

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

第一名

052208

米苔目螺旋擠壓新製程

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者： 職一 廖家琪 高二 黃郁棻 職二 蔡易倫	指導老師： 王瓊祥 王俊雄
---	-----------------------------

關鍵詞：米苔目、糊化、擠壓

得獎感言

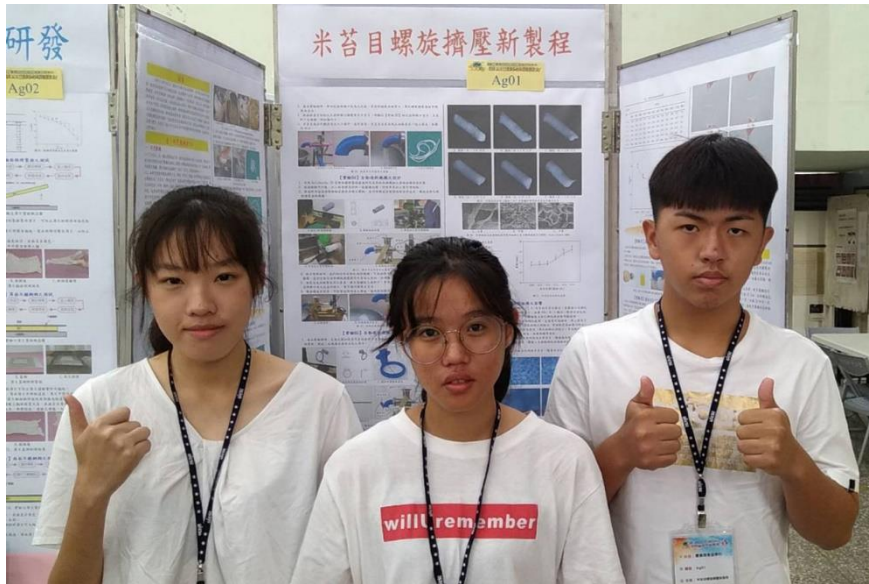
米苔目螺旋擠壓新製程之路

首先，非常感謝一路陪我們走過重重困難與阻礙的指導老師、同學以及家人，在研究過程中，我們並非一帆風順，而是經過辛苦地反覆思考、討論、實驗與檢討，一步一腳印那般踏踏實實的一路探索與研究，您們的教導、指引、鼓勵與支持都成為我們的精神支柱，亦是堅持研究的動機。

回想起那天在米苔目攤的場景，零星的人們來來往往，老闆的嘆息聲傳入耳中，訴說的傳統米食的沒落與新興食品繁盛的時代變遷，感觸良多的我們便開始以年輕客群的思維思考傳統米食應如何吸引年輕人，甚至打破固有傳統形式並添加新元素，使米苔目更加多元化，而經過我們多次討論認為將米苔目作為飲品的新元素是可行的方案，因此，便開始利用傳統米苔目製程進行製作，而在製作過程中，我們發現傳統製程長短不一的缺點導致米苔目無法飲品化，同時也含有其他缺點，因此便開始著手蒐集資料、實作、發現問題並解決改進，經過無數次的實驗與改進，最後成功利用螺旋擠壓原理研發出米苔目螺旋擠壓新製程，不但改善現有製程也成功讓米苔目飲品化。

同時，這段研究的日子也讓我們學到許多，像是學會化被動為主動的蒐集、研讀資料，學會觀察探索失敗或結果不佳的原因，學會在跌倒後一同爬起共同面對，冷靜思考可能之解決方案，我們學會勇敢探索研究未知的領域，除了更了解相關知識，也獲取了更多教科書上無法授予我們的寶貴能力與經驗，經過這次的參賽，也讓我們明瞭最重要的能力—毅力、團隊合作和一顆熱愛主動探索的心，毅力是我們持續努力研究的堅持，團隊合作使我們更有效的分工與互助，而熱愛主動探索的心便是學習與科展的開端與動機。

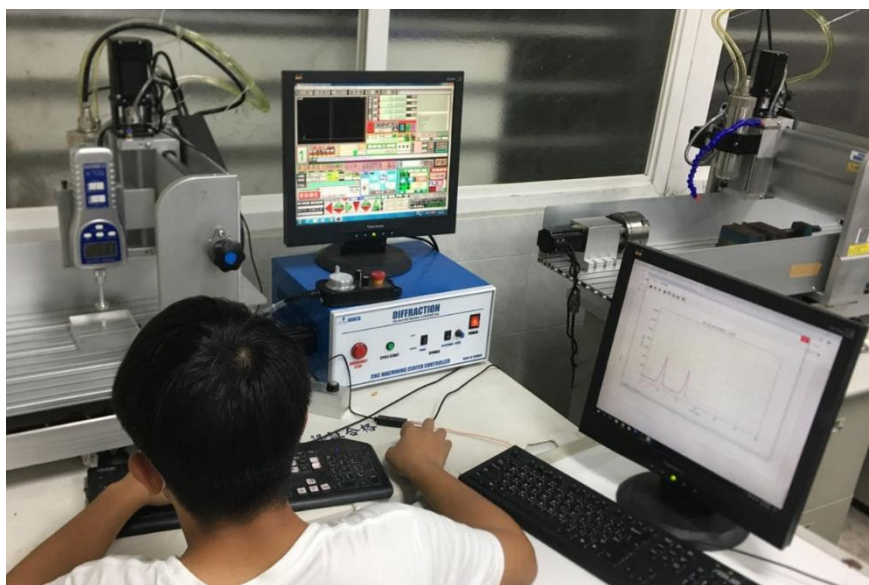
很榮幸我們的作品能夠受到青睞與支持，也希望新製程能夠真正對相關產業做出貢獻，讓米苔目現代化、飲品化、大眾化，也希望這個歷史悠久的台灣傳統米食能夠發揚光大，甚至像珍珠奶茶一樣代表著台灣進軍國際市場!



團隊與作品之合照



顯微結構之觀察與拍攝



物性實驗測試

壹、摘要

目前手工製作米苔目，操作十分費力且高溫悶熱，而製作的米苔目機器，無法以連續式生產，也不能有效控制米苔目外觀及長短。我們研發的米苔目螺旋擠壓機，具有自動進料、自動出料、自動裁切、可控制米苔目長度、節省人力、避免高溫操作等優點，而且組裝成本低，未來具有商品化之潛力。由實驗發現，隨著米漿糰含水比例遞增，米苔目之直徑、澱粉糊化度皆呈現遞增趨勢，而米苔目螺旋擠壓機之耗電功率則呈現遞減之趨勢。透過物性與品評測試，發現米苔目樣品 E(粉:水=1.0:1.6)之彈性最佳。透過螺旋擠壓機可製作各種蔬果米苔目，天然健康色香味俱佳，且長度適當之米苔目可用波霸珍珠用吸管順利吸飲，未來商品化之潛力極大。

貳、研究動機與目的

一、研究動機⁽¹⁴⁾⁽¹⁶⁾⁽²⁰⁾⁽²²⁾

- (一)「米苔目」是一種台灣傳統米食，如圖1所示，通常是在傳統地方特色小吃店販賣。傳統手工的方法是將揉合的米漿糰在篩板上推壓，但傳統篩板因為位於沸水上方，在篩板上用手推壓米漿糰，製作過程高溫難耐，而且「米苔目」形狀長短粗細不一。
- (二)本研究想應用螺旋擠壓方式，開發「米苔目」新製程，將台灣在地生產的蔬菜水果融合在「米苔目」傳統米食中，並藉由我們所開發的新製程，賦予「米苔目」多元化的色彩、口味、粗細、長短，預期未來可成為手搖杯飲料的新寵兒，希望透過本研究，能將台灣傳統米食注入新的生命力，推廣到年輕一代，成為青少年喜愛的飲品美食飲品。



圖1. 米苔目(米篩目)⁽¹⁶⁾



圖2. 希望使米苔目成為現代化飲品

二、研究目的

- (一) 分析米苔目現有製程之優缺點，保留其優點、改進其缺點。
- (二) 應用螺旋擠壓之原理，探討製作米苔目之可行性。
- (三) 研發米苔目螺旋擠壓機器，建立米苔目之新製程。

參、研究過程與方法

一、文獻回顧

(一) 米苔目之緣由⁽²⁰⁾⁽²²⁾

「米篩目」源於廣東梅州大埔一帶，後來傳至台灣及馬來西亞，傳統製程是將米漿和蕃薯粉攪和成糰狀米胎，用力搓揉米胎，通過「米苔目器」上的孔洞，使米胎形成圓柱形長米條，因而稱之為「米篩目」。由於因為台語中「篩」音近似「苔」，因而「米篩目」常作「米苔目」。



圖3.米苔目器⁽²²⁾

(二) 米苔目之研究

有關「米苔目」有學術參考價值的研究文獻非常少，我們所蒐集到的「米苔目」相關文獻，彙整其研究成果，摘錄如下所示：

1.國立中興大學食品科學研究所之研究

與米苔目之相關研究共二篇：

(1) 影響冷凍米苔目品質因子之研究⁽¹²⁾

以高直鏈澱粉之秈米(台農秈19號)為原米，試製米苔目產品，探討原料米粒貯藏後的改變及加工過程對米苔目品質的影響，並試以添加市售澱粉及修飾澱粉以改善米苔目之品質及冷凍貯藏之安定性。

(2) 單軸擠壓機試製米苔目之研究⁽¹⁸⁾

2.國立臺灣海洋大學食品科學研究所之研究⁽⁹⁾

臺北地區市售米濕製品(米粉、蘿蔔糕、碗粿、米苔目、粿條)中防腐劑與微生物含量調查。由研究結果顯示：傳統市場與小吃店(麵店)販售米濕製品均以常溫方式儲存，故極易造成微生物污染，檢驗微生物數據皆為偏高現象；相對超級市場販售之產品皆有完整密封包裝，並以低溫方式儲存，在檢驗結果呈現較佳的狀況。研究結論：完整包裝與低溫存藏是最好的販售方式。

3.102年度全國專題製作競賽食品群優秀作品⁽¹³⁾

探討不同水果果漿對米苔目的視覺、感官、抗氧化性、維生素C、酸鹼度...等理化特性之影響。

4. 全國高級中等學校小論文之研究

與米苔目之相關研究共二篇：

(1) 古早味米苔目—吃出另類好滋味⁽¹⁹⁾

將米苔目應用於肉包、披薩及月亮蝦餅中，使米苔目能吃出不同的新滋味。

(2) 差「米」「粉」⁽¹⁷⁾

分析消費者對米苔目、粉條兩項傳統美食之認識與喜愛程度。

(三)澱粉糊化⁽³⁾

澱粉粒由直鏈螺旋澱粉與支鏈澱粉共同組成，過量的水會影響澱粉粒，破壞澱粉粒中直鏈澱粉之螺旋結構，澱粉在水與加熱存在的條件下，澱粉粒會持續吸水、膨脹、結晶溶解，而直鏈澱粉會逐漸擴散出澱粉粒，此時澱粉粒內幾乎為支鏈澱粉，而直鏈澱粉在外形成凝膠，出現糊化的現象，使澱粉成為黏稠糊狀，糊化過程如圖4.所示，A.生的澱粉粒是由直鏈澱粉與支鏈澱粉所組成。B.澱粉粒加水膨潤變大。C.加水加熱造成澱粉粒繼續膨脹，導致直鏈澱粉擴散出來。D.澱粉粒崩解破裂形成凝膠。

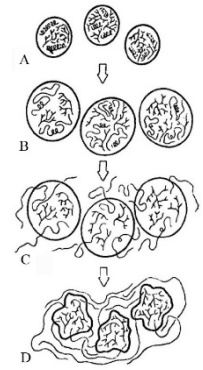


圖4.澱粉糊化⁽³⁾

(四)螺旋擠壓⁽⁶⁾⁽¹⁴⁾

當擠壓(extrusion)用於食品加工時，稱為食品擠壓(food extrusion)，如圖5所示，是簡單的單軸螺旋擠壓構造示意圖，主要由一個螺軸(screw)所組成，外部包覆套筒(barrel)，透過螺軸加粗或螺距減小之設計，造成原料受擠壓之壓力越來越大，而往出料口推進，由出料模口擠出成形，接著以刀片裁切成所需之長度。最早於1870年代，食品擠壓技術應用於生產香腸，1930年代起，應用食品擠壓技術生產乾麵食、早餐麥片、嬰兒食品…等。此外，食品擠壓技術更普遍應用於廚房用具，如：絞肉機、香草研磨機、咖啡研磨機、意大利麵製作機…等。

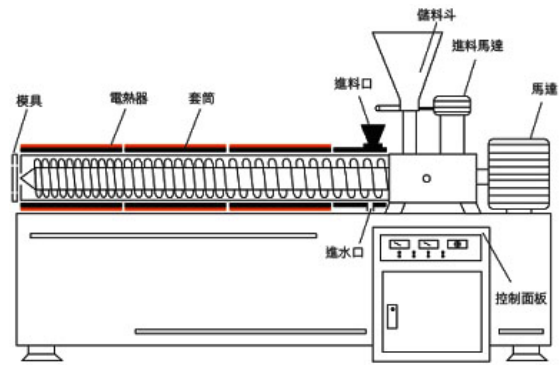


圖5.單軸螺旋擠壓⁽¹⁴⁾

(五)全質構分析⁽⁴⁾⁽⁵⁾

質地剖面分析(Texture Profile Analysis, 簡稱TPA)是一種常用的兩次壓縮測試實驗，主要應用於分析食品質地特性。最早可追溯至1861年，Lipowitz研發出一個簡單的穿刺測試儀來測量果凍的硬度。1963年Szczesniak等人，模擬人類牙齒的咀嚼動作，往復運動壓縮一口大小的食物兩次，由測試產生的力-時間曲線圖，提取了許多質地參數。TPA測試過程如圖6所示，將待測樣品放置在測試機台平台上，藉由連接到驅動系統的測試探頭，進行兩次下壓上升動作，測試數據經過圖型分析工具之解析，可提供多種質地參數，例如：硬度 (Hardness)、彈性 (Springiness)、脆度 (Fracturability)、粘性 (Adhesiveness)、咀嚼性 (Chewiness)、膠著性 (Gumminess)、粘聚性 (Cohesiveness)、回復性 (Resilience)等。

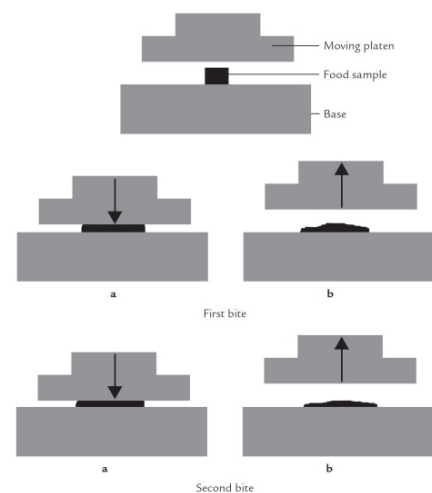


圖6.TPA測試圖⁽⁴⁾

二、研究架構

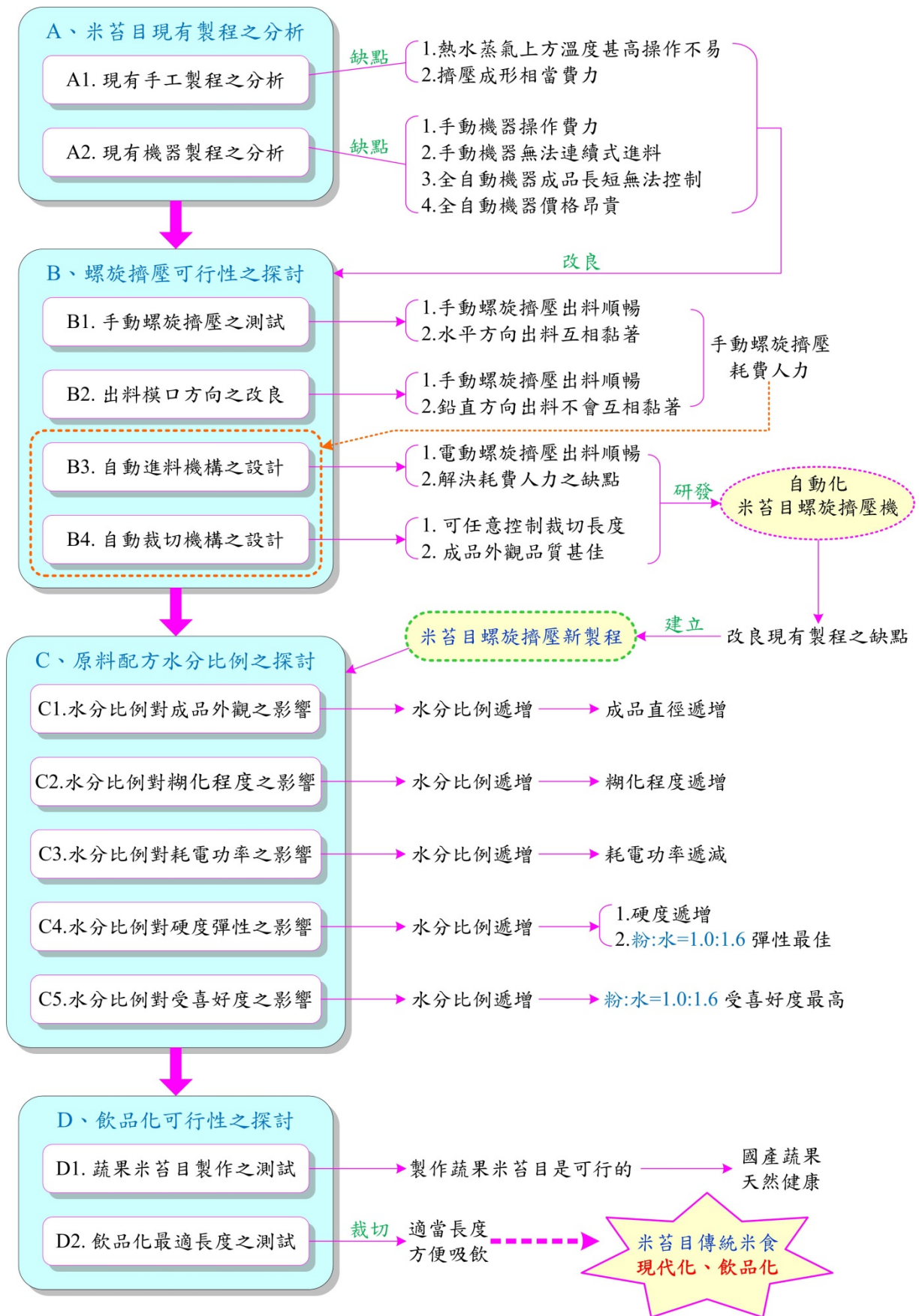


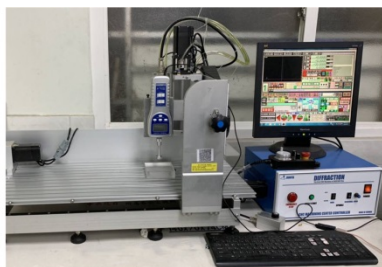
圖 7.研究架構

三、設備與材料

(一) 設備



推拉力計
LUTRON FG-5005
(Taiwan)



CNC 雕銑機
門氏國際 Bonta Diffraction
(Taiwan)



光學顯微鏡
Nikon
(Japan)



抽濾管
KS-1 Aspirator



單眼相機
EOS 650D
(Japan)



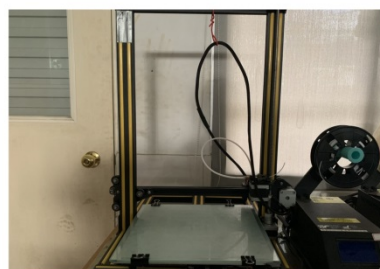
電源供應器
GPS-3303
(China)



切斷砂輪機
(Taiwan)



半自動米苔目機
(Taiwan)



列印機CR-10
(China)



筆記型電腦
Acer 4730ZG
(Taiwan)



瓦時計
PROVA WM-02
(Taiwan)



手動絞肉機
MC-806-2
(Taiwan)

圖 8.研究設備

(二) 材料

1. 在來米粉(上統農業股份有限公司)
2. 太白粉(日正食品工業股份有限公司)
3. 鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔 (全聯實業股份有限公司)

四、研究方法

A、米苔目現有製程之分析

【實驗A1】現有手工製程之分析

前言：本實驗擬透過米苔目器(不鏽鋼篩網)及擠花袋⁽¹⁵⁾，實際製作米苔目，分析現有手工製程的優缺點。

步驟：

A. 米苔目器(不鏽鋼篩網)

1. 秤取50克在來米粉，加入160ml的水中攪拌均勻，配製成在來米糊液，放置電磁爐上方加熱糊化，並持續攪拌至糊液呈黏稠狀。
2. 秤取50克太白粉、50克在來米粉，加入到呈黏稠狀的在來米糊液中，均勻揉壓至形成米漿糰。
3. 煮水至沸騰後，將米漿糰放至米苔目器(不鏽鋼篩網)上方，施力推擠米漿糰，使其通過篩孔掉入沸水中，煮沸1分鐘後撈起，即為米苔目成品。

B. 擠花袋

1. 米漿糰之處理流程，同本實驗A.米苔目器(不鏽鋼篩網)步驟1~2。
2. 將米漿糰裝入擠花袋中，用力擠壓擠花袋中的米漿糰，使其掉入沸水中，煮沸1分鐘後撈起，即為米苔目成品。

結果：

A. 米苔目器(不鏽鋼篩網)

1. 純手工擠壓米漿糰十分費力，且須在滾燙的沸水上方操作，下方之熱水蒸氣持續上升，導致操作過程很熱，如圖9A、B所示。
2. 使用米苔目器(不鏽鋼篩網)製作之米苔目，成品之粗細長短不一致，且長度偏短，如圖9C所示。



A.熱水蒸氣持續上升 B.擠壓米漿糰十分費力 C.米苔目成品

圖9.使用米苔目器(不鏽鋼篩網) 製作米苔目之製程

B. 擠花袋

1. 以純手工擠花袋製作米苔目，因擠花嘴出口僅有一個，擠壓過程十分費力，且須在滾燙的沸水上方使用擠壓米漿糰，操作過程依然很熱，如圖10A、B所示。
2. 使用擠花袋製作米苔目，因擠花嘴出口僅有一個，導致生產量偏少，成品長短形狀較難控制，導致長短不一，如圖10C所示。



A.以擠花袋製作米苔目 B.在沸水上方操作較熱 C.米苔目成品

圖10.使用擠花袋製作米苔目之製程

討論：

1. 本實驗證明，無論以米苔目器或擠花袋手工製作米苔目，擠壓過程都十分費力，且須在滾燙的沸水上方操作，因而操作過程都非常熱。
2. 使用擠花袋製作米苔目，因擠生產量偏少，僅適合在家庭中少量製作。

【實驗A2】現有機器製程之分析

前言：目前市面上有販售全自動米苔目機器，但全自動米苔目機器價格十分昂貴，且無法有效控制米苔目外觀及長短。本實驗很遺憾無法取得全自動米苔目機器，但有手動米苔目機器進行測試。

步驟：

1. 米漿糰之處理流程，同本實驗A.米苔目器(不鏽鋼篩網)步驟1~2。
2. 將米漿糰放入手動米苔目機器中，施力轉動轉軸，使圓形壓板向下擠壓米漿糰，形成米苔目。

結果：

1. 手動米苔目機器，如圖11A所示，須人工施力旋轉轉軸，操作十分費力。
2. 放置米漿糰至機器內時，需水平移開壓板，因此無法連續式進料。
3. 使用手動米苔目機器製作之米苔目，其粗細長短不一，如圖11D所示。



A.手動米苔目機器 B.米苔目機器之篩孔 C.擠壓米苔目之過程 D.米苔目成品

圖11. 使用手動機器製作米苔目之製程

討論：

1. 目前市面上有販售全自動米苔目機器，雖可大量且快速生產米苔目，但仍然無法有效控制米苔目外觀及長短，且其價格十分昂貴。

2. 由本實驗證明，手動米苔目機器，仍須人工費力轉動轉軸，並且常常需要暫停，旋轉轉軸補充米漿糰，無法連續式進料，導致操作十分不便。

B、螺旋擠壓可行性之探討

由【實驗A1】【實驗A2】得知，現有米苔目製程仍有許多缺點，因此仍有很大的改良空間。本研究擬評估螺旋擠壓方式製作米苔目之可行性，希望能將螺旋擠壓原理應用在米苔目製程上。食品擠壓技術應用領域相當廣泛⁽⁶⁾，絞肉機內部之螺軸設計，如圖12所示，其直徑遞增、螺距遞減，此為典型螺旋擠壓原理之應用。



圖12.絞肉機之螺軸

【實驗B1】手動螺旋擠壓之測試

前言：為了改良現有米苔目製程之缺點，本實驗擬利用手動絞肉機進行螺旋擠壓測試，評估以螺旋擠壓方式製作米苔目之可行性。

步驟：

1. 秤取50克在來米粉，加入160ml的水中攪拌均勻，配製成在來米糊液，放置電磁爐上方加熱糊化，並持續攪拌至糊液呈黏稠狀。
2. 秤取50克太白粉、50克在來米粉，加入到呈黏稠狀的在來米糊液中，均勻揉壓至形成米漿糰。
3. 將米漿糰放入手動絞肉機之進料口，轉動絞肉機進行螺旋擠壓，米漿糰在套筒內藉由螺軸旋轉推動前進，最後經由出料模口擠壓出來掉入沸水中，煮沸1分鐘後撈起，即為米苔目成品。

結果：

1. 米漿糰可連續式製作米苔目，而且米苔目出料十分順暢，如圖13C所示。
2. 以手動絞肉機製作米苔目是可行的，但米苔目成品會出現互相黏著在一起之現象，如圖13D所示。



A.絞肉機螺旋擠壓 B.絞肉機出料模口 C.螺旋擠壓米苔目 D.米苔目互相黏著

圖13. 手動螺旋擠壓製作米苔目

討論：

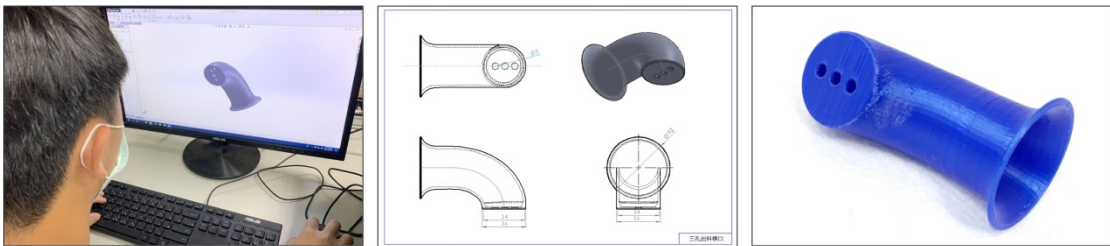
1. 由本實驗結果發現，利用手動絞肉機螺旋擠壓製作米苔目過程十分順暢，擠壓過程相當省力，且不需在滾燙的沸水上方操作，因而改善操作環境溫度過高之問題。因此，以螺旋擠壓方式製作米苔目之概念是可行的。
2. 雖然以螺旋擠壓方式製作米苔目是可行的，但會出現米苔目成品互相黏著之現象，推測是因出料模口呈水平方向所致，因此必須進一步改良出料模口之方向。

【實驗B2】出料模口方向之改良

前言：經【實驗 B1】驗證，以絞肉機進行螺旋擠壓，確實可應用於米苔目之製作，本實驗擬將出料模口之水平方向，修改為鉛直方向，預期可解決米苔目出現互相黏著之缺點。

步驟：

1. 利用Solidworks軟體進行3D電腦繪圖，繪製鉛直方向出料模口零組件構想圖，如圖14A、B所示。
2. 經過電腦模擬可行後，利用3D印表機列印出鉛直方向出料模口成品，如圖14C所示。



A.進行3D電腦繪圖B.出料模口之構想圖C.鉛直方向出料模口成品

圖 14.鉛直方向出料模口之設計與製作

3. 將鉛直方向出料模口，加裝在絞肉機出料處。
4. 米漿糰之處理流程，同【實驗B1】步驟1~2。
5. 將米漿糰放入手動絞肉機進料口，實際進行鉛直方向出料模口製作米苔目之測試。

結果：



A.鉛直方向出料模口B.米苔目出料順暢C.成品不會互相黏著D.外觀佳且均勻一致

圖15手動螺旋擠壓製作米苔目之測試(鉛直方向出料模口)

1. 由圖15B、C顯示，將絞肉機出料模口之水平方向，修改為鉛直方向後，製作米苔目過程十分順暢。

2. 由圖 15D 顯示，米苔目成品外觀甚佳、大小適中、均勻一致。

討論：

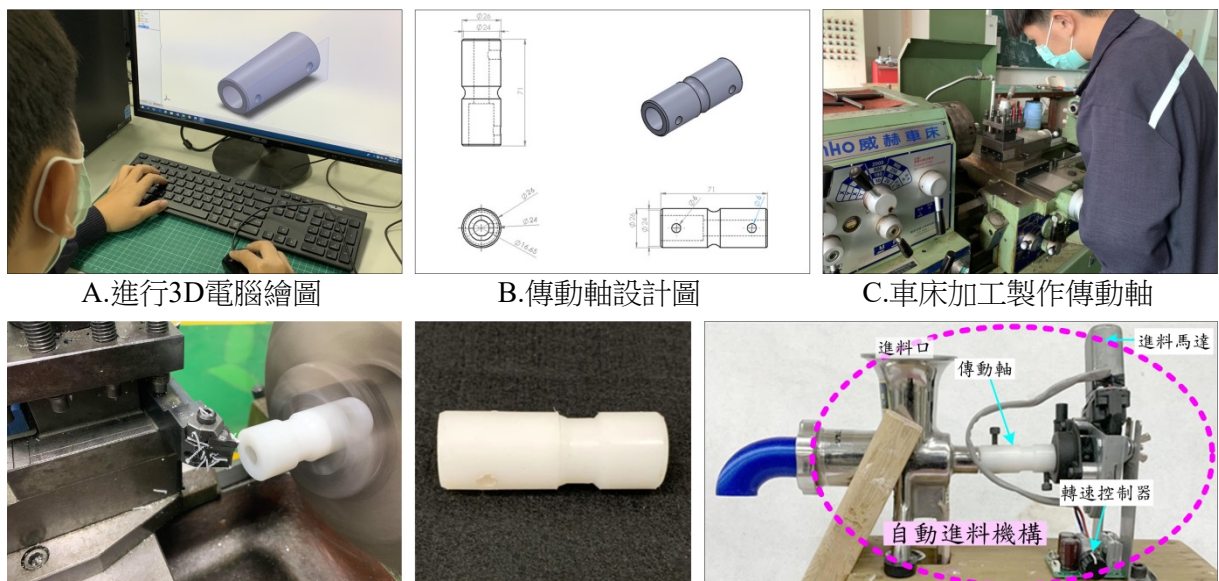
1. 由本實驗結果發現，手動絞肉機螺旋擠壓製作米苔目，將出料模口之水平方向，修改為鉛直方向後，製作過程十分順暢。
2. 將絞肉機出料模口修改為鉛直方向後，所製作的米苔目成品表面光滑、外形漂亮、品質均勻一致，確實可解決米苔目成品互相黏著之缺點。

【實驗B3】自動進料機構之設計

前言：經【實驗 B2】出料模口之改良，雖可解決米苔目成品互相黏著之缺點。但以手動絞肉機螺旋擠壓製作米苔目，仍需耗費人力，且無法進行大量生產。因此，本實驗擬將手動螺旋擠壓，修改為馬達電動螺旋擠壓，預期能以自動化進料，快速以螺旋擠壓方式製作米苔目。

步驟：

1. 利用Solidworks軟體進行3D電腦繪圖，繪製連結進料馬達與絞肉機螺軸之「傳動軸」構想設計圖，如圖16A、B所示。
2. 以工程塑膠圓棒為材料，依據「傳動軸」設計圖，利用車床加工製作「傳動軸」，如圖16C、D所示。
3. 將「進料馬達」透過「傳動軸」連結絞肉機之螺軸，共同構成螺旋擠壓之自動化進料機構，並藉由「轉速控制器」，控制「進料馬達」之轉速，進而達到控制進料速度之目的，如圖16F所示。
4. 米漿糰之處理流程，同【實驗B1】步驟1~2。
5. 將米漿糰放入米苔目螺旋擠壓機進料口，進行米苔目製作，實際測試加裝「自動進料機構」後之效果。



D.車床加工製作傳動軸E.傳動軸成品F.自動進料機構

圖 16. 米苔目螺旋擠壓機「自動進料機構」之製作與設計

結果：

1. 由圖17B、C顯示，將米漿糰放入螺旋擠壓機器之進料口，實際進行自動化進料製作米苔目之測試，結果運作正常，可順利擠壓出米苔目。
2. 由圖17D顯示，藉由轉速控制器，可控制進料馬達之轉速，進而控制擠壓米苔目出料速度，米苔目成品外觀甚佳、大小適中、均勻一致。



A.加裝自動進料機構B.米苔目出料順暢C.成品不會互相黏著D.外觀佳且均勻一致

圖 17.自動化螺旋擠壓製作米苔目之測試

討論：

1. 經本實驗證明，我們設計的自動化進料機構，可成功將手動螺旋擠壓，改良為馬達電動螺旋擠壓，達到自動化進料螺旋擠壓製作米苔目之目的，很明顯大幅節省人力。
2. 我們所研發的自動化進料機構，機器操作者不需在沸水上方製作米苔目，改良操作環境溫度太高之問題。
3. 由【實驗A1】【實驗A2】實驗測試得知，現有的米苔目製程，無論是手工或機器，皆無法有效地控制進料、出料速度，但我們所研發的自動化進料機構，可藉由轉速控制器，控制進料馬達之轉速，進而控制擠壓米苔目進料、出料速度。

【實驗B4】自動裁切機構之設計

前言：無論採用現有的手工或機器製程，所製作的米苔目其長短並不一致，無法有效地控制成品之長度。本實驗擬設計自動化裁切機構，安裝在出料模口之末端，希望藉由控制裁切馬達轉速，進而控制米苔目之裁切長度。

步驟：

1. 利用Solidworks軟體進行3D電腦繪圖，如圖18A所示，繪製自動化裁切機構零組件之構想設計圖，如圖18B、D所示。
2. 經電腦模擬可行後，利用3D印表機列印出各零組件，如圖18C、E所示。
3. 使用厚度0.2mm鐵片為材料，製作裁切機構之裁切刀片，如圖18F所示。
4. 將「裁切馬達」透過3D列印零組件連結絞肉機之出料模口末端，共同構成螺旋擠壓之自動化裁切機構。並藉由「轉速控制器」，控制「裁切馬達」之轉速，達到裁切控制進料速度之目的，進而控制米苔目裁切長度。米苔目螺旋擠壓機器(含自動裁切機構)，如圖18G所示。
5. 米漿糰之處理流程，同【實驗B1】步驟1~2。

6.將米漿糰放入米苔目螺旋擠壓機進料口，進行米苔目製作，實際測試加裝「自動裁切機構」後之效果。

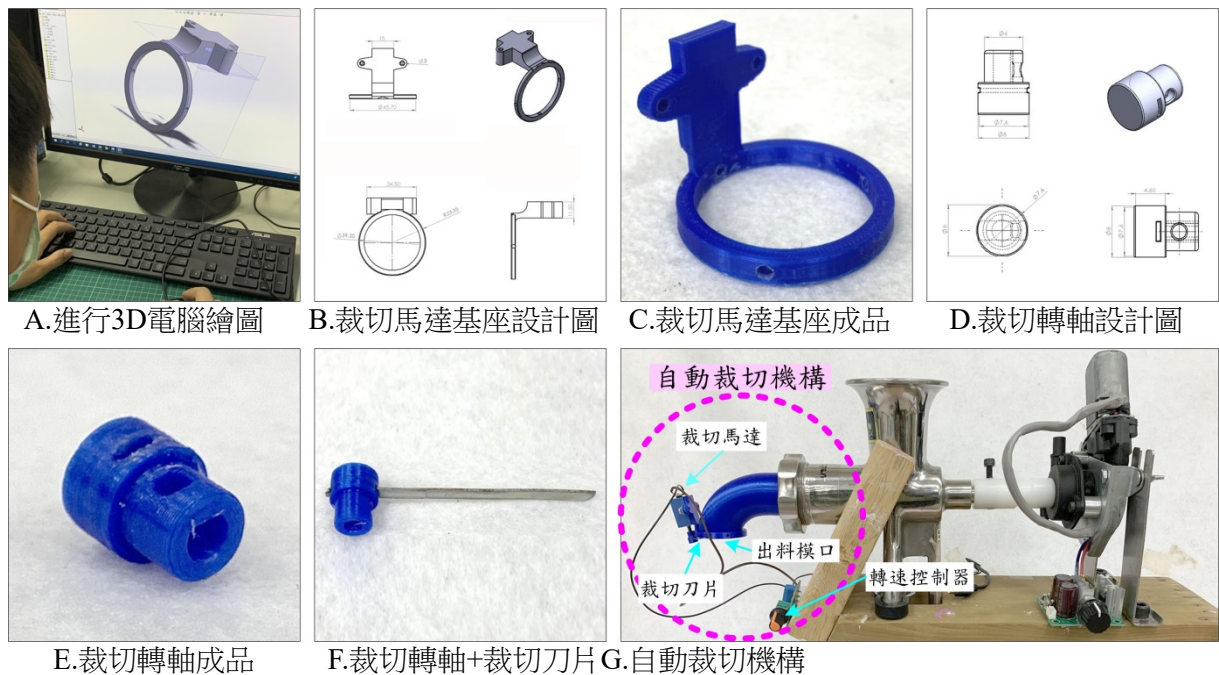


圖 18. 米苔目螺旋擠壓機「自動裁切機構」之製作與設計

結果：

1. 由圖19B、C、D顯示，將米漿糰放入螺旋擠壓機之進料口，米苔目出料十分順暢，米苔目長度逐漸增長。
2. 由圖19E、F、G顯示，藉由轉速控制器，可控制裁切馬達之轉速，進而控制裁切米苔目之速度，可有效控制米苔目裁切長度。實際進行自動化裁切測試，裁切米苔目動作正常。



圖 19. 自動化裁切米苔目之測試

討論：

- 1.由本實驗證明，米苔目螺旋擠壓機加裝「自動裁切機構」之後，能有效控制米苔目之裁切長度，這是米苔目新製程的最大特點。
- 2.本研究B大部分主要是探討米苔目螺旋擠壓之可行性，透過【實驗B1】、【實驗B2】、【實驗B3】、【實驗B4】不斷測試改良，我們將「螺旋擠壓」、「鉛直方向出料模口」、「自動進料機構」、「自動裁切機構」等構想，逐步付諸實現。米苔目螺旋擠壓機構想示意圖如圖20所示，自製的米苔目螺旋擠壓機實體圖如圖21所示。

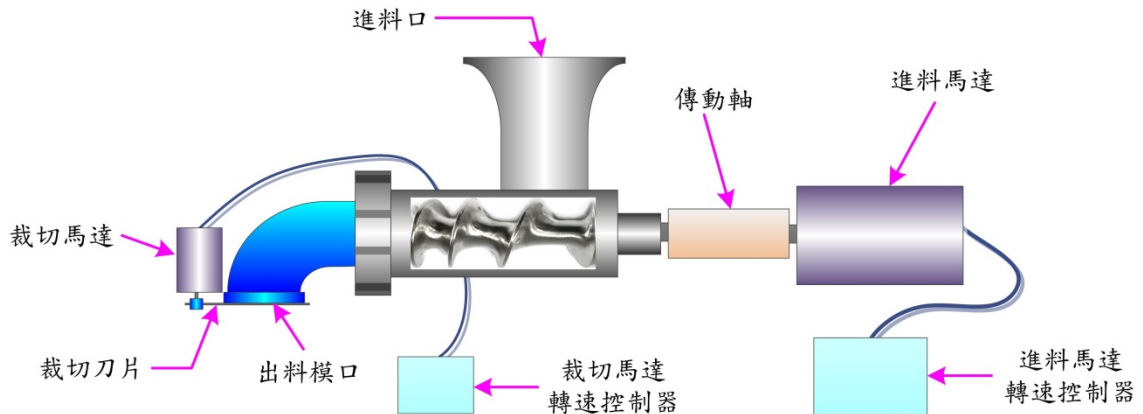


圖20.自製的新型米苔目螺旋擠壓機示意圖

- 3.我們自製的新型米苔目螺旋擠壓機，實體圖如圖21所示，米漿糰原料在套筒中輸送，並隨著螺距遞減螺軸遞增，造成套筒中壓力遞增，迫使米漿糰由出料模口擠壓出長條圓柱形米苔目產品。可自動進料、自動出料、自動裁切、控制裁切長度，保有米苔目的優良品質，具備節省人力、避免高溫下操作等優點，更重要的是組裝零件成本低廉，未來具有商品化之潛力。

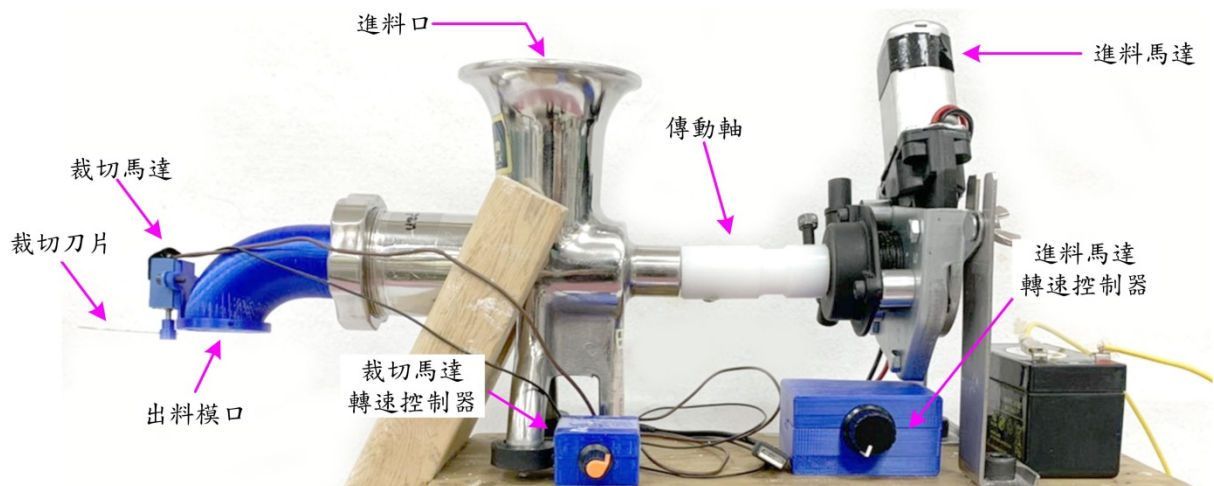


圖21.自製的新型米苔目螺旋擠壓機實體圖

C、原料配方水分比例之探討

進行米苔目製作前，我們蒐集了許多米苔目原料配方，發現配方中水分比例差異甚大。因此，本研究想探討米苔目原料配方中水分比例之影響，希望找出適用於螺旋擠壓製程的最佳的水分比例。

【實驗C1】水分比例對成品外觀之影響

前言：本實驗擬採用不同水分比例的原料配方來製作的米苔目，希望初步瞭解不同水分比例對於米苔目外觀之影響。

步驟：

1. 實驗變因：原料配方中水分比例。(粉=在來米粉+太白粉)

※依米苔目原料配方中水分比例之差異，配製成六種樣品，如表1所示：

表1. 依水分比例之差異配製成六種米漿糰樣品 (※粉=在來米粉+太白粉)

樣品	A	B	C	D	E	F
水分比例(粉：水)	1.0：0.8	1.0：1.0	1.0：1.2	1.0：1.4	1.0：1.6	1.0：1.8
粉的重量(g)	150	150	150	150	150	150
水的重量(g)	120	150	180	210	240	270

2. 取50g在來米粉，分別加入**不同比例的水**(如表1所示)，配製成六種在來米糊液，放置電磁爐上方加熱糊化，並持續攪拌至糊液呈黏稠狀。
3. 取50g太白粉、50g在來米粉，分別加入到呈黏稠狀的在來米糊液中，均勻揉壓至形成六種米漿糰樣品。
4. 分別將六種米漿糰樣品放入米苔目螺旋擠壓機進料口，啟動進料馬達及裁切馬達，並調整至適當轉速，利用自動化裁切機構，效控制米苔目之裁切長度。
5. 進行六種米苔目樣品(生的米苔目／熟的米苔目)之取樣，觀察並拍攝六種米苔目樣品(生的米苔目／熟的米苔目)之外觀差異。
6. 六種米苔目樣品(生的米苔目／熟的米苔目)，分別以游標卡尺測量直徑大小，每種樣品測量實驗重複 40 次，並記錄米苔目樣品直徑大小之數據。
7. 利用 Excel、xlstat 軟體統計分析米苔目直徑大小之數據⁽¹¹⁾，判別是否有顯著差異(信賴水準 95%)，並利用 SigmaPlot 軟體進行繪圖。

結果：

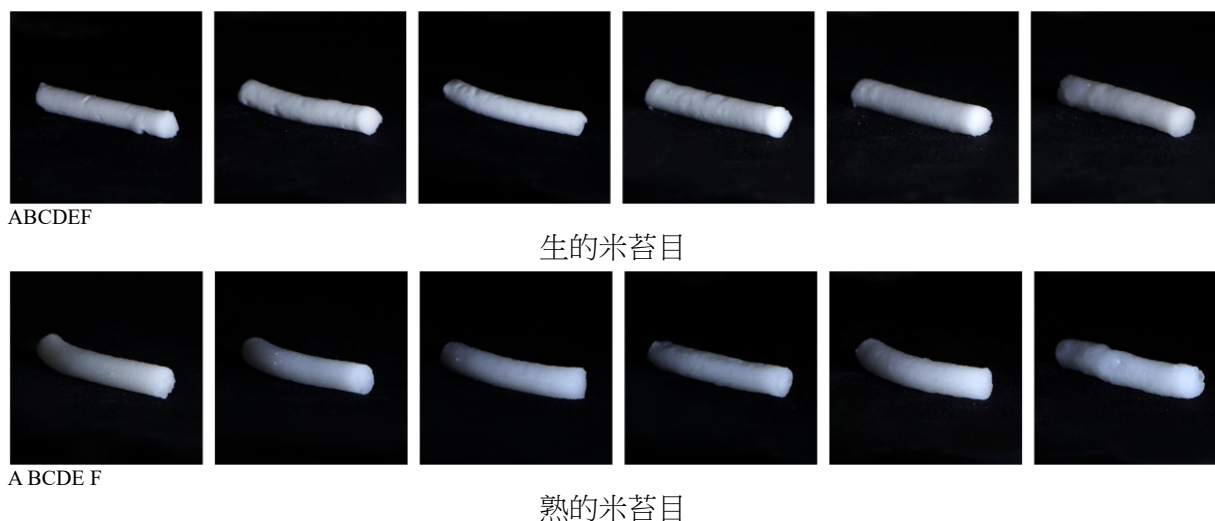


圖 22. 以不同水分比例米漿糰所製作的米苔目「外觀」之差異

1. 由圖22A、B、C顯示，當米漿糰含水比例較低時，米苔目的外表為粗糙，平滑度明顯不佳。由圖22D、E、F顯示，當米漿糰含水比例較高時，米苔目的外表較為光滑，平滑度明顯較佳。
2. 由圖表2、圖23顯示，隨著米漿糰含水比例遞增，米苔目的直徑呈現隨著遞增之趨勢。

表2. 以不同水分比例米漿糰所製作的米苔目「直徑」之差異

樣品	生的米苔目直徑(mm)		熟的米苔目直徑(mm)	
	平均值	標準差	平均值	標準差
A	5.07 ^f	0.04	5.38 ^f	0.09
B	5.21 ^e	0.05	5.67 ^e	0.06
C	5.38 ^d	0.05	5.85 ^d	0.05
D	5.49 ^c	0.04	5.94 ^c	0.06
E	5.63 ^b	0.04	6.03 ^b	0.08
F	5.73 ^a	0.05	6.23 ^a	0.08

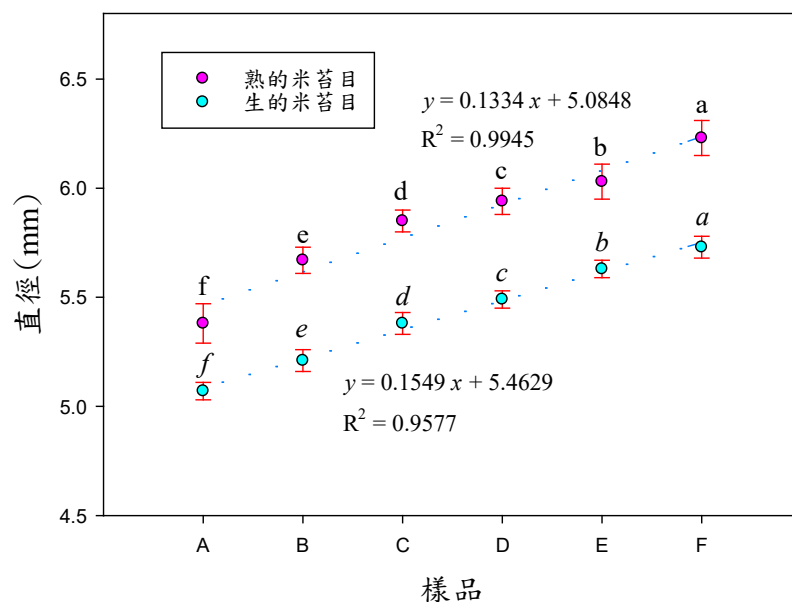


圖23.以不同水分比例米漿糰所製作的米苔目「直徑」之差異

討論：

1. 我們自製的新型米苔目螺旋擠壓機，其螺軸長度雖然很短(僅10.5cm)，當米漿糰原料在套筒中輸送時，因其螺距遞減螺軸遞增，造成套筒中壓力遞增，迫使米漿糰由出料模口擠壓出米苔目瞬間，所受之壓力突然釋放，導致「生的米苔目」出現膨大之現象。當米漿糰含水比例愈高時，體積直徑膨大之現象愈明顯。
2. 隨著米漿糰含水比例遞增，米苔目體積直徑亦呈現隨著遞增之趨勢。推測可能是因含水比例較高時，澱粉粒較易吸足水分，使澱粉糊化程度更高，直徑體積變得較大。由相關研究⁽⁷⁾⁽¹⁰⁾佐證，澱粉粒隨著加熱溫度之遞增，澱粉粒體積明顯逐漸變大，亦即澱粉糊化程度逐漸提高。

【實驗C2】水分比例對糊化程度之影響

前言：經【實驗 C1】發現，若米漿糰之水分比例越高，則直徑體積會越較大，本實驗擬藉由顯微鏡之觀察不同水分比例米苔目之顯微結構，希望能進一步瞭解與澱粉糊化程度之關聯性。

步驟：

1. 實驗變因：水分比例。

(粉：水 \Rightarrow A=1.0:0.8 / B=1.0:1.0 / C=1.0:1.2 / D=1.0:1.4 / E=1.0:1.6 / F=1.0:1.8)。

※依米苔目原料配方中水分比例之差異，配製成六種樣品，如【實驗C1】表1所示。

2. 米苔目樣品之製作程序：同【實驗C1】步驟2~4。

3. 分別切取熟的米苔目，去除頭尾較不平整之處，秤取切好的米苔目40g，加入60g的水，並放入果汁機以低速攪打30秒，製作米苔目液滴樣品。

4. 分別將米苔目液滴樣品均勻塗抹於載玻片上，進行碘液染色後覆上蓋玻片，以顯微鏡觀察(100X)進行觀察，並藉由顯微攝影設備拍攝各樣品之顯微影像。



A.果汁機低速攪米苔目



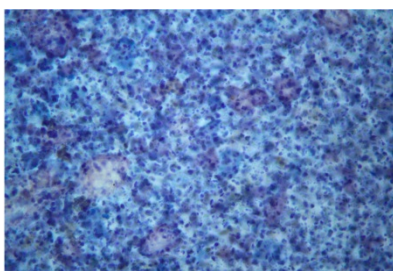
B.滴加碘液進行染色



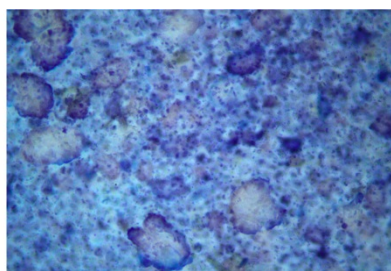
C.顯微影像觀察與拍攝

圖24. 以顯微鏡觀察並拍攝米苔目樣品之顯微影像

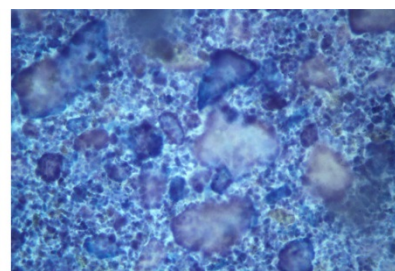
結果：



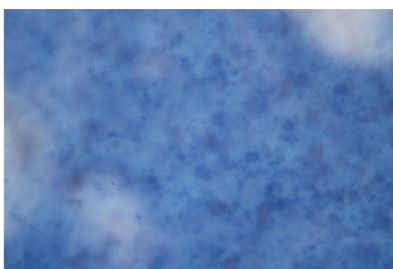
A



B



C



DEF

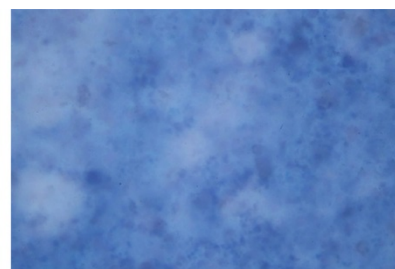


圖 25. 以不同水分比例米漿糰所製作的米苔目「顯微影像」之差異

1. 由圖 25A、B、C 顯示，樣品 A(粉：水=1.0:0.8)呈現糊化膨脹變大的澱粉粒較少，隨著水分比例遞增，樣品 C(粉：水=1.0:1.2)呈現糊化膨脹變大的澱粉粒明顯遞增。
2. 由圖 25D、E、F 顯示，樣品 D(粉：水=1.0:1.4)開始呈現澱粉粒糊化膨脹破裂現象，隨著水分比例遞增，樣品 E(粉：水=1.0:1.6)、樣品 F(粉：水=1.0:1.8)呈現澱粉粒糊化膨脹破裂現象更加明顯，澱粉粒之顯微影像呈現邊界模糊狀態。

討論：

1. 隨著糊化程度遞增，體積膨潤變大的澱粉粒，呈現遞增之現象；體積小未膨脹的澱粉粒，則呈現遞減之現象。亦即，體積膨潤變大的澱粉粒愈多，代表澱粉糊化程度愈高，此一現象可由相關研究⁽⁷⁾佐證之。
2. 經本實驗證明，在相同的烹煮條件下，隨著米漿糰水分比例遞增，所製作的米苔目其澱粉糊化程度呈現遞增之趨勢。由蒐集相關研究⁽¹⁾⁽²⁾，佐證隨著水分含量遞增，澱粉的糊化度會逐漸遞增。

【實驗C3】水分比例對耗電功率之影響

前言：將不同水分比例米漿糰置入螺旋擠壓機製作米苔目時，米漿糰與機器彼此間之黏滯阻力，會對進料馬達造成負荷。本實驗擬將米苔目螺旋擠壓機「進料馬達」之「電源供應器」連接「瓦時計」，測量「耗電功率」數值做為量化之指標，希望能瞭解水分比例對米苔目螺旋擠壓機進料馬達負荷之影響。

步驟：

1. 實驗變因：水分比例。
(粉：水⇒A=1.0:0.8 / B=1.0:1.0 / C=1.0:1.2 / D=1.0:1.4 / E=1.0:1.6 / F=1.0:1.8)。
- ※依米苔目原料配方中水分比例之差異，配製成六種樣品，如【實驗C1】表1所示。
2. 米苔目樣品之製作程序：同【實驗C1】步驟2~4。
3. 將米苔目螺旋擠壓機「進料馬達」之「電源供應器」連接「瓦時計」，「瓦時計」瓦時計連接，由電腦讀取並記錄擠壓製作米苔目期間之「耗電功率」，如圖26所示。
4. 利用Excel、xlstat軟體統計分析耗電功率之數據，判別是否有顯著差異(信賴水準95%)，並利用SigmaPlot軟體進行繪圖。



圖26.以瓦時計測定不同水分比例米漿糰製作米苔目之耗電功率

結果：

1. 由表 3、圖 27 顯示，隨著水分比例遞增，製程之耗電功率遞減。
2. 由表 3、圖 27 顯示，經軟體統計分析數據，以不同水分比例米漿糰製作米苔目之耗電功率，彼此之間都有顯著差異(信賴水準 95%)。

表3.以不同水分比例米漿糰製作米苔目「耗電功率」之差異

樣品	耗電功率 (W)										平均值	標準差
	測試一	測試二	測試三	測試四	測試五	測試六	測試七	測試八	測試九	測試十		
A	29.90	29.90	29.40	29.30	29.50	29.80	29.40	28.60	28.70	29.00	29.35 ^a	0.46
B	26.10	25.40	25.20	26.10	26.10	25.20	25.30	25.80	25.50	26.00	25.67 ^b	0.39
C	24.80	24.40	25.20	25.40	25.60	24.60	24.40	24.90	25.30	24.50	24.91 ^c	0.44
D	23.50	23.60	23.20	23.20	23.80	23.20	23.20	23.50	23.40	23.70	23.43 ^d	0.23
E	21.70	21.20	21.20	21.60	21.30	21.50	21.80	21.60	21.20	21.70	21.48 ^e	0.23
F	20.40	20.80	20.60	20.30	20.80	20.80	20.70	20.60	20.40	20.80	20.62 ^f	0.19

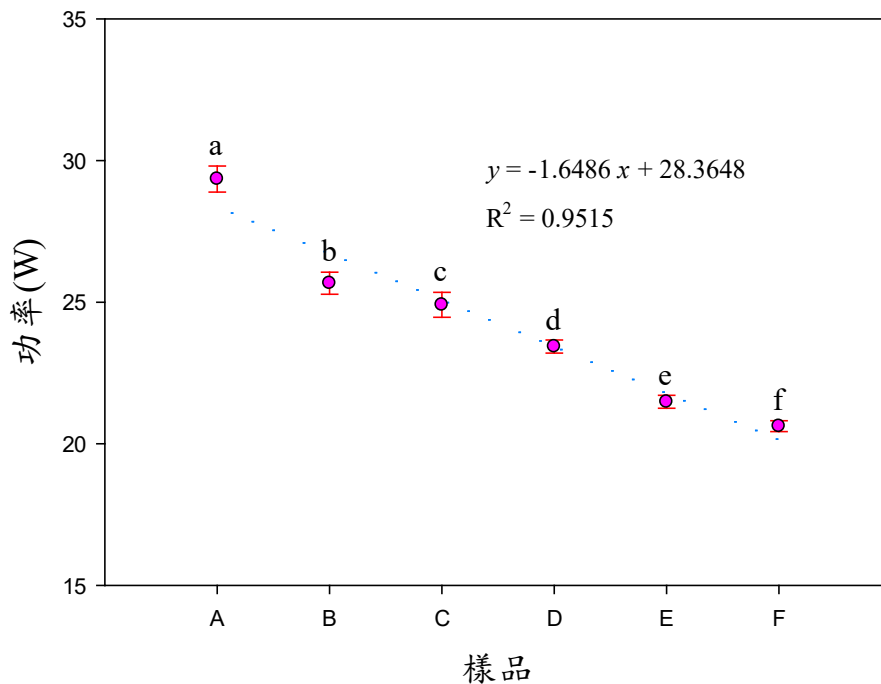


圖 27. 以不同水分比例米漿糰製作米苔目「耗電功率」之差異

討論：

- 1.將不同水分比例米漿糰置入螺旋擠壓機製作米苔目時，隨著米漿糰水分比例遞增，進料馬達之「耗電功率」呈現線性遞減之趨勢；亦即米漿糰與機器彼此間之黏滯阻力，呈現線性遞減之趨勢。
- 2.由本實驗發現，水分比例較高的米漿糰，利用螺旋擠壓新製程來製作米苔目時，在不影響米苔目的質地口感之前提下，適度提高米漿糰的水分比例，提供適當的柔軟度，可有效降低進料馬達之負荷。

【實驗C4】水分比例對成品物性之影響

前言：本實驗藉由全質構分析(TPA)，希望能了解不同水分比例米苔目之物性，評估最適商品化之水分比例。

步驟：

1. 實驗變因：水分比例。

(粉：水 \Rightarrow A=1.0:0.8 / B=1.0:1.0 / C=1.0:1.2 / D=1.0:1.4 / E=1.0:1.6 / F=1.0:1.8)。

※依米苔目原料配方中水分比例之差異，配製成六種樣品，如【實驗C1】表1所示。

2. 米苔目樣品之製作程序：同【實驗C1】步驟2~4。

3. 自製物性測定儀：將推拉力計安裝在CNC雕銑機Z軸移動的方向上，如圖28A所示。在推拉力計上安裝直徑24mm探頭，將待測樣品放置於推拉力計下方平台上，如圖28B所示。

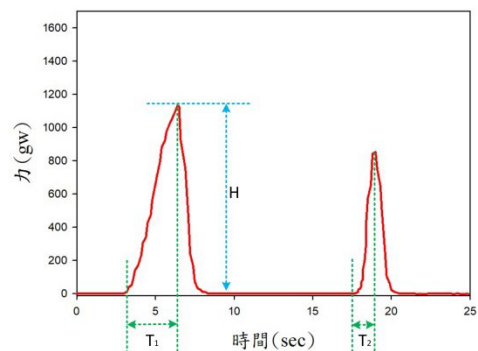
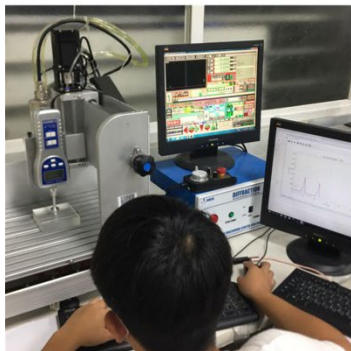
4. 撰寫控制Z軸移動的程式，使推拉力計能在 Z 軸方向上下精準移動(精密度 $\pm 0.01\text{mm}$)，程式碼及註解如右所示：

O0001;	程式號碼
G21;	公制單位
G90G54G00X0Y0;	X,Y軸移動到平台中點(原點)
G01Z20.F400;	
G01Z8.;	
G01Z2.F60;	Z軸(探頭)移動到距離平台2mm
G04P0.5;	
G01Z8.;	Z軸(探頭)上移到距離平台8mm
G01Z2.F60;	Z軸(探頭)移動到距離平台2mm
G04P0.5;	
G01Z8.;	
G01Z30.F400;	
M30;	

5. 校驗平台高度，設定程式座標原點位置，執行控制程式，驅動CNC使推拉力計能在 Z 軸精準移動，進行連續兩次下壓上升動作，測試期間隨著時間之變化，推拉力計同時產生力的變化，透過電腦擷取「時間-力」變化之數據。

6. 將電腦擷取到的「時間-力」測試數據，解析得到圖28C中的「H」值，即為樣品之「硬度」；解析得到圖28C中的「 T_1 」、「 T_2 」值，進而計算「 T_2/T_1 」之比值，即為樣品之「彈性」。

7. 六種樣品皆進行五重複測試，利用Excel、xlstat軟體統計分析數據，判別各樣品之「硬度」、「彈性」是否有顯著差異(信賴水準95%)，並利用SigmaPlot軟體進行繪圖。



A.自製物性測定儀 B.推拉力計+D24mm 探頭 C.測試得到「時間-力」關係圖

圖 28. 以自製物性測定儀進行米苔目物性之測試

結果：

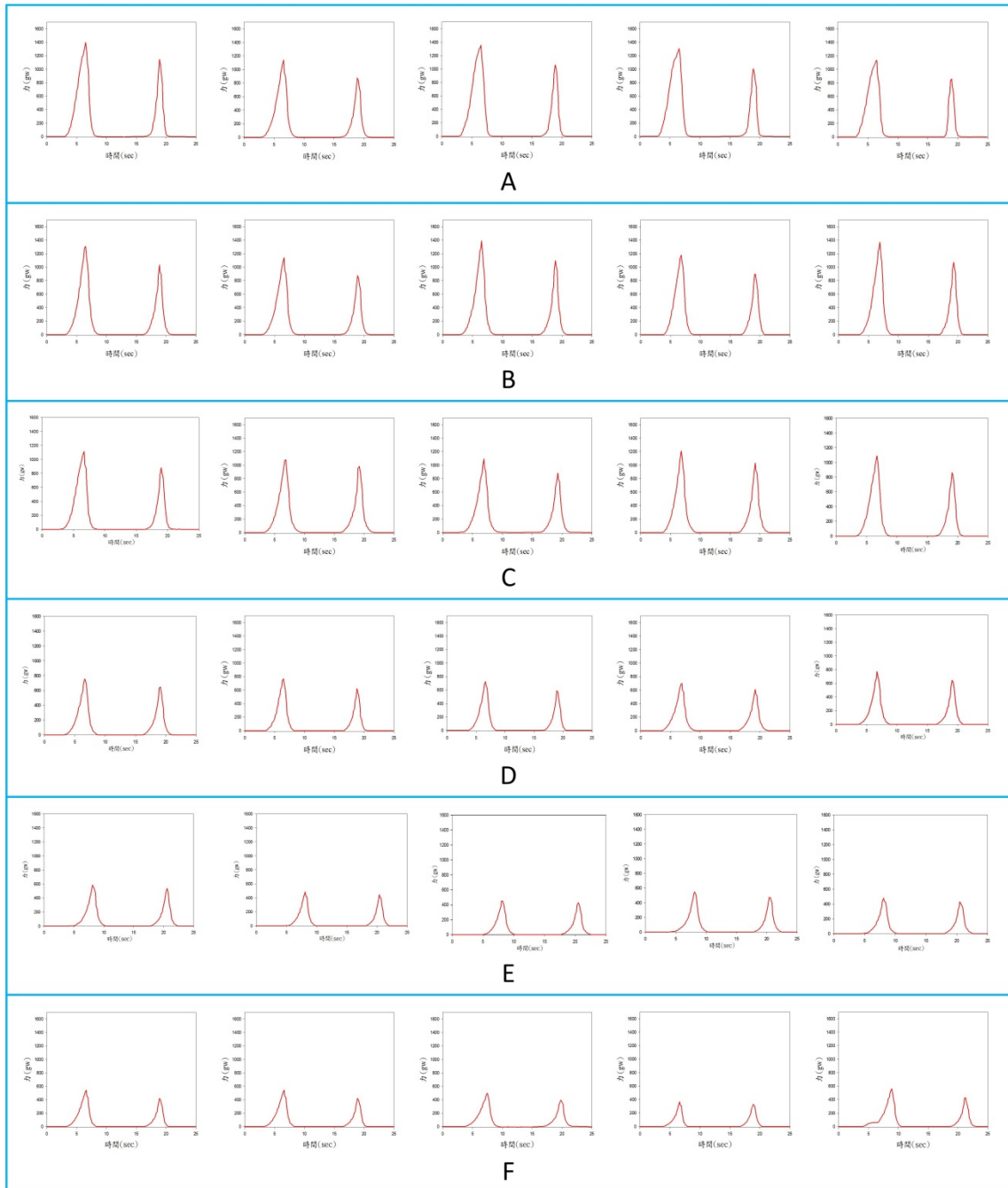


圖29. 以不同水分米漿糰所製作的米苔目其全質構分析(TPA)圖之差異

1. 測試期間「時間-力」關係圖，如圖29所示，隨著米苔目測試樣品之水分比例遞增 (A→B→C→D→E→F)，「時間-力」關係圖中的波峰高度呈現遞減之趨勢。
2. 由表4、圖30顯示，隨著米苔目測試樣品之水分比例遞增，「H」值呈現遞減之趨勢，亦即米苔目「硬度」呈現遞減之趨勢。
3. 透過表5中的「T₁」、「T₂」值，可進一步計算「T₂/T₁」之比值，如表6、圖31所示。
4. 由表6、圖31顯示，隨著米苔目測試樣品之水分比例遞增，「T₂/T₁」值亦即米苔目之「彈性」，呈現先遞增、後遞減之趨勢，其中以樣品E(粉:水=1.0:1.6)最高。樣品E(粉:水=1.0:1.6)之「彈性」測試值，與樣品D(粉:水=1.0:1.4)並沒有顯著差異(信賴水準95%)，但與其他樣品(A、B、C、F)則有顯著差異。

表4.以不同水分米漿糰所製作的米苔目「硬度」之差異

樣品	硬度(gw)						標準差
	測試一	測試二	測試三	測試四	測試五	平均值	
A	1306.0	1319.0	1355.0	1284.0	1243.0	1357.0 ^a	41.6
B	1308.0	1140.0	1388.0	1178.0	1370.0	1276.8 ^a	112.4
C	1112.0	1197.0	1092.0	1210.0	1089.0	1140.0 ^a	58.8
D	751.0	767.0	724.0	699.0	771.0	742.4 ^b	30.5
E	584.0	484.0	451.0	547.0	478.0	508.8 ^c	54.8
F	417.0	324.0	591.0	415.0	457.0	440.8 ^c	97.1

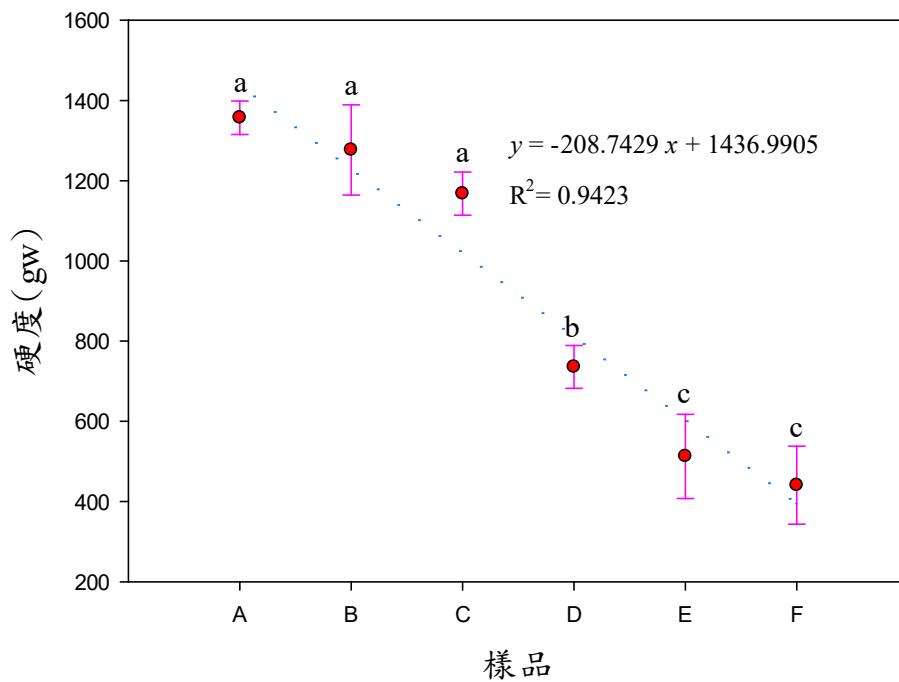


圖30. 以不同水分米漿糰所製作的米苔目「硬度」之差異

表5.以不同水分米漿糰所製作的米苔目TPA圖中T₁、T₂之數據

樣品	T ₁ 時間 (秒)					T ₂ 時間 (秒)				
	測試一	測試二	測試三	測試四	測試五	測試一	測試二	測試三	測試四	測試五
A	3.5	3.7	3.6	3.2	3.4	2.7	2.7	2.4	2.1	1.9
B	3.5	3.7	3.7	3.0	3.4	2.6	2.7	2.8	2.3	2.4
C	3.4	4.4	4.2	3.6	3.3	2.5	3.4	3.5	3.0	2.5
D	3.1	2.9	3.2	3.2	2.9	2.7	2.1	2.6	2.7	2.4
E	2.6	2.9	3.0	2.6	2.6	2.4	2.7	2.7	2.4	2.4
F	3.6	3.4	3.3	3.7	2.8	2.7	2.9	2.4	3.0	2.3

表6.以不同水分米漿糰所製作的米苔目「彈性」之差異

樣品	彈性(T ₂ /T ₁)					平均值	標準差
	測試一	測試二	測試三	測試四	測試五		
A	0.77	0.73	0.67	0.66	0.56	0.68 ^c	0.08
B	0.74	0.73	0.76	0.77	0.71	0.74 ^{bc}	0.02
C	0.74	0.77	0.83	0.83	0.76	0.79 ^{ab}	0.04
D	0.87	0.72	0.81	0.84	0.83	0.81 ^{ab}	0.06
E	0.84	0.85	0.90	0.81	0.92	0.86 ^a	0.05
F	0.75	0.85	0.73	0.81	0.82	0.79 ^{ab}	0.05

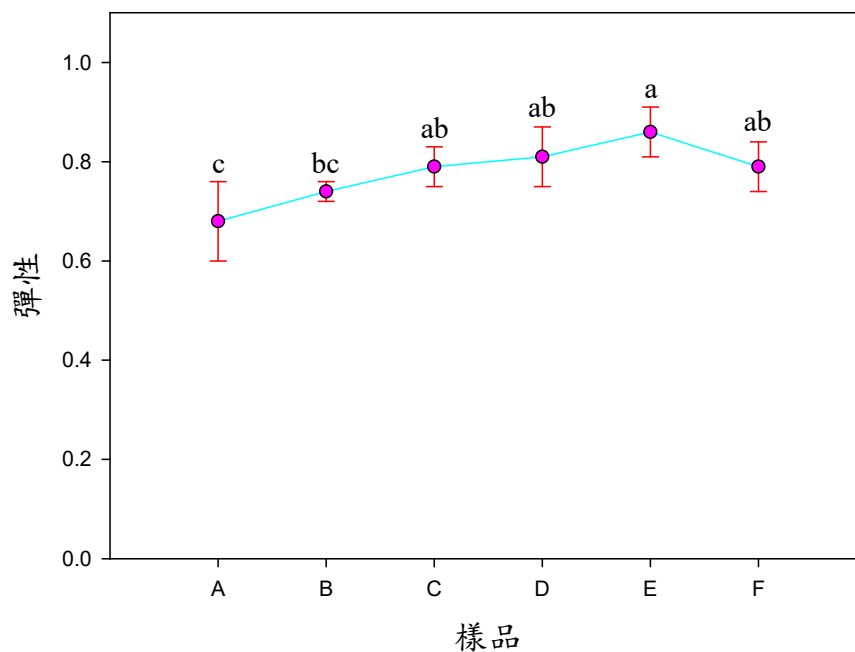


圖31. 以不同水分米漿糰所製作的米苔目「彈性」之差異

討論：

1. 由本實驗證明，以不同水分米漿糰所製作的米苔目，水分比例愈高，會造成米苔目呈現「硬度」愈低之現象。
2. 隨著米苔目測試樣品之水分比例遞增，米苔目之「彈性」，呈現先遞增、後遞減之趨勢，其中以樣品E(粉:水=1.0:1.6)最高。而樣品F(粉:水=1.0:1.8)「彈性」之測試值反而下降，推測可能是因水分比例過高，導致米苔目成品較為黏稠、軟爛，而造成彈性較低之現象。

【實驗C5】水分比例對受喜好度之影響

前言：本實驗針對不同水分比例之米苔目，進行官能品評喜好性測試，希望瞭解消費者對米苔目各種特性之喜好接受程度。

步驟：

1. 實驗變因：水分比例。
(粉：水 \Rightarrow A=1.0:0.8 / B=1.0:1.0 / C=1.0:1.2 / D=1.0:1.4 / E=1.0:1.6 / F=1.0:1.8)。
※依米苔目原料配方中水分比例之差異，配製成六種樣品，如【實驗C1】表1所示。
2. 米苔目樣品之製作程序：同【實驗C1】步驟2~4。
3. 利用學校社團活動時段，隨機邀請校內師生，在品評室內進行喜好性感官品評試驗。
4. 本實驗為避免受試者測試時受樣品相關資訊之影響，採用六組三位數亂碼代表六種樣品，亂碼是由電腦上產生器隨機產生，如圖 32A 所示。
5. 受試者測試六種樣品，每一種樣品一張品評表，品評表格式相同，僅樣品亂碼編號不同。為避免次序效應，樣品採隨機排列。
6. 採用九分制喜好性品評法，品評項目包括「外觀」、「硬度」、「彈性」、「整體感」等四個項目進行評分。將品評測試完畢之評分表上呈現：極度不喜歡、非常不喜歡、有點不喜歡、稍微不喜歡、沒有喜歡或不討厭、稍微喜歡、有點喜歡、非常喜歡及極度喜歡等九個等級選項，轉換成 1~9 分，進行數據記錄分析。
7. 將品評數據利用 Excel、xlsat 軟體進行統計分析，檢測不同水分比例之米苔目是否有顯著差異(信賴水準 95%)，並利用 SigmaPlot 軟體進行繪圖。

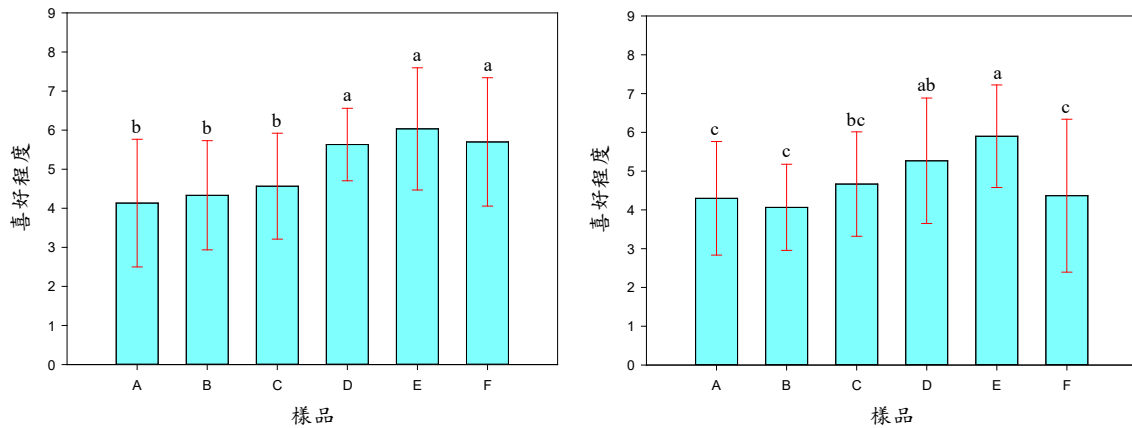


A.以三位數亂碼標示樣品 B.官能品評表 C.官能品評測試

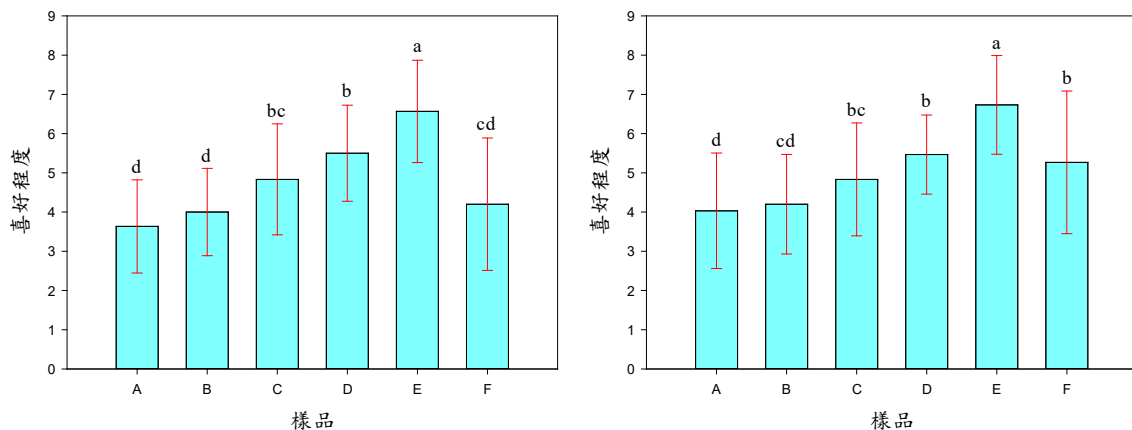
圖32. 官能品評喜好性測試

結果：

1. 由圖33A顯示，在「外觀」項目中，受試者對樣品D、E、F(粉:水=1.0:1.4~1.8)之喜好程度高於樣品A、B、C(粉:水=1.0:0.8~1.2)，且有顯著差異(信賴水準95%)。
3. 由圖33B顯示，在「硬度」項目中，受試者對六種樣品之喜好程度，呈現先遞增、後遞減之趨勢，其中以樣品D(粉:水=1.0:1.4)、E(粉:水=1.0:1.6)之喜好程度較高，且與其他四種樣品有顯著差異(信賴水準95%)。
2. 由圖33C顯示，在「彈性」項目中，受試者對六種樣品之喜好程度，呈現先遞增、後遞減之趨勢，其中以樣品E(粉:水=1.0:1.6)之喜好程度最高，且與其他五種樣品有顯著差異(信賴水準95%)。
4. 由圖33D顯示，在「整體感」項目中，受試者對六種樣品之喜好程度，呈現先遞增、後遞減之趨勢，其中以樣品E(粉:水=1.0:1.6)之喜好程度最高，且與其他五種樣品有顯著差異(信賴水準95%)。



A.外觀 B.硬度



C.彈性 D.整體感

圖33. 以不同水分米漿糰所製作的米苔目受喜好度之差異

討論：

1. 由本實驗發現，在「外觀」、「彈性」、「硬度」、「整體感」等四個項目中，受試者對樣品 E(粉:水=1.0:1.6)之喜好程度最高。
2. 若將本實驗與【實驗 C1】之「硬度」、「彈性」項目進行比對，發現受試者偏好「彈性」較高，適當「硬度」的樣品 E(粉:水=1.0:1.6)。

D、飲品化可行性之探討

【實驗D1】蔬果米苔目製作之測試

前言：目前米苔目傳統銷售市場逐年萎縮，本實驗擬打破傳統米苔目之框架，製作蔬果米苔目開創新口味，希望提供天然健康色香味俱佳的產品，吸引更多年輕消費群，開拓年輕族群的飲品市場。

步驟：

1. 實驗變因：各種蔬果(鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔)。
2. 分別將鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔切塊，放入果汁機攪打成汁。

3. 秤取50克在來米粉，分別加入240ml的鳳梨汁、蕃茄汁、菠菜汁、火龍果汁、紅蘿蔔汁中攪拌均勻，配製成在來米糊液。
4. 將鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔在來米糊液放置電磁爐上方加熱糊化。
5. 秤取 50 克太白粉及 50 克在來米粉，分別加入已糊化的鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔在來米糊液中，均勻揉壓至形成米漿糰。
6. 將鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔米漿團，分別放入米苔目螺旋擠壓機，製作鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔米苔目。

結果：

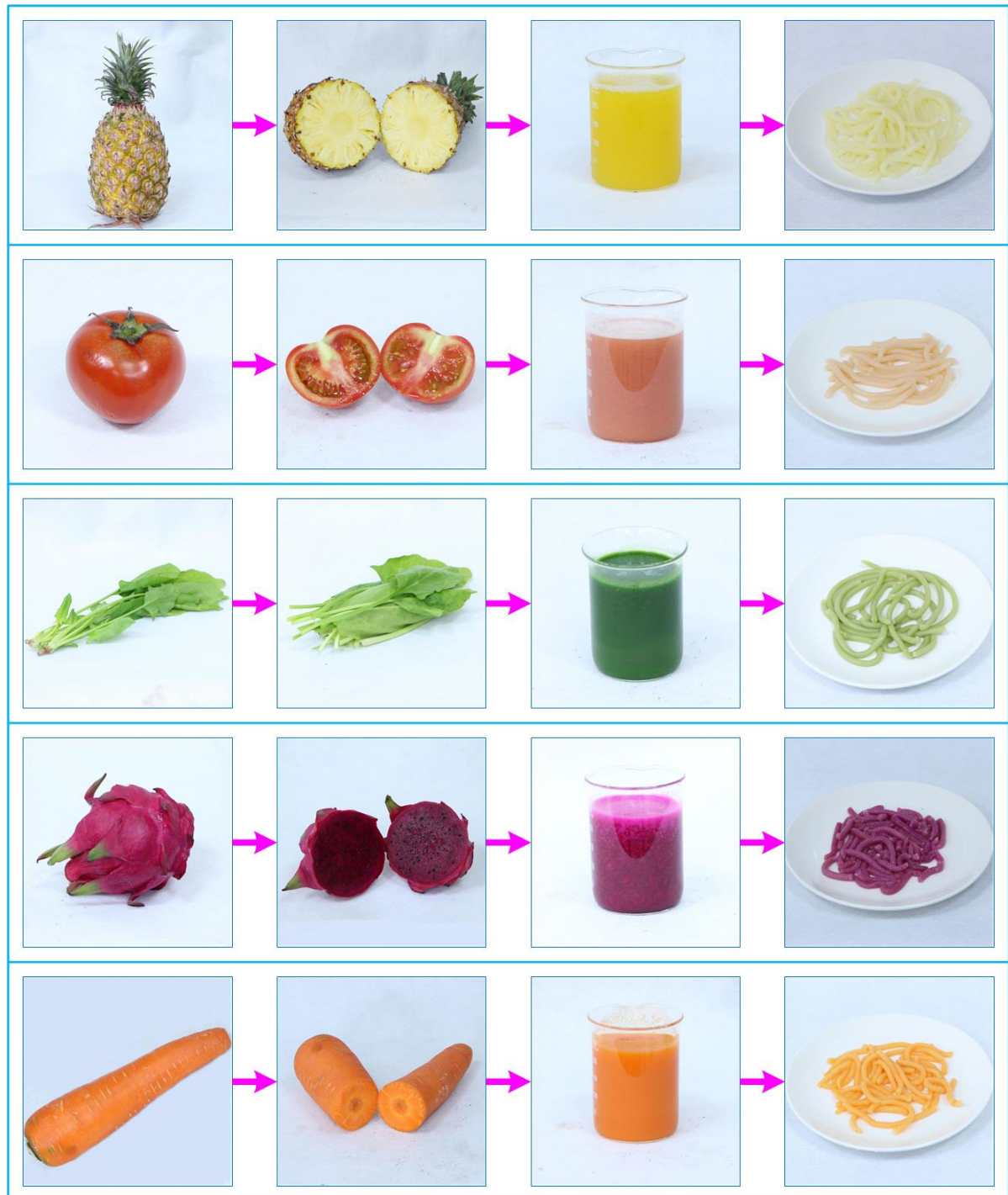


圖 34. 利用米苔目螺旋擠壓機製作各種蔬果米苔目

採用鳳梨、蕃茄、菠菜、火龍果、紅蘿蔔等蔬果米漿糰，置入米苔目螺旋擠壓機中，皆可成功製作出蔬果米苔目，與製作一般米苔目製品相同，製作過程十分順暢，蔬果米苔目外觀、色澤俱佳，如圖 34 所示。

討論：

1. 由本實驗證明，各種蔬果皆可成功製作成米苔目，各種蔬果米苔目散發出天然蔬果鮮甜氣味，且其色澤呈變化豐富，相較於傳統米苔目，各種果米苔目色香味俱佳，未來應用於飲品上之商業價值高，商品化之潛力大。
2. 現代人處於忙碌生活節奏中，蔬菜水果攝取量不足現象，手搖杯飲品卻是許多人日常必需品，但是其中含有大量的糖、食品添加物...，對消費者健康造成很大的隱憂。本實驗利用各種蔬果皆製作成米苔目，提供一個更天然、更健康的飲品新選擇。

【實驗D2】米苔目吸飲長度之測試

前言：本實驗擬採用吸管進行吸飲測試，希望找出米苔目飲品化之最適切長度，希望有效評估將傳統米苔目應用於飲品之可行性。

步驟：

1. 實驗變因：米苔目裁切長短。(0.5 / 1.0 / 1.5 / 2.0 / 2.5 / 3.0 cm)
2. 因火龍果色澤較鮮明，本實驗以火龍果米苔目作為測試樣品，將「抽濾管」，連接內徑的 12mm 吸管，模擬人類吸飲珍珠奶茶之方式，如圖 35 所示。
3. 分別將少許不同長度的火龍果米苔目放置杯中，進行吸飲測試。
4. 開啟水龍頭(固定開啟位置)，使吸管產生固定吸飲力，分別測試不同長度的米苔目樣品，是否可被吸起。
5. 觀察並拍攝不同長度的米苔目之吸飲狀況。

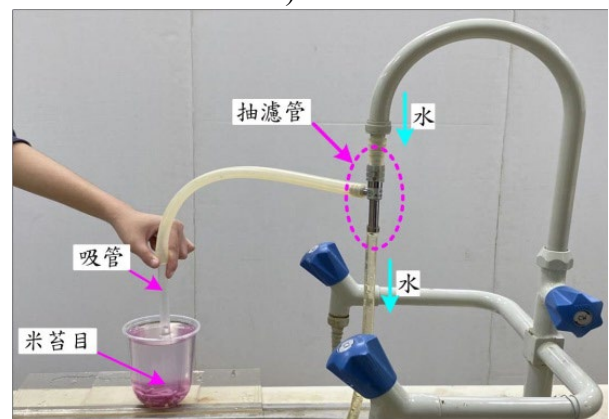


圖 35. 米苔目吸飲測試裝置圖

結果：

1. 由圖 36 顯示，長度 0.5 / 1.0m 之米苔目，可經由吸管順利被吸飲，而且其吸飲過程十分順暢。
2. 由圖 36 顯示，長度 1.5 / 2.0 / 2.5 cm 之米苔目，可經由吸管順利被吸飲，吸飲過程還算順暢。
3. 由實驗結果得知，吸飲長度 0.5 / 1.0 cm 之米苔目，沒有任何停頓不順暢現象；吸飲長度 1.5 / 2.0 / 2.5 cm 之米苔目，隨著米苔目長度遞增，出現略為停頓不順暢之現象。
4. 由圖 36 顯示，長度 3.0 cm 之米苔目，無法經由吸管順利吸飲。

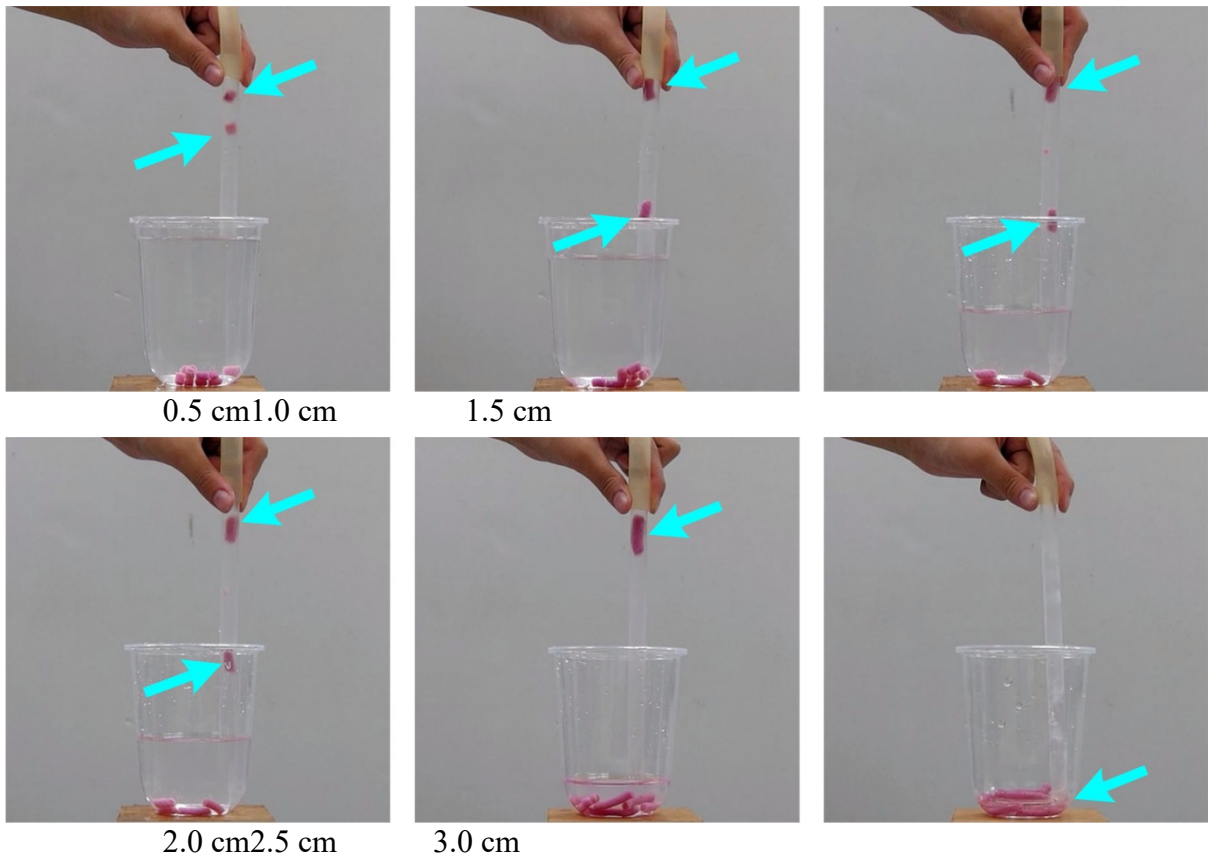


圖 36. 米苔目飲品化最適長度之測試

討論：

1. 由本實驗結果得知，長度 0.5 / 1.0 cm 之米苔目最適合做為吸飲類飲品，因可使用一般波霸珍珠用的吸管吸飲。
2. 長度 1.5 / 2.0 / 2.5 cm 之米苔目，雖可經由吸管順利被吸飲，但隨著米苔目長度遞增，停頓不順暢現象逐漸明顯。在吸飲過程中，吸管口是否涵蓋米苔目末端處，是米苔目能否被順利吸飲關鍵。
3. 長度 3.0 cm 之米苔目，因其長度過長，就算吸飲過程中，吸管口已經涵蓋米苔目末端處，長度 3.0 cm 之米苔目仍然難以被吸飲，主因是其長度過長，導致無法整條轉入吸管被吸飲。
4. 在實驗室中進行減壓過濾時，常使用到「抽濾管」，如右圖所示，它是一個 T 形的不鏽鋼管，利用伯努利原理(Bernoulli's principle)達到真空效果⁽²¹⁾。使用抽濾管時，將上管口接至水龍頭，開啟水源使高速的水流通過直通的兩管，直通的兩管口孔徑大於側管口，且中段內徑較細，通常入水的上管口較出水的下管口粗，側管有單向的止逆閥，防止水流逆流。

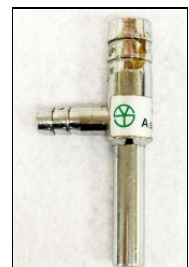


圖 37.抽濾管

肆、研究結論

一、實驗結論

A、米苔目現有製程之分析

1. 由本實驗證明，無論以米苔目器或擠花袋手工製作米苔目，擠壓過程都十分費力，且須在滾燙的沸水上方操作，操作環境高溫悶熱。
2. 手動米苔目機器仍須人工施力旋轉轉軸，旋轉操作十分費力，無法連續式進料，僅能批示生產，且無法有效控制米苔目長短。

B、螺旋擠壓可行性之探討

1. 米漿糰經過手動絞肉機之螺旋擠壓後，可連續式製作米苔目，而且米苔目出料十分順暢，但米苔目會出現互相黏著之現象。
2. 由本實驗證明，將出料模口之水平方向，修改為鉛直方向，確實可解決米苔目出現互相黏著之缺點，可製作外觀漂亮，長短大小適中，成形甚佳的米苔目。
3. 我們設計組裝之「自動進料機構」，可成功將手動螺旋擠壓，修改為馬達電動螺旋擠壓，達到自動化進料螺旋擠壓製作米苔目之目的，很明顯大幅節省人力。
4. 本實驗設計組裝之「自動裁切機構」，能有效控制米苔目之裁切長度，這是米苔目新製程的最大特點。我們研發的米苔目螺旋擠壓機，具有自動進料、自動出料、自動裁切、可控制米苔目長度、節省人力、避免高溫操作等優點，更重要的是組裝零件成本低廉，未來具有商品化之潛力。

C、原料配方水分比例之探討

1. 無論「生的米苔目」、「熟的米苔目」皆隨著米漿糰含水比例遞增，米苔目的直徑呈現隨著遞增之趨勢，當米漿糰含水比例愈高時，體積直徑膨大之現象愈明顯。
2. 經本實驗證明，在相同的烹煮條件下，不同水分比例的米苔目，隨著水分比例遞增，其澱粉糊化程度呈現遞增之趨勢。
3. 將不同水分比例米漿糰置入螺旋擠壓機製作米苔目時，隨著米漿糰水分比例遞增，進料馬達之「耗電功率」呈現線性遞減之趨勢；亦即米漿糰與機器彼此間之黏滯阻力，呈現線性遞減之趨勢。
4. 隨著米苔目測試樣品之水分比例遞增，米苔目之「彈性」，呈現先遞增、後遞減之趨勢，其中以樣品 E(粉:水=1.0:1.6)最高。
5. 由本實驗發現，在「外觀」、「彈性」、「硬度」、「整體感」等四個項目中，受試者對樣品 E(粉:水=1.0:1.6)之喜好程度最高。

D、飲品化可行性之探討

1. 由本實驗證明，各種蔬果皆可成功製作成米苔目，各種蔬果米苔目散發出天然蔬果鮮甜氣味，且其色澤呈變化豐富，相較於傳統米苔目，各種果米苔目色香味俱佳，未來應用於飲品上之商業價值高，商品化之潛力大。

2. 由本實驗結果得知，長度 0.5 / 1.0 之米苔目最適合做為吸飲類飲品，因可使用一般波霸珍珠用的吸管吸飲；長度 1.5 / 2.0 / 2.5 cm 之米苔目，雖可經由吸管順利吸飲，但隨著米苔目長度遞增，停頓阻塞現象逐漸明顯。長度 3.0 cm 之米苔目，因其長度過長，無法藉由吸管正常吸飲。

二、具體貢獻

1. 本研究應用螺旋擠壓機器製作米苔目，這是一種全新的米苔目新製程。
2. 傳統手工製作「米苔目」，是將米漿糰在沸水上方的「米苔目器」上推壓，製作過程高溫難耐，我們研發的米苔目螺旋擠壓機器可改進此一缺點。
3. 我們研發的米苔目螺旋擠壓機器，機器組裝成本低廉。
4. 我們研發的米苔目螺旋擠壓機器，可自動進料、自動出料、自動裁切。
5. 我們研發的米苔目螺旋擠壓機器，搭配適當的原料配方與水分比例，添加各種蔬菜水果，可製作出天然、健康、品質優良的米苔目。

三、未來展望

1. 未來應用米苔目螺旋擠壓機，可大量生產箇中蔬果米苔目，提供消費者更天然、更健康、得更多元的新選項，商業價值高，具未來飲品化之潛力，如圖 38 所示。
2. 目前我們研發的米苔目螺旋擠壓機，改裝自手動絞肉機，機器部分零組件是 3D 列印出來，未來若是商品化大量生產，須將與食品接觸的零組件，全部改為#304 不鏽鋼或食品級的材質。
3. 未來米苔目螺旋擠壓機出料模口可改為水平方向，搭配自動化輸送帶、裁切機構，大量生產米苔目時，出料會更加順暢、更加快速，如圖 39 所示。



圖 38.具未來飲品化之潛力

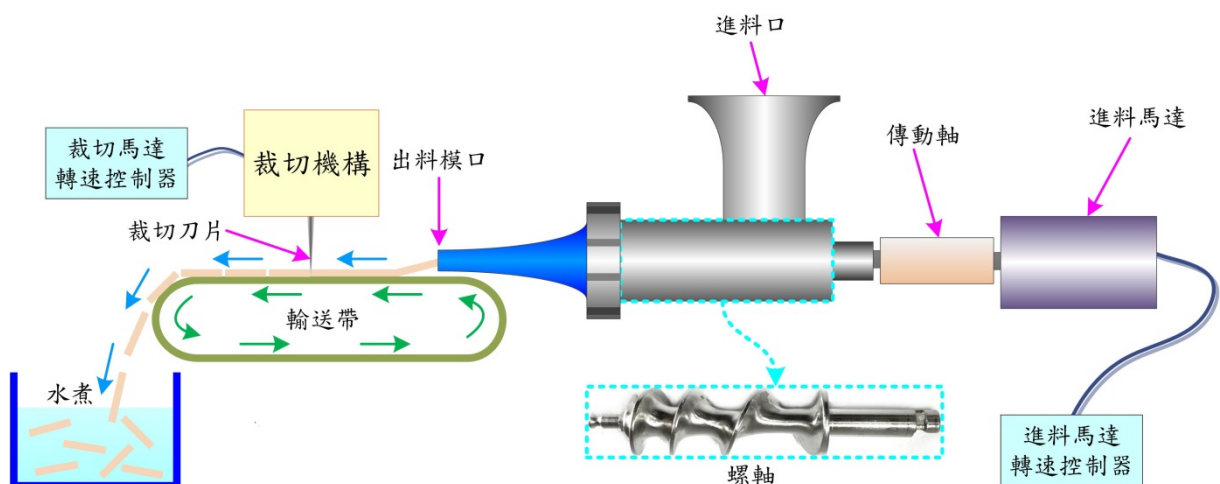


圖39.米苔目螺旋擠壓機搭配自動化輸送帶、裁切機構大量生產之示意圖

伍、參考資料

1. C. E. Mendes Da Silva, C. F. Ciacco, G. E. Barberis, W. M. R. Solano, and C. Rettori. (1996). Starch Gelatinization Measured By Pulsed Nuclear Magnetic Resonance. *Cereal Chem.* 73(3):297-301.
2. C. H. Hwang, D. R. Heldman, R. R. Chao, and T. A. Taylor.(2006). Changes in Specific Heat of Corn Starch Due to Gelatinization. *Journal of Food Science*, 64(1):141-144.
3. F.Xie, E.Pollet, P. J. Halley, and L.Avérous. (2015). Advanced Nano-biocomposites Based on Starch.Polysaccharides: 1-75.
4. M. C. Bourne. (2002). Texture Profile Analysis (TPA). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd Edition:182-186. Elsevier Science & Technology Books.
5. M. S. M. Wee, A. T., Goh, M. Stieger and C. Forde. (2018). Correlation of Instrumental Texture Properties from Textural Profile Analysis (TPA) with Eating Behaviours and Macronutrient Composition for a Wide Range of Solid Foods. *Food & Function*, 9(10):5301-5312.
6. S. Z. Qamar (2018), *Extrusion of Metals, Polymers and Food Products : Extrusion - From Gear Manufacturing to Production of Cereals*, Chapter 1: 3-10. Sultan Qaboos University, Muscat, Oman.
7. W. S. Ratnayake and D. S. Jackson. (2006). Gelatinization and Solubility of Corn Starch during Heating in Excess Water: New Insights. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, 3712-3716.
8. 6YingWei快樂姊 (2018)。【古早味米苔目】 | 快樂孃孫輕鬆食譜 # 5。
<https://www.youtube.com/watch?v=FtHxFRLf3Kk>
9. 王祥斌 (2012)。臺北地區市售米濕製品(米粉、蘿蔔糕、碗粿、米苔目、粿條)中防腐劑與微生物含量調查。國立臺灣海洋大學食品科學研究所碩士論文。
10. 王暉崙、郭主歆、邱耀慶 (2007)。解開澱粉-碘的藍色密碼。中華民國第47屆中小學科學展覽優勝作品。
11. 呂秀英(2011)。正確使用統計圖表呈現處理間比較台灣農業研究。60 (1) : p61-71 台中市。行政院農業委員會農業試驗所。
12. 林明三 (1990)。影響冷凍米苔目品質因子之研究。國立中興大學食品科學研究所碩士論文。
13. 林胤丞、謝子儀、陳玟汝 (2013)。『水果』嫁入『米苔目』。102年度專題製作競賽食品群優秀作品。
14. 林貞信 (2017)。生活中的休閒食品—— 擠壓加工技術原理與應用。570期，科學月刊。
15. 家有米其林 (2019)。手工自製米苔目！<https://www.youtube.com/watch?v=MYqZQkPp7-Q>
16. 魚夫 (2017)。米苔目、米篩目和老鼠粿。遠見雜誌網站。<https://www.gvm.com.tw/article/40754>
17. 黃婕安、潘桂芳、趙梅君 (2019)。差「米」「粉」。小論文20190331梯次作品。
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2019/03/2019032711354697.pdf>
18. 葉仲斌 (1994)。單軸擠壓機試製米苔目之研究。國立中興大學食品科學研究所碩士論文。
19. 鄒文敏、林欣怡、蔡文潔 (2017)。古早味米苔目。吃出另類好滋味。小論文20170331梯次得獎作品。<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/03/2017033109094590.pdf>
20. 維基百科 (2015)。米篩目。維基百科網站。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B1%B3%E7%AF%A9%E7%9B%AE>
21. 維基百科 (2019)。抽濾管。維基百科網站。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%BD%E6%BF%BE%E7%AE%A1>
22. 臺灣民俗文物辭彙類編 (2000)。米苔目器。國史館台灣文獻館電子報。
<http://www.th.gov.tw/epaper/site/page/62/834>

【評語】 052208

1. 本研究改裝手動絞肉機設計為螺旋擠壓機器來產出一種全新製作米苔目的新製程。可自動進料、出料、裁切，並免除傳統手工製作「米苔目」在「米苔目器」上推壓之高溫過程。除此之外 並測試搭配各種蔬菜水果原料適當的配方，提供天然、健康、品質優良的米苔目，研究成果對推廣此項食品有直接的貢獻。
2. 作者等利用手動絞肉機，逐步改裝成能自動進料自動出料及自動裁切之米苔目製作機，解決了傳統製作米苔目所遇到之困難，成果難能可貴，亦有實用上之價值，經優化後，可提供小型米苔目工廠使用。
3. 本作品以自製螺旋擠壓機製作米苔目，並嘗試開發米苔目飲品。且有創新性，且能逐步改良擠壓機，具有研究精神。
4. 作者等能充分利用統計方法來比較各處理間之差異，結果具可信度，唯關於結果數據組間的統計差異的標示是否完全正確(如表 2、表 3) 或數據間的統計差異有無顯著性者，跟文字敘述要一致。
5. 此外作者們能蒐集豐富之資料及文獻，運用於試驗之證明及解釋，且文獻之書寫亦相當完整正確。
6. 若有傳統法製作的米苔目做為對照組，整個研究將更為完整。
7. 此研究米苔目之創意與新製程建議考慮申請專利。

作品簡報

米苔目螺旋擠壓新製程

米
苔
目



(圖片來源:遠見雜誌網站)

米苔目是一種傳統米食，目前米苔目製程已有手工製作與機器製作，但兩者皆有操作環境過熱、耗費人力的缺點，且米苔目成品長短不一。

本研究想應用螺旋擠壓之原理，改善現有製程之缺點，開發米苔目新製程，賦予米苔目多元化的色彩、口味、粗細、長短，將米苔目飲品化，並推廣至年輕一代。



A、米苔目現有製程之分析

A1. 現有手工製程之分析

A2. 現有機器製程之分析

D、飲品化可行性之探討

D1. 蔬果米苔目製作之測試

D2. 飲品化最適長度之測試

傳統米食
現代化
飲品化

B、螺旋擠壓可行性之探討

B1. 手動螺旋擠壓之測試

B2. 出料模口方向之改良

B3. 自動進料機構之設計

B4. 自動裁切機構之設計

C、原料配方水分比例之探討

C1. 水分比例對成品外觀之影響

C2. 水分比例對糊化程度之影響

C3. 水分比例對耗電功率之影響

C4. 水分比例對硬度彈性之影響

C5. 水分比例對受喜好度之影響

A.米苔目現有製程之分析

【實驗A1】現有手工製程之分析



熱水蒸氣持續上升 擠壓米漿糰十分費力 米苔目成品
使用米苔目器(不鏽鋼篩網) 製作米苔目之製程



以擠花袋製作米苔目 在沸水上方操作較熱 米苔目成品
使用擠花袋製作米苔目之製程

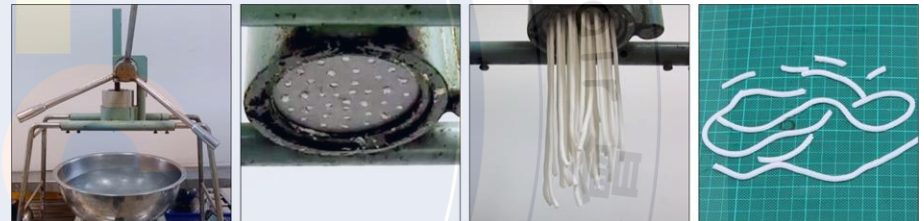
本實驗透過不鏽鋼篩網、擠花袋實際製作米苔目，由實驗結果顯示，此兩種製作方式皆有操作費力、操作環境過熱、米苔目成品長短不一等缺點，此外，擠花袋之生產量偏少，更加不適合大量生產。

【實驗A2】現有機器製程之分析



市售全自動米苔目機器

(圖片來源:大豐食品機械廠網站、勝有餐飲設備食品機械廠網站)



手動米苔目機器 米苔目機器之篩孔 擠壓米苔目之過程 米苔目成品
使用手動機器製作米苔目之製程

目前市面上已有販售全自動、半自動米苔目機器。但全自動米苔目機器價格過於昂貴；而半自動米苔目機器需人工施力製作，操作十分費力，且無法連續式進料生產，二者皆無法控制米苔目之長度。

B.螺旋擠壓可行性之探討

本研究擬評估螺旋擠壓方式製作米苔目之可行性，希望能將螺旋擠壓原理應用於米苔目製程上。



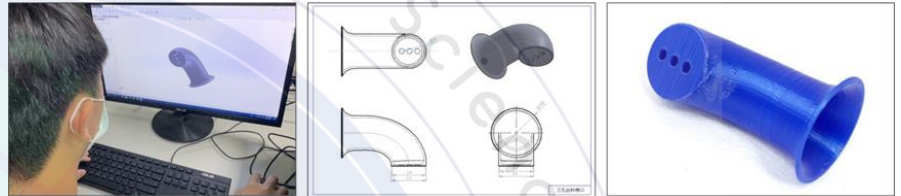
【實驗B1】手動螺旋擠壓之測試



絞肉機螺旋擠壓 絞肉機出料模口 螺旋擠壓米苔目 米苔目互相黏著
手動螺旋擠壓製作米苔目

由於現有米苔目製程皆有許多缺點，因此，還有很大的改良空間。本實驗利用螺旋擠壓之原理探討其可行性，由實驗結果發現利用手動絞肉機製作出料十分順暢，且無操作過熱之缺點，但成品出現互相黏著之情形。

【實驗B2】出料模口方向之改良



進行3D電腦繪圖 出料模口之構想圖 鉛直方向出料模口成品
鉛直方向出料模口之設計與製作

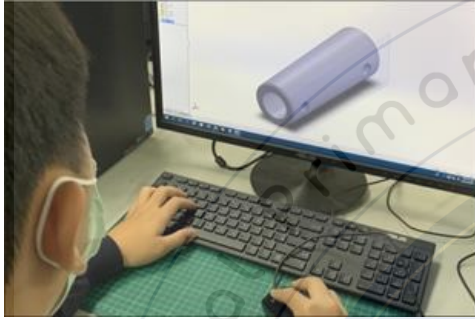
為解決米苔目成品互相黏著之缺點，本實驗利用3D列印製作鉛直方向之出料模口。



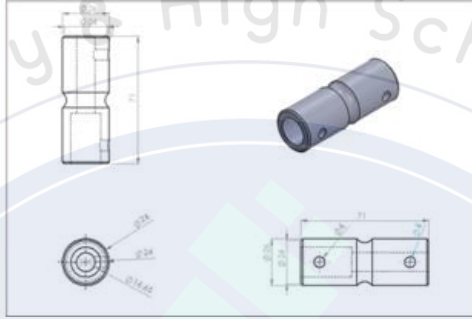
鉛直方向出料模口 米苔目出料順暢 成品不會互相黏著 外觀佳且均勻一致
手動螺旋擠壓製作米苔目之測試（鉛直方向出料模口）

將絞肉機出料模口修改為鉛直方向後，所製作的米苔目成品表面光滑、外形漂亮、品質均勻一致，確實可解決米苔目成品互相黏著之缺點。

【實驗B3】自動進料機構之設計



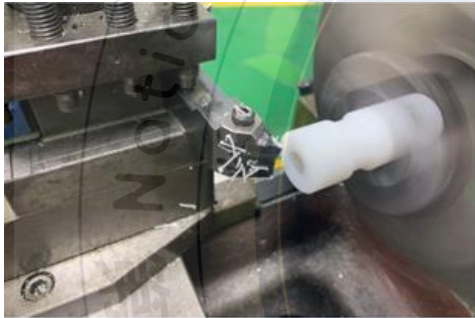
進行3D電腦繪圖



傳動軸設計圖



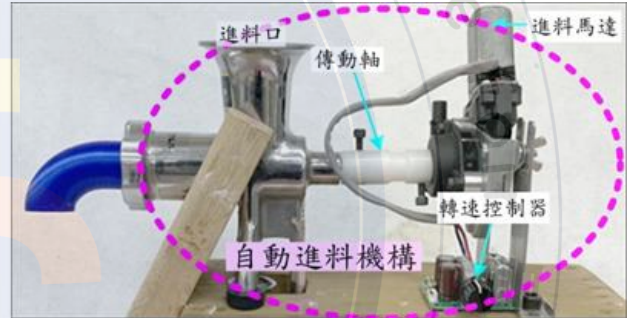
床加工製作傳動軸



車床加工製作傳動軸

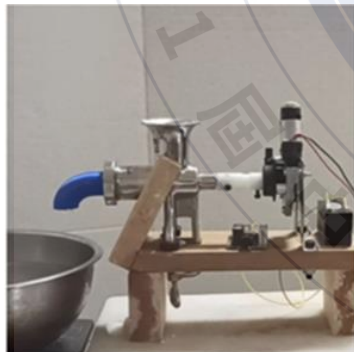


傳動軸成品



自動進料機構

米苔目螺旋擠壓機「自動進料機構」之製作與設計



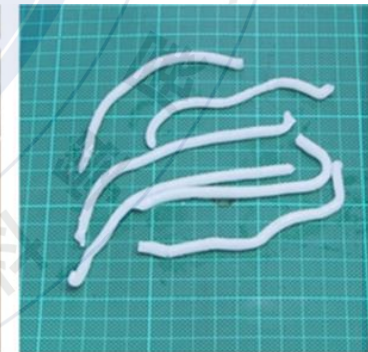
A. 加裝自動進料機構



B. 米苔目出料順暢



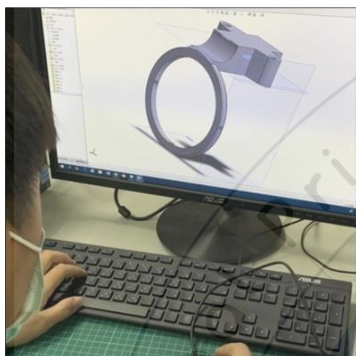
C. 成品不會互相黏著



D. 外觀佳且均勻一致

自動化螺旋擠壓製作米苔目之測試

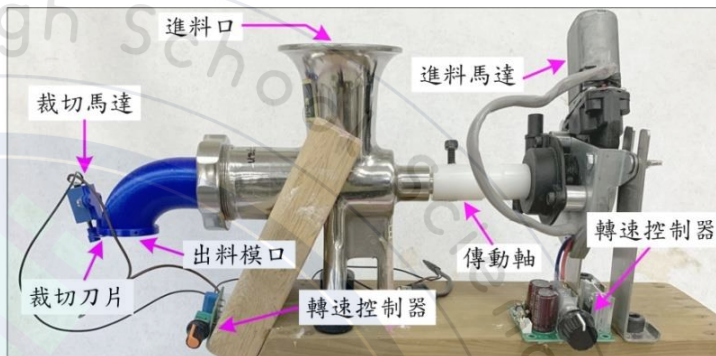
【實驗B4】自動裁切機構之設計



進行3D電腦繪圖

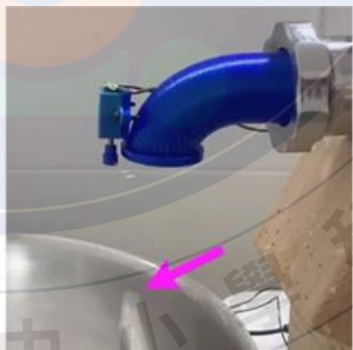
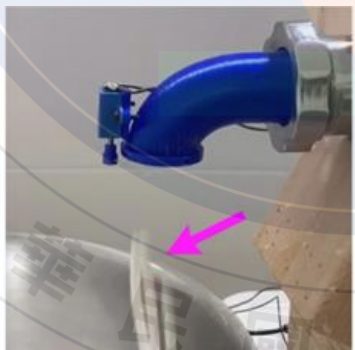
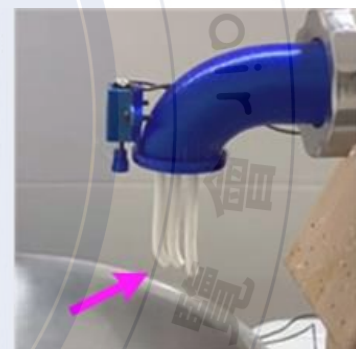
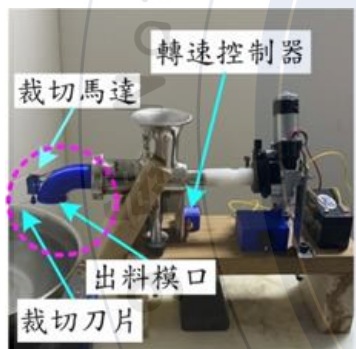


設計圖與成品



自動裁切機構

米苔目螺旋擠壓機「自動裁切機構」之製作與設計



米苔目螺旋擠壓機「自動裁切機構」之測試

C.原料配方水分比例之探討

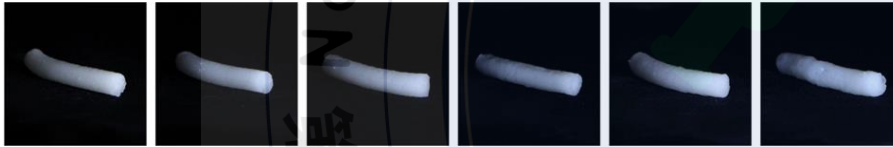
【實驗C1】水分比例對成品外觀之影響

樣品	A	B	C	D	E	F
水分比例 (粉:水)	1.0 : 0.8	1.0 : 1.0	1.0 : 1.2	1.0 : 1.4	1.0 : 1.6	1.0 : 1.8
粉的重量(g)	150	150	150	150	150	150
水的重量(g)	120	150	180	210	240	270



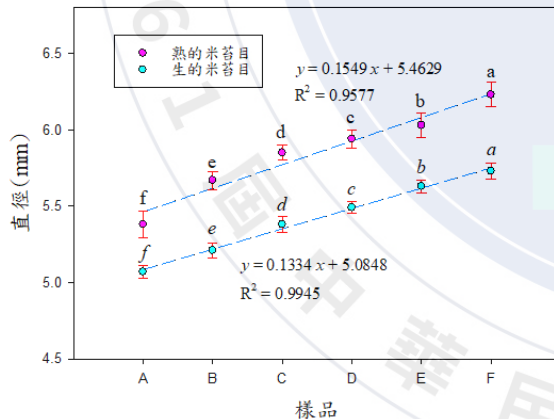
A B C D E F

生的米苔目



A B C D E F

熟的米苔目

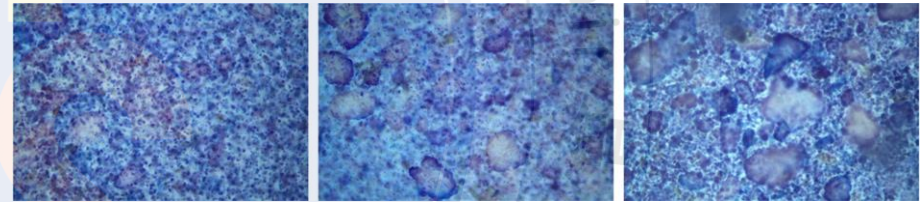


以不同水分比例米漿糰所製作的米苔目「直徑」之差異

【實驗C2】水分比例對糊化程度之影響



以顯微鏡觀察並拍攝米苔目樣品之顯微影像



A

B

C



D

E

F

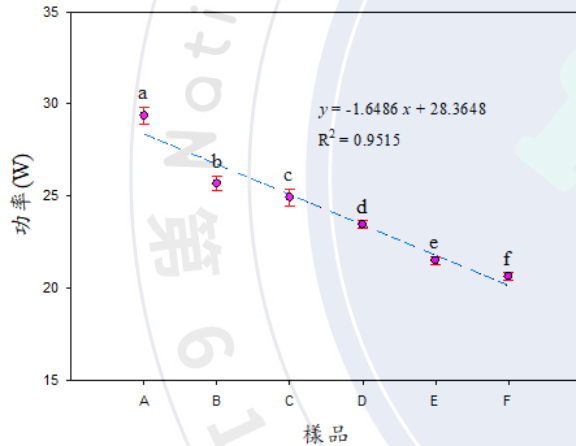
以不同水分比例米漿糰所製作的米苔目「顯微影像」之差異

1. 由上圖A、B、C顯示，隨著水分比例遞增，其呈現糊化膨脹變大的澱粉粒明顯遞增。
2. 由上圖D、E、F顯示，隨著水分比例遞增，澱粉粒糊化膨脹破裂現象更加明顯，邊緣呈現模糊狀態。

【實驗C3】水分比例對耗電功率之影響



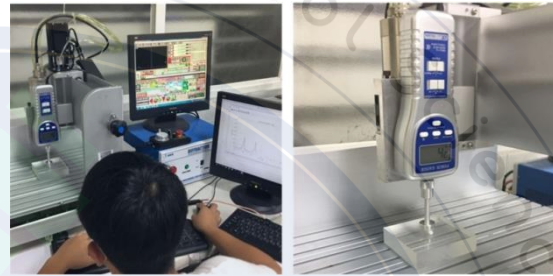
以瓦時計測定不同水分比例米漿糰製作米苔目之耗電功率



以不同水分比例米漿糰製作米苔目「耗電功率」之差異

隨著米漿糰水分比例遞增，進料馬達之「耗電功率」呈現線性遞減之趨勢；亦即米漿糰與機器彼此間之黏滯阻力，呈現線性遞減之趨勢。

【實驗C4】水分比例對成品物性之影響



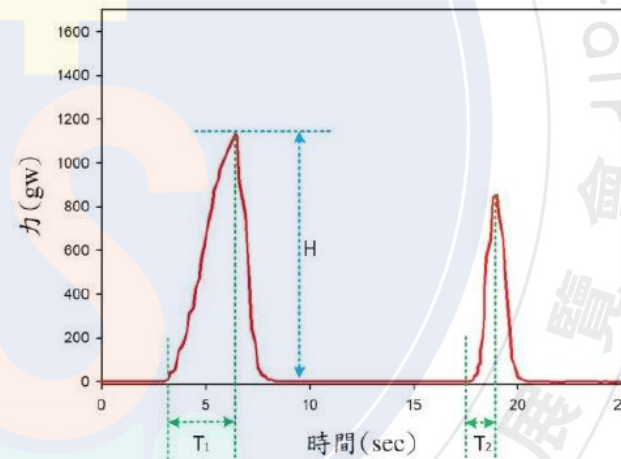
程式號碼
 G21: 公制單位
 G90G54G00X0Y0: X,Y軸移動到平台中點(原點)
 G01Z20.F400:
 G01Z8.: Z軸(探頭)移動到距離平台2mm
 G01Z2.F60:
 G04P0.5:
 G01Z8.: Z軸(探頭)上移到距離平台8mm
 G01Z2.F60:
 G04P0.5:
 G01Z8.: Z軸(探頭)移動到距離平台2mm
 G01Z30.F400:
 M30:

自製物性測定

推拉力計+D24mm探頭

程式代碼

以自製物性測定儀進行米苔目物性之測試

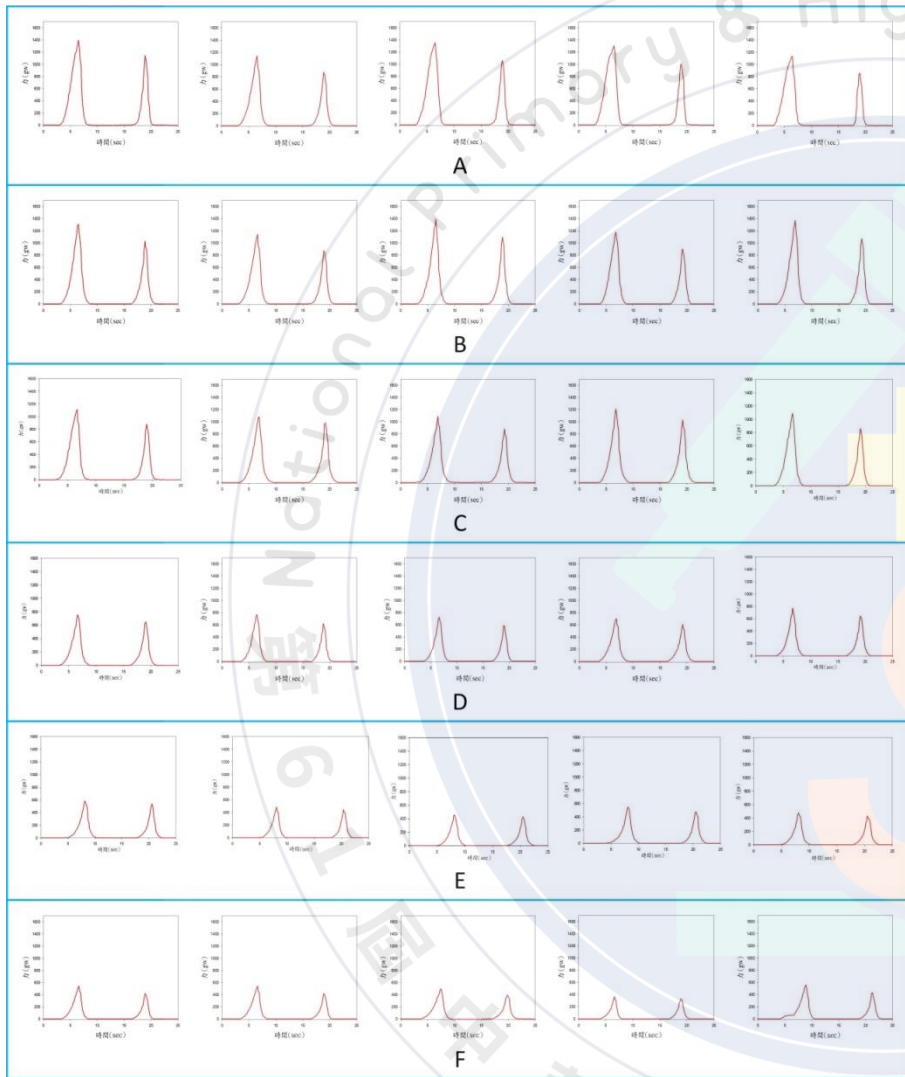


硬度：H

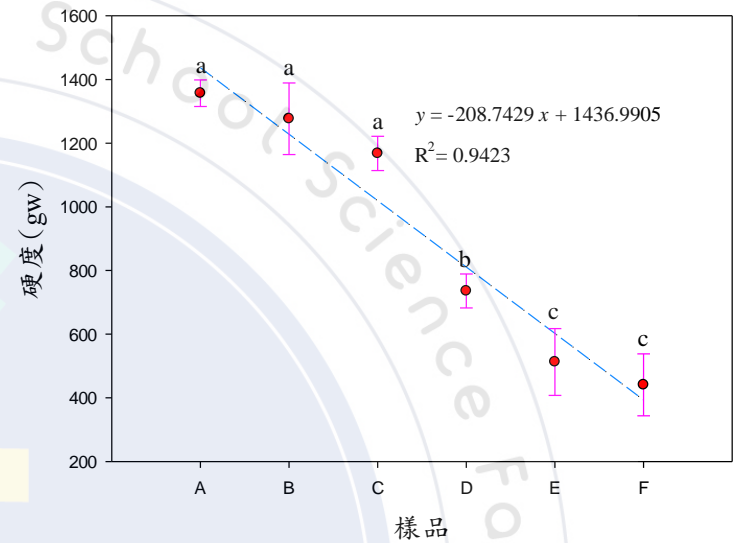
彈性： T_2/T_1

測試得到「時間-力」關係圖

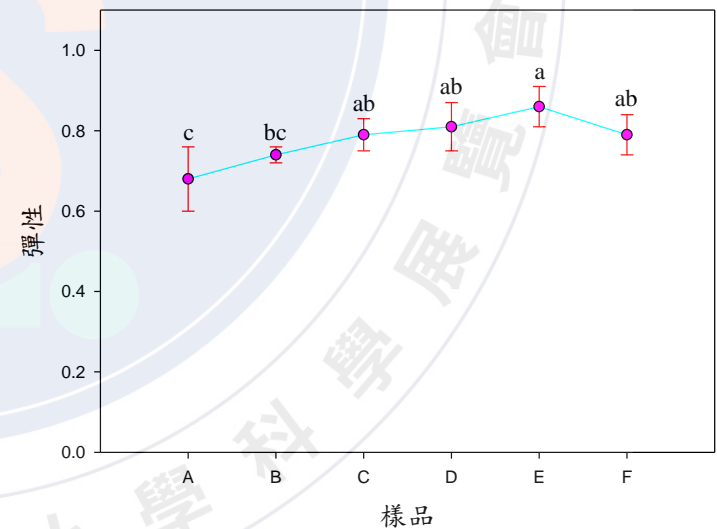
以電腦驅動CNC雕銑機使推拉力計在CNC Z軸方向精準移動，進行連續兩次下壓上升動作，透過電腦擷取「時間-力」之數據。



以不同水分米漿糰所製作的米苔目其全質構分析(TPA)圖之差異

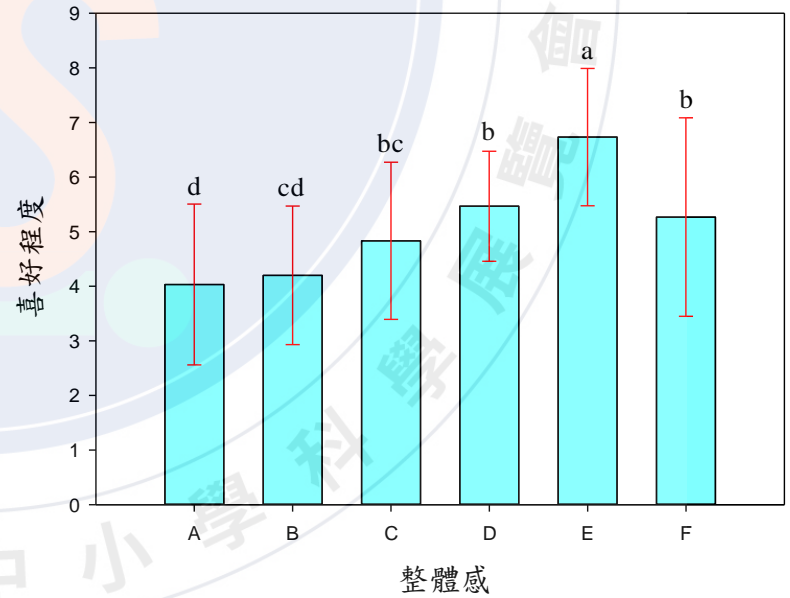
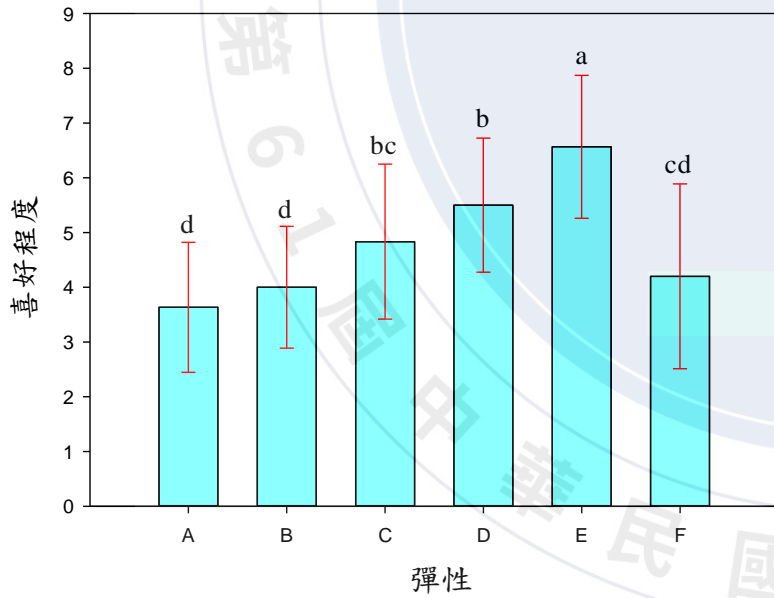
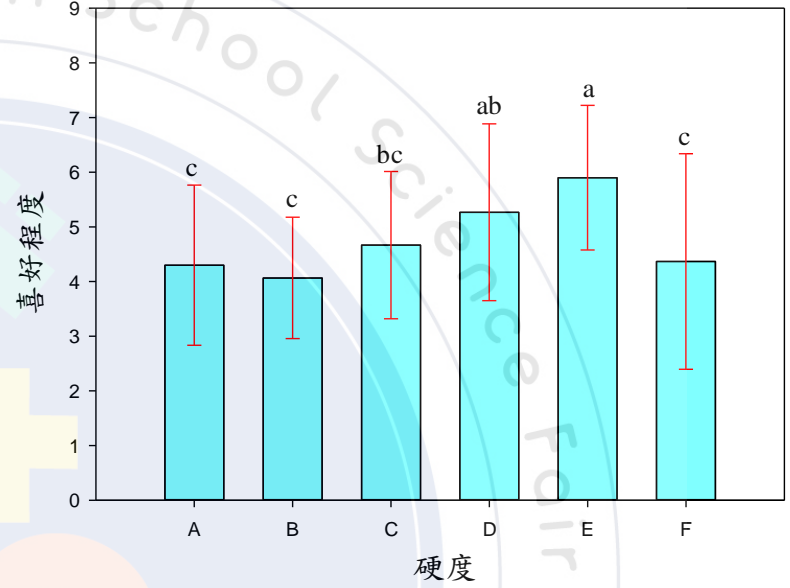
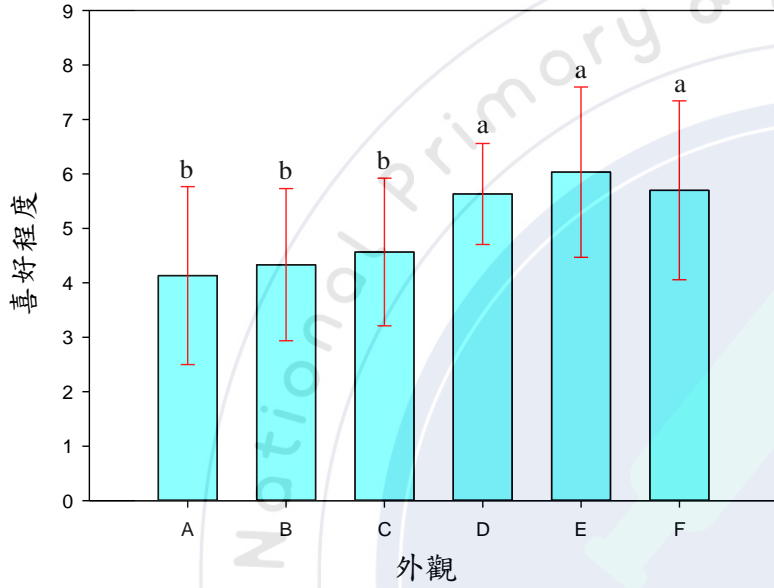


以不同水分米漿糰所製作的米苔目「硬度」之差異



以不同水分米漿糰所製作的米苔目「彈性」之差異

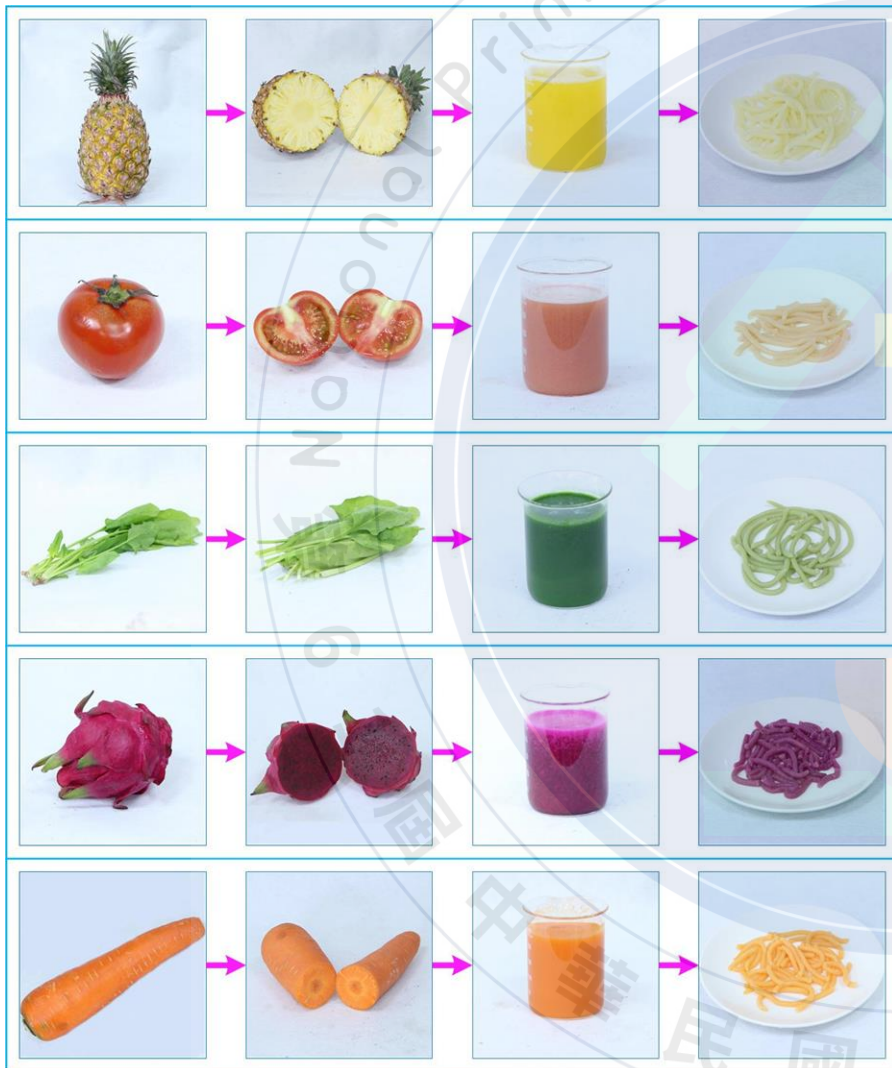
【實驗C5】水分比例對受喜好度之影響



以不同水分米漿糰所製作的米苔目受喜好度之差異

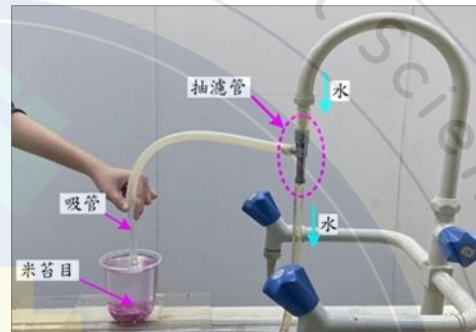
D.飲品化可行性之探討

【實驗D1】蔬果米苔目製作之測試



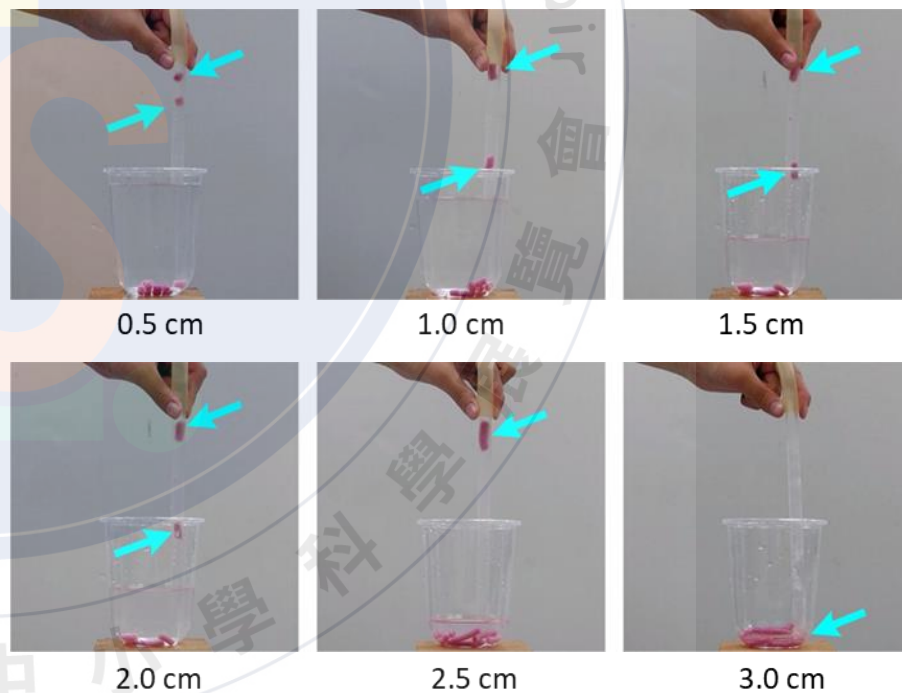
利用米苔目螺旋擠壓機製作各種蔬果米苔目

【實驗D2】米苔目吸飲長度之測試

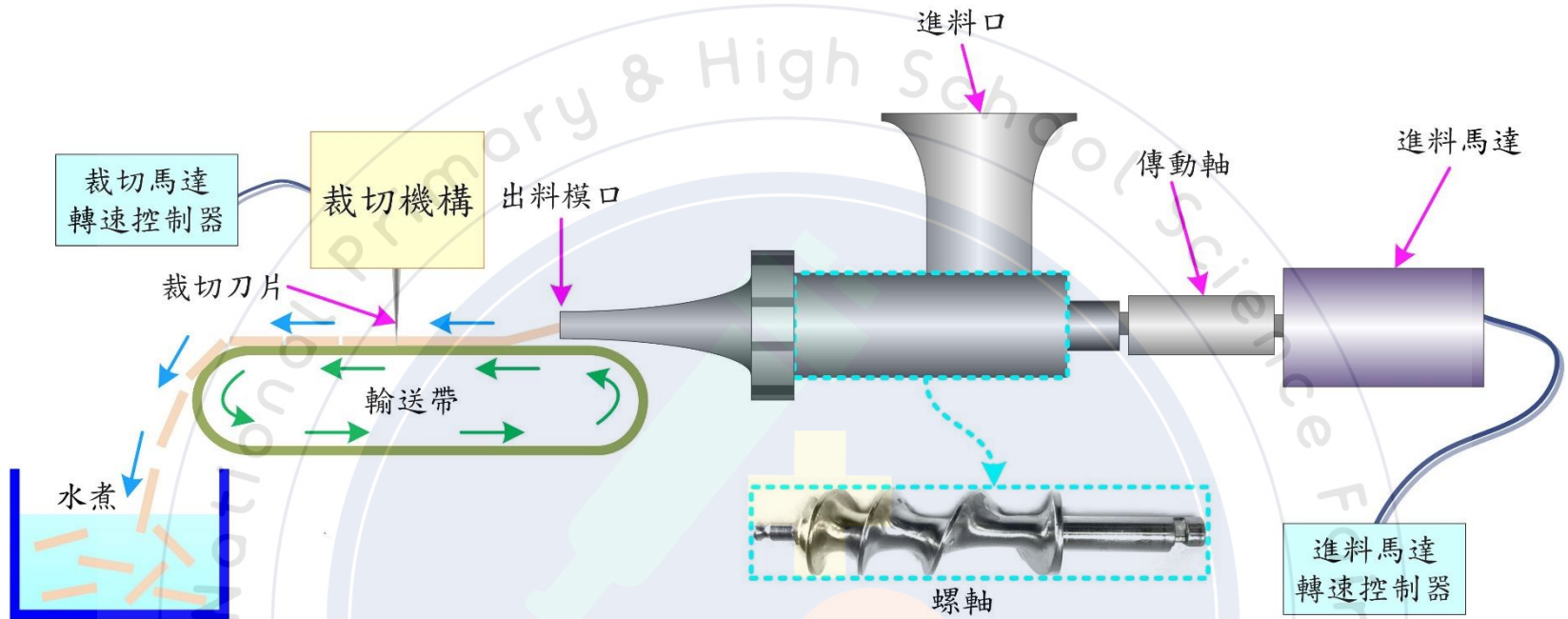


米苔目吸飲測試裝置圖

本實驗以火龍果米苔目作為測試樣品，將「抽濾管」連接內徑的1.2cm吸管，模擬人類吸飲珍珠奶茶之方式。



米苔目飲品化最適長度之測試



1. 未來若是商品化大量生產，應須將與食品接觸的零組件，全部改為#304不鏽鋼或食品級的材質。
2. 未來米苔目螺旋擠壓機出料模口可改為水平方向，搭配自動化輸送帶、裁切機構，大量生產米苔目時，出料會更加順暢、更加快速。
3. 我們所研發的米苔目螺旋擠壓機器，機器組裝成本低廉，還可自動進出料及裁切，製造出天然、健康、品質優良的米苔目。

