

出國報告（出國類別：其他）

園產品機能性包覆資材研發與後續 抗菌資材減少耗損之應用計畫

服務機關：農業部農業試驗所

姓名職稱：徐敏記 副研究員

派赴國家：美國 夏威夷州

出國期間：113年10月1日至113年10月10日

報告日期：113年11月20日

摘要

本次研究計畫執行日期是113年10月1日至10日，共計1人至美國夏威夷農部研究中心(U.S. Pacific Basin Agricultural Research Center)進行科學研習交流，夏威夷州為美國重要之熱帶與亞熱帶作物生產地，主要農產為咖啡、鳳梨等熱帶作物，也與臺灣相同為果實蠅疫區，因此相關研究也頗為興盛。本次拜訪合作單位主要是針對天然產生之具機能性可食包覆資材研發與使用之相關研究，以及新興資材抑制採後病害減少耗損進行研究。並針對熱帶亞熱帶農產品之穩質生產與通路端減少耗損了解操作流程，以利未來臺灣外銷美國農產品(如先前之番石榴等)進行築基資料蒐集。

透過本次計畫執行，已與美方建立良好溝通管道，可即時持續連繫研究人員互相交流，另有關最新採收後非農藥防腐包覆資材製作方式已與美方於該研究中心內進行討論，並已透過現場實作了解流程，並預計將最新儀器與耗材資訊帶回國內，以利未來國際化與產業化之鏈結。

計畫目的:

針對天然產生之具機能性可食包覆資材研發與使用之相關研究，以及新興資材抑制採後病害減少耗損進行研究

目次

摘要.....	2
一、 前言與背景介紹.....	4
二、 行程.....	9
三、 過程與心得(夏威夷農業部農業研究中心介紹).....	10
四、 過程與心得(市場調查研究).....	22
五、 本計畫後續規劃與建議事項.....	24

一、前言與背景介紹

夏威夷位於北太平洋中，由19個主要的島嶼及珊瑚礁所組成，距離美國本土3700公里，是美國的50州之一。面積：28,3 平方公里。人口：1,283,388 人(2022年)。夏威夷位於太平洋中部，是一個擁有獨特文化和悠久歷史的群島。其歷史可追溯至公元前1500年左右，當時波利尼西亞人首次抵達這片土地，並在此建立了自己的社會和文化。夏威夷的早期居民主要依賴農業和漁業為生，他們在島上發展出複雜的社會結構，並創造了獨特的文化傳統。這些居民崇拜各種神明，並通過口述傳統來傳承他們的歷史與信仰。人文系統上夏威夷的社會結構以貴族和普通人為基礎，形成了嚴格的階級制度。

1778年，英國探險家詹姆斯·庫克（James Cook）首次抵達夏威夷，這一事件表示著夏威夷與外部世界的接觸開始。庫克的到來也引發了歐洲各國對島嶼的廣泛關注，隨後其他歐洲國家的商人和探險家也陸續抵達，帶來了新的商品和技術，但同時也帶來了疾病，也對當地居民造成了嚴重影響。19世紀初，夏威夷的部落開始統一，最終形成了夏威夷王國。1810年，卡美哈美哈一世在英國人的幫助下（Kamehameha I）成功統一所有島嶼，成為第一位夏威夷國王。在他的統治下，夏威夷經歷了政治和經濟的變革，並開始與外國建立貿易關係。隨著西方勢力的進一步介入，夏威夷的社會和文化開始發生變化。1820年，基督教傳教士抵達夏威夷，對當地的宗教和教育體系產生了深遠的影響。他們建立了學校和教堂，促進了文化的轉變，但同時也導致了傳統文化的衰退。

1893年，夏威夷王國被美國支持的商人和傳教士推翻，隨後成為美國的一個領地。這一事件引發了當地居民的強烈反對，並對夏威夷的政治和社會造成了持久影響。而在1959年，夏威夷正式成為美國的第50個州，這一轉變使得夏威夷在國際舞台上的地位得到了提升。1978年：夏威夷州憲法大會將夏威夷語定為該州的官方語言（是美國唯一擁有非英語官方語言的州）。

夏威夷當地氣候的特色大部分為熱帶海洋性氣候，四季如春，年平均溫度約為攝氏24至28度。春季平均氣溫約在 24-26 度之間。這個季節的太陽較為溫和，風速較弱，海浪和潮汐也相對穩定。夏季是夏威夷最熱的季節，平均氣溫約在 27-29 度之間，但海風和海水的作用使得夏季相對涼爽。秋季是夏威夷的淡季，平均氣溫約在 24-27 度之間，天氣宜人。此外，海拔高度較高的地區，會出現明顯的降溫現象，如檀香山附近的山區出現秋季楓樹紅葉景觀。

由於受到海洋影響，夏威夷的氣溫相對穩定，且降雨集中在冬季，夏季則較為乾燥。夏威夷的降雨量因地區而異，但一般來說，夏威夷的雨季是從十一月到四月。其中，位於迎風面（潮濕的一面）的地區，如夏威夷島 Hilo 等地，降雨量較大，平均每年超過100英寸（約2540mm）。而在位於風背面（較乾燥的一面）的地區，如歐胡島的西部，平均每年只有10英寸（約250mm）左右的降雨量。

夏威夷農業的發展：

農業在夏威夷的經濟和文化中扮演著重要角色。儘管夏威夷的土地面積相對較小，但其多樣的生態系統和氣候使得各種農作物的生長成為可能。自波利尼西亞人於公元前1000年左右首次定居以來，農業便成為這片土地的重要組成部分，並隨著時間的推移而不斷演變。

夏威夷農業的歷史可以追溯至波利尼西亞人的到來。他們帶來了多種作物，如甘蔗、芋頭、香蕉和椰子，這些作物不僅豐富了當地的飲食文化，也形成了獨特的農業生態。19世紀時，歐洲殖民者和美國移民引入了更多的農業技術和作物，例如咖啡、鳳梨和糖，這些作物在當時迅速發展，特別是糖業，成為夏威夷經濟的支柱。隨著20世紀中葉糖業的衰退，夏威夷的農業面臨轉型的壓力。農民不得不尋找新的生計來源，並轉向其他作物的種植與農業多樣化。這一過程不僅影響了農業生產，也重塑了夏威夷的經濟結構。

當前，夏威夷的農業雖然面臨多重挑戰，但仍然充滿發展機會。主要的農產品包括：

甘蔗與糖：儘管甘蔗種植的面積已經減少，但其歷史地位仍然不可忽視。甘蔗約在公元600年由夏威夷的第一批居民引入，並在1778年被庫克船長抵達該島就已發現。糖業在之後迅速發展成為一個大產業，並促進了島上人口的快速增長，在短短的一個世紀內移民人數達到337,000人。夏威夷生產和加工的糖主要運往美國，並以較小的數量出口到全球。現在因為成本增加許多糖廠因全球糖價波動而關閉，但目前仍有小型農場持續生產甘蔗。

咖啡：夏威夷的科納咖啡因其高品質而聞名，並在國際市場上享有良好聲譽。科納(KONA)咖啡的獨特風味源於火山土壤及適宜的氣候，成為全球最受歡迎的咖啡之一。

鳳梨：雖然主要的種植業已轉移至其他地區，但夏威夷的鳳梨仍是旅遊業的重要吸引力，許多遊客會參觀鳳梨種植園，體驗採摘的樂趣。

夏威夷豆(Macadamia Nut)：毛納羅亞堅果公司(Mauna Loa Macadamia Nut Corporation)是世界上最大的夏威夷果加工廠商。這家美國公司在2004年至2015年間是The Hershey Company的子公司，隨後被Hawaiian Host, Inc.收購。該公司以毛納羅亞火山命名，其總部和主要加工廠位於該火山附近，位於夏威夷島（通常稱為大島）的希洛南部的普納區。

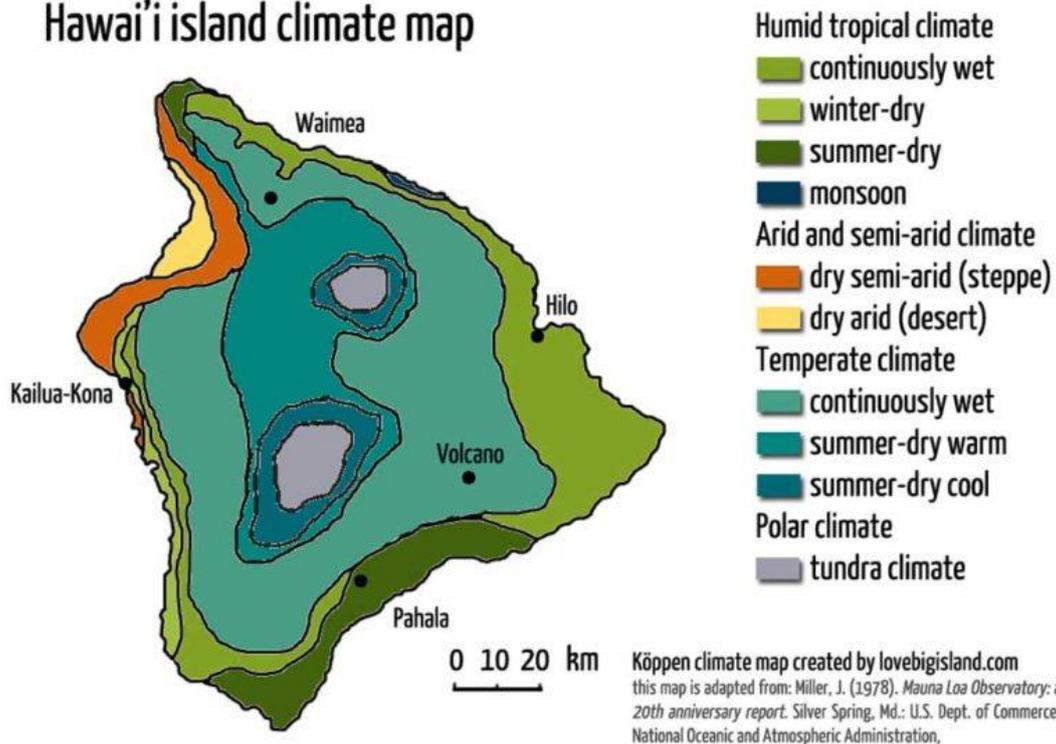
花卉與觀賞植物：夏威夷的氣候非常適合各類熱帶亞熱帶花卉和觀賞植物的生長，這些產品在國內外市場上均受到歡迎，並成為當地經濟的重要組成部分。
有機農業：隨著消費者對健康食品需求的增加，有機農業在夏威夷逐漸興起，許多農場開始轉向可持續的耕作方法，這不僅提高了作物的品質，也保護了當地的生態環境。

儘管夏威夷擁有豐富的自然資源，但氣候變化、入侵物種以及水資源管理問題對農業生產造成影響。例如，乾旱及極端天氣事件可能影響作物的產量。農民需適應新的氣候條件，這對其生產方式提出了挑戰。此外，土壤侵蝕及農藥使用也引發環境擔憂。許多農民正在探索可持續的農業實踐(SDGs)，以減少對環境的影響，包括使用有機肥料、輪作及保護性耕作等方法，以保持土壤的健康和生物多樣性。

農業在夏威夷的經濟中仍佔有一席之地，儘管其貢獻相對於旅遊業較小。根據最新數據，農業產值約為夏威夷總產值的2%。然而，農業依然為當地創造大量業機會，並支持社區的發展，許多農場依賴當地勞動力，為居民提供穩定的收入來源。此外，農業促進了當地的食品安全。隨著全球化的影響，許多夏威夷人開始關注本地食品的生產與消費，這促使政府和社區組織推動本地農產品的消費，減少對進口食品的依賴。許多夏威夷人仍保持與土地的深厚聯繫，這種文化認同感使得農業成為社區生活的重要組成部分。當地的農業活動往往融入了傳統的知識和技術，這不僅有助於保護生物多樣性，也促進了社區的凝聚力。

夏威夷的農業歷史悠久，現代農業雖然面臨多重挑戰，但其在經濟和文化中的重要性不容忽視。隨著可持續農業實踐的推廣和本地食品消費的增加，夏威夷的農業有望在未來繼續發展。為了應對氣候變化和環境挑戰，當地農民需要不斷探索創新和可持續的農業模式，以確保這片土地的持續繁榮。

Hawai'i island climate map



在大島就有8種不同的氣候變化

本次拜訪的單位是 Daniel K. Inouye U.S. Pacific Basin Agricultural Research Center (美國農業部太平洋區研究中心) 地點在夏威夷島的 Hilo，該中心(Research Units at DKI-US-PBARC)主要有三個研究單位：

- [Tropical Crop and Commodity Protection Research Unit \(TCCPRU\):](#)

本群共計32位研究人員

熱帶作物與商品保護研究單位(TCCPRU)的使命是開發針對入侵害蟲的採前和採後技術及管理策略，並開拓及維持市場准入的能力，以提升在太平洋地區種植的熱帶水果、蔬菜和觀賞作物的品質與產業發展。

- [Tropical Plant Genetic Resources and Disease Research Unit \(TPGRDRU\):](#)

本群共計20位研究人員

熱帶植物遺傳資源與疾病研究單位的使命是通過高效且有策略性地收集、保護、再生、評估和分發熱帶遺傳資源及資訊，來支持農民與企業，確保這些熱帶資源能夠傳承給未來世代。此外，該單位還進行研究提升農業可持續性，改善植物生長與發展、增值產品及作物的抗病能力，並且開發更環保且經濟上有利的可持續多樣化作物生產方法。

[Tropical Pest Genetics and Molecular Biology Research \(TPGMBR\):](#)

本群共計11位研究人員

熱帶害蟲遺傳學與分子生物學研究單位的使命是開發新的害蟲管理技術、透過改善分子診斷方法，以及使用新的生物防治劑，以支持美國農業並保護其免受入侵性熱帶害蟲的威脅。

二、本次計畫行程

辦理園產品機能性包覆資材研發與後續抗菌減少耗損之應用計畫-研究計畫行程

日期	行程	備註
10/1	本所-桃園機場-大阪	去程
10/1	大阪-檀香山-希洛	去程
10/2	拜訪 US Pacific Basin Agricultural Research Center 夏威夷研究中心進行試驗與討論	Dr. XiuXiu Sun Lab
10/3	專題演講: Postharvest handling and extension in Taiwan 夏威夷研究中心進行試驗與討論	Dr. XiuXiu Sun Lab
10/4	夏威夷島採後處理設施現地訪查	與夏威夷研究人員現地參訪
10/5	希洛-檀香山	至歐胡島
10/6	與夏威夷大學研究人員討論	Dr. Paull
10/7	農夫市集與現地訪查	通路販售訪查
10/8-9	檀香山-成田機場	回程
10/9	成田機場-桃園機場-本所	回程

拜訪人員:

Xiuxiu Sun

xiuxiu.sun@usda.gov

Research Food Technologist, USDA ARS

<https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/hilo-hi/daniel-k-inouye-us-pacific-basin-agricultural-research-center/tropical-crop-and-commodity-protection-research/people/xiuxiu-sun/>

Robert E. Paull

Professor/Researcher University of Hawaii, Manoa

<http://manoa.hawaii.edu/ctahr/tpss/faculty?id=35>

三、過程與心得 (夏威夷農業部農業研究中心介紹)

BASIN 單位部分

Daniel K. Inouye U.S. Pacific Basin Agricultural Research Center

(PBARC) 的成立歷史資料條列如下：

成立歷史背景與需求：

在20世紀中期，隨著熱帶農業的發展，美國對於熱帶作物的需求逐漸增加。尤其是夏威夷位處於熱帶與亞熱帶環境，也因此熱帶亞熱帶農業發展的潛力逐漸受到重視，促使政府開展相關研究。

成立時間：

PBARC 成立於1972年，當時的目的是為了專注於熱帶農業的研究，前期特別是針對夏威夷及其他太平洋島嶼的農業需求。

命名：

本中心以日裔美國參議員 Daniel K. Inouye 的名字命名，以表彰他對農業和農民的支持，以及他在推動相關研究方面的貢獻。

研究重點的演變：

隨著時間的推移，PBARC 的研究重點不斷演變，涵蓋了熱帶作物的育種、病蟲害管理、可持續農業實踐以及種原的保存等多個領域。

中心逐漸成為熱帶農業研究的重要機構，並與當地生產者和社區密切合作，推動技術轉移和有關的熱帶農業教育。

影響與貢獻：

PBARC 在熱帶作物的研究、環境保護和農業可持續性方面發揮了重要作用，對於提高農業生產力和保障食品安全具有深遠的影響。

該中心依據網站發展研究的作物品項有以下這些：

Current Crops:

- Ananas comosus (pineapple)
- Artocarpus altilis (breadfruit)
- Averrhoa carambola (starfruit)
- Bactris gasipaes (peach palm)
- Canarium ovatum (pili nut)
- Carica papaya (papaya) and Vasconcellea
- Dimocarpus longan (longan)
- Litchi chinensis (lychee)
- Macadamia integrifolia (macadamia nut)

Malpighia glabra (acerola)

Nephelium lappaceum (rambutan) and N. ramboutan-ake (pulasan)

Passiflora

Psidium guajava (guava)

本次參與之研究單位對口研究人員為 Dr. Xiuxiu Sun，先前曾經待過其他 ARS 的單位如 Florida，在佛州主要是研究香氣物質有關作物，而目前孫博士研究主要集中在農產品活性包裝技術、增值產品開發和抗微生物化合物的提取。以下是對每個主要成就的相關資料：

- **活性包裝技術以減少腐爛和延長水果保鮮期**

抗微生物微粒系統：利用精油（如香葉醇、百里香醇、佛手柑油）以嵌入果膠和海藻酸鈉基質中，顯著改善藍莓等水果的品質和安全性，減少微生物數量、重量損失和軟化的問題，並改善口感。此方式的研究透過 IRTcer-100(Fourier Transformer Infrared Spectrophotometer)確認樣品的包覆情形與程度(物質鍵結程度)，傅立葉轉換紅外光譜技術 (FTIR) 是一種用於獲得固體、液體或氣體的紅外吸收或發射光譜的技術，合併後的光束會穿過樣品，而樣品中不同化學鍵的振動會吸收特定波長的光，使得透過樣品的光強度降低。接著透過樣品的光被檢測器接收，檢測器會將光信號轉換為電信號。最後再透過傅立葉變換將干涉圖樣轉換為樣品的紅外光譜。這個光譜顯示了樣品吸收不同波長的紅外光的能力，從而提供有關樣品化學結構的信息。另一方面再利用 Malvern Zetasizer 可確認不同大小的包覆微粒所含的比例進行確認大小，(雷射繞射廣泛用於粒徑分析的各项技術，適用於數百奈米乃至數百毫米的材料。其廣受採用的主要原因是：1. 動態量測範圍大 - 因應範圍從次微米乃至毫米等級。2. 測量快速 - 一分鐘內即可產生結果。3. 可重複 - 每次測量採樣大量的粒子。4. 立即回饋 - 監測與控制粒子分散過程。5. 高樣本處理量 - 每天可進行數百次測量。) 最後再進行整理噴灑或浸泡包覆方式完成微粒系統的包覆試驗。

控制釋放二氧化氯包裝系統：與 Worrell Water Technologies 合作，開發新型透氣包裝系統，使用新型控制釋放二氧化氯粉末，延長番茄的保鮮期，減少腐爛率和重量損失，保持果實的堅硬度和口感。此部分仍在研究當中。

抗微生物幾丁糖/沒食子酸薄膜：研究幾丁糖薄膜的抗微生物和機械性能，開發幾丁糖-精油可食用塗層，改善食品的微生物安全性和品質，並保持水果在儲存期間的堅硬度。依據初步結果顯示以 chitosan2%包覆0.2%carvacorl 精油可維持番石榴的硬度、可溶性固形物、可滴定酸、total phenolic acid 及延緩果實黃化(延緩老化失水)的效果。

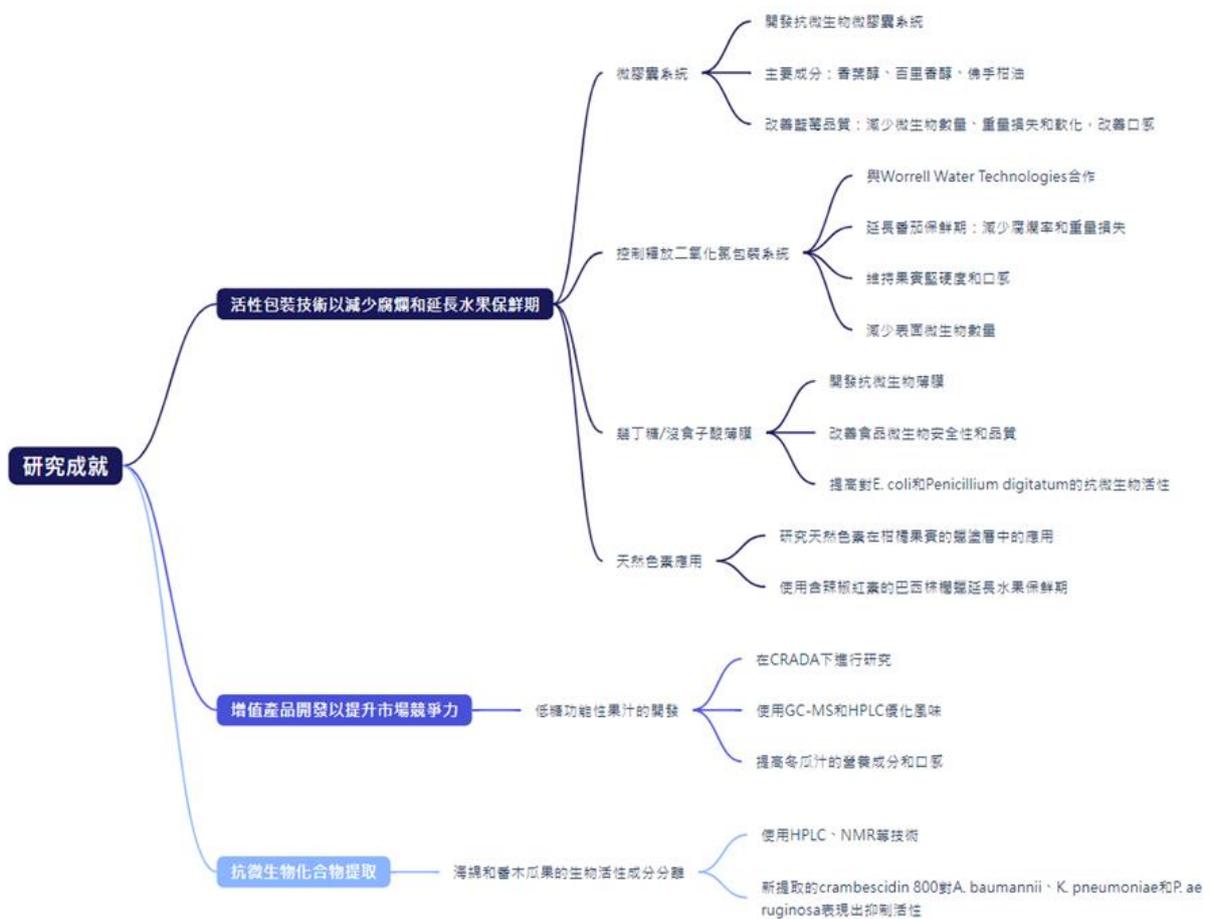
- **增值產品開發以提升市場競爭力**

低糖功能性果汁的開發：在 CRADA 下進行開創性研究，針對冬瓜汁的物理、化學、營養和感官特性進行研究，開發兩種製程顯著提高健康益處和口感，降低糖分和苦味。

● 抗微生物化合物提取

從海綿和番木瓜果中分離和表徵生物活性成分：使用 HPLC、NMR 等技術評估這些化合物的抗微生物和抗增殖活性，新提取的化合物 crambescidin 800對 A. baumannii、K. pneumoniae 和 P. aeruginosa 表現出特定的抑制活性。這些研究不僅提高了食品的安全性和品質，還促進了新產品的開發，增強了市場競爭力。

依據該中心訪查的資料彙整之 Mind map 如下：

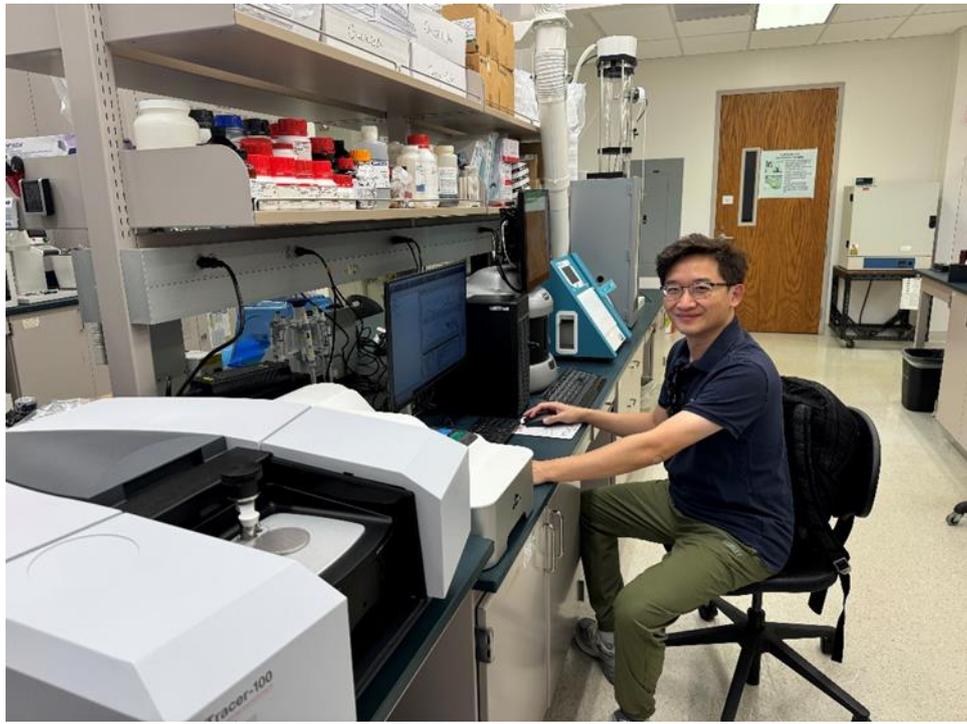




訪問 Daniel K. Inoué U.S. Pacific Basin Agricultural Research Center (PBARC) 中心



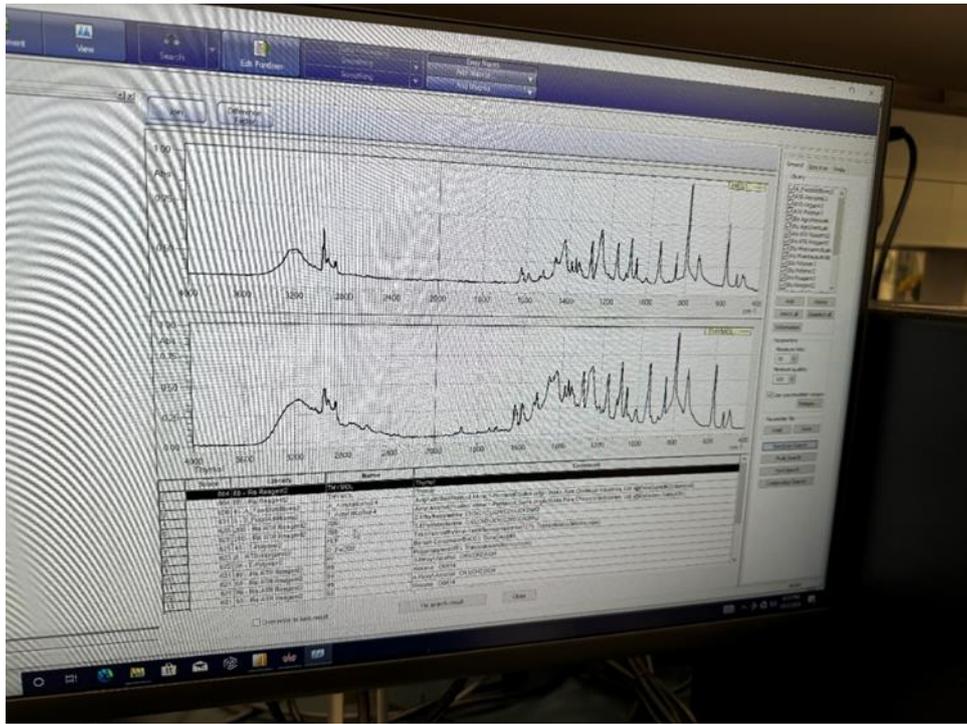
夏威夷太平洋盆地農業研究中心門口招牌



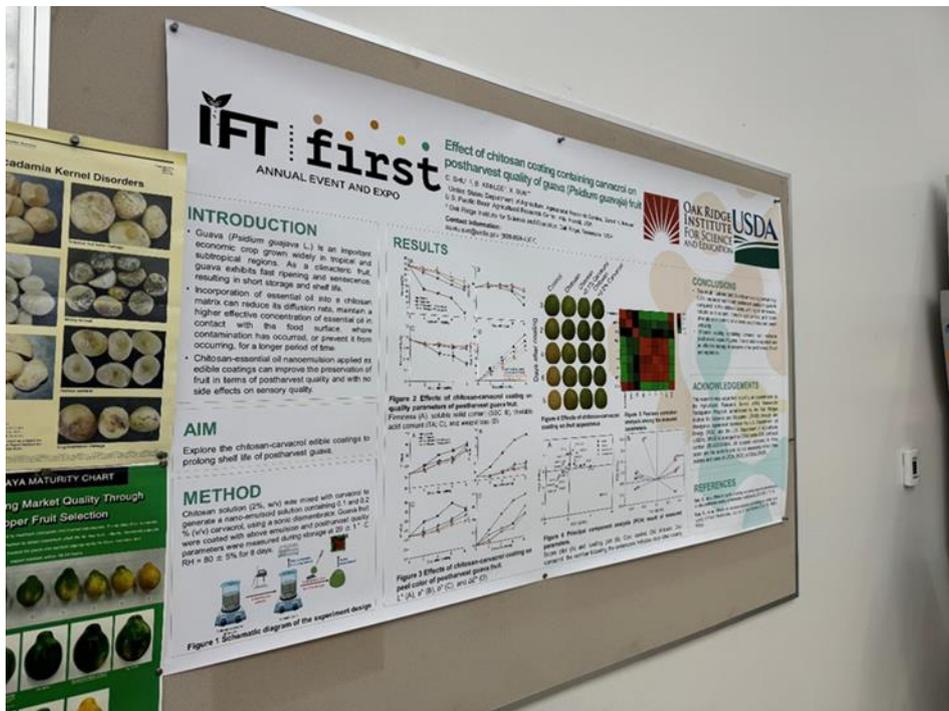
中心內部儀器試用與測試情形



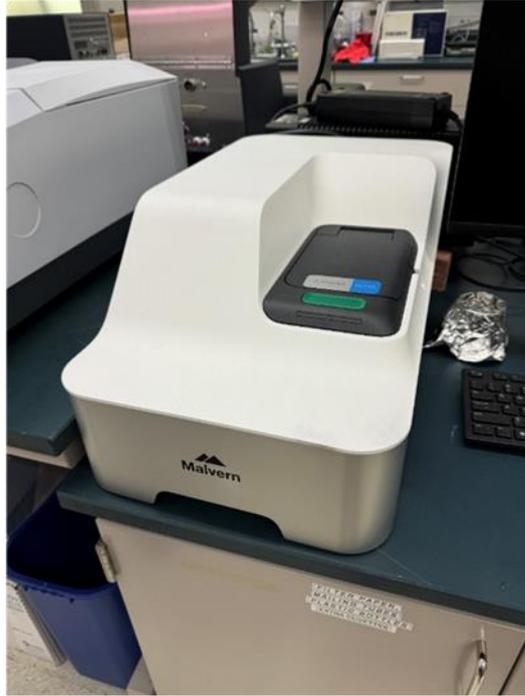
與該中心研究人員拍攝於中心門口(Dr. Sun; Dr. Shu, Dr. Liang)



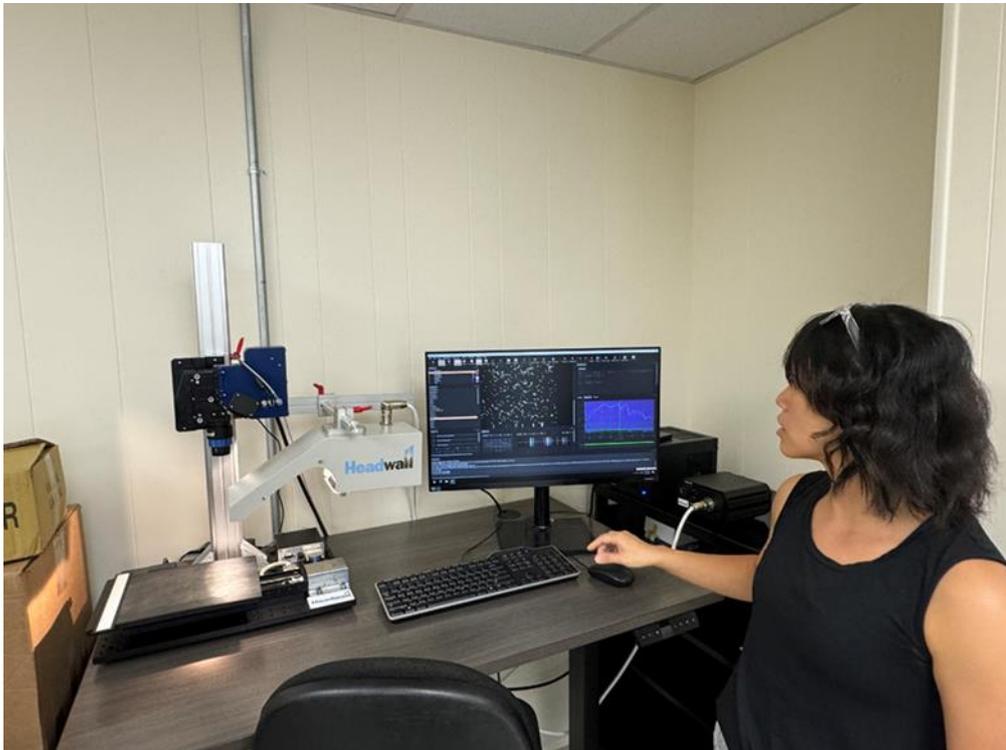
利用 Fourier Transformer Infrared Spectrophotometer 確認物質



本次訪問之研究室所發表的研究海報(番石榴延長貯藏期)



該研究室用於分析微粒大小之粒徑分析儀



梁博士介紹害蟲大小與型態記錄系統，可搭配人工智慧進行學習配合研究

本次參訪另有至 Dole 觀光農場進行參訪，位置位於歐胡島中央，是具有歷史之鳳梨工廠，歐胡島鳳梨栽培與該 Dole Plantation 背景與相關資料介紹如下：

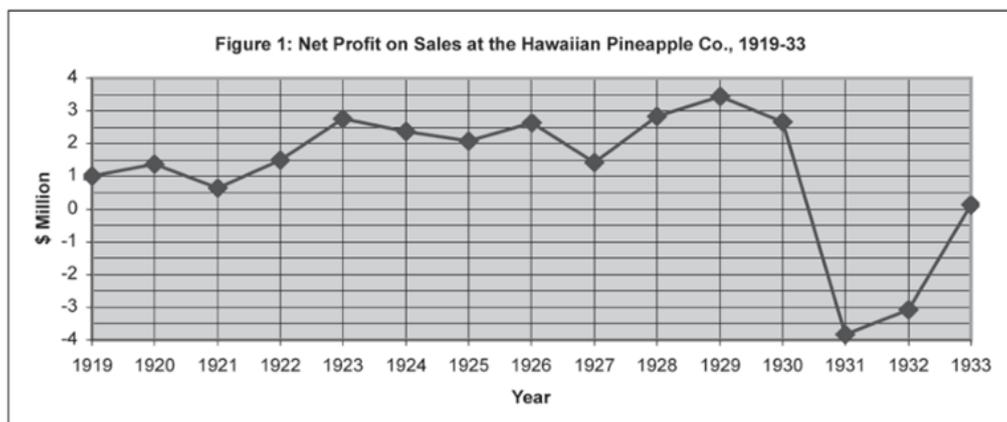
鳳梨外表堅硬，果肉卻酸甜，這種水果的英文名字源於它和松果的外觀類似。哥倫布最早將這種原產於南美的水果帶回歐洲，作為新世界的珍貴重要作物。而在後來的幾個世紀裡，水手們將鳳梨帶回新英格蘭，傳統並把鳳梨放在門廊上，象徵著水手從外國港口回家，準備迎接來訪的客人。

至於第一顆鳳梨（在夏威夷被稱為「halakahiki」，意為外來水果）何時來到夏威夷，則無人知曉。西班牙冒險家 Francisco de Paula Marin 在19世紀成為了夏威夷王(卡美哈美哈王)的顧問，他在 1800 年代初期成功種植鳳梨。而水手 Captain John Kidwell 則被認為是夏威夷鳳梨產業的創始人，他在 1800 年代進口並測試了多種鳳梨品種，以評估其商業種植的潛力。詹姆斯·多爾先生最早於1901年創立夏威夷鳳梨公司，並在1903年開始將鳳梨加工成罐頭，目標是讓每個通路店鋪都能賣鳳梨。他努力的將火車運送鳳梨的方式鏈結了 Oahu 與 Wahiawa 兩端以方便運輸。而在公司發展上歷經1907年經濟危機後，Mr. Dole 與其他企業家合作進行廣告宣傳，成功提升了罐頭鳳梨的需求。接著隨著需求增長，多爾先生積極擴大生產，並於1922年購買了蘭島(Lānai)以增加種植面積。在產量最多的時候，全世界約有2/3的鳳梨罐頭和生鮮鳳梨都是這家公司供應。

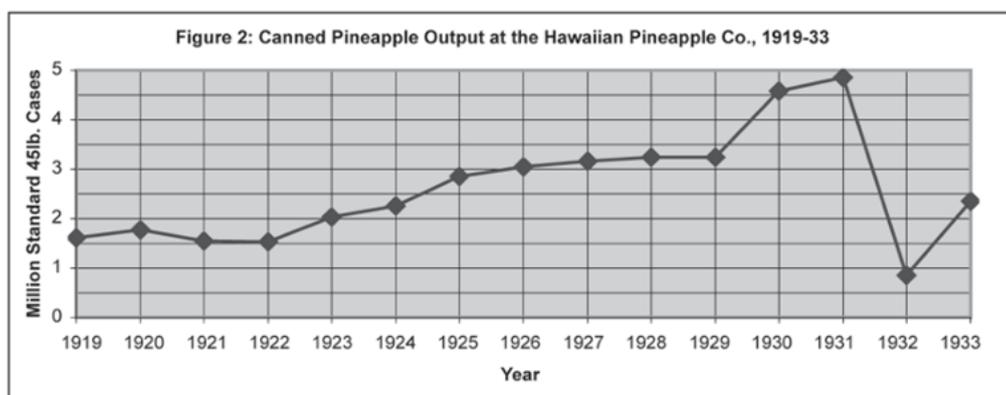
而在1930年代初期，經濟大蕭條對罐頭鳳梨的需求造成重大影響，導致公司銷售急劇下降。加上過度擴張和高額的投資使公司財務狀況惡化，最終在1932年被迫重組，進而失去公司的控制權。在當時的環境下，夏威夷的商業環境由少數幾個大型企業主導，Dole 的經營方式與這些企業的利益互相相悖，最終使他面臨重組和失去控制的命運。而在後續影響上雖然 Mr. Dole 在公司中被取代，但他對鳳梨產業的貢獻仍然顯著，並且“Dole”品牌至今仍然存在。後續隨著時間的推移，Dole Plantation 不僅成為了鳳梨的展售中心，還吸引了大量遊客來訪。這裡有各種活動和景點，讓人們能夠了解鳳梨的種植過程和夏威夷的農業歷史。Dole Plantation 不僅是一個農場，也是個受歡迎的旅遊景點，提供遊客豐富的體驗。這裡的角落都充滿了鳳梨的歷史和夏威夷的文化。

本次至該觀光農場進行調查，該場域包含觀光種園圃、美食販售區、觀光教育用火車、集理貨包裝廠及紀念品販售店，該場域均以鳳梨為主，咖啡可及柑橘等作物為輔。農場內主要展示為 MG3品種鳳梨，農場販售之 welfare corn 並以鳳梨心作為特色食用棒，但該部位過酸且硬不適宜食用，現場並販售

多種鳳梨相關之加工產品，後方並具有環園導覽火車，繞行里程約3公里，介紹鳳梨栽培至採收之流程與相關等知識。



Sources: *Moody's Manual of Railroads and Corporation Securities*, No. 20, Industrial Section, 1919, New York: Poor's Publishing Co., 1919, p. 2888; Honolulu Stock Exchange, *Manual of Hawaiian Securities: Statements of 1925*, Honolulu: 1925, p. 99; *Moody's Manual of Industrials: American and Foreign Securities 1930*, New York: Moody's Investors Service, 1931, p. 1334; *Commercial and Financial Chronicle*: Vol. 136, No. 2, May 20, 1933, p. 3552; Vol. 137, No. 1, July 22, 1933, p. 699; Vol. 139, No. 1, August 4, 1934, p. 765.



Source: 1941 *Western Canner and Packer Yearbook*, p. 132.

20世紀初夏威夷島鳳梨栽培產量統計



Dole Plantation 販售之鳳梨霜淇淋



該廠區內展示各設施的路標與下方的 MG3 品種鳳梨

本次參訪另有也至夏威夷大學植物系拜訪 Robert E. Paull 教授，該教授主要研究為植物生理學與採後處理生理，他在農業和植物科學方面的專業知識涵蓋了多個重要的研究領域，包括農作物生理學、果樹學、植物生物技術、熱帶農業及食品科學等。在農作物生理學：研究植物的生長過程，包括光合作用、呼吸作用和養分吸收。探討環境因素（如溫度、濕度和光照）對作物生長的影響。果樹學：專注於熱帶和亞熱帶水果的栽培技術，如鳳梨、香蕉和其他熱帶水果。並研究水果的成熟過程、風味和營養價值，以及如何提高果實的貯藏壽命。植物生物技術：應用基因工程和細胞培養技術，以改良作物的抗病性、抗逆性和產量。並研究植物的基因組學，以瞭解其遺傳特性。熱帶農業：分析熱帶農業系統的可持續發展，研究如何提高產量並減少環境影響。食品科學：研究食品的加工、貯藏和品質控制，特別是水果和蔬菜的處理技術。探討食品的感官特性（如味道、顏色和質地）以及消費者偏好。並推廣可持續農業實踐，幫助農民提高生產效率和經濟效益。本人與 Dr. Paull 針對有關熱帶果樹的相關研究進行討論，以及未來參與夏威夷熱帶果樹的合作等事項進行詳談。



Dr. Paull 研究室與研究品項

四、過程與心得(市場調查研究)

夏威夷農夫市集在大島與歐胡島均有數處，如 Hilo Farmer' s Market 與 Manoa Farmers Market，主要販售作物為熱帶作物為主，例如紅龍果、木瓜、香蕉、鳳梨及百香果等熱帶果樹，甚至連部分熱帶蔬菜也有例如空心菜等；除販售生鮮蔬果外也有直接對觀光客等的飲料與飾品小物，普遍具有當地的強烈風格。而在銷售通路如 Target 超市，部分銷售櫃位則有地產地銷的概念，也是以香蕉鳳梨番木瓜為主，普遍來說，通路部分主要品項均與美國本土大部分相同，但仍會搭配部分截切蔬果為地產蔬果，而當地餐廳也會部分選用當地產的生鮮產品進行銷售。



歐胡島上的農夫市集販售產品



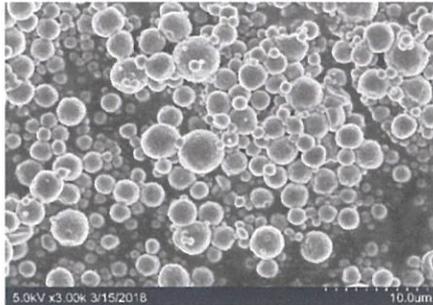
夏威夷島(大島)上的通路與農夫市集銷售產品

五、本計畫後續進度規劃與建議事項

本計畫與夏威夷研究中心孫博士詳談後，後續將於113與114年度於本所進行相關可食性微粒包覆試驗，本技術與相關產品之研究國內較少，預計導入美國最新之包覆研究與分析方式，用以測試新式包覆資材應用於國內蔬果的抑菌之效果；另方面將於明年度(114)邀請孫博士至臺灣分享採後處理與包覆資材相關技術及演講，後續並將與該研究人員至農試所內討論進行初步試驗以及未來持續合作。

本次臺美合作教育訓練感謝農業部與農試所長官經費支持，方能有此項成果，特此致謝！

Research Accomplishments



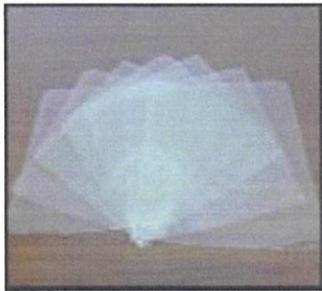
Active packaging to reduce decay and prolong fruit shelf-life

Designed and conducted research to mitigate the risk of microorganisms and improve food quality. Developed antimicrobial microencapsulation system with essential oils (e.g. carvacrol, thymol, bergamot oil) imbedded in a pectin and sodium alginate matrix. The newly developed microencapsulation phytosanitary system extensively improved blueberry quality and safety by reducing microbial populations, weight loss and softening, while improving taste.

Worked with Worrell Water Technologies to develop a modified atmosphere packaging system using novel controlled-release chlorine dioxide powder in a newly



designed perforated packaging system for fresh and fresh-cut fruit (strawberry, blueberry, cherry tomato, citrus, and fresh-cut honeydew) storage. The novel chlorine dioxide phytosanitary system extended shelf life of tomatoes up to a week by reducing decay rate and weight loss. The chlorine dioxide-treated tomatoes maintained firmness and taste which deteriorated in untreated fruit. The chlorine dioxide treatment reduced surface microbial populations, including those of *E. coli*, *Xanthomonas citri* subsp. *citri* (causative agent of citrus canker), and the economically important citrus post-harvest spoilage pathogen *P. digitum*. It also reduced stem-end rot incidence on grapefruit.



Developed antimicrobial chitosan/gallic acid films and determined the antimicrobial, engineering properties and microstructure of these films. Investigated the antimicrobial and mechanical properties of chitosan films incorporated with various concentrations of the complex of β -cyclodextrin and essential oils (β -CD/EO). Developed an active packaging system using chitosan-essential oil edible coatings to improve microbiological safety and quality of food. The newly developed films could be used as food packaging material due to their excellent structural, mechanical, and antimicrobial properties. The chitosan coatings improved antimicrobial activity against *E. coli* and *Penicillium digitatum*, and maintained fruit firmness during storage.

Examined the properties of natural colorants and their application in wax coatings for post-harvest citrus fruit, and the suitability of five oil-soluble natural colorants on citrus fruit peel color were compared. The developed wax application showed that carnauba coating containing paprika oleoresin enhanced fruit appearance and extended shelf-life, which was adopted for commercial use by DECCO US Post-Harvest, Inc.



Value-added products development to enhance marketability

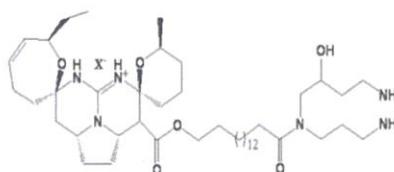
Conducted pioneering research on the development of low-sugar functional fruit drinks under a CRADA, focusing on devising advanced manufacturing technologies for flavor optimization using GC-MS

and HPLC. Investigated the effect of cultivar and processing methods on the physical, chemical, nutritional, and sensory properties of low-sugar winter melon juice. Two methods were developed, which significantly improved the health benefit and taste of winter melon drinks, by increasing nutritional components, reducing sugar content, and improving taste by reducing bitterness.

Antimicrobial compound extraction

Separated and characterized bioactive components in marine sponges and graviola fruit using HPLC,

columns, NMR, EI-MS etc. Evaluated the antimicrobial and antiproliferative activity of these compounds. The newly extracted compound crambescidin 800 expressed specific inhibitory activity on *A. baumannii*, *K. pneumoniae*, and *P. aeruginosa*.



REF:

<https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/hilo-hi/daniel-k-inouye-us-pacific-basin-agricultural-research-center/tropical-crop-and-commodity-protection-research/people/xiuxiu-sun/>

<https://dolesunshine.com/us/en/our-story/>

<https://www.pearlharbortours.com/oahu/dole-pineapple-plantation/pineapple-history/>

<https://evols.library.manoa.hawaii.edu>

<https://www.lovebigisland.com/hawaii-blog/climate-zones-big-island/>