵蝕力:高溫 60°C>水>酸>鹽>鹼>糖，怕高溫與水，會破壞結構變軟爛，且較怕高溫勝過於水。但對含水量少的酸性溶液、飽和鹼性溶液、飽和鹽性溶液、飽和糖溶液、低溫冷藏 4°C，可較長時間保持硬度。



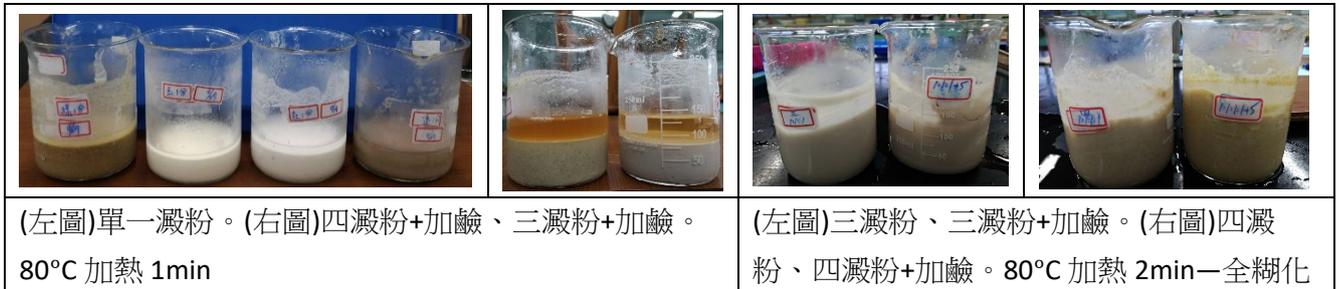


研究五、多種澱粉混合糊化前後的直、支鏈變化

(一)實驗目的:不同糊化溫度、不同直鏈含量的多種類澱粉混合後之全糊化溫度、糊化前澱粉漿、糊化後老化澱粉的直、支鏈的變化

(二)實驗步驟:

- 1.調配雙澱粉同重量混合比例飽和液:(玉米粉 25g+在來米 25g)【1:1】/100ml、三澱粉(玉米粉 16.66g+在來米 16.66g+蓮藕粉 16.66g)【1:1:1】/100ml、四澱粉(玉米粉 12.5g+在來米 12.5g+蓮藕粉 12.5g+綠豆粉 12.5g)【1:1:1:1】/100ml；與調配上述各飽和液各加 5g 食用小蘇打粉，急冷環境的澱粉漿。
- 2.〔同研究三實驗步驟 4.〕方法三、方法八測量烘乾、冷乾糊化後含水量、硬度。方法六、方法七測量自然乾拍下黴菌、耐撞度。



(三)實驗記錄

實驗 5-1 多種澱粉混合-全糊化時間(雙澱粉、三澱粉、四澱粉)

80°C 加熱 2min	雙澱粉(玉米粉+在來米) 【糊化溫度相當】		三澱粉(玉米粉+在來米)+ 蓮藕粉【易糊化】		四澱粉(玉米粉+在來米)+蓮藕粉 【易糊化】+綠豆粉【高直鏈】	
	未添加	+5g 鹼	未添加	+5g 鹼	未添加	+5g 鹼
糊化 狀態	未糊化	未糊化	1 分 30 秒 全糊化	1 分 50 秒 全糊化	1 分 40 秒 全糊化	2 分鐘 全糊化

<實驗結果>

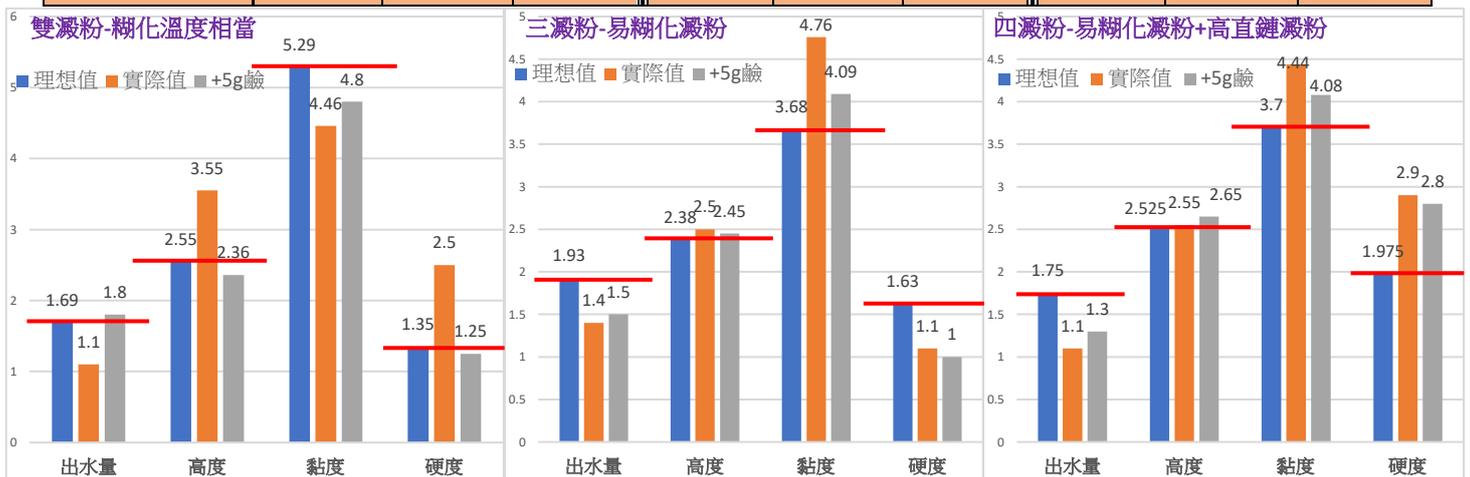
1. 未添加全糊化時間:三澱粉(易糊化) 1 分 30 秒<四澱粉(易糊化+高直鏈) 1 分 40 秒<雙澱粉(糊化溫度相當) 超過 2 分鐘。澱粉糊化溫度相當的雙澱粉加熱 2 分鐘均未糊化，三澱粉加了易糊化的蓮藕粉，會使其他兩種澱粉也縮短到 1 分 30 秒就達到全糊化。
- 2.加鹼因滲透壓有助於減緩吸水，減緩全糊化時間。

實驗 5-2-1 單一澱粉-糊化前澱粉漿的特性

80°C 加熱 1min-急冷	玉米澱粉	在來米澱粉	蓮藕澱粉	綠豆澱粉
48hr 水量(cm)	<u>2.3</u>	<u>1.8</u>	<u>1.7</u>	<u>1.2</u>
澱粉漿高度(cm)	<u>2.15</u>	<u>2.75</u>	<u>2.25</u>	<u>2.95</u>
黏度平均(g)	<u>3.4</u>	<u>4.08</u>	<u>3.57</u>	<u>3.74</u>
硬度平均(cm)	<u>1</u>	<u>到底 2.8</u>	<u>1.1</u>	<u>到底 3</u>

實驗 5-2-2 多種澱粉混合-糊化前澱粉漿(雙澱粉、三澱粉、四澱粉)

急冷	雙澱粉(玉米粉+在來米) 【糊化溫度相當】加熱 2min			三澱粉(玉米粉+在來米)+ 蓮藕粉【易糊化】加熱 1min			四澱粉(玉米粉+在來米)+ 蓮藕粉【易糊化】+綠豆 粉【高直鏈】加熱 1min		
	理想值	實際值	+5g 鹼	理想值	實際值	+5g 鹼	理想值	實際值	+5g 鹼
48hr 出水量	<u>1.69</u>	<u>1.1</u>	<u>1.8</u>	<u>1.93</u>	<u>1.4</u>	<u>1.5</u>	<u>1.75</u>	<u>1.1</u>	<u>1.3</u>
高度(cm)	<u>2.55</u>	<u>3.55</u>	<u>2.36</u>	<u>2.38</u>	<u>2.50</u>	<u>2.45</u>	<u>2.525</u>	<u>2.55</u>	<u>2.65</u>
黏度(g)	<u>5.29</u>	<u>4.46</u>	<u>4.80</u>	<u>3.68</u>	<u>4.76</u>	<u>4.09</u>	<u>3.70</u>	<u>4.44</u>	<u>4.08</u>
硬度(cm)	<u>1.35</u>	<u>2.5</u>	<u>1.25</u>	<u>1.63</u>	<u>1.1</u>	<u>1</u>	<u>1.975</u>	<u>到底</u> <u>2.55</u>	<u>到底</u> <u>2.65</u>



<實驗結果>

- 依多種澱粉混合的理論值、實際值、+5g 鹼值:雙澱粉:〔澱粉種類糊化溫度相當〕混合後直鏈支鏈均降低,加鹼有助直鏈、支鏈溶出。三澱粉:〔易糊化澱粉〕幫助溶出更多的支鏈澱粉造成易達糊化,加鹼減少支鏈澱粉溶出,溶出的直鏈澱粉很微量呈現減弱至無效果。四澱粉:〔高直鏈澱粉〕混和其他澱粉無法聚合與,加鹼無法溶出直鏈,也與本身不易吸水,支鏈含量低、分子間含水量多且缺乏黏著性造成多澱粉混合後硬度變軟。
- 不同種類澱粉會不相容,加鹼可增加出水量,對澱粉混合種類越多呈現越無效果的趨勢。
- 多種澱粉加鹼對〔易糊化澱粉〕的直鏈澱粉溶出的影響力減弱,對〔高直鏈澱粉〕的直鏈澱粉溶出則呈現無效果。

實驗 5-3-1 多種澱粉混合-糊化後老化環境(自然乾)發黴的變化

全糊化	雙澱粉(玉米粉+在來米) 【糊化溫度相當】		三澱粉(玉米粉+在來米)+ 蓮藕粉【易糊化】		四澱粉(玉米粉+在來米)+蓮藕粉 【易糊化】+綠豆粉【高直鏈】	
	未添加	+5g 鹼	未添加	+5g 鹼	未添加	+5g 鹼
自然乾	多黴	沒發霉	多黴	微點黴	爆量多黴	多黴



實驗 5-3-2: 多澱粉混合加鹼-糊化後(自然乾)老化的耐撞度【測支鏈澱粉黏著性】

自然乾	三澱粉 1:1 鹼 5g	四澱粉 1:1 鹼 5g
第一次撞擊後圖		
耐撞度	0 個保持完整	0 個保持完整

<實驗結果>

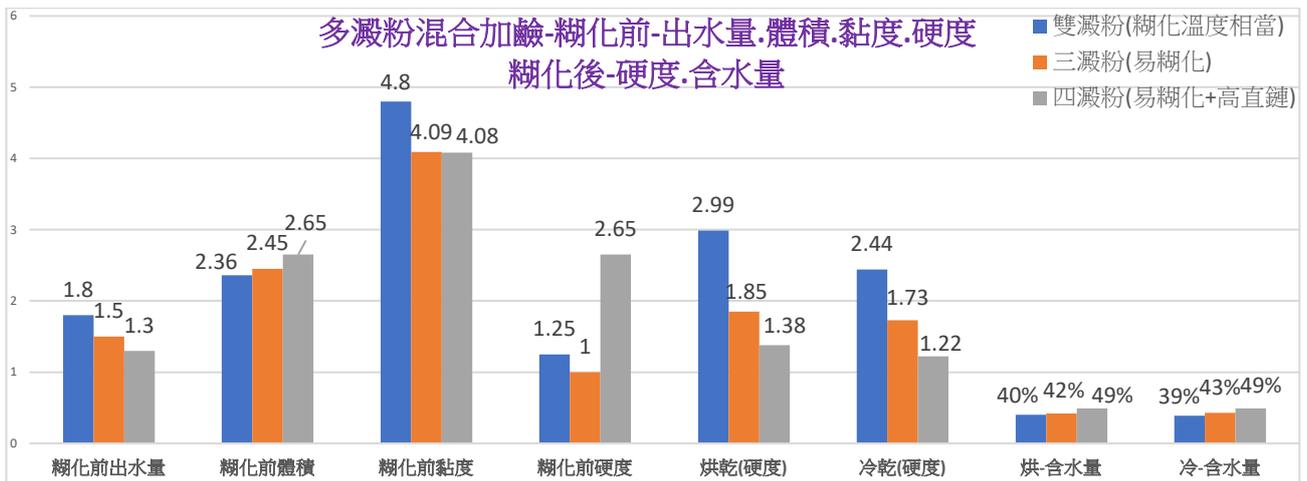
- 1.多種澱粉（三、四澱粉）加鹼都不會增加耐撞度，黏著度不佳，不會增加支鏈溶出。
- 2.加鹼在滲透壓的作用下，減少含水量與溶出直鏈澱粉，比未添加的發霉都變少。
- 3.多種澱粉加鹼自然乾發霉度:四澱粉(多黴)>三澱粉(微點黴)>雙澱粉(無黴)，顯示溶出直鏈澱粉量:雙澱粉>三澱粉>四澱粉。三澱粉、四澱粉加鹼不易乾燥、不易老化，均會發霉，但只有雙澱粉易乾燥、易老化、不發黴，直鏈含量最多，一旦乾燥無黴後也有防霉效果。

實驗 5-3-3 多種澱粉混合+5g 鹼-糊化前出水量、糊化後老化澱粉(烘乾、冷乾)含水量、硬度

多澱粉+5g 鹼全糊化	雙澱粉(玉米粉+在來米)【糊化溫度相當】	三澱粉(玉米粉+在來米)+蓮藕粉【易糊化】	四澱粉(玉米粉+在來米)+蓮藕粉【易糊化】+綠豆粉【高直鏈】
糊化前出水量	1.8	1.5	1.3
烘乾	含水量	42%	49%
	硬度	1.85	1.38
冷乾	含水量	43%	49%
	硬度	1.73	1.22

<實驗結果>

1. 多種澱粉混合加鹼:①以雙澱粉硬度最硬-兩種混合澱粉為限、澱粉種類糊化溫度相似、直鏈含量約 25%~30%最佳。②三種澱粉以上、混合澱粉種類性質差異大【易糊化、高直鏈澱粉】直鏈溶出效果不佳。
2. 四澱粉含水量最多(49%)，表示高直鏈澱粉不易吸水，水多存在分子間含水量多、黏著度差造成多澱粉混合後硬度降低很多。



陸、討論

- 蓮藕澱粉漿表層氧化呈現黑色，測得 pH 值高偏中性與其他三種澱粉漿腐敗與氧化皆呈現 pH 值低越酸性的結果不一樣，推測蓮藕澱粉含有其他成分，查詢**蓮藕澱粉含少量鐵成分緣故，溶於水本身呈現酸性，但表層氧化會呈現黑色的氧化鐵使偏鹼性。**
- 綠豆澱粉直鏈含量(57.9%)最高，但不易吸水不易糊化，不黏不硬，不容易溶出直鏈澱粉，效果不如預測，**高直鏈含量澱粉不一定就能溶出相等多的直鏈澱粉。**玉米澱粉漿偏乾，有硬度沒黏度。在來米澱粉漿有黏度沒硬度。蓮藕澱粉漿黏度、硬度均次之，由緩降承載重量得知:蓮藕澱粉最耐重堅硬 Q 彈，最易糊化，但製作澱粉漿容易失敗不適合。考量澱粉漿以軟硬適中、含水量少、好灌漿為主，故**雙澱粉混合選擇玉米粉最硬與在來米最黏兩者優點混合。**
- [雙澱粉 1:1] 加 5g 少鹼老化硬度最硬，顯示直鏈澱粉溶出最多，**直鏈澱粉堅硬易撞碎。**
[雙澱粉 3:2] 混合直鏈含量越多加 5g 少鹼越無效，可見**直鏈澱粉不易被溶出，相對支鏈溶出比例多，支鏈澱粉質軟不易撞碎**，混合玉米澱粉比例高的呈現耐撞不易撞碎，顯示玉米澱粉溶出的支鏈澱粉黏著性較高，**與澱粉種類有關。**
- 雙澱粉混合的相容性**體積全膨脹**，硬度均變軟，不同澱粉種類分子間無法聚合有距離有空間，抑制直鏈澱粉溶出，若混和比例約各半，雙方抑制直鏈溶出會更明顯。**黏度全降**，表示不同種類間會抑制雙方支鏈澱粉溶出。**雙澱粉混合有不相容、不易糊化與降低雙方澱粉粒(直、支鏈澱粉)的溶出的情形。**
- 多種澱粉混合會不相容，澱粉混合種類越多加鹼溶出的直鏈澱粉量呈現越無效果。對**易糊化澱粉**因滲透壓減緩給水支鏈澱粉溶出減少且**對溶出的直鏈澱粉影響力減弱**，對高直鏈澱粉的直鏈澱粉溶出則呈現無效果。
- 澱粉加鹼會變色-糊化前澱粉漿:綠豆粉、蓮藕粉加小蘇打(鹼)會變深棕色、紅鐵色。雙澱粉混合加小蘇打(鹼)糊化後-**老化澱粉變為黃色或深咖啡色**，查詢**小蘇打(鹼)與澱粉中的類胡蘿蔔素、類黃酮等發生作用從無色變為黃色。**
- 雙澱粉 1:1 糊化後-由加鹼、糖量的多寡，計算**莫耳濃度:鹼略大於糖**，滲透壓即是鹼略大於糖，與實驗結果:「兩者的出水量差不多，**含水量則是糖略大於鹼**，兩者隨量增加滲透壓微增使含水量逐漸微減少」一樣；由老化澱粉硬度來看，**加鹼把多半的水集中在澱粉分子內提高澱粉粒吸水性溶出更多直、支鏈澱粉。**但**加糖**卻剛好跟鹼相反，雖然糖的**含水量多於鹼**，但糖把水握在手上跟澱粉分子內在搶水，使澱粉分子內的水減少使降低糊化，直、

支鏈澱粉溶出的有限，老化澱粉硬度與不添加差不多是因含水量少使單位體積澱粉量多便紮實，使硬度略高於不添加。加鹽的出水量較加鹼、糖為最多，含水量則隨鹽量增加產生急速的劇降，計算莫耳濃度隨增加鹽量使滲透壓劇產生急速劇增，澱粉分子內產生急速嚴重脫水，以 20g 鹽為例，糊化後的含水量只剩 14%，嚴重缺水難糊化使直、支鏈溶出量為三種添加物中最少；由老化澱粉硬度來看，沒有因出水量最多、含水量最少單位體積澱粉量多為最紮實而變最硬，反而是最軟，因嚴重缺水造成糊化不足的緣故。分子量-小蘇打:84，食鹽:58，砂糖:342，以相同的鹼、鹽、糖量，滲透壓:食鹽>小蘇打>砂糖，食鹽滲透壓最大。分析同重量 5g 小蘇打(鹼)、食鹽、砂糖糊化後差不多的含水量約 40%，老化澱粉(烘乾、冷乾)-直、支鏈含量:加鹼(最多)>不添加>加糖(減少)>加鹽(最少)。

8. 四種老化環境以「自然乾」外觀體積完整、無裂痕是最佳的老化環境。澱粉加鹼易乾燥且不發霉，有利氫鍵形成緊密的晶體結構易老化，有防霉效果。加糖保水度最好，不易乾，發霉最嚴重，加鹽含水量最少，最慢發霉，也不易乾；加糖、鹽氫鍵不易形成晶體結構。老化澱粉浸泡不同水溫、不同溶液，直鏈澱粉溶出多的硬度都比支鏈澱粉溶出多的效果好，顯示直鏈澱粉結構堅硬不易被破壞，耐不同水溫、不同溶液。
9. 單一澱粉加「酸、油」可加速達糊化；加少量「油」推測有保溫效果，不易散熱，較能快速達糊化；加少量「酸」推測能破壞澱粉分子結構，幫助「支鏈澱粉」快速吸大量的水加速糊化。
10. 雙澱粉加適量「鹼」-老化澱粉硬度最硬，表示溶出直鏈澱粉量最多，推測能破壞澱粉分子結構使直鏈澱粉分散，且多半的水集中在澱粉分子內，提高「直鏈澱粉」吸水性增加溶出量，易乾燥老化、不發黴也有防霉效果；加多「鹽」-老化澱粉硬度最軟，因滲透壓大，含水量最少，嚴重缺水糊化不足使直、支鏈澱粉溶出最少；加多「糖」-含水量多，但直、支鏈澱粉溶出的有限，推測糖把水握在手上跟澱粉分子搶水，使水減少而降低糊化。
11. 雙澱粉不添加-糊化後含水量(53%)、四澱粉加適量鹼-糊化後含水量(49%):兩者老化澱粉硬度偏軟，顯示澱粉漿含「水量多」並不會幫助溶出更多的直鏈澱粉。

柒、結論

研究一

1. 冷藏環境能幫助糊化前澱粉漿增加出水量，含水量低不易發霉，且能減緩氧化速度。室溫容易氧化、含水量多易腐敗。急速降溫冷藏的澱粉漿出水量最多，硬度、黏度都是最好，是澱粉溶解糊化前澱粉漿的最佳環境。
2. 蓮藕澱粉糊化後承載最重，堅硬 Q 彈彈性最好，最易糊化。綠豆澱粉糊化後載重輕軟易陷、含水，最不易糊化。
3. 蓮藕澱粉含少量鐵的成分，澱粉漿氧化呈現黑色測得 pH 值高偏中性，未氧化沒變顏色的澱粉漿則呈現腐敗與其他三種澱粉腐敗(或氧化)pH 值低偏越酸性是一樣的。

研究二

1. 單一澱粉糊化前加『酸、油』可加速達到糊化，加「鹼、鹽、糖」可增加支鏈澱粉溶出。蓮藕粉、在來米粉加糖溶出支鏈澱粉最多。

研究三

1. 雙澱粉混合有不同澱粉種類分子間無法聚合、有距離、有空間不能相容的問題與降低雙方澱粉粒直、支鏈的溶出，不易糊化。若混和比例約各半，雙方抑制直鏈溶出會更明顯。

2. **雙澱粉 1:1** 糊化前加少鹼 5g 可增加支鏈、直鏈溶出，加少鹽、少糖會抑制支鏈澱粉溶出，多鹼、多鹽、多糖對直、支鏈澱粉溶出呈現越無效果。**雙澱粉混合直鏈含量越多加少鹼 5g 會越無效果**，可見直鏈澱粉結構堅硬不容易被溶出。
3. 澱粉糊化後四種老化環境:冷乾、烘乾快速脫水都不會發霉，但都會產生裂痕。凍乾顏色變淡白條紋。「**自然乾燥**」最能保持體積完整、外觀無裂痕是最佳老化環境。**加鹼容易乾燥，有利氫鍵排列形成更緊密的晶體結構使容易老化，不發霉且有防霉效果**。加鹽、加糖不易乾，氫鍵均不易形成晶體結構使不易老化，兩者均會發霉。

研究四

1. [雙澱粉混合 1:1] 糊化後的老化環境:①高溫烘乾-含水量能幫助持續的糊化，老化澱粉硬度:少鹼含水量適中會幫助直鏈、支鏈溶出，多鹼含水量減少，直鏈、支鏈溶出會逐漸少。**加糖的出水量多、含水量也多**，老化澱粉硬度與未添加差不多，可見少糖與多糖即使持續糊化直、支鏈溶出有限，糖會與澱粉搶水，澱粉內減少水而抑制直、支鏈澱粉的溶出。**多鹽因滲透壓太大，含水量瞬間少了一半，嚴重缺水下糊化不足無法溶出支、直鏈澱粉**，老化澱粉硬度降為一半。②低溫烘乾-加速脫水，老化澱粉硬度:多鹼、多糖因單位體積內澱粉量多變紮實使微變硬。多鹽因嚴重缺水造成糊化不足使直、支鏈溶出量最少，老化澱粉硬度為最軟。③**老化澱粉直、支鏈含量:加鹼(最多)>不添加>加糖(減少)>加鹽(最少)**。④**澱粉漿含水量多並不會幫助澱粉溶出更多的直鏈澱粉**。
2. [雙澱粉混合 1:1] 加少鹼 5g 含水量適中，**直鏈澱粉溶出多(相對支鏈溶出比例少)**，**硬度最硬易撞碎，黏著性較差**。[雙澱粉混合 3:2 直鏈含量多] 加多鹼 10g 含水量少，**直鏈澱粉溶出最少(相對支鏈溶出比例多)**，**硬度最軟不易撞碎，黏著性較好**。雙澱粉混合玉米澱粉比例高的呈現耐撞不易撞碎，顯示玉米澱粉的支鏈澱粉黏著性較高，與澱粉種類有關。
3. 外在環境對老化澱粉的侵蝕力:高溫(60°C)>水>糖>酸>鹽>鹼，怕高溫與水，會破壞結構容易軟爛，但**對含水量少的酸、鹼、鹽、糖溶液、低溫 4°C 冷藏**，可較長時間保持硬度。

研究五

1. 多種澱粉混合:①雙澱粉-混合【澱粉種類糊化溫度相當】，對全糊化的時間影響較少。②三澱粉-混合【易糊化澱粉】，快速吸水溶出大量的支鏈澱粉會“**吸附**”其他種類澱粉，將其**其他澱粉與水包裹在內**，強迫其他澱粉吸水加速糊化。③四澱粉-混合【易糊化澱粉與高直鏈澱粉】兩者相互作用下，高直鏈澱粉不易吸水的特性會「**減緩糊化的時間**」，最後因**易糊化澱粉大量增加支鏈澱粉的影響力遠大於高直鏈澱粉不易吸水**，並將其包裹在內使縮短糊化時間。
2. 多種澱粉混合會不相容，澱粉混合種類越多加鹼溶出直鏈澱粉呈現越無效果，耐撞度差，也不會增加支鏈澱粉的溶出。**混合【易糊化澱粉】加鹼對直鏈澱粉溶出的影響力減弱**；**混合【高直鏈澱粉】加鹼對直鏈澱粉溶出則呈現無效果**。
3. **澱粉加鹼**、**以兩種混合澱粉為限**、**種類以糊化溫度相當**、**直鏈含量約 25%~30%**能溶出的直鏈含量為最多，易乾燥易老化不發黴，防霉效果為最佳。**三種澱粉混合以上**、**混合澱粉種類性質差異大【易糊化、高直鏈澱粉】**直鏈澱粉溶出無效果。

總結:漿糊變硬「**筴**」形成的因素:

- ①單一澱粉加少量「**酸**」可破壞澱粉分子結構幫助水解，能加速糊化，加少量「**油**」有保溫效果，能加速糊化。雙澱粉加適量「**鹼**」可破壞澱粉分子結構，出水量與含水量適中，幫助溶出最多直鏈澱粉量，有利氫鍵形成晶體結構，不發黴且有防黴效果，老化澱粉最硬。

加「糖」直、支鏈澱粉溶出的有限，不利氫鍵形成，會發霉。加「鹽」糊化不足使直、支鏈澱粉溶出最少，不利氫鍵形成，會發霉，老化澱粉最軟。澱粉漿含「水量多」不會幫助溶出直鏈澱粉。

- ②澱粉加鹼、以兩種澱粉糊化溫度相當混合、直鏈澱粉含量約 25%~30%為佳，可溶出最多的直鏈澱粉。多種澱粉混合(三種澱粉以上)加鹼:、混合易糊化澱粉、混合高直鏈含量澱粉效果不佳。
- ③「急速降溫冷藏」是澱粉漿的最佳環境。
- ④「自然乾燥」體積保持完整無裂痕是最佳的老化環境。
- ⑤最佳比例:雙澱粉混合(玉米粉+在來米粉)1:1 加 5g 食用小蘇打，澱粉漿出水量、含水量適中，溶出直、支鏈澱粉最多，糊化後老化澱粉硬度最硬為天然無毒環保筷子。
- ⑥回收再利用:利用堅硬易撞碎的特性，可將使用過的筷子回收重擊敲碎，當作肥料利用，也可做為調整土壤酸化，中和土壤酸鹼性。

捌、未來展望

本研究解開「漿糊變硬“筷”」的謎團，掌握形成的因素便能控制生澱粉直、支鏈澱粉的溶出量，可成功製作出堅硬天然環保無毒的可食用筷子，提供未來朝向一次性環保餐具的發展目標。本實驗製作筷子是以塑膠吸管當模具，未來可量身訂做不鏽鋼方便開模的筷子模具，可量產。“再”進一步朝研究其他澱粉類廚餘，如吃剩米飯與生澱粉混合可降低生澱粉原料量，也為澱粉廚餘找再生！

玖、參考資料

- 1.鍾逢彧(2014)。「泡膜」雲起「膜」登寶「澱」—澱粉起泡、成膜性質的探討及應用。中華民國第 54 屆科展。
- 2.王暉崙、邱耀慶、郭主歆(2007)。解開「澱粉~碘」的藍色密碼。中華民國第 47 屆科展。
- 3.鄧安庭、陳泰升(2018)。萬象「羹」新-探討勾芡液的黏度變化。中華民國第 58 屆科展。
- 4.珍珠變 Q 變硬的秘密：順丁烯二酸化學澱粉 —這就是所謂 Q 彈的代價？（上）- 行政院環境保護署毒物及化學物質局全球資訊網 (tcsb.gov.tw)
- 5.年年高升的年糕化學 / 傅麗玉 - 臺灣化學教育 (chemistry.org.tw)
- 6.端午吃糰粽說化學 / 傅麗玉-臺灣化學教育 (chemistry.org.tw)
- 7.直鏈澱粉·支鏈澱粉·分析。葛粉結構特性 <https://ifkeep.pixnet.net/blog/post/28088632>
- 8.跟著鄭大師玩科學 / 烘焙的科學-澱粉糊化、澱粉的特性
[HTTPS://WWW.MASTERS.TW/167121/%E7%83%98%E7%84%99%E7%9A%84%E7%A7%91%E5%AD%B82](https://www.masters.tw/167121/%E7%83%98%E7%84%99%E7%9A%84%E7%A7%91%E5%AD%B82)
- 9.話食科普 / 澱粉你用對了嗎？ - 每日頭條 (kknews.cc)
- 10.完美白飯的奧秘 / 決定口感的 3 個關鍵-康健雜誌 (commonhealth.com.tw)

【評語】 080206

針對塑膠帶來的環保問題，改用澱粉製作可分解的環保工具。企圖做出堅硬、天然、無毒、可食用的筷子，提供未來朝向一次性環保餐具的發展方向，做法值得肯定與鼓勵。並研究漿糊變硬的因素且製作環保筷，主題環保有趣。以下是一些提議：

1. 實驗設計要注意變因的選取與控制，方能做客觀精準的分析，避免數據過於雜亂，或偏離研究方向。
2. 器材應標明規格型號。
3. 實驗設計的變因選擇應說明。
4. 實驗結果的差異應針對變因討論。
5. 參考資料如取自網站，應標明上網日期。

作品簡報

國小組化學科

化“澱”成晶~謎團，米糰- 探討漿糊變硬『筷』形成的因素



研究動機

- 魚丸米粉湯、義大利通心麵、粉圓奶茶
- 發現煮熟後的通心麵還可以保有硬度，米粉泡在湯裡久久不會糊掉與軟爛，放了半小時的冷飲粉圓仍保有Q彈有嚼勁
- 想到米飯放久了會硬掉
- 有哪些因素會影響澱粉的特性引起我們的好奇心
- 研究主題:
影響澱粉溶出直鏈、支鏈澱粉的因素?
如何使澱粉變堅硬的老化澱粉?

文獻探討

1. 直鏈澱粉:整齊排列規則，佔有較少的體積，具抗膨脹性，糊化溫度較高，有利氫鍵形成，易乾燥易老化
2. 支鏈澱粉: 排列不規則，佔有的體積也較大，會膨脹形成糊狀，黏度較高，比例越多，更黏稠，不易乾燥不易老化
3. 易取得高直鏈澱粉前四名:綠豆澱粉(57.9%)、蓮藕澱粉(31.9%)、玉米澱粉(28.8%)、在來米澱粉(25%)，糊化溫度介於60°C ~ 80°C

前置實驗

1. 澱粉90 °C 飽和溶解度50g/100ml
2. 恆溫隔水加熱溶解溫度設定為85°C: 1分鐘內全凝固。80°C: 綠豆粉、在來米粉、玉米粉約2分30秒凝固，蓮藕粉約2分鐘凝固
3. 修正實驗為:80°C，綠豆粉、在來米粉、玉米粉加熱2分鐘，蓮藕粉加熱1分30秒

研究架構

研究一 生澱粉 → 溶解 → 【六種環境】之單一澱粉漿

研究二 單一澱粉 + 添加物【酸.鹼.鹽.糖.油】之澱粉漿

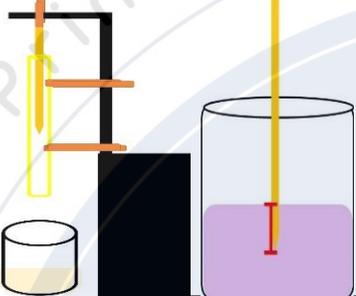
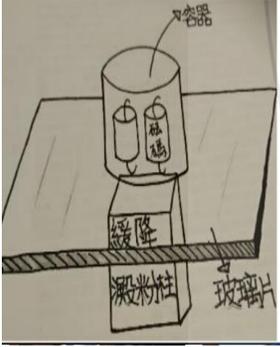
研究三 雙澱粉 + 【鹼.鹽.糖】之澱粉漿 → 糊化後【四種】老化環境

研究四 雙澱粉 + 【鹼.鹽.糖】
老化澱粉(冷乾、烘乾) → 雙澱粉 + 【鹼】
老化澱粉(自乾)

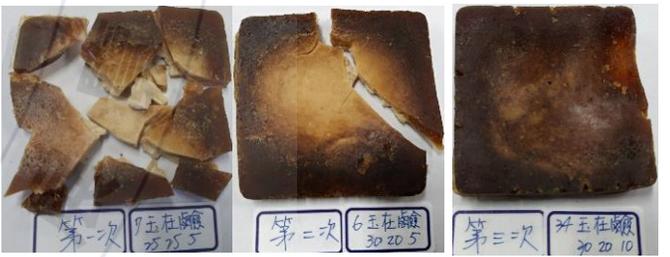
研究五 三澱粉 + 【鹼】 → 四澱粉 + 【鹼】
(雙澱粉 + 易糊化澱粉) (雙澱粉 + 易糊化澱粉 + 高直鏈澱粉)

實驗方法

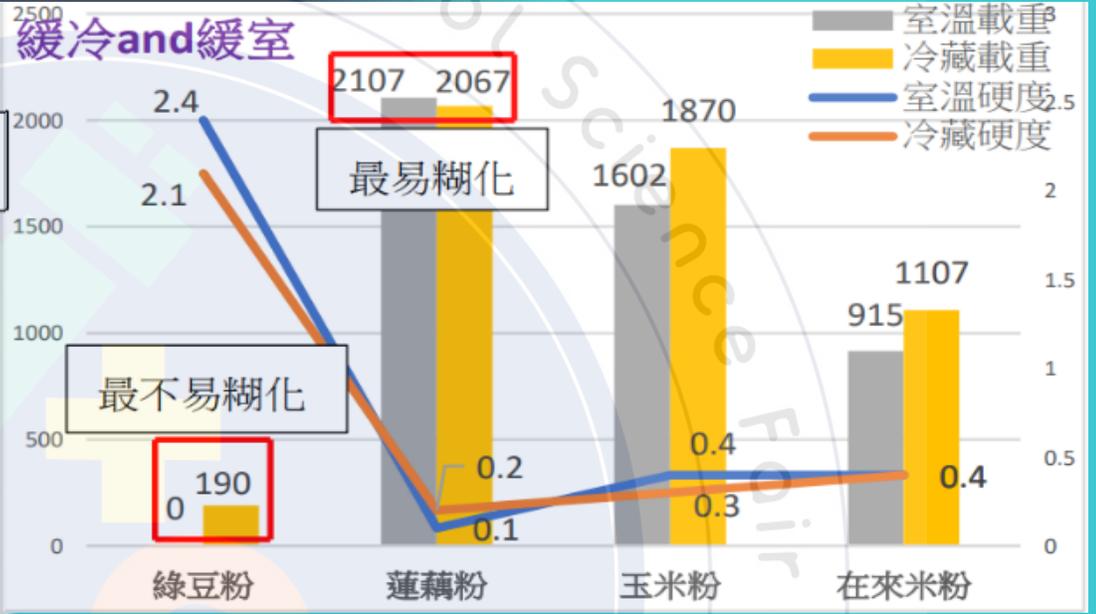
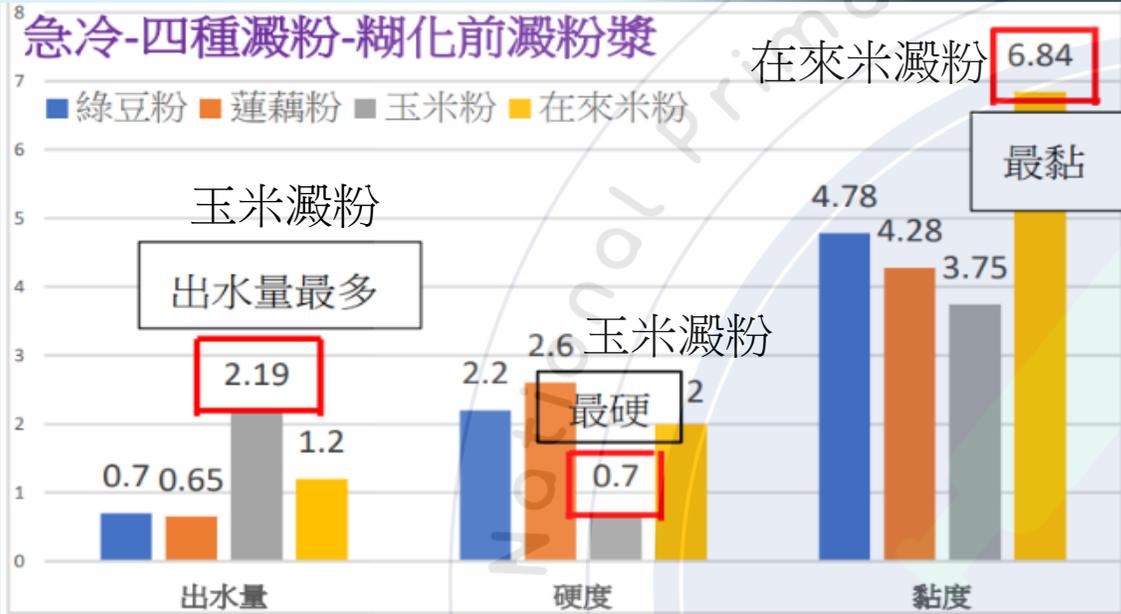
糊化前-澱粉漿

直鏈量		高度(cm) (體積縮小)		硬度 (cm)
支鏈量		黏度 (g)		高度(cm) (體積膨脹)
糊化度		緩降 澱粉柱 承載重量 (g)	出水量(cm) (減少)	高度(cm)(體積膨脹)
			黏度(g)(增加)	
			硬度(cm)(變軟)	
滲透壓		出水量(cm)		

糊化後-老化澱粉

直鏈量		發霉度		刀切硬度(kg)	
支鏈量		老化澱粉	耐撞度(自由落體) 高度(約10公尺)平放		
					
滲透壓	老化澱粉脫水率(澱粉漿含水量)(%) (澱粉糊化後的重量—乾燥後的重量)/ 澱粉糊化後的重量				

一、糊化前最佳環境



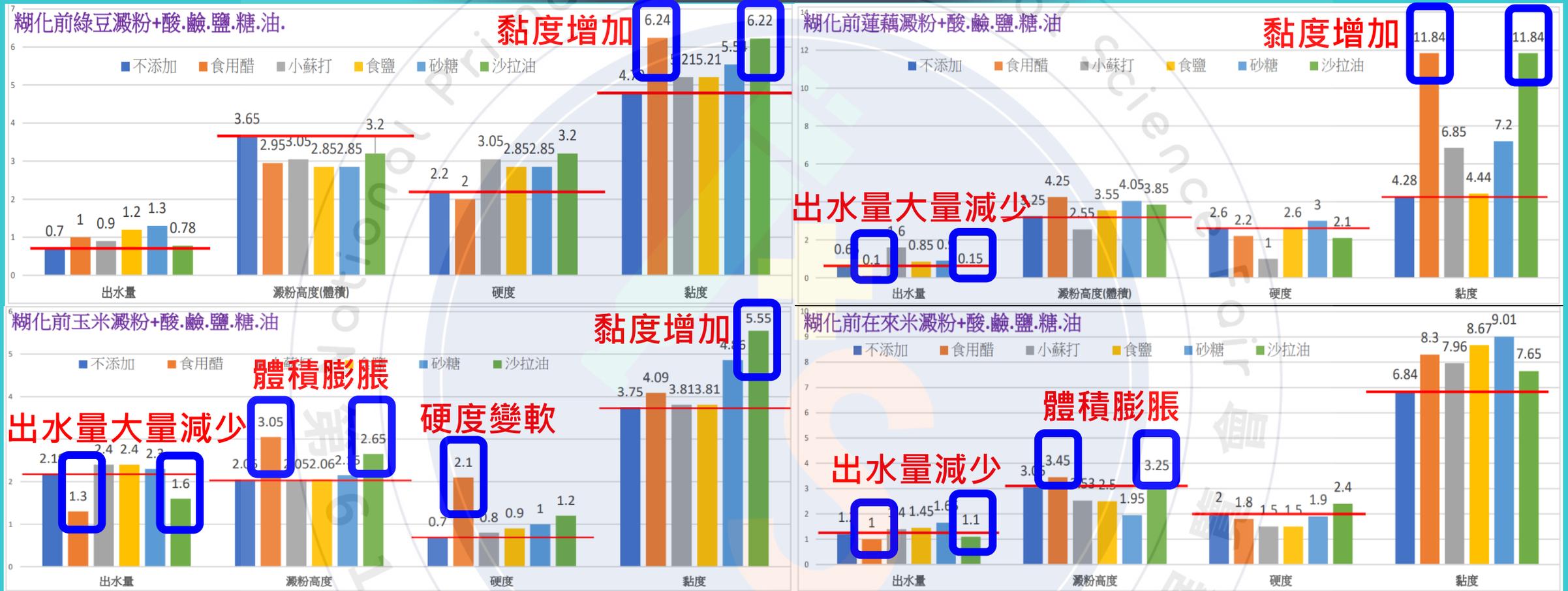
1. 急速降溫冷藏-含水量最多、硬度、黏度最好，是糊化前最佳環境
2. 急降-停止糊化、停止吸水
3. 冷藏(4°C)-有利出水、減緩氧化速度

1. 蓮藕澱粉緩降承載最重，堅硬Q彈，最易糊化
2. 綠豆澱粉緩降承載最輕軟易陷、剩餘水分多，最不易糊化
3. 綠豆澱粉直鏈含量(57.9%)最高，不易吸水不易糊化不黏不硬不易溶出直鏈澱粉，效果不如預測，高直鏈含量澱粉不一定就能溶出相等多的直鏈澱粉



1. 蓮藕澱粉漿表層氧化呈黑色測得pH值高偏中性，查詢含少量鐵的成分

二、單一澱粉漿



1. 加『酸、油』可加速達到糊化
2. 「油」推測有保溫效果，不易散熱，較能快速達糊化
3. 「酸」推測能破壞澱粉分子結構，幫助“支鏈澱粉”快速吸大量的水加速糊化
4. 蓮藕粉、在來米粉加糖可溶出較多支鏈澱粉

三、雙澱粉漿、糊化後老化環境



實驗結果:選擇玉在混合比例 4:1 3:2 1:1+鹼.鹽.糖



不添加

自然乾

加鹽



加糖

加鹼

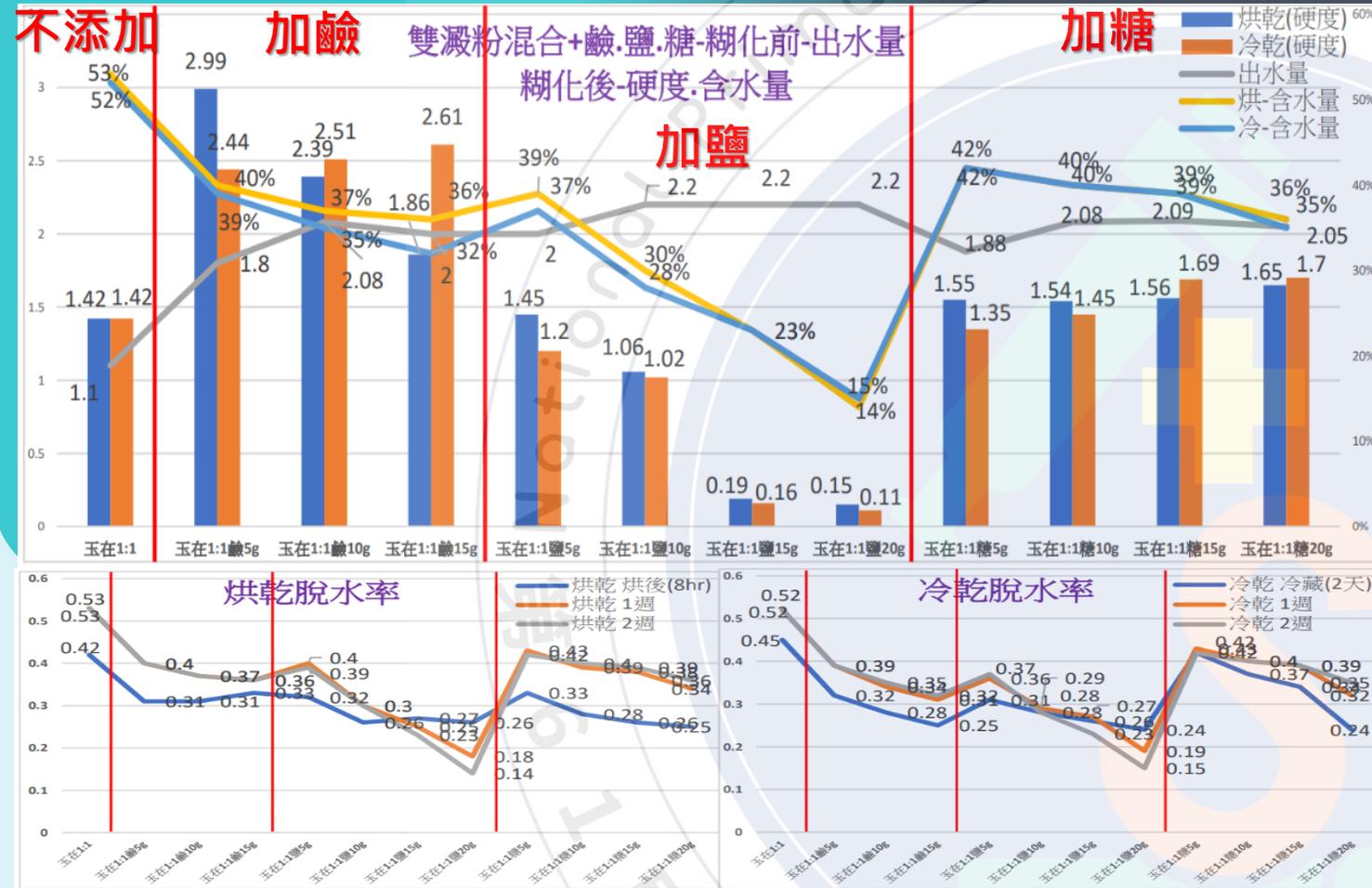
澱粉漿:

- 雙澱粉混合不相容、不易糊化、降低直、支鏈澱粉溶出
- 雙澱粉1:1加少鹼5g可增加直鏈、支鏈溶出。雙澱粉3:2混合直鏈含量越多加少鹼5g越無效果，可知直鏈澱粉不易被溶出
- 雙澱粉加少鹽、少糖會抑制支鏈澱粉溶出，多鹼、多鹽、多糖溶出直、支鏈則呈現無效果

老化環境:

- 「自然乾燥」最能保持體積完整、外觀無裂痕是最佳老化環境
- 加鹼-易乾燥老化，有利氫鍵形成晶體結構，不發霉且有防霉效果
- 加鹽、糖-不易乾燥老化，氫鍵均不易形成晶體結構，均會發霉

四、雙澱粉+鹼.鹽.糖-老化澱粉(冷乾、烘乾)



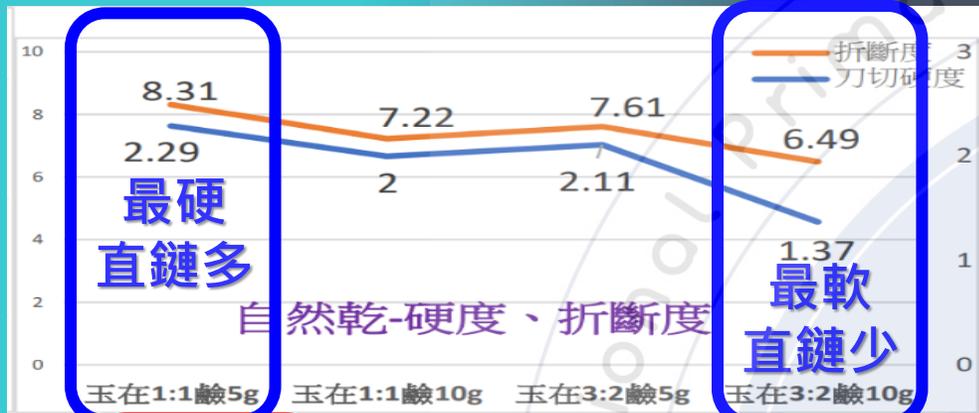
1. 老化澱粉直、支鏈含量:加鹼(最多)>不添加>加糖(減少)>加鹽(最少)
2. 「鹼」-含水量適中會幫助直鏈、支鏈溶出，老化澱粉最硬，直鏈澱粉量最多，推測能破壞澱粉分子結構使直鏈澱粉分散，且多半的水集中在澱粉分子內，提高“直鏈澱粉”吸水性增加溶出量，易乾燥老化、不發黴也有防霉效果
3. 「鹽」-老化澱粉最軟，因滲透壓大，含水量瞬間少了一半，嚴重缺水糊化不足使直、支鏈澱粉溶出最少
4. 「糖」-含水量最多，但直、支鏈澱粉溶出的有限，推測糖把水握在手上跟澱粉分子搶水降低糊化
5. 不添加-澱粉漿「含水量多」(53%)
不會幫助溶出直鏈澱粉

老化環境:

1. 「烘乾、冷乾」-能快速脫水，但體積縮小變形，外觀裂痕
2. 「高溫(70°C)烘乾」-保持持續糊化與脫水
3. 「冷乾(4°C)」-有利脫水，推測能使澱粉分子間氫鍵結合，縮小體積，幫助脫水，易乾燥

分子量:食鹽58.5、小蘇打84、砂糖342
以同重量(15g)滲透壓(莫耳濃度): 鹽>鹼>糖
<實驗結果>
澱粉漿含水量:糖(39%)>鹼(36%)>鹽(23%)

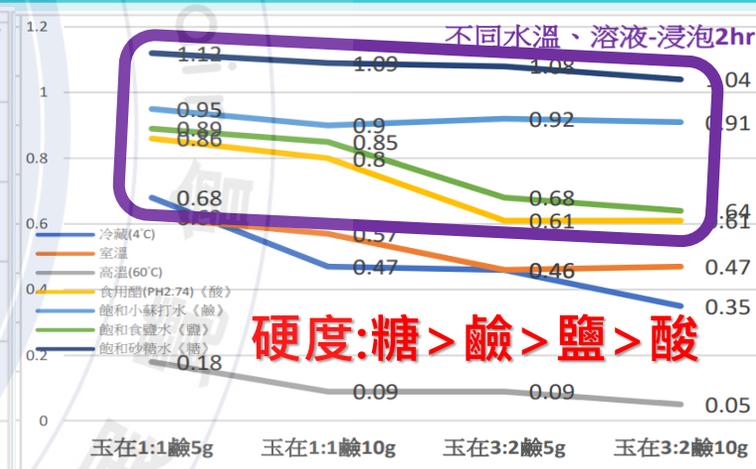
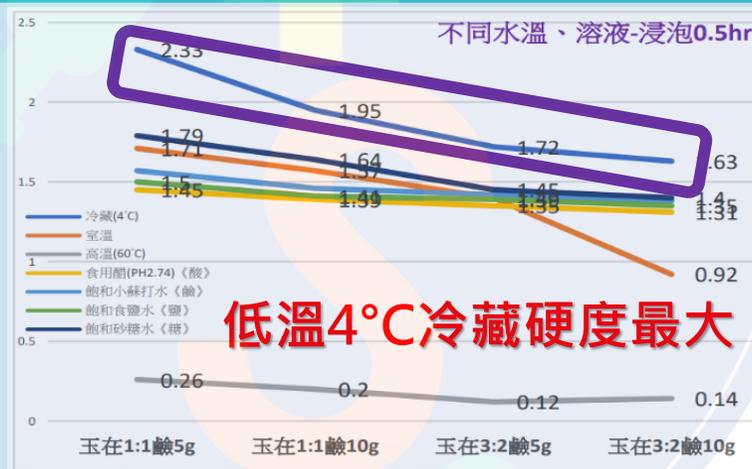
四、雙澱粉+鹼-老化澱粉(自乾)直、支鏈量與浸泡環境



- 〔雙澱粉1:1〕加少鹼5g老化澱粉最硬，顯示直鏈澱粉溶出最多(相對支鏈比例少)，堅硬易撞碎，黏著性較差
- 〔雙澱粉3:2直鏈含量多〕加多鹼10g溶出直鏈澱粉少(相對支鏈比例多)，支鏈澱粉質軟不易撞碎，黏著性較好
- 〔雙澱粉3:2〕混合玉米澱粉比例高呈現耐撞不易撞碎，顯示玉米澱粉溶出的支鏈澱粉黏著性較高，與澱粉種類有關

自然乾	玉在1:1鹼5g	玉在1:1鹼10g	玉在3:2鹼5g	玉在3:2鹼10g
第一次撞擊後圖			三個圓形全不破 三個方形全不破	三個方形全不破 三個圓形全不破
第二次撞擊後圖			直鏈多 支鏈少	直鏈少 支鏈多
第三次撞擊後圖			三個方形全不破 三個圓形全不破	三個方形全不破 三個圓形全不破
三次撞擊結束仍保持完整	0個保持完整	1個圓形保持完整	2個圓形保持完整	1個方形、3個圓形保持完整

耐撞度 (底部紫色框)



- 溶出量:直鏈澱粉 > 支鏈澱粉，耐不同水溫、不同溶液，顯示直鏈澱粉結構堅硬不易被破壞
- 外在環境對老化澱粉的侵蝕力:高溫(60°C) > 水 > 酸 > 鹽 > 鹼 > 糖；怕高溫與水，對含水量少的酸、鹽、鹼、糖溶液、低溫4°C冷藏，可較長時間保持硬度

五、多種澱粉混合-糊化前後直、支鏈變化

80°C 加熱 2min 糊化 狀態	雙澱粉(玉米粉+在來米) 【糊化溫度相當】		三澱粉(玉米粉+在來米)+ 蓮藕粉【易糊化】		四澱粉(玉米粉+在來米)+蓮藕粉 【易糊化】+綠豆粉【高直鏈】	
	未添加	+5g 鹼	未添加	+5g 鹼	未添加	+5g 鹼
	未糊化	未糊化	1分30秒 全糊化	1分50秒 全糊化	1分40秒 全糊化	2分鐘 全糊化

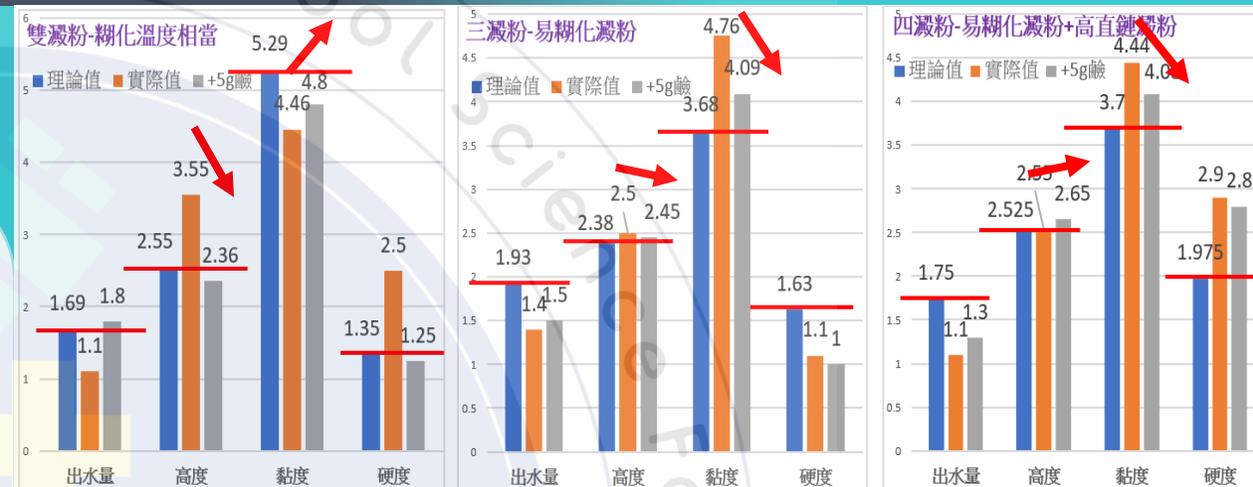
1. 多種澱粉混合糊化時間:

- ① 雙澱粉【糊化溫度相當】: 對全糊化的時間影響較少
- ② 三澱粉【易糊化澱粉】: 快速吸水溶出大量的支鏈澱粉會“吸附”其他種類澱粉，將澱粉與水包裹在內，強迫吸水加速糊化
- ③ 四澱粉【易糊化澱粉+高直鏈澱粉】: 高直鏈澱粉不易吸水會「減緩糊化時間」，最後易糊化澱粉大量增加支鏈澱粉影響力遠大於高直鏈澱粉不易吸水，將其包裹在內使縮短糊化時間

2. 加鹼-因滲透壓有助於減緩給水，使減緩糊化時間

自然乾	三澱粉+鹼 5g	四澱粉+鹼 5g
第一次撞擊後圖		
耐撞度	0 個保持完整	0 個保持完整

多種澱粉(三種以上)混合加鹼之老化澱粉(自然乾):
 直鏈-【會發霉】-溶出的直鏈澱粉量呈現越無效果
 支鏈-【耐撞度差】-不會增加支鏈澱粉的溶出



多種澱粉混合加鹼-糊化前後直鏈量:

- ① 雙澱粉【糊化溫度相當】: 能幫助溶出直鏈澱粉
- ② 三澱粉【易糊化澱粉】: 影響力減弱
- ③ 四澱粉【易糊化澱粉+高直鏈澱粉】: 則呈現無效果

漿糊變硬“筷”-發現



1. 添加物-「酸」、「鹼」-可破壞澱粉分子結構

少量「酸」-增加支鏈澱粉溶出，幫助水解，能加速糊化

少量「鹼」-溶出直鏈澱粉量最多，有利氫鍵形成晶體結構，不發黴且有防黴效果

「糖」-直、支鏈澱粉溶出的有限，不利氫鍵形成，會發霉

「鹽」-糊化不足使直、支鏈澱粉溶出最少，不利氫鍵形成，會發霉

少量「油」-有保溫效果，能加速糊化

澱粉漿「含水量多」不會幫助溶出直鏈澱粉

2. 直鏈溶出佳-以兩種澱粉糊化溫度相當混合+加少量鹼+直鏈澱粉含量約25%~30%為佳

3. 直鏈溶出不佳-多種澱粉混合(三種澱粉以上)加少量鹼、混合易糊化澱粉、混合高直鏈澱粉效果不佳

4. 外在環境對老化澱粉的侵蝕力-高溫(60°C)>水>酸>鹽>鹼>糖，對含水量少的溶液、低溫(4°C)冷藏可較長時間保持硬度

5. 低溫(4°C)冷藏環境-澱粉漿、澱粉老化均有利脫水，推測能使澱粉分子間氫鍵結合，縮短分子間距離，幫助脫水，易乾燥

環保澱粉筷-最佳配方

1. 澱粉漿最佳環境-急速降溫冷藏(4°C)

2. 最佳老化環境-自然乾燥

3. 最佳比例-雙澱粉(玉米澱粉+在來米澱粉)混合1:1飽和液加5g食用小蘇打，澱粉漿出水量、含水量適中，溶出直、支鏈澱粉最多，老化澱粉最硬

4. 回收再利用.環境零汙染-將使用過的筷子回收重擊敲碎，作為調整土壤酸化的肥料

未來展望

1. 本研究解開「漿糊變硬“筷”」的謎團，**掌握形成的因素便能控制生澱粉溶出的直、支鏈澱粉量**
2. 量身訂作不鏽鋼方便開模的筷子模具，可量產
3. **未來研究其他澱粉類廚餘，如吃剩米飯與生澱粉混合，可降低生澱粉原料量，也為澱粉廚餘找再生**

說明書勘誤更正

1. P25. 實驗5-2-2表格 理想值**更正為 理論值**
2. P29. 研究四 3. 高溫(60°C)>水>糖>酸>鹽>鹼
更正為 高溫(60°C)>水>酸>鹽>鹼>糖

參考文獻

1. 鍾逢或(2014)。「泡膜」雲起「膜」登寶「澱」—澱粉起泡、成膜性質的探討及應用。中華民國第54屆科展。
2. 鄧安庭、陳泰升(2018)。萬象「羹」新—探討勾芡液的黏度變化。中華民國第58屆科展。
3. 珍珠變Q變硬的秘密：順丁烯二酸化學澱粉——這就是所謂Q彈的代價？（上）— 行政院環境保護署毒物及化學物質局全球資訊網 (tcsb.gov.tw)
4. 年年高升的年糕化學 / 傅麗玉 - 臺灣化學教育 (chemistry.org.tw)
5. 端午吃粿粽說化學 / 傅麗玉 - 臺灣化學教育 (chemistry.org.tw)
6. 直鏈澱粉·支鏈澱粉·分析。葛粉結構特性 <https://jfkeep.pixnet.net/blog/post/28088632>
7. 跟著鄭大師玩科學 / 烘焙的科學-澱粉糊化、澱粉的特性 <HTTPS://WWW.MASTERS.TW/167121/%E7%83%98%E7%84%99%E7%9A%84%E7%A7%91%E5%AD%B82>