連續輸送式花椰菜分切機之研究[1]

李健、鍾瑞永、鄭榮瑞[2]

摘　要

李健、鍾瑞永、鄭榮瑞 2017。連續輸送式花椰菜分切機之研究。臺南區農業改良場研究彙報 71：84-94。

由於急速冷凍設備及冷鏈物流產業的成熟，目前臺灣及全球冷凍青 (白) 花椰菜小花的生產規模正逐步增加，這些產業有助於舒緩產地盛產時的產銷壓力，並且能透過外銷或不同季節的販售進一步提升所加工產品的附加價值。透過與國外現有機臺採用的機構技術相互比較，本研究提出一種具有低成本且構造簡單的小花分切及菜莖分離整合刀座設計，應用此機構設計的機臺已售予臺灣冷凍蔬果廠進行作業生產，其單臺能有效節省人工 6 至 7 人。

現有技術：傳統完全以人工作業，近年來引進國外連續輸送式花椰菜分切機採用的小花切割及菜莖分離技術需要兩道分開的機構動作來完成，其採用連桿同步機構設計前端單人舒適置放速度約每分 30 次。其設計帶來成本高且體積龐大的問題；此外亦有置放後花椰菜易傾倒問題，且無不同尺寸刀具替換設計。

創新內容：我們獨創一種切割及分離的整合設計，其機構上精簡且成本低，應用此技術的連續輸送式花椰菜分切機台可解決國外機台固有的問題，且具有售價便宜且體積精巧的優點。

對產業影響：能有效降低臺灣冷凍花菜產業的分切作業人力，並且已應用到冷凍蔬果廠的實際生產製作。許多業者未來願意購買應用此新技術的機台。

關鍵字：急速冷凍、青花菜、白花椰菜、小花分切、連續輸送式

接受日期：2017 年 11 月 2 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 489 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場作物環境課助理研究員、研究員兼課長、研究員兼副場長。712 臺南市新化區牧場 70 號。

前　言

一、冷凍花菜產業介紹

青 (白) 花椰菜適合低溫生長的環境，會在臺灣冬季時特別適合大規模契作栽種，除供應當季生鮮蔬菜需求外，由於小花具有能夠急速冷凍長期保存的獨特物性，因此有相當多的比例被分切冷凍包裝，其保存時間可以半年以上。冷凍封存後可透過物流販售給團膳供應商外，亦可於夏季時出貨販售，甚至也能外銷出口至非產區的熱帶國家。事實上由於內需甚殷，在臺灣生產的冷凍青花菜往往是供不應求的，尤其臺灣常有因颱風災損造成生鮮蔬菜不足的情況。事實上在美國或加拿大地區的超市，冷凍花椰菜小花普遍都能夠買的到；而國內由於產量太少及食用習慣，一般民眾並不習慣購用。

在臺灣冷凍花菜小花的一般製作流程為首先泡水清洗後進行小花切離，在切離時會根據終端客戶需求，留存適當長度的小枝莖於適當大小的小花上，切離後的小花經過高溫表面殺菁後，直接極速冷凍，最後再包裝凍存。目前國內尚無任何國產客製自動化花椰菜分切設備可供業者使用，而進口機型設計複雜過於昂貴，且難以針對國產花椰菜物性進行調整。因此過去需要依賴人力進行小花的分切作業，而國內的人口老化及勞力缺乏，已是目前限制冷凍花菜發展成大宗產業的最大瓶頸。

目前國內青花菜人工分切作業的習慣是先弧切後再縱切，如圖 1 所示，弧切主要是將青花苔小花從欲拋棄的中心粗莖幹分離，而縱切則進一步將小花切細，使小花尺寸進一步縮小。在作業上經過弧切站後成品集中送往縱切站再處理，專職弧切的一個人平均每分鐘可弧切三顆菜，而專職縱切的人也剛好大約每分鐘可處理三顆菜。就機械化省工來說，目前可以機械取代的是以弧形刀具做弧切作業，而縱切部分除非國內業者習慣願意改變，否則目前還沒有可適用的機械化解決方案。

圖 1. 人工弧切 (左) 與縱切 (右) 工法的差別

Fig.1. Circular cut (left) and radial cut (right) of broccoli florets

國外通常在機械弧切後不再以人工處理，因此為達到適當單顆花苔大小的情況，弧切位置要較接近花苔，因此小花上留存的小枝莖會較短，這也間接造成生產的總步留率 (yield) 降低。弧切位置遠離花苔並納入縱切程序雖可增加小花留存枝莖的長度，不過從食品衛生的角度來看，縱切會增加成品的刀切面積，使其更容易沾染微生物，而增高食品不安全的風險。本研究開所發機臺可機械化進行弧切，並且生產廠商可依據需求，調整弧切位置與花苔的距離。研發成果可實際應用並解決目前臺灣冷凍花菜產業缺工及勞

力過度密集的問題，此將有助大幅度推動青花菜契作栽植面積來活化休耕地，或者推動高麗菜田區轉作綠花椰菜來解決往年常發生的高麗菜冬季過剩價崩問題，進一步保障基層農民的收益。

二、國外連續輸送式作業機型調查

在歐美國家現已有多種花菜分切機產品設計，但價格昂貴另無法針對區域品種客製合適機械已成為限制臺灣使用的主要瓶頸。根據調查目前國外青花菜分切的食品機械多達七、八種以上，而廠商主要來自歐美高度經濟發展區域。目前國外輸送帶式花椰菜分切機的設計一般都含有一組具多個置放碗的輸送帶，輸送帶將倒置青花菜移動至分切區後，由兩片弧刀所組成的刀喙 (beak) 將小花與莖幹切離，最後合起的刀喙將莖幹帶離。國外不同廠商的機型設計差異主要是在莖幹與小花分離的機構，在本研究中概括為三種主要設計形式，分別為圖 2 所示的刀頭迴轉拋除式 (Burke, 2008)[3]，以及圖 3 的刀頭承盤複合移動式 (Comin, 2008)[4,5]，以及圖 4 的刀頭移動帶離式 (FTNON B.V.)[6]。除了分離的機構的差異外，有些廠商會在同條輸送帶上另加上前端一座圓筒狀直切刀具 (Sweere B.V.)[7]，如圖 5 所示，先施以直切來提高後端弧切的步留率。

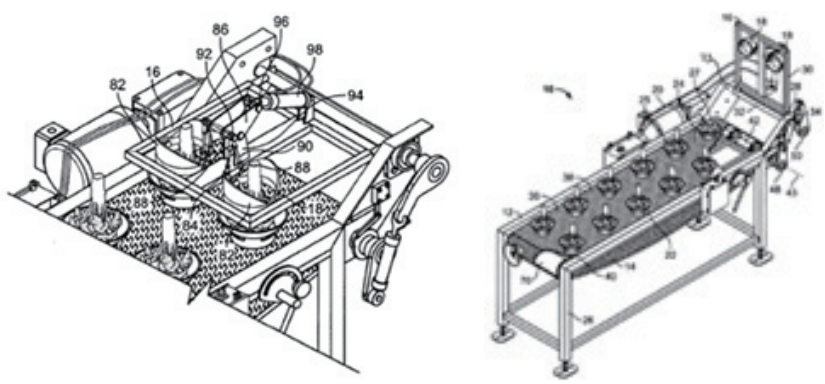

圖 2.　刀頭迴轉拋除式分離機構：美國專利 US20080081098 (類似 Sweere 公司設計)

Fig. 2. Throw the stem-cores away by the rotational jerk motion: US Patent application US20080081098

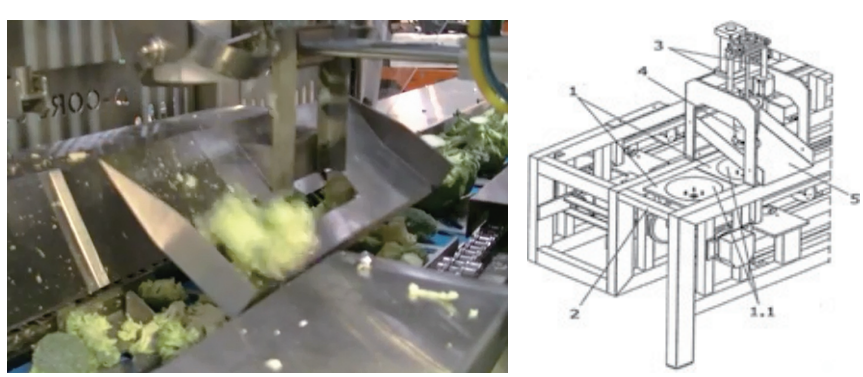

圖 3.　刀頭承盤複合移動式分離機構：Euroflow 公司產品及歐洲專利 EP1967083A1

Fig. 3. Separation by moving slope plate: product made by Euroflow Engineering Ltd. and European patent EP1967083A1

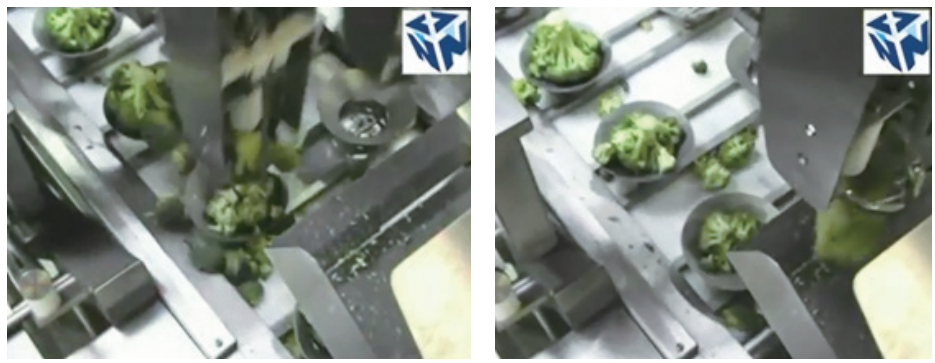

圖 4.　刀頭移動帶離式分離機構：荷蘭 FTNON 公司

Fig. 4. Lift and translate to the fixed slope plate by Food Technology Noord-Oost Nederland B.V.

圖 5.　臺灣廠商所引進的荷蘭 Sweere 公司產品 (除刀頭迴轉拋除式分離機構外，亦多加了圓筒狀直切刀具)

Fig. 5. Machine made by Sweere Food Processing Equipment B.V., which is imported into Taiwan

圖 6. 引進機臺於臺灣生產工廠作業實況

Fig. 6. Processing demonstration of imported machine in Taiwan

農糧署在 105 年曾補助國內機械業者引進荷蘭 Sweere 公司 (圖 5) 所開發的產品，其原理為青花菜倒置於輸送帶碗中，採用兩段式刀頭，第一段為圓管直切刀，而第二段為雙刀片咬合弧切刀喙。其輸送帶與刀頭動作透過機構作同步運動，每分鐘最快速度可達 70 次。然而如圖 6 所示在國內廠商實際試用中發現，最適作業速度為每分鐘 30 次即已足夠 (因為人工舒適置放青花菜原料的速度)，而兩段式刀頭會常有因人工置放對位不正使第一段直切敲倒青花菜，造成的第二段刀喙切毀青花菜的問題。就算不考慮敲倒問題，事實上圓管直切刀座對國內主要品種的物性來說增加步留率其實有限。

材料與方法

一、 試驗材料

為了要建立國內自主技術來解決缺工問題，並擴展臺灣產業機械出口國外機會，農糧署早在 103 年曾經補助進行相關設備開發 (1)。綜合前段分析，要達到一個成功的機臺商品，需要構思如何重新設計一個刀座機構，使其能以精簡的機構 (亦即低製造成本) 來有效率的切割小花及分離菜莖。設計機型以每分鐘最高可 30 次以上，及僅一段弧切刀喙為主要基本功能需求；在這樣的條件下，建構了如圖 7 左邊所示初期雛形機來驗證創新機構的功能動作，其中如圖 7 右邊所示我們獨創設計出小花分切與菜莖分離機構皆整合於單一刀座，其以撞擊敲離機制來作定點菜莖分離 (2)。圖 8 為刀座動作原理分解圖，其中刀座下降到底的深度可以用位置感應器來調整，動作分解圖由左至右的分別為 1：花菜到位、2：刀座下降、3：切刀咬合、4：菜莖敲離。由於在此創新設計中弧形刀不需要執行移動帶離菜莖的功能，因此刀面可以設計成更小，其加工上更容易製作，不同尺寸的替換刀具成本也更低。

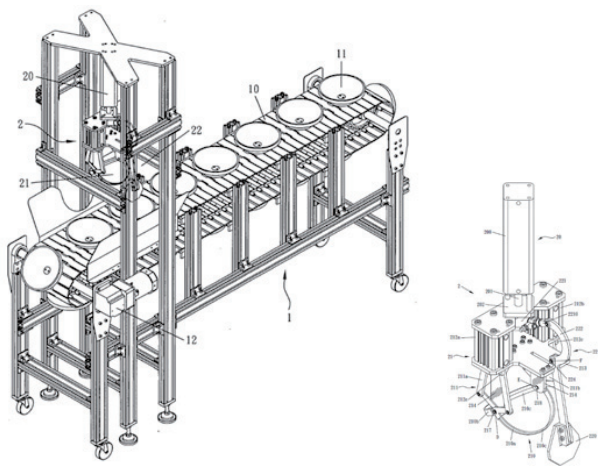

圖 7. 雛型機 (左) 與切割與分離整合機構 (右)

Fig. 7. Prototype machine(left), compactly-integrated cutting and separation mechanism (right)

所有機構可動組件皆利用氣壓缸直接驅動，其設計低成本且機構精簡小巧，機臺著重以氣壓缸電控方式搭配關鍵機構設計以達成複雜功能，相較於目前市面上國外部分產

品偏重以機構連桿傳動的設計，具有簡單及製造成本低的優點。此外，相較於國外產品皆使用整體機構移動來分離菜莖與小花，本研究所設計的碰撞分離機制能直接定點分離，時序上更緊湊省時，並且簡化了機構體積及複雜性。

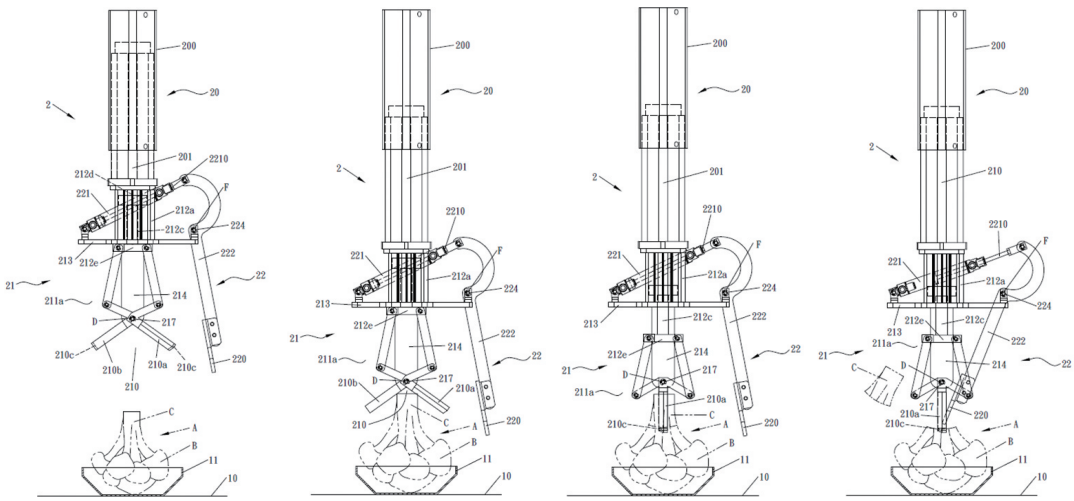

圖 8. 切割及分離整合機構運作原理圖

Fig. 8. Moving sequence of compactly-integrated cutting and separation mechanism

此外針對國外機臺置放碗在移動時容易使放置花菜傾倒的問題，本研究在商品化機臺上進一步設計出防倒式置放架；如圖 9 所示，類似瓦斯爐架的板金結構可以撐住任意花苔大小及形狀的花菜，這是由於花苔面本身具有一定的彈性，能使板金片陷入其中提供穩固支撐作用。經過實際輸送測試，其人工置放後倒伏率趨近於零，且板金亦不損傷花苔。在刀具尺寸配合花菜物性的設計部分，本研究採用目前流行且普遍的 3D 量測技術來建立不同尺寸物性的花菜數位幾何資料 (如圖 10 左邊所示)，並且與電腦 3D 繪圖機械設計軟體協同整合，可以有效製作出符合不同物性需求的各式替換刀具 (如圖 10 右邊所示)。

圖 9. 防倒式置放架

Fig. 9. Anti-tilt racks

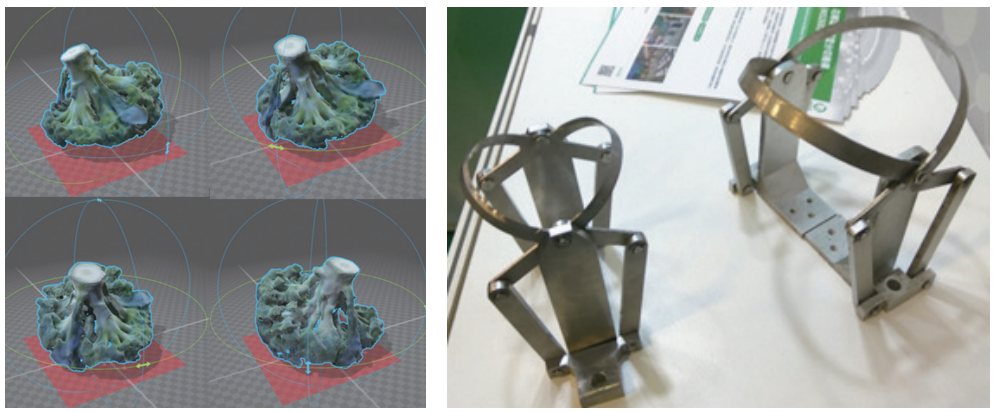

圖 10. 花菜數位幾何資料掃瞄建立 (左) 及不同尺寸的替換刀具 (右)

Fig. 10 Construction of digital geometry data (left) and exchangeable knife sets of different sizes

二、試驗方法

在開發過程中為了初步驗證功能穩定性，我們在 104 年先找了一家小型加工廠來試驗圖 7 的雛型機。在經過檢討細部機構問題並取得解決問題的充分把握後，我們在 105 年重新打造了一臺趨近於商品化的作業機臺，並且找到一家大型加工廠來進行全產季試驗合作，以便詳細瞭解持久作業能力及省工效果。機臺分切後將小花送往後端修整輸送臺，利用人工將部分尚未達到需求標準的小花在進行縱切；除了機臺試驗外，合作廠商亦建立了一條完全手工分切的作業線，以確實評估省工效果。

由於花菜在不同刀具尺寸及切割深度下 (圖 11 左)，會產生不一樣的分切效果。切割深度較低時小花分離的較完整，但是留存的枝莖會較短；如果切割深度拉高，那會造成小花分離不完全，而增加後面人工修整勞力 (圖 11 右)。在實際冷凍廠分切生產部分，我們協同建立出一套線上調整優化的作業模式，如圖 12 所示的系統迴路，由廠商根據分切效果進行檢討反饋，並且進一步去調整刀具尺寸或者切割位置高低，或者去協調後端修剪人員的刀法策略。這種動態彈性調整觀念在生產現場極為可靠與實用，因為每批收穫的花菜尺寸物性會因為季節、施肥及栽培習慣不同而產生極大差異。

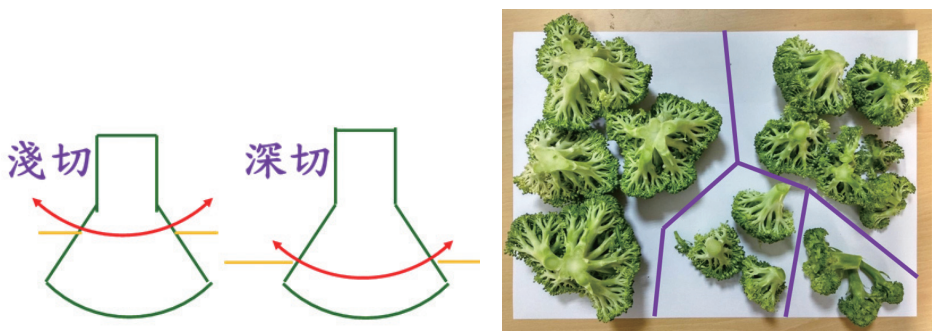

圖 11. 花椰菜不同弧切深度示意圖 (左) 及淺切時部分小花分離不全情況 (右)

Fig. 11. A Schematic diagram of different depths of circular cut (left) and unseparated florets of shallow cut

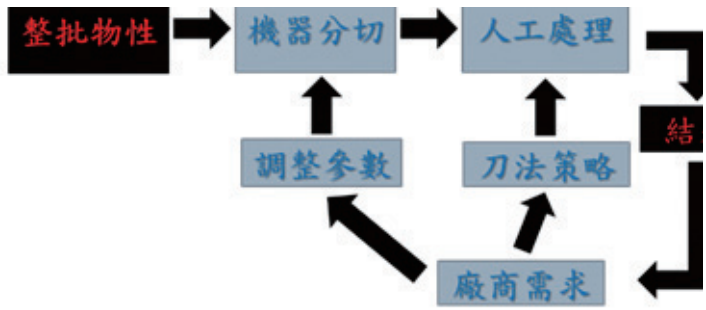

圖 12. 生產線上機械調整及人工修剪策略優化的作業模式
Fig. 12. On-line optimization of machine tuning and manual trimming strategy

結果與討論

一、省工效益評估

商品化機臺試驗在整個青花菜產季全時執行，圖 13 為實際規模試驗生產的現場，包括人工置放、機器分切及後端人工修整；花菜在置放前已經過水槽泡洗去除雜質；如圖 14 所示，在自動化生產線的另一側，廠商也設立一條手工分切線來做試驗研究的比對。經過現場實際秤重，在分切速度每分 30 顆下的條件下，每機臺搭配 1 名放置作業人員可約抵 8 人以上的弧切作業，亦即節省人力可達 6 至 7 位以上之多，比照前言不同調查所提到的人工每分可弧切 3 顆，這樣的省工效果應該算是合理。另一方面輸送帶的輸送流線也能帶來一定的省工效果，在傳統的手工分切狀況下，弧切後物料都需要人工裝籃後搬運至下一站進行縱切，切完後還要再搬運至急速冷凍生產線。

事實上嚴格來說節省人力多寡還取決於單顆完整花菜的大小及其枝莖的複雜性，還有手工分切員能長時作業的速度；唯一很肯定的是越大顆花菜省工效益會愈高。分切良率部分，在不計拋除菜莖重量的情況下，只以現場經人工修整後小花良品及廢棄品 (太過細碎) 重量計，良率約有 95%。估算上不計菜莖重量，因其本身為廢棄物，且每家契作農戶摘取時菜莖留存的長短不一。

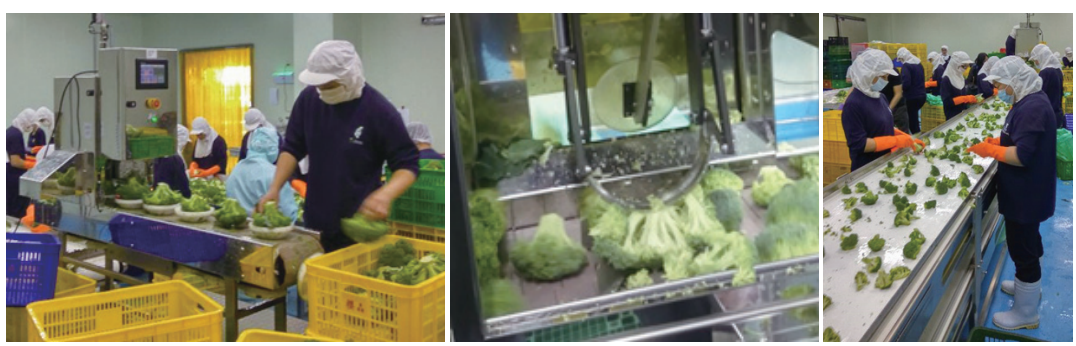

圖 13. 生產線上人工置放 (左)、機器分切 (中) 及後端人工修整 (右)
Fig. 13. Manual placement (left), machine cutting (middle), manual trimming after

圖 14. 試驗研究比對用傳統手工分切生產線
Fig. 14. Manual cutting for comparison with the mechanicalized production line

二、機臺故障問題檢討

在整試驗產季裡，我們遭遇了幾次機臺故障情況，故障原因可分為兩類，第一類為刀座上下運動產生的振動所引致的，有刀座螺絲鬆脫及電控箱電線鬆脫事件的發生，這類問題未來都可進步防除。第二類為敲菜桿在反覆撞擊下的疲勞斷裂問題，由於試驗機臺當初以鋁作為敲菜桿材料，鋁材料的抗疲勞特性極差，因此這部分零件將改用不銹鋼，從材料疲勞試驗數據來看 [8]，壽命可望增加幾十倍以上。

結　　論

本文介紹了冷凍花椰菜對整個冷鏈物流食品產業及民生飲食的重要性，並說明了目前國外與臺灣產業上分切處理方式的差異，及分切策略對部留率及成品小花枝莖長度的影響。此外也調查了目前國外所採用的機臺機構設計原理及其優缺點，綜合分析後，本研究提出一個整合小花分切與菜莖分離機構於單一刀座的創新設計，其以撞擊敲離機制來作定點菜莖分離，此設計帶來了結構簡單及低機臺製造成本。另外亦設計出了新型的防倒式花椰菜置放架，其可適應各種花椰菜物性差異，解決了國外置放碗容易移動倒伏的問題。最後此機臺成功應用到實際冷凍蔬果廠的生產作業，其能有效節省 6 至 7 人以上，在不計拋除菜莖重量的情況下，花椰菜小花的整體良率約有 95%。

本研究獨創技術已獲得中華民國新型專利 (證書號數：M526814)[2]，並技術移轉給生產廠商進行商品化機型生產，國產機型的優勢在於技術自主及可客製設計參數，提供在地廠商高度適應的最佳化機器性能。本研究開發的機械技術相較之下花椰菜置放後牢固不容易傾倒，還能針對需求快速替換不同尺寸刀具，而且弧切深度可相當容易現場調整，廠商未來採用此新技術機器的意願相當高。

致　　謝

本研究承蒙農委會農糧署相關產業推動人員及臺南區農業改良場各級長官的協助與支持，還要感謝錩發精密參與先期雛型機開發及技術移轉廠商銧曄實業社的商品化機型製作，以及國瑞水產和櫻鑫興業分別在規模試驗階段的協助與建議。

引用文獻

1. 陳銘鴻、廖珮如、陳吉成、李健、陳曉菁。(2014)。開發加工製程相關設備協助調整大宗蔬菜產業結構 - 青花菜分切設備開發。農政與農情。103 年 9 月 (第 267 期)。
2. 李健、鍾瑞永、鄭榮瑞。(2016)。中華民國新型專利 證書號數：M526814。
3. Burke, Orval Zane (2008). U.S. Patent No. 20080081098A1.
4. Comin, Escartin Ricardo (2008). European Patent No. 1967083A1.
5. Euroflow Engineering Ltd: http://www.euroflow.com/.
6. Food Technology Noord-Oost Nederland B.V.: https://www.ftnon.com/.
7. Sweere Food Processing B.V.: http://www.sweere.net/.
8. Hibbeler, R. C. (2016). Mechanics of Materials. Pearson Education.

Study on continuously-conveyed machine for broccoli or cauliflower floret[1]

Li, Chien, J. Y. Chung and J. J. Cheng[2]

Abstract

The scale of frozen broccoli industries is common in Taiwan and worldwide. Due to the advancement of ultrafast freezing technology and cold-chain transportation, it is increasing with time. These industries can relief the pressure of over-production in peak-season of local agriculture and leverage the value itself by exporting to other country or resell in other seasons. This article describes the development of relatively low-cost machine for edible florets cutting and stem-cores separation of broccoli to solve the lack of labor force in this industry in Taiwan. The comparison of this machine to the others developed abroad has been made. This novel machine can save labor of around 6 to 7 persons.

What is already known on this subject?
The imported floret machine for broccoli or cauliflower utilizes two separate actions to cut florets and separate stem-cores, and use mechanical linkages to synchronize all the motions. It has two serious problems of high cost and oversize. It does not consider the designs of anti-tilt racks and exchangeable knife sets.

What are the new findings?
We propose and verify the design of compactly-integrated cutting and separation mechanism, and the design of anti-tilt rack; a cost-effective, reliable and adaptable floret machine can be provided based on this novel design of mechanism.

What is the expected impact on this field?
It has been proofed to be able to solve the lack of labor force in this industry in Taiwan through the large-scale test in whole producing season. Some companies are willing to adopt the machine due to the novel design.

Key words: continuously-conveyed, broccoli, cauliflower, floret machine, ultrafast freezing
Accepted for publication: November 2, 2017

1. Contribution No.489 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
2. Assistant Mechanist, Mechanist and Researcher & Deputy Director, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.