

# 無麩質產品研發－以甘藷、芋頭、馬鈴薯替代蛋糕粉可行性評估

林慈玲

高雄應用科技大學觀光暨餐旅管理研究所研究生 [lynn591023@gmail.com](mailto:lynn591023@gmail.com)

李明聰

高雄應用科技大學觀光暨餐旅管理研究所助理教授 [tsungo@gmail.com](mailto:tsungo@gmail.com)

## 摘要

隨著國人飲食改變慢慢以小麥粉製品為主食，麩質過敏的確診病例愈來愈多，對無麩質食品的需求不斷增長，所以避免飲食中引發過敏的蛋白質也是一種趨勢。目前市面上已有米穀粉取代小麥粉的烘焙產品，在研究上大多以穀類澱粉來取代小麥粉，本研究想利用台灣當地食材－甘藷、馬鈴薯及芋頭，取代小麥粉來製作戚風蛋糕的可行性評估。甘藷、馬鈴薯與芋頭富含纖維、礦物質、維生素及 $\beta$ 胡蘿蔔素，營養價值比小麥粉高，但多數的烘焙食品以小麥粉為主要的澱粉，也是結構形成主要成分，如果在食品中除去小麥成份，以不含麩質的材料來取代，對食品的結構與紋理會有顯著的影響。研究發現運用甘藷泥、馬鈴薯泥及芋頭泥時，泥餡的顆粒大小與含水量，對戚風蛋糕烘烤後成品質地、外觀、風味與口感有顯著的影響。

關鍵字：無麩質、腹腔疾病、塊莖類植物、戚風蛋糕

## Development of Gluten - Free Products - Feasibility Evaluation of Sweet Potato, Taro and Potato Replacement Cake Powder

Chi-Ling Lin

Department of Tourism Management, National Kaohsiung University of Applied Sciences

[lynn591023@gmail.com](mailto:lynn591023@gmail.com)

Ming-Tsung Lee

Department of Tourism Management, National Kaohsiung University of Applied Sciences

[tsungo@gmail.com](mailto:tsungo@gmail.com)

## Abstract

With the change in people's diet to wheat flour products for the staple food, gluten allergy more and more confirmed cases, the growing demand for gluten-free food, so avoid eating allergenic protein is a trend. At present, rice flour has been replaced by wheat flour baking products, in the study mostly wheat grain to replace wheat flour, in this study, the use of local ingredients in Taiwan - sweet potato, potato and taro, instead of wheat flour to produce chiffon cake feasibility assessment. Sweet potato, potato and taro rich in fiber, minerals, vitamins and  $\beta$ -carotene, nutritional value higher than wheat flour, however, most of the baked goods to wheat flour as the main starch, but also the formation of the main components of the structure, if the removal of wheat in food ingredients to gluten-free materials to replace the food structure and texture will have a significant impact. Study found that the use of sweet potato mud, mashed potatoes and taro mud, the particle size and water content of the filling have a significant influence on the texture, appearance, flavor and taste of the chiffon cake after baking.

Key words: Gluten-free, celiac disease, tubers, chiffon cake

## 壹、緒論

### 一、研究動機

Taylor 和 Rosell(2016)表示以無麩質及無麥食物為研究主題不斷增長，SCOPUS 指出在 2014 年含有麩質的標題、摘要或關鍵字有 619 篇，點擊率記錄也有 9,100 萬。而從

1960 年開始有愈來愈多人因文明病而困擾甚至死亡，Davis(2014)、Farde(2015)、Perlmutter(2013)、Scherf, Koehler, & Wieser(2016)及 Witczak 等人(2016)研究指出因內臟脂肪囤積而造成身體發炎而引發癌症(Soares, et al., 2013)及 I 型糖尿病(Barbeau, 2012)、心臟疾病(Heikkilä, et al., 2015)、腦部功能障礙(Hadjivassiliou, Duker, & Sanders, 2014)、乳糜瀉、腹腔疾病(Czaja-Bulsa, 2015)，這些疾病與經常食用全穀物所製造的食品有關。但小麥產品是全球重要的主食，但部分的人對小麥麵筋蛋白過敏，必須避免含有小麥的食物(Scherf, Koehler, & Wieser)。可是大部份的人拋不開小麥加工製造的食品，如：蛋糕、麵包、土司、披薩及各式甜點，Zaidul 等(2007)研究顯示小麥粉與塊莖澱粉混合使用會有更好的黏度屬性，以小麥為主要的食品，如：麵條、麵包、餅乾可以使用塊莖澱粉來替代 50%小麥粉。希望透過研究，利用本地食材(塊根與塊莖)來替換製作小麥產品的主要原料—小麥麵粉的評估，助於腹腔疾病的產品研發，提供更多樣化的食品。

隨著知識提高及診斷疾病，發現由蛋白質引發過敏的原兇—麩質確診病例越來越多(Green, Lebwohl, & Greywoode, 2015; Kirchberg, et al., 2016; Lionetti, et al., 2015; Oliveira, Carvalho, Brandi, & Pratesi, 2016; Simre, et al., 2016)，市面上對無麩質產品的需求不斷增長，避免飲食中含有麩質也是一種趨勢(Witczak, et al., 2016)。無麩質食品在市場的快速增長(Marston, Khouryeh, & Aramouni, 2016)。美國無麩質的穀物食品(grain-based products) (如：鹹味食品 Salty Snacks、鹹味餅乾 Crackers、麵食 Pasta、麵包 Bread、即食穀物 Cold (ready-to-eat) Cereal、甜味餅乾 Cookies、烘焙混合料 Baking Mixes、冷凍麵包／麵團 Frozen Bread/Dough 及麵粉 Flour)零售銷售，在 2014 年總銷售額為\$9.73 億美金，預估 2019 年會達到\$23 億美金的市場(Packaged facts, 2016)。但目前在發展中國家，無麩質產品不容易買得到，含麵筋的食品在食品工業中卻是無所不在(Lionetti, et al.)。所以功能性食品的開發及有益健康的產品是食品行業感興趣的領域。但無麩質的食物營養質量是需要考慮的重要方向(Giménez-Bastida, Piskula, & Zieliński, 2015)。在印度使用紅薯、香芋和菱角，以部分替代小麥粉品質的產品，不僅會降低對穀物的過度依賴，還可以提高營養素的攝取(Yadav, Yadav, Kumari, & Khatkar, 2014)。故本研究選擇台灣本產的塊莖(根)植物：甘藷、馬鈴薯及芋頭為材料替代蛋糕粉(低筋麵粉)配方，針對戚風蛋糕質地的影響，修正配方與製作方式，開發無麩質戚風蛋糕及市場接受度。

## 二、研究目的

澱粉是存在於種子、根和塊莖顆粒組織，以及在莖、葉、果實，甚至花粉(Witczak, et al., 2016)。市面上的蛋糕製品多以小麥為原料所製的麵粉製作，但台灣當地不適種植小麥植物，麵粉都依仰賴進口，希望能探討運用台灣當地食材如：地瓜(甘藷)、馬鈴薯及芋頭根莖類植物來取代蛋糕粉(低筋麵粉)在蛋糕類產品上的可行性。

## 貳、文獻回顧

### 一、麩質(Gluten)

小麥麵筋是小麥澱粉的副產品，將小麥麵糰用水洗滌除去可溶性成份後，所留下的麵糰就是麵筋(Scherf, Koehler, & Wieser, 2016)。麵筋蛋白是小麥的主要貯藏蛋白，並負責小麥麵粉麵團的粘彈性性能，但對麩質過敏的人就必須從飲食中將含有麵筋的食品排除(Masure, Fierens, & Delcour, 2016)。

腹腔疾病是由飲食中接觸麵筋而引起，是西方人普遍存在的疾病。麩質在人體胃腸道不好消化，因腸道不能將麵筋蛋白完全分解成胺基酸，這些蛋白質富含醇可溶脯氨酸和谷氨酰胺的肽，會抵抗降解通過管腔和刷狀緣內肽酶，造成人體胃腸道消化不良(Green, Lebwohl, & Greywoode, 2015)。麩質會引發人體的免疫反應，而層疊炎症介質的腸粘膜累積，會造成絨毛萎縮和腺窩增生的損害(Green, Lebwohl, & Greywoode)。

### (一)小麥過敏症(Wheat allergy)

腹腔疾病的歷史，從小麥種植農業革命後，才開始蔓延，含有麩質的穀物馴化約 10,000 年前，在東北(土耳其、伊朗和伊拉克)新石器時代人們生活區域和肥沃新月區的西南部(巴勒斯坦、敘利亞和黎巴嫩)地區開始，再慢慢擴散至歐洲的西方國家(Lionetti et al., 2015)。甚至在全球逐漸擴散，穀物食品慢慢成為主食，但今天使用的小麥與已與老祖先原生種小麥不同；Davis(2014)指出從 1964 年來，在農業科學家的影響下，小麥品種經改良及雜交，演變成可以對抗環境旱災及真菌侵害，其最嚴重的是為了產量而誘發的基因變化，小麥經歷一場激烈的轉變，與原始的小麥幾乎是不一樣的植物，蛋白結構改變的小麥，可能造成破壞身體免疫系統的原因之一。小麥麵筋蛋白對免疫反應是有害的，但可透過無麩質飲食成功被治癒(Kirchberg, et al., 2016; Simre, et al., 2016)。

## (二)腹腔疾病(Coeliac Disease)

腹腔疾病指從小麥、黑麥、大麥及燕麥的麩質蛋白中攝取容易造成小腸的炎症疾病，或由麵筋造成的食品靈敏障礙，有些則為自身免疫疾病(Scherf, Koehler, & Wieser, 2016)。腹腔疾病在過去被認為是一種罕見的疾病，主要發生在歐洲地區，但現在卻是全球各地最常見的疾病之一，也是終身的疾病(Green, Greywoode, & Lebwohl, 2015; Lionetti, et al., 2015; Scherf, Koehler, & Wieser)。在 60 年代開始，對麩質的消化不良發生率已逐漸升高(Lionetti, et al.)。因飲食文化的不同其腹腔疾病的發生率也不一樣，Green 等研究指出歐洲國家整體腹腔疾病發病率約 1%，德國 0.3%、義大利 0.7%、英國 1.2%及芬蘭 2.4%。但隨著愈來愈多以大米及玉米為主食的開發中國家，也漸漸改為以小麥為主要食物來源，所以在全球成人和兒童之間的腹腔疾病發病率越來越高。

麩質會造成身體的影響超乎預期，小麥已成為是食物的基本來源，且烘焙食品也慢慢成為人們不可或缺的飲食之一，在台灣衛生福利部於 2014 年 3 月 7 日公告「食品過敏原標示規定」於 104 年 7 月 1 日開始實施，載明含有麩質的穀類包含裸麥(黑麥)、燕麥、小麥及大麥等，含有麩質的穀類製得之澱粉等，及含有麩質的穀類製品包含麵粉、麵條、麵包、餅乾、麥片、含麩質穀物飲、麥胚芽等；但觀其市場相關產品中，無針對無麩質產品的研發，故尋找替代配方為不可忽視的課題。

## 二、塊莖類植物探討

塊根和塊莖作物是全球第二重要的碳水化合物的來源(Villordon, Ginzberg, & Firon, 2014)，在不適合生產穀物的熱帶地區(非洲，拉丁美洲，太平洋群島和亞洲的許多地方)，主要種植的塊根和塊莖作物有木薯(木薯星蟲 Crantz)，山藥(薯蕷屬)，甘藷(甘藷 L.)，馬鈴薯(茄屬)和食用天南星科植物(芋屬和千年芋)，主要的碳水化合物外，也提供一些礦物質和必需的維生素。

營養分析上，小麥麵粉(蛋糕粉)比起甘藷、馬鈴薯及芋頭，其熱量、碳水化合物、鐵、菸酸及總葉酸含量最高；在礦物質方面：鈣含量屬甘藷及芋頭最高，鎂含量屬芋頭最高，甘藷及馬鈴薯次之，磷含量屬小麥麵粉(蛋糕粉)及芋頭最高，鈉含量屬甘藷最高；在維生素方面馬鈴薯富含維生素 C，甘藷富含維生素 A 及  $\beta$ -胡蘿蔔素。

### (一)甘藷 Sweet potatoe(台農 57 號)

甘藷學名 *Ipomoea batatas*(L.) Lam。甘藷是全球重要的塊根作物之一，每年生產超過 1.3 億噸(Waramboi, et al., 2011; 行政院農業委員會甘藷主題館)。甘藷也是澱粉膳食纖維最豐富的來源，是世界十大主食之四(Thompson, & Hirschi, 2016)。甘藷於十七世紀末荷蘭在台灣殖民時，從爪哇和婆羅門引進台灣，紅藷則由日本引進台灣，其餘紅藷種在第二次世界大戰期間從中國引進的(Hwang, Tseng, & Lo, 2002)。目前甘藷用途很廣，在亞熱帶地區是重要的食品、飼料及工業原料(Waramboi, et al.,; 行政院農業委員會甘藷主題館)。

### (二)馬鈴薯 potato(克尼伯品種)

馬鈴薯學名 *Solanum tuberosum*。馬鈴薯現在已是世界上 10 個主要的糧食作物之一 (Rama, & Narasimham, 2003)。根據糧食和農業組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)的十大主食排名第四，僅於穀類(玉米、小麥和水稻)之後。台灣開始有馬鈴薯是於十七世紀初由荷蘭人引入(張德純，2007)。在日治時期(1928 年)開始栽種(行政院農業委員會)。

### (三)芋頭 taro(檳榔心芋)

芋頭學名 *Colocasia esculenta*，分列在植物學中天南星科(Araceae)中 5 個屬。台灣食用的多為芋屬(*Colocasia*)及千年芋屬(*Xanthosoma*)兩個屬，目前市面上所販賣的多為芋屬，如檳榔心芋、高雄一號、麵芋或原住民所種的小芋頭，千年芋屬是多為山區栽培的一種大型芋頭，通常稱這種大型芋頭為南洋芋；台灣的芋頭最早由原住民引進栽種，目前台灣芋頭品種及品系則由中國大陸、日本及東南亞引進。台灣主要產地分布苗栗、台中及屏東，從海拔 1,000 多公尺的山區到平地都有栽種，故台灣的芋頭具有全世界最豐富且最獨特的風味(Lu, et al., 2005; 行政院農業委員會芋主題館)。芋頭主要成份為澱粉，達乾重 80% 以上。芋頭球莖中儲存澱粉和礦物質等營養物質，礦物質包含磷、鎂、鐵、銅、鎳、鉀、鋅、錳及鈣，而鈣多集中在芋頭的邊緣，故在去外皮時不要剝除太厚。兒童飲食中芋頭被認為是鎂、鋅和銅的重要來源(Mergedus, et al., 2015)。

塊莖(根)—甘藷、馬鈴薯及芋頭，來取代進口的蛋糕粉，所製成的烘焙產品比小麥製成的烘焙產品更富含礦物質(鎂、鉀、鈉、銅、錳和硒)、維生素(C、B<sub>6</sub>、A 及 K)、β-胡蘿蔔素及葉黃素等，所以本實驗想利用台灣在地食材(甘藷、馬鈴薯及芋頭)，開發出具有營養及特色的台灣味蛋糕，並做可行性評估。

### 三、蛋糕分類

蛋糕起源於 12 世紀埃及，當時埃及所製作的烘焙產品是否與現代的蛋糕產品相似，但已使用動物的形式的烘焙模具烘烤(Cauvain, 2003)。世界不同地區對蛋糕的定義也有不同，但蛋糕基本材料由(小麥)粉，糖和蛋和其他液體(如：牛奶、果汁或水)，再加入奶油或液體油拌勻烘烤(Miller, 2016)。

蛋糕烘焙是一個複雜的過程，在麵糊烤焙時產生的物理、化學和生化變化(Sablani, et al., 1998)。Wilderjans 等(2013)指出蛋糕依配方與製作方式不同可分為三類：戚風蛋糕類、乳沫蛋糕類及麵糊蛋糕類。戚風蛋糕類及乳沫蛋糕類的質地是口感輕盈、組織蓬鬆及細緻為主要特色，麵糊類蛋糕質地以組織綿密及富有奶油香氣為主要特色。

戚風蛋糕是蛋糕類中組織最細緻，且口感是蛋糕中最輕盈的，所以本實驗選擇以戚風蛋糕體做為研究開發的對象。

## 叁、材料與方法

### 一、以設定配方製作，確認甘藷泥、馬鈴薯泥及芋頭泥的可行性

在文獻中(Yadav, Yadav, Kumari, & Khatkar, 2014; Kusumayanti, Handayani, & Santosa, 2015;)大多將甘藷、馬鈴薯及芋頭先乾燥後製成粉來運用，本研究想直接以先以甘藷、馬鈴薯及芋頭之熟泥，直接取用為製作蛋糕的材料之一，並取代蛋糕粉；實驗測試材料的特性、操作流程與確認配方的可行性。

#### (一)配方(如表 3-1)

控制組：以國家乙級技能檢定之戚風蛋糕配方為主(楊美雲，2009)作為控制組。

配方 1：將控制組配方中的蛋糕粉改為熟的甘藷泥。

配方 2：將控制組配方中的蛋糕粉改為熟的馬鈴薯泥。

配方 3：將控制組配方中的蛋糕粉改為熟的芋頭泥。

表 3-1 戚風蛋糕實驗配方

| 材料   | 控制組 | 配方 1 | 配方 2 | 配方 3 |
|------|-----|------|------|------|
| 全蛋   | 258 | 258  | 258  | 258  |
| 細砂糖  | 100 | 100  | 100  | 100  |
| 鹽    | 2   | 2    | 2    | 2    |
| 液體油  | 57  | 57   | 57   | 57   |
| 蛋糕粉  | 100 |      |      |      |
| 甘藷泥  |     | 100  |      |      |
| 馬鈴薯泥 |     |      | 100  |      |
| 芋頭泥  |     |      |      | 100  |
| 泡打粉  | 3   | 3    | 3    | 3    |
| 水    | 57  | 57   | 57   | 57   |

## (二)泥餡備料方式

步驟 1：將地瓜、馬鈴薯及芋頭表面洗淨後，以刨刀將表皮去除乾淨後切丁。

步驟 2：將地瓜丁、馬鈴薯丁及芋頭丁放入不銹鋼鍋中，再放入大同電鍋中，外鍋一杯水蒸煮(30 分鐘)。

步驟 3：待開關跳起後，將不銹鋼鍋取出待涼(30 分鐘)。

步驟 4：各別取出地瓜丁、馬鈴薯丁及芋頭丁，以手持均質機攪拌成泥。

## (三)蛋糕麵糊製作流程

步驟 1：準備材料，並將控制組中的蛋糕粉與水先拌勻(澱粉糊即完成)

步驟 2：將蛋白與蛋黃分開

步驟 3：將蛋黃、鹽、沙拉油及澱粉糊，以攪拌器攪拌 1 分鐘

步驟 4：將蛋白以電動攪拌器(威寶)速度 5，攪拌 10 秒，加入 1/3 細砂糖，以速度 3 攪拌 30 秒，再加入 1/3 細砂糖，以速度 3 攪拌 30 秒，最後加入剩餘細砂糖，以速度 1 攪拌 60 秒

步驟 5：取 1/2 的蛋白糊加入蛋黃糊中，以攪拌器拌勻，再加入剩餘的蛋白糊，以攪拌器拌勻

步驟 6：每個烤模填入 40g 蛋糕糊，輕敲 4 下後，將烤模放入烤盤中

步驟 7：烤焙：以正大烤爐上火 160℃/下火 150℃，烤 15 分鐘，調轉烤盤，烤 5 分

步驟 8：取出烤盤並輕敲二下

步驟 9：冷卻二小時

## (四)蛋糕麵糊比較分析

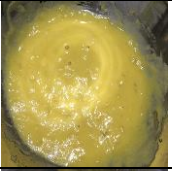
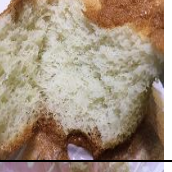
在製作泥餡的前製作業中，切丁後蒸熟，再壓碎完成。泥餡組織以甘藷泥最細緻，馬鈴薯次之，最後為芋頭泥，主要因為芋頭泥的粉質特性，蒸熟後芋頭泥相較於甘藷及馬鈴薯泥，整體感覺偏乾(如表 3-2)。

## (五)成品比較分析

外觀色澤展現馬鈴薯較暗，甘藷因本身肉質偏橘色，故烘烤後產品也偏黃橘色，芋頭上色較慢，出爐後成品顏色較淡(如表 3-2)。烤焙時馬鈴薯泥膨脹度最快，甘藷與芋頭次之，但出爐冷卻後回縮度甘藷最快，芋頭次之，最後為馬鈴薯。故成品高度最高且賣相較好為馬鈴薯>芋頭>甘藷。因蒸熟的泥餡含水量較高，製作出來的蛋糕體較濕，烤焙完成之成品，冷卻後回縮較嚴重，而影響整體的外觀。外觀剖面以馬鈴薯組織最接近蛋糕粉所製作的成品。在風味上各展現出它應有的香氣，香氣最好的是甘藷>芋頭>馬鈴薯。口感咀嚼上最好為芋頭>馬鈴薯>甘藷。甜度上因甘藷本身甜度較高故所製作出的蛋糕成品相對較高；甘藷>芋頭>馬鈴薯。

因泥餡材料本身含水份，故將甘藷泥、馬鈴薯泥及芋頭泥取代配方中的麵粉與水。因要減少泥餡所含的水份，故將原以切丁後蒸熟的作法，改為以整顆以烤爐烘烤方式。

表 3-2 2015/12/30 製作過程與成品圖片

|      | 泥餡                                                                                 | 泥餡+蛋黃+油                                                                            | 成品                                                                                  | 剖面                                                                                   |
|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 蛋糕粉  |   |   |   |   |
| 甘藷泥  |   |   |   |   |
| 馬鈴薯泥 |   |   |   |   |
| 芋頭泥  |  |  |  |  |

## 二、修正泥餡的前置處理方式及修正配方：

第一次製作時所發現的問題，作為本次製作改善的重點：(1)泥餡的製作過程改以烤爐烘烤，(2)將配方中的水份配方改以泥餡取代。因三種泥餡本身含有水份，故將配方中的水份去除，並將水份所占的 57%添加至以泥餡中，三種泥餡配方為 157%(如表 3-3)。

表 3-3 2016/1/15 配方修正

| 材料   | 控制組 1 | 配方 2 | 配方 3 | 配方 4 |
|------|-------|------|------|------|
| 全蛋   | 258   | 258  | 258  | 258  |
| 細砂糖  | 100   | 100  | 100  | 100  |
| 鹽    | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 液體油  | 57    | 57   | 57   | 57   |
| 低筋麵粉 | 100   |      |      |      |
| 甘藷泥  |       | 157  |      |      |
| 馬鈴薯泥 |       |      | 157  |      |
| 芋頭泥  |       |      |      | 157  |
| 泡打粉  | 3     | 3    | 3    | 3    |
| 水    | 57    |      |      |      |

為改善第一次製作以水蒸方式，所衍生蛋糕體太濕的問題，故第二次製作時，將泥餡製作方式改為烤爐烘烤。

步驟 1：將地瓜、馬鈴薯及芋頭表面洗淨，放入烤盤。

步驟 2：以正大烤爐烘烤：上火 160℃/下火 160℃，烤焙 60 分。

步驟 3：出爐(取出烤盤)，冷卻 60 分鐘。

步驟 4：分別將地瓜、馬鈴薯及芋頭去皮，以手持均質機攪拌成泥。

製作流程與第一次相同。在製作泥餡的前製作業中，烘烤後馬鈴薯與芋頭去皮後，

其內部果肉偏乾，造成泥餡製作困難，且泥餡顆粒偏粗。泥餡組織以甘藷泥最細緻，芋頭泥次之，最後為馬鈴薯泥(表 3-4)。

外觀色澤與泥餡水蒸的方式結果相同(表 3-4)。因泥餡以烘烤方式製作，外觀的表現雖比蒸熟的泥餡含水量較低少，但因搗成泥的顆粒較粗，成品烘烤完成，冷卻回縮較水蒸嚴重，而影響整體的外觀在；甘藷外觀較佳，馬鈴薯與芋頭次之。外觀剖面以甘藷蛋糕體組織較綿密，觀察泥餡發現甘藷泥顆粒大小比馬鈴薯及芋頭還要綿密細緻，且泥餡製作因將先前水蒸製作方式改為整槓顆烘烤，造成馬鈴薯及芋頭去皮後泥餡偏乾且顆粒較粗，結果顯示泥餡的顆粒大小會影響烘烤後成品回縮嚴重。故烘烤出來的成品屬甘藷最接近蛋糕粉所製作的成品質地。材料展現的香氣比水蒸方式更濃郁，香氣最好的是甘藷>芋頭>馬鈴薯。口感咀嚼上因顆粒較粗，整體展現較濕，最好為甘藷>芋頭>馬鈴薯。甜度上比水蒸方式更高，且甘藷本身甜度較高故所製作出的蛋糕成品相對較高；甘藷>芋頭>馬鈴薯。

為解決蛋糕體口感太濕，故將配方中的液體油減少一半的比例，並將減少的比例，轉加至泥餡比例中；因烤焙方式會將材料特有的風味展現，故會考慮採以烤焙方式將材料搗成泥後，以篩網過篩來減少顆粒太大的情形，並減少配方中的液體油改善整體太濕缺點。

表 3-4 2016/1/15 製作過程與成品圖片

|      | 泥餡+蛋黃+油                                                                             | 成品                                                                                  | 剖面                                                                                   |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 蛋糕粉  |   |   |   |
| 甘藷泥  |  |  |  |
| 馬鈴薯泥 |  |  |  |
| 芋頭泥  |  |  |  |

### 三、修正泥餡製作(過篩)、修正配方及更改

因於第二次製作時所發現的問題，作為本次製作改善的重點：(1)將泥餡加入過篩的步驟；(2)將配方中的液體油份減少 50%，並減少的部份改以泥餡取代；因第二次實驗發現蛋糕成品口感過濕，故將配方中的液體油減少 50%，並將液體油減少的 28%添加至以泥餡中，三種泥餡配方為 185%(如表 3-5)。

表 3-5 2016/02/10 修正配方

| 材料  | 控制組 1 | 配方 2 | 配方 3 | 配方 4 |
|-----|-------|------|------|------|
| 全蛋  | 258   | 258  | 258  | 258  |
| 細砂糖 | 100   | 100  | 100  | 100  |
| 鹽   | 2     | 2    | 2    | 2    |

| 材料   | 控制組 1 | 配方 2 | 配方 3 | 配方 4 |
|------|-------|------|------|------|
| 液體油  | 57    | 28   | 28   | 28   |
| 低筋麵粉 | 100   |      |      |      |
| 甘藷泥  |       | 185  |      |      |
| 馬鈴薯泥 |       |      | 185  |      |
| 芋頭泥  |       |      |      | 185  |
| 泡打粉  | 3     | 3    | 3    | 3    |
| 水    | 57    |      |      |      |

#### 泥餡流程

步驟 1：將地瓜、馬鈴薯及芋頭表面洗淨，放入烤盤。

步驟 2：以正大烤爐烘烤：上火 160℃/下火 160℃，烤焙 60 分。

步驟 3：出爐(取出烤盤)，冷卻 60 分鐘。

步驟 4：分別將地瓜、馬鈴薯及芋頭去皮，以手持均質機攪拌成泥。

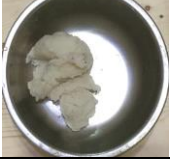
步驟 5：將泥餡過篩。

蛋糕製造過程與第二次相同。在泥餡製作結果，因在泥餡製作最後多了過篩的步驟，二種餡料顆粒質地有改善，但還是屬甘藷的質地最細緻(如表 3-6)。

外觀色澤與前次結果相同。因泥餡在製作過程加一道過篩程序，使得泥餡顆粒較細，成品烘烤完成，冷卻回縮情形有改善，而二種餡在整體的外觀展現較佳；烘烤時馬鈴薯膨脹最高，因泥餡質地有改善，故烘烤出爐後回縮情形有改善，冷卻後外觀展現馬鈴薯最好，甘藷次之。二種餡料除了泥餡步驟修正，對於蛋糕成品有改善；材料展現的香氣最好的是甘藷>馬鈴薯。口感咀嚼上最好為甘藷>馬鈴薯，但整體上口感感覺還是太濕。甜度上甘藷本身甜度較高故所製作出的蛋糕成品相對較高，甘藷>馬鈴薯。

以泥餡所做的蛋糕，因甘藷本身具有甜味，故將配方中的糖減少 1/3；因蛋糕成品一直有太濕的問題，故建議在烘烤時間可延長 5 分，以減少蛋糕中的水份。

表 3-6 2016/02/10 製作過程與成品圖片

|      | 泥餡                                                                                  | 泥餡+蛋黃+油                                                                             | 成品                                                                                  | 側面                                                                                   | 剖面                                                                                    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 蛋糕粉  |  |  |  |  |  |
| 甘藷泥  |  |  |  |  |  |
| 馬鈴薯泥 |  |  |  |  |  |

#### 四、修改配方(糖減 1/3)及烘烤方式(延長烘烤時間)

因甘藷本身富含甜味，故在本次實驗將配方中的細砂糖減 1/3，細砂糖在配方中為 67%(如表 3-7)；為改善蛋糕成品太濕的問題，將烤焙時間延長 5 分鐘。

表 3-7 2016/02/14 修正配方

| 材料   | 控制組 1 | 配方 2 | 配方 3 | 配方 4 |
|------|-------|------|------|------|
| 全蛋   | 258   | 258  | 258  | 258  |
| 細砂糖  | 100   | 67   | 67   | 67   |
| 鹽    | 2     | 2    | 2    | 2    |
| 液體油  | 57    | 28   | 28   | 28   |
| 低筋麵粉 | 100   |      |      |      |
| 甘藷泥  |       | 185  |      |      |
| 馬鈴薯泥 |       |      | 185  |      |
| 芋頭泥  |       |      |      | 185  |
| 泡打粉  | 3     | 3    | 3    | 3    |
| 水    | 57    |      |      |      |

泥餡製作流程與 2016/2/10 相同。蛋糕製作流程修改烘焙時間，為解決蛋糕體太濕的問題，故本實驗將烘烤時間延長 5 分鐘。在製作泥餡的前製作業結果與前述相同(如表 3-8)。

換烤模後，因烤模容量比方型紙模小(圓烤模填入 30g 麵糊；方型烤模填入 40 克麵糊)，但烤焙時間比前次延長 5 分鐘，加上這次配方的糖有減量，故整體蛋糕外觀，顏色展示沒有因烘烤間時間延長而加深。在色澤深淺方面甘藷>馬鈴薯>芋頭。因換烤模，三種泥餡烘烤完成出爐後回縮情形，以馬鈴薯外觀較佳(如圖 3-1)。



圖 3-1 三種泥餡烘烤後成品(左：芋頭泥、中：甘藷泥及右：馬鈴薯泥)

延長烘烤時間對於蛋糕成品上有改善，成品烘烤延長悶烤 5 分鐘，其整體口感太濕情形有改善，但因減糖導致整體口感偏鹽鹹；建議下次製作時可以將細砂糖的部份減為 1/4，且將配方中的鹽減少 1/3。在三種泥餡製作時，因整顆甘藷、馬鈴薯及芋頭長時間烤焙導致泥餡偏乾，為改善此問題，建議下次製作時，可以先以大同電鍋蒸熟後，再以烤焙方式減少三種材料內部水份含量。

表 3-8 2016/02/15 製作過程與成品圖片

|                  | 泥 餡 | 泥 餡+蛋 黃+油 | 成 品 | 側 面 |
|------------------|-----|-----------|-----|-----|
| 甘<br>藷<br>泥      |     |           |     |     |
| 馬<br>鈴<br>薯<br>泥 |     |           |     |     |
| 芋<br>頭           |     |           |     |     |

## 肆、結論與建議

研究評估無麩質戚風蛋糕的發展，為對麵筋過敏者，以不同類型的無麩質澱粉，如甘藷、馬鈴薯及芋頭泥來取代蛋糕粉的可行性。實驗分析結果：在外觀，顏色和口感上有顯著差異。以 2016/02/14 配方所製作出來的成品，表現出最佳的感官效果，雖口感偏鹽，但減糖後在食用上不會讓人有甜膩感，且能品嚐植物天然的甘甜味(如甘藷及芋頭)，比起蛋糕粉所製作的成品中，油脂的攝取也相對降低，更富含天然香氣(如甘藷與芋頭)。在營養攝取方面，甘藷、馬鈴薯及芋頭比蛋糕粉更富含纖維、礦物質(鎂及鉀等)、維生素 A 與 K 及  $\beta$ -胡蘿蔔素(如表 2-2)。實驗結果表明，甘藷、馬鈴薯及芋頭運用在烘焙產品材料上具有潛力，可開發無麩質的產品，增加腹腔疾病者在烘焙產品的選擇。

在甘藷、馬鈴薯及芋頭的泥餡製作，實驗發現泥餡的顆粒大小會影響蛋糕的口感及蛋糕體烘烤出爐後回縮狀況，Hera、Rosell 及 Gomez (2014)研究結果表明麵粉的顆粒大小及生麵團水合作用(hydration)，對產品的體積與質地是有明顯影響，這也會影響消費者購買意願，故在之後的產品開發是必須克服的。

本實驗在甘藷、馬鈴薯及芋頭製成泥餡時，操作流程需花 2~3 小時製作，故建議下次研究時，可以利用生泥的方式來取代蛋糕的可行性，及針對泥餡的顆粒大小與含水量對蛋糕質地老化與存放時間的影響加以探討，利用甘藷、馬鈴薯及芋頭不同的特性，開發出體積、質地或口感更優質的烘焙產品。未來可朝台灣在地富含澱粉的食材：如山藥及樹薯，或以常運用於澱粉原料的綠豆及薏苡，來開發出更多無麩質烘焙產品。

在蛋糕類方面建議可以將甘藷、馬鈴薯及芋頭材料運用在其他類型的蛋糕產品上，如：乳沫類蛋糕(天使蛋糕或海綿蛋糕)，此兩種蛋糕是以蛋為主要材料，可以利用甘藷及芋頭本身的香氣可以改善蛋的腥味。也可運用在麵糊類蛋糕上，因麵糊類蛋糕油脂含量較高，可以運用甘藷、馬鈴薯及芋頭本身富含的纖維質，可改善麵糊類產品本身油膩感及蛋糕體偏乾的口感。

## 參考文獻

1. Abidin, P. E., Dery, E., Kweku Amagloh, F., Asare, K., & Crey, E. E. (2015). *Training of Trainers' Module for Orange-Fleshed Sweetpotato (OFSP): Utilization and Processing*. International Potato Center.
2. Barbeau, W. E. (2012). What is the key environmental trigger in type 1 diabetes—Is it viruses, or wheat gluten, or both? *Autoimmunity Reviews*, 12(2), 295-299. doi:10.1016/j.autrev.2012.05.003
3. Cauvain, S. P. (2003). 3. Cakes: Nature of cakes. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. London: Elsevier Science, 751-756. doi:10.1016/B0-12-227055-X/00145-0
4. Czaja-Bulsa, G. (2015). Non coeliac gluten sensitivity—A new disease with gluten intolerance. *Clinical Nutrition*, 34(2), 189-194. doi:10.1016/j.clnu.2014.08.012
5. Davis, W. (2014). *Wheat belly: lose the wheat, lose the weight, and find your path back to health*. New York .
6. de la Hera, E., Rosell, C. M., & Gomez, M. (2014). Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry*, 151, 526-531. doi:10.1016/j.foodchem.2013.11.115
7. de Oliveira, P., de Carvalho, D. R., Brandi, I. V., & Pratesi, R. (2016). Serological prevalence of celiac disease in Brazilian population of multiple sclerosis, neuromyelitis optica and myelitis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 9, 125-128. doi:10.1016/j.msard.2016.07.018
8. Giménez-Bastida, J. A., Piskula, M., & Zieliński, H. (2015). Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44, 58-65. doi:10.1016/j.tifs.2015.02.013

- 9.Green, P. H., Lebwohl, B., & Greywoode, R. (2015). Celiac disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135(5), 1099-1106. doi:10.1016/j.jaci.2015.01.044
- 10.Hadjivassiliou, M. A. R. I. O. S., Duker, A. P., & Sanders, D. S. (2014). Gluten-related neurologic dysfunction. *Handb Clin Neurol*, 120(11), 607-19. doi:10.1016/B978-0-7020-4087-0.00041-3
- 11.Heikkilä, K., Koskinen, O. A., Agarwal, A., Tikkinen, K. A. O., Mäki, M., & Kaukinen, K. (2015). Associations of coeliac disease with coronary heart disease and cerebrovascular disease: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 25(9), 816-831. doi:10.1016/j.numecd.2015.05.004
- 12.Hwang, S. Y., Tseng, Y. T., & Lo, H. F. (2002). Application of simple sequence repeats in determining the genetic relationships of cultivars used in sweet potato polycross breeding in Taiwan. *Scientia Horticulturae*, 93(3), 215-224. doi:10.1016/S0304-4238(01)00343-0
- 13.Kirchberg, F. F., Werkstetter, K. J., Uhl, O., Auricchio, R., Castillejo, G., Korponay-Szabo, I. R., ... & Mearin, M. L. (2016). Investigating the early metabolic fingerprint of celiac disease—a prospective approach. *Journal of Autoimmunity*, 72, 95-101. doi:10.1016/j.jaut.2016.05.006
- 14.Kusumayanti, H., Handayani, N. A., & Santosa, H. (2015). Swelling power and water solubility of cassava and sweet potatoes flour. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 164-167. doi:10.1016 / j.proenv.2015.01.025
- 15.Lionetti, E., Gatti, S., Pulvirenti, A., & Catassi, C. (2015). Celiac disease from a global perspective. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 29(3), 365-379. doi:10.1016/j.bpg.2015.05.004 |
- 16.Lu, T. J., Chen, J. C., Lin, C. L., & Chang, Y. H. (2005). Properties of starches from cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) tubers planted in different seasons. *Food Chemistry*, 91(1), 69-77. doi:10.1016/j.foodchem.2004.05.048
- 17.Marston, K., Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2016). Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 637-644. doi:10.1016/j.lwt.2015.08.063
- 18.Masure, H. G., Fierens, E., & Delcour, J. A. (2016). Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. *Journal of Cereal Science*, 67, 92-111. doi:10.1016/j.jcs.2015.09.009
- 19.Mergedus, A., Kristl, J., Ivancic, A., Sober, A., Sustar, V., Krizan, T., & Lebot, V. (2015). Variation of mineral composition in different parts of taro (*Colocasia esculenta*) corms. *Food Chemistry*, 170, 37-46. doi:10.1016/j.foodchem.2014.08.025
- 20.Miller, R. (2016). Cakes: Types of Cakes. In *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier Science. (pp. 597-582). Elsevier Ltd. doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00100-8
- 21.Perlmutter, D. (2013). *Grain brain: the surprising truth about wheat, carbs, and sugar--your brain's silent killers*. Hachette UK.
- 22.Rama, M.V., & Narasimham, P. (2003). Potato and related crops / The root crop and its uses. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (No. Ed. 2 pp. 4658-4666). Elsevier Science BV. doi:10.1016/B0-12-227055-X/00949-4
- 23.Sablani, S. S., Marcotte, M., Baik, O. D., & Castaigne, F. (1998). Modeling of simultaneous heat and water transport in the baking process. *LWT-Food Science and Technology*, 31(3), 201-209. doi:10.1006 / fstl.1997.0360
- 24.Sakin, M., Kaymak-Ertekin, F., & Ilicali, C. (2007). Modeling the moisture transfer during baking of white cake. *Journal of Food Engineering*, 80(3), 822-831. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.07.011
- 25.Scherf, K. A., Koehler, P., & Wieser, H. (2016). Gluten and wheat sensitivities—An overview. *Journal of Cereal Science*, 67, 2-11. doi:10.1016/j.jcs.2015.07.008
- 26.Simre, K., Uibo, O., Peet, A., Tillmann, V., Kool, P., Hämäläinen, A. M., ... & Knip, M.

- (2016). Exploring the risk factors for differences in the cumulative incidence of coeliac disease in two neighboring countries: the prospective DIABIMMUNE study. *Digestive and Liver Disease*. doi:10.1016/j.dld.2016.06.029
27. Soares, F. L. P., de Oliveira Matoso, R., Teixeira, L. G., Menezes, Z., Pereira, S. S., Alves, A. C., ... & Alvarez-Leite, J. I. (2013). Gluten-free diet reduces adiposity, inflammation and insulin resistance associated with the induction of PPAR-alpha and PPAR-gamma expression. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 24(6), 1105-1111. doi:10.1016/j.jnutbio.2012.08.009
28. Taylor, J., & Rosell, C. (2016). Foreword to special issue on Cereal Based Non-gluten Dough Systems. *Journal of Cereal Science*, 67, 1. doi:10.1016/j.jcs.2015.10.001
29. Thompson, S. M., & Hirschi, K.D. (2016). Salad Crops: Root, Bulb, and Tuber Crops. *Reference Module in Food Science* (pp. 679-683). Elsevier BV. doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00605-X
30. Villordon, A. Q., Ginzberg, I., & Firon, N. (2014). Root architecture and root and tuber crop productivity. *Trends in Plant Science*, 19(7), 419-425. doi:10.1016/j.tplants.2014.02.002
31. Waramboi, J. G., Dennien, S., Gidley, M. J., & Sopade, P. A. (2011). Characterisation of sweetpotato from Papua New Guinea and Australia: Physicochemical, pasting and gelatinisation properties. *Food Chemistry*, 126(4), 1759-1770. doi:10.1016/j.foodchem.2010.12.077
32. Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, 30(1), 6-15. doi:10.1016/j.tifs.2013.01.001
33. Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., & Korus, J. (2016). Starch and starch derivatives in gluten-free systems: A review. *Journal of Cereal Science*, 67, 46-57. doi:10.1016/j.jcs.2015.07.007
34. Yadav, B. S., Yadav, R. B., Kumari, M., & Khatkar, B. S. (2014). Studies on suitability of wheat flour blends with sweet potato, colocasia and water chestnut flours for noodle making. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 352-358. doi:10.1016/j.lwt.2013.12.042
35. Zaidul, I. S. M., Yamauchi, H., Takigawa, S., Matsuura-Endo, C., Suzuki, T., & Noda, T. (2007). Correlation between the compositional and pasting properties of various potato starches. *Food Chemistry*, 105(1), 164-172. doi:10.1016/j.foodchem.2007.03.061
36. 行政院農業委員會，芋主題館，2016/03/18, 2016/03/18, <https://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=101242&ctNode=2717&mp=175&kpi=0&hashid=>
37. 美國農業部，農業研究服務，國家營養數據庫標準參考，2016/03/20，<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3207?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=sweet+potato>
38. 馬鈴薯 <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=17677>
39. 張德純，2007，馬鈴薯，中國蔬菜，11期，P53-53
40. 衛生福利部食品藥物管理署，食品標示法規手冊，2014/10/14，<http://www.fda.gov.tw/upload/133/2016010514272943098.pdf>
41. 糧食和農業組織(FAO)，2016/05/13，<http://www.fao.org/docrep/005/y9422e/y9422e0d.htm>