

投稿類別:農業類

篇名：

掌控「蛋白」「馬」到成功暨火龍果皮馬卡龍之研發

作者：

林秉怡。臺北市立松山高級工農職業學校。高三食品加工科仁班。

林靖捷。臺北市立松山高級工農職業學校。高三食品加工科仁班。

王緯翰。臺北市立松山高級工農職業學校。高三食品加工科仁班。

指導老師：

周淑萍老師

王昭君老師

壹、前言

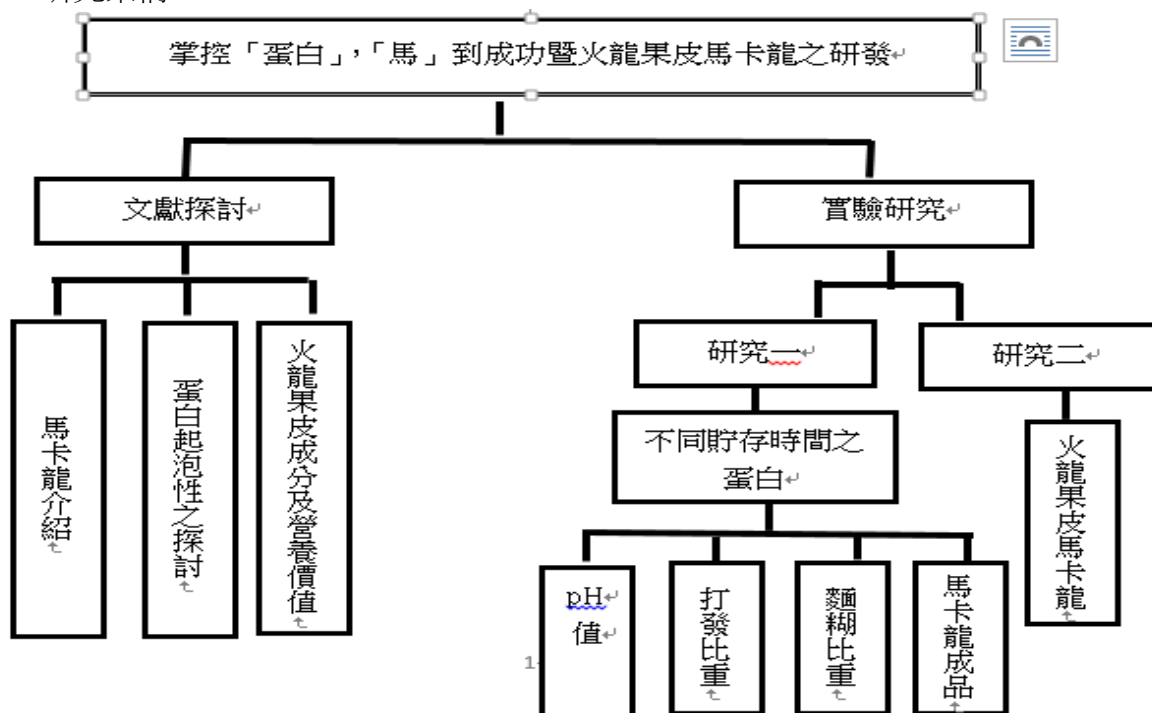
一、研究動機

每次經過百貨公司專櫃，看見玻璃櫃裡一顆顆華麗精緻的甜點，就讓我們眼前一亮，不過這些看似小巧的馬卡龍，價格卻如此昂貴，上網蒐集資料才發現，馬卡龍雖然只需使用蛋白、杏仁粉、糖粉和細砂糖就能製作，但是失敗率極高，不論是製程中的配方、打發度、烤焙溫度，都會影響產品的結果。蒐集歸納資料後，我們發現最主要失敗的關鍵點，和製程中的「蛋白」打發特性有關，聽老師說業界流傳要用「老蛋白」比較部會失敗，引起我們探討不同貯存時間蛋白與馬卡龍的產品品質之關聯性。

二、研究目的

- (一)瞭解馬卡龍的起源、材料、製作方法及製作技巧。
- (二)利用文獻探討來了解影響蛋白打發和泡沫安定性的因素，以及蛋白選用之原則
- (三)研究不同貯存時間蛋白對蛋白之 pH 值、打發比重、泡沫安定、麵糊比重及成品之影響。
- (四)火龍果皮具有天然色素、高營養價值且富含果膠質，其果膠質可能有助於馬卡龍製程中之泡沫安定性，因此本研究用以研發火龍果皮馬卡龍新商品，期能開發廢棄火龍果皮之利用性。

三、研究架構



圖一：研究架構圖
(圖一資料來源：研究者繪製)

貳、正文

一、馬卡龍

(一)起源

馬卡龍是法國東北部洛林區南錫地區的一種傳統點心，在法國提到馬卡龍，無人不知無人不曉，但是因地方風情不同，其外觀和口感都略有不同。關於馬卡龍的起源，大家都認為馬卡龍是法國的傳統甜點，實際上它的發祥地是在義大利，相傳當時修道院的修女為了代替葷食，因而發明了這個由杏仁粉製成的甜點—馬卡龍。16世紀時，海上貿易繁榮，法國人發現了這個義大利人製作的馬卡龍，將其稱為「maccherone」，意為細膩的甜點，並成為法國的皇室甜點，因其外酥內軟的特性被稱為「少女的酥胸」。另有一說是十六世紀給法國國王亨利二世的凱薩琳皇后自義大利威尼斯帶到法國的甜點。馬卡龍的材料很單純，只使用蛋白、細砂糖、糖粉和杏仁粉就能製成。

(二)材料介紹

1、蛋白

蛋白的種類可分為卵白蛋白、伴白蛋白、卵類黏蛋白、卵黏蛋白、抗生物素蛋白和球蛋白，其中影響馬卡龍製程中最重要的蛋白為球蛋白及卵黏蛋白。「**球蛋白主要功用為降低表面張力，增加蛋白的黏度，在攪拌時可將打入之空氣形成泡沫，泡沫形成後氣泡較小，表面積增加。**」(徐華強等人，1998)。打發時應注意不可有油漬留在容器或是手上，即使微量的油脂，也會影響球蛋白及黏液蛋白，使蛋白失去黏性及凝固性。打發蛋白的最佳溫度是 17~22℃，因其膠黏性在最佳狀態，溫度過高會使蛋白稀薄而膠黏性變差，無法保留打入之空氣，溫度過低，在攪拌時則不易拌入空氣。本組將蛋白種類及其特性整理如(表一)。

表一：蛋白種類及特性

種 類	特 性
球蛋白	主要功用為「降低表面張力，增加蛋白的黏度，在攪拌時可將打入之空氣形成泡沫，泡沫形成後氣泡愈小，表面積增加。」(徐華強等人，1998)
卵黏蛋白	其特性為「影響卵白起泡特性、溶解度降低，加熱不凝固，維持卵白濃稠且黏的組織。」(謝文斌等人，2015)
卵白蛋白	與蛋白起泡性有關
伴白蛋白	造成鋁變色
卵類黏蛋白	含蛋白酶抑制因子，可加熱被破壞
抗生物素蛋白	對含生物素的酶具有特異的抑制作用

(表一資料來源：本組自行整理)

2、糖

(1)糖

攪拌蛋白加入砂糖，可以幫助蛋白打發，蛋白的表面張力越小越容易打發，而砂糖的加入能和蛋白中的水分一起融化成糖液，使蛋白的表面張力變大，打出的氣泡較細。

(2)100%糖粉

「市面上，由於空氣潮濕，為了防止糖粉結塊，往往添加少量玉米澱粉，而此玉米澱粉會影響麵糊表面結殼穩定性」(葉連德，2014)，使馬卡龍表面出現裂痕，所以必須使用 100%純糖粉，隨著馬卡龍的流行風潮，市面上已有販售馬卡龍專用糖粉，也可以自行用果汁機把細砂糖磨成粉狀來使用。

3、杏仁粉

烘焙用杏仁粉是由「almond」研磨加工而來，almond 又稱美國大杏仁，但是和杏並無關係，其正名為「扁桃仁」，與南北杏不同。其營養價值極高，富含不飽和脂肪酸，可以降低血液中低密度膽固醇(LDL)的量，對於心血管病變具有降低發生率的保健功效，其中維生素 E 含量更是其他堅果的十倍以上。也含有大量有助消化和降低膽固醇的膳食纖維。不同進口來源的杏仁粉品質不一樣，「日本的杏仁粉顏色較白，較為乾爽，顆粒細、平均。台灣進口美國的杏仁粉外觀色較深，感覺較為濕潤，顆粒粗細較不均勻。」(王文華，2012)，而杏仁粉的新鮮度也會影響馬卡龍的成品，因為，「放置過久的杏仁粉已釋出油份，是造成馬卡龍成品龜裂、粗糙的原因之一。」(小林かなえ，2011)

(三)製作方法比較

馬卡龍的主要材料雖然簡單且操作步驟容易，但是失敗率極高，操作關鍵包括蛋白特性、水分乾燥及烤焙溫度等。主要的做法可分為三種：法式蛋白霜的馬卡龍，是在蛋白中加入砂糖，發成蛋白霜，一邊加入混合過篩後的杏仁粉和糖粉；「而使用義式蛋白霜的馬卡龍，則是混合杏仁粉、糖粉、和蛋白製成狀似杏仁膏的麵糊，再加入蛋白中加入熬煮過的砂糖製成的義式蛋白霜，然後將兩者混合」(小林かなえ，2011)，是目前最常使用的方法。後來又延伸出瑞士蛋白霜打法，其做法及特點比較如(表二)。本研究採用法式方法製作馬卡龍，理由為製程最簡單，較易控制步驟以減少操作誤差。

表二：馬卡龍做法比較表

種類	做法	特點
法式	冷生蛋和砂糖一起打發	化口性差，較無硬殼，好操作但失敗率高
義式	118°C糖漿加入蛋白打發	比法式穩定性高，有硬殼、較脆
瑞士	蛋白和糖一起加熱再打發	加溫可以使組織穩定

(表二資料來源：本組研究整理)

(四)製作技巧

馬卡龍是由兩片圓形的杏仁餅乾組成，中間夾著各種口味的餡料。特色是「帶有光澤的薄殼，底部有一圈輕巧帶細孔的『蕾絲裙襞』，在口感上，外殼略為酥脆，入口的口感柔潤」(葉連德，2014)，製作難度高，極易失敗，其關鍵的製作技巧分述如下：

1、麵糊攪拌程度

攪拌完成的黏稠度，是影響馬卡龍外觀的主因，攪拌麵糊時間長短關鍵在於蛋白霜的硬度，如果蛋白霜偏軟，只需攪拌幾下即可，若蛋白霜偏硬，就要多攪拌幾下。

2、麵糊風乾

隨著不同季節及天氣，乾燥麵糊表面所需的時間長短不一，因此必須用手輕觸摸麵糊，確認是否變乾了，若「表面麵糊沒有風乾到結皮，入爐後很容易表面裂開，反之，乾燥過頭的話，表面形成的殼太厚，無法形成裙襞」(葉連德，2014)。最佳的風乾方式為使用電風扇增加風乾效率。

3、烤焙溫度

「烤爐溫度太高，易造成空氣孔隙膨脹過快，馬卡龍內部會在外層形成光滑薄殼之前膨起，馬卡龍上方會爆裂」(葉連德，2014)。；若烤溫太低，馬卡龍內部無法膨起，烤出來的馬卡龍外層會有空洞。

本組蒐集資料並歸納出馬卡龍失敗現象及可能造成之原因統整如(表三)。

表三：馬卡龍之失敗現象及可能原因表

失敗現象	可能原因
麵糊變硬	(1)蛋白計算錯誤(2)壓拌混合麵糊作業不足(3)蛋白的溫度太低
表面龜裂	(1)麵糊烘烤前不夠乾燥(2)使用剛打開的蛋白(3)烤溫太高(4)不新鮮出油之杏仁粉
表面有氣泡凹洞	(1)蛋白霜打發不夠(2)蛋白份量太多
沒有裙邊	(1)烘烤不足(2)烘箱溫度太低

(表三資料來源：研究者自行整理)

由(表三)可發現「蛋白」的打發程度是影響成敗的重要因素，因此我們要探討「蛋白打發」的相關特性。

二、蛋白

(一)影響蛋白打發因素

蛋白質之「起泡性亦會受到諸多產品製作條件之影響，如溶液中蛋白質之濃度、pH 值，以及添加的食鹽、糖類及食用油等」(陳韋庭、何若瑄和周繼發，2010)。蛋白打發性會因為 pH 值、食鹽、糖、油等因素，造成打發性下降或上升，其原理整理如(表四)。

表四：蛋白打發因素比較

因素	原 理
pH 值	當 pH 值介於 6~10 時，打發性無顯著差異，pH 6 以下時打發性開始上升，卵白蛋白最佳之打發性在等電點 4.5 附近，或處於強酸或強鹼性時起泡性較高。
食鹽	添加食鹽的蛋白會增加蛋白攪打起泡所需時間，因此食鹽會造成蛋白打發性下降。
糖	蛋白之打發性隨添加之糖量而逐漸下降，原因為糖的添加導致連續相之黏度提高，而不利於氣泡之形成。
油	蛋白添加油量達 1%時，打發性已經下降至無法測定。

(表四資料來源：陳韋庭、何若瑄和周繼發(2010)。蛋黃與蛋白起泡性質之比較。台灣農業化學與食品科學。48(4)。182-188；研究者參考整理製表)

(二)影響蛋白泡沫安定性因子

攪打後的蛋白，隨著顏色從透明轉變白，泡沫的體積增加、硬度增加，但攪打至某一程度時，泡沫薄膜的彈性開始減小，口感較韌，打過頭的蛋白呈現棉花狀，不易與其他材料混合，而打發過後的蛋白要立即使用，消泡的蛋白，在放置一段時間後，就無法繼續打至發泡的狀態。若蛋白打發度不足時，組織將不夠硬挺，和其他材料混合時，氣泡容易被破壞導致消泡，造成麵糊過稀，使成品扁平；蛋白打發過頭，會不易拌勻材料，若過度攪拌反而易因消泡而變稀。「蛋白打發在 7~8 分發至接近乾性發泡，製成品皆可得到理想的外觀，攪拌越接近乾性發泡，則麵糊較稠，流動性差」(王文華，2012)。攪拌至光滑需要比較長的時間，相較成品也比較厚。泡沫的安定性對產品製程時的消泡性也有影響。

蛋白的泡沫安定性為某一定時間內液體滲出或是泡沫體積減小的程度，其影響因子和結果如下(表五)。

表五：蛋白泡沫安定性之因子

因子	影響結果
pH 值	新鮮蛋白之 pH 值在 7.6~7.9 左右，隨著貯存時間增加，會因 pH 快速上升至 9.7 而導致蛋白安定性下降。
食鹽	添加食鹽的蛋白，相較於未添加時安定性較佳。
糖	添加砂糖主要在提高泡沫安定性。
增黏劑	蛋白添加增黏劑後，隨著黏度增加時其安定性提高。
油	蛋白於加油後，安定性快速下降。

(表五資料來源：陳韋庭、何若瑄和周繼發(2010)。蛋黃與蛋白起泡性質之比較。台灣農業化學與食品科學。48(4)。182-188；研究者參考整理製表)

(三)選用蛋白原則

1、常溫蛋白

冰涼的蛋白與麵糊混合時，「蛋白的低溫會使杏仁的油脂凝縮，使麵糊變硬，將會造成馬卡龍表面粗糙、龜裂。如果蛋白還很冰，可隔水加熱。」(小林かなえ，2011)。所以最佳操作溫度為 35~38°C。

2、老蛋白

將蛋白放置在容器內，以保鮮膜包覆住容器，保鮮膜上戳 1~2 個小洞，放置冷藏三到七天就是所謂「老蛋白」。小林かなえ(2011)指出「使用打開後約放置 2 天，已失去彈性的蛋白，才能製作出狀態最好的麵糊」。因新鮮蛋白是由蛋白質和水分組成，靜置幾天後，可使蛋白內水分蒸散，水分減少後蛋白密度較稠，製作出來的蛋白霜質地較穩定。有的做法會添加蛋白脫水乾燥成的粉末(乾燥蛋白)，不僅能讓蛋白的發泡性更好，也能讓打好的蛋白霜更穩定，馬卡龍烤的成品較不易龜裂。

綜合以上蛋白相關特性，我們想研究不同貯存時間之蛋白，其 pH 值變化及對馬卡龍製程中蛋白比重、麵糊比重、泡沫安定性及成品品質之影響。

火龍果皮因富含果膠和天然色素，可添加於果凍、軟糖以及優格製程中，因此我們想將其運用在馬卡龍，運用其天然色素並利用果膠可能會提高蛋白起泡安定之特性，開發出火龍果皮馬卡龍，提供果皮廢棄物的再利用性。

三、火龍果

(一) 火龍果皮成分

1. 色素

火龍果皮含有大量的「甜菜紅素」、「甜菜黃素」、「類黃酮」、「胡蘿蔔素」，可以當天然色素加在食物中。但是「甜菜苷色素的安定性會受到光、氧、Aw、pH 值和溫度的影響。當加熱或有 OH 存在則引起共軛雙鍵的裂解而呈現無色」(蕭增宜，2007)。

2. 果膠

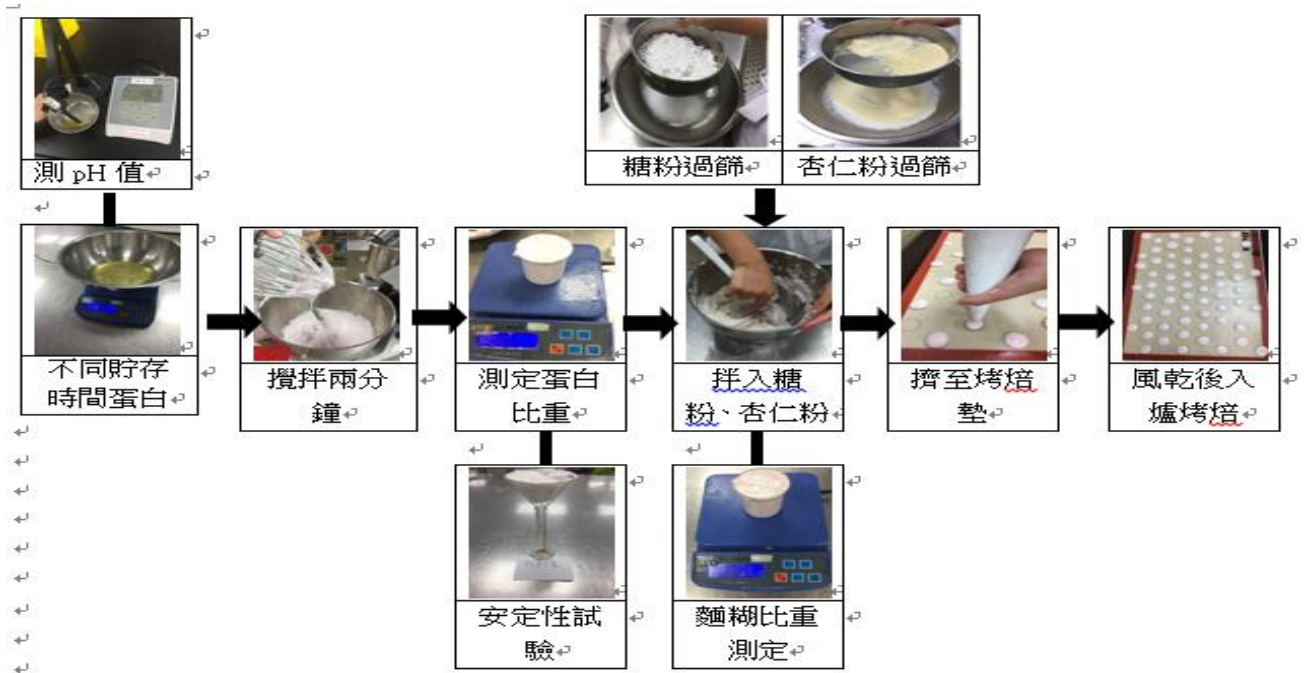
火龍果皮中的「果膠甲氧基含量為 4.836%，酯化度為 29.57%，屬於低甲氧基果膠」(王雪等人，2015)。該果膠具有一定的吸油性和乳化性。

(二) 營養價值

火龍果果皮及果肉中大量的「甜菜黃素」及「甜菜紅素」均具有極強的抗氧化及抗自由基效益，可以預防腦部神經細胞纖維化、抑制老人癡呆症及抗衰老。」(屈先澤，2010)。

四、(研究一)不同貯存時間蛋白對馬卡龍品質之影響

將蛋白依貯存時間分為為一日(新鮮蛋白)、三日和七日蛋白進行實驗。實驗流程圖如(圖二):



圖二：實驗流程圖
(圖二資料來源：研究者繪製)

(一) pH 值測定

將樣品進行 pH 測定並紀錄之。

(二)馬卡龍製作

- 1、秤料（杏仁粉、糖粉秤好後過篩）
- 2、將蛋白和砂糖倒到攪拌缸機器內，以 6 速攪拌 2 分鐘
- 3、取出 100g 蛋白秤比重
- 4、將過篩過的杏仁粉、糖粉和色素拌入打好的蛋白中（邊旋轉鋼盆）
- 5、秤麵糊比重
- 6、將麵糊裝入擠花袋，擠大約 50 元大小至烤培墊
- 8、風乾 30 分鐘
- 9、烤 10 分鐘調頭 5 分鐘（150°C / 150°C）

(三)比重測定

- 1、實驗步驟

- (1)50ml 燒杯扣重，裝滿水後秤重為(W₁)。
- (2)將待測物填滿至 50ml 燒杯，秤重為(W₂)。待測物為打發蛋白和攪拌後之麵糊。
- (3)公式：比重=W₂ / W₁

(四)安定性實驗

1、原理

某一時間內，液體滲出或泡沫體積減小的程度，pH 越高，蛋白泡沫安定性、泡沫體積、表面張力、黏度隨之上升。

2、實驗步驟

- (1)取 20g 打發蛋白，填入小漏斗內，放在 100ml 量筒上。
- (2)每隔 30 分鐘觀察排液量高度，紀錄後比較離水性。

五、(研究二)火龍果皮馬卡龍製作

火果龍果皮均質後，各添加 5%和 10%取代蛋白量，將果泥和蛋白一同過篩後，重複馬卡龍製作之步驟。

六、結果與討論

(一) 不同貯存時間 pH 值測定

表六：不同貯存時間蛋白之 pH 值

	一日蛋白	三日蛋白	七日蛋白
樣品 1	9.04	9.09	9.13
樣品 2	9.14	9.21	9.25
樣品 3	9.14	9.15	9.17
平均值	9.11	9.15	9.18

(表六資料來源：研究者實驗記錄)

討論：新鮮蛋白之 pH 值在 7.6~7.9 左右，本實驗之蛋白第一日之 pH 平均值已經為 9.11，可見已不是新鮮的蛋了。結果顯示蛋白之 pH 值的確會隨著貯存時間增加而上升。

(二) 不同貯存時間蛋白比重和和麵糊比重

表七：蛋白及麵糊比重比較

	一日蛋白	三日蛋白	七日蛋白
蛋白比重	0.31	0.32	0.34
麵糊比重	0.80	0.92	0.99

(表七資料來源：研究者實驗記錄)

討論：

1. (表七)中一日蛋白比重較輕，七日蛋白最重，推測蛋白可能放置天數較久，水分蒸散越多，造成密度上升，導致比重較重。
2. 由(表七)可發現麵糊比重隨著貯存時間而成正比，推測可能因貯存時間越長，蛋白的彈性越差，無法包住空已拌入之空氣，導致比重上升。

(三) 不同貯存時間蛋白泡沫安定性實驗結果

表八不同貯存時間蛋白打發後不同時間之排水量(ml)

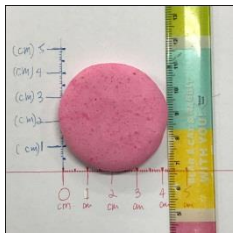
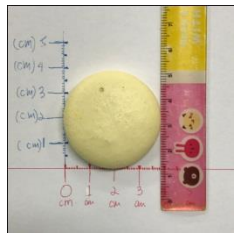
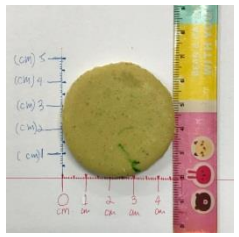
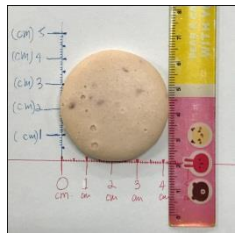
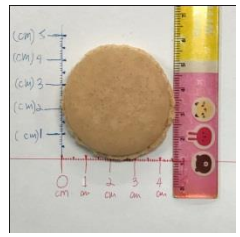


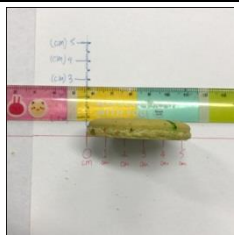
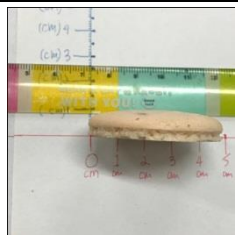






	1.5 小時	2 小時	2.5 小時	3 小時	3.5 小時	4 小時
一日蛋白	1.0	1.7	2.7	3.7	4.5	5.2
三日蛋白	0.5	0.9	1.0	1.3	1.8	2.3
七日蛋白	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.8

(表八資料來源：研究者實驗記錄)

討論：排水量愈低代表泡沫安定性愈高，由結果可知泡沫安定性依序為七日蛋白>三日蛋白>一日蛋白，可能是蛋白內水分蒸散後減少，蛋白密度較稠，泡沫安定性增加。但是蛋白打發後不會放過久，觀察 1.5 小時排水量，三日蛋白和七日蛋白無明顯差異。

(四)不同貯存時間蛋白製作之馬卡龍和火龍果皮馬卡龍成品

表九：不同貯存時間蛋白之馬卡龍和火龍果皮馬卡龍成品結果

	一日蛋白	三日蛋白	七日蛋白	火龍果(5%)	火龍果(10%)
直徑					
	4.2cm	3.9cm	4.7cm	4.3cm	4.5cm
厚度					
	0.9cm	0.9cm	0.8cm	0.88cm	1.1cm
重量					
	5.17g	4.35g	5.13g	3.99g	6.6g

(表九資料來源：研究者實驗記錄)

討論：

1. 一般市售馬卡龍直徑大小約為 4cm，厚度約為 1cm，由(表九)結果可發現一日蛋白和三日蛋白之馬卡龍接近市售大小，但以三日蛋白之表面光澤度最佳。而七日蛋白直徑變大，厚度降為 0.8cm，外觀扁平不具商品價值，可能是因為蛋白的 pH 變高影響到泡沫安定性。故本研究認為貯放三日之老蛋白較一日蛋白和七日蛋白適合製作馬卡龍。
2. 火龍果皮馬卡龍因含果膠質，添加火龍果皮的馬卡龍裙邊較大，5%的直徑、厚度及裙邊均接近市售馬卡龍外觀，而 10%的火龍果皮則可能因果膠質過多，外型較膨，裙邊較大，外型不佳。
3. 進爐前之火龍果皮馬卡龍為淡粉紅色，經烘焙後成品從原本的粉紅色變成淡橘色，證實「甜菜苷色素的安定性會受到光、氧、Aw、pH 值和溫度的影響。當加熱或有 OH 存在則引起共軛雙鍵的裂解而呈現無色。」(蕭增宜，2007)。

參、結論

- 一、隨著蛋白貯存時間變長，pH 值會上升；蛋白打發之比重會因水分蒸散越多，造成密度上升，比重較重；麵糊比重則會因蛋白彈性減少而變大且泡沫安定性會增加。觀察成品發現，貯放三日之蛋白其產品直徑大小和厚度與市售馬卡龍接近，且表面光滑有裙邊，因此本研究印證貯放三日之「老蛋白」較一日蛋白和七日蛋白更適合製作馬卡龍。
- 二、添加 5%直徑大小和厚度與市售馬卡龍接近，10%之馬卡龍則裙邊太大。產品顏色雖因甜菜苷色素被破壞，仍保有美麗的淡橘色，因此本研究認為添加 5%火龍果皮開發富營養價值的馬卡龍新商品具可行性。建議未來可再將廢棄果皮製成酸甜的內餡，增加其應用性。

肆、引註資料

- 小林かなえ(2011)。時尚法式甜點:馬卡龍&巴黎甜點。新北市：楓葉坊文化出版社。
- 徐華強、黃登訓、顧德財(1998)。蛋糕與西點。臺北市：中華穀類食品工業技術研究所。
- 謝文斌、蘇平齡(2015)。食品加工含實習總複習(下)。臺南市。台灣復文興業股份有限公司。
- 王文華(2012)。馬卡龍 Macaron。烘焙工業，164，30-35。
- 屈先澤(2010)。火龍果艷麗傳奇。鄉間小路，99年7月號，9-10。
- 葉連德(2014)。以天然色素製作馬卡龍技術報告。食藝技術期刊，1(1)，83-98。
- 王雪、丁金龍、黃葦、古文婷(2015)。火龍果皮中果膠的提取及其結構研究。中國食品添加劑，(3)。
- 陳韋庭、何若瑄、周繼發(2010)。蛋黃與蛋白起泡性質之比較。台灣農業化學與食品科學，48(4)，182-188。
- 蕭增宜(2007)。添加物對火龍果果皮色素萃取液的顏色及抗氧化力之影響。國立屏東科技大學食品科學系：碩士論文。