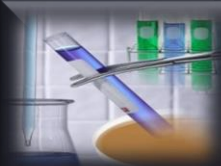


食品包裝與智慧冷鏈

陳輝煌 博士

國立宜蘭大學食品科學系

終身特聘教授



Farm to Table

farm (harvest) →

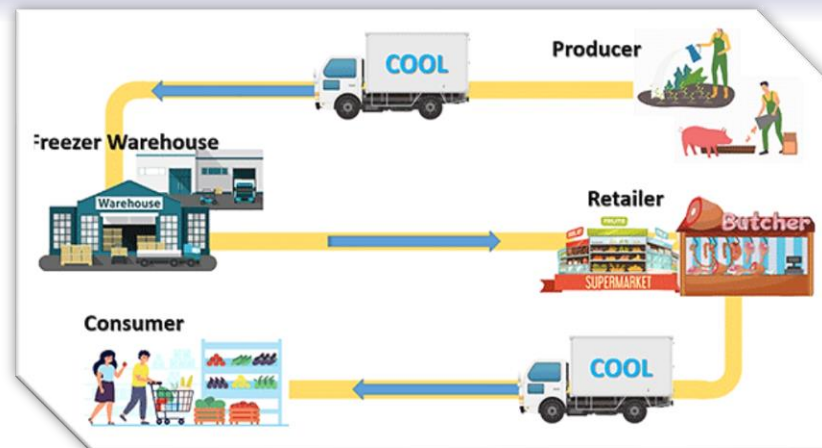
factory (process) →

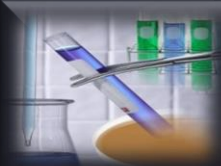
market (transportation & sale) →

table (consumption) → 

spoon (fork, oral)  →

(food safety 食品安全)





Party Logistics

➤ 1 PL (第一方物流)

所有物流都由企業內部處理

➤ 2 PL (第二方物流)

物流企業是供應鏈的中間商，將貨物從 A 點運送到 B 點的貨運公司，或是採購並銷售商品的公司(即買方或經銷商)

➤ 3 PL (第三方物流)

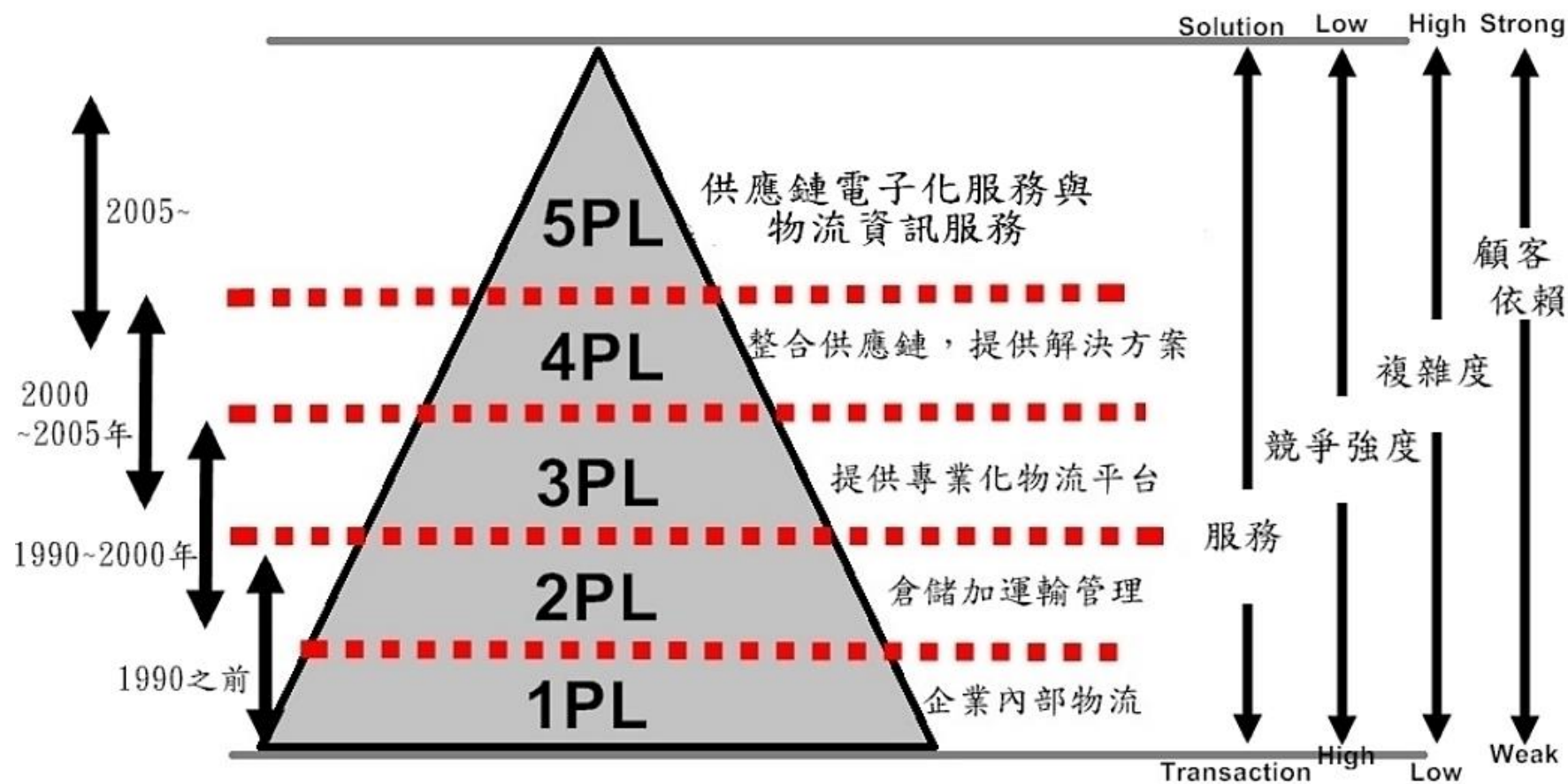
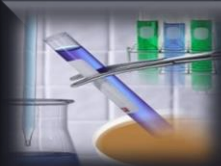
商家將原本需要自己處理的物流作業，簽訂合約委託給專業的外部物流公司，以提高物流效率、節省成本(或稱委外物流，不擁有商品，也不參與商品的買賣)

➤ 4 PL (第四方物流)

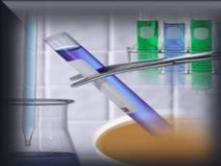
供應鏈的集成商，提供物流規劃、諮詢、物流信息系統、供應鏈管理等活動之資訊物流服務商

➤ 5 PL (第五方物流)

海峽兩岸的第五方物流市場，提供供應鏈電子化服務與物流資訊服務



(工研院經資中心)



冷鏈(Cold chain)

泛指冷藏、冷凍食品及生鮮產品在生產、貯藏、運輸、銷售，到消費前的各個物流環節，保持低溫，確保食品品質及安全。

智慧冷鏈(Smart cold chain)

結合蓄冷設備、溫溼度感測器、智慧聯網平台與智慧監控等技術：

- 掌握正確儲運溫度
- 建立即時警示措施(感測器追蹤及警示管理)
- 掌握失誤位置/人員(結合GPS定位)

Cold Chain Logistics interactive system

雲端TI 田
(溫濕控制/熟成)

Management System

Supply Chain structure

Standard / Specification

Warehouse Temperature management

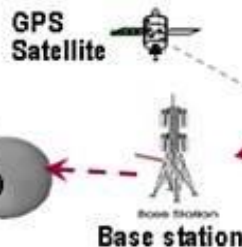
Transportation surveillance management

Delivery & Acceptance quality management

Quality control Status control

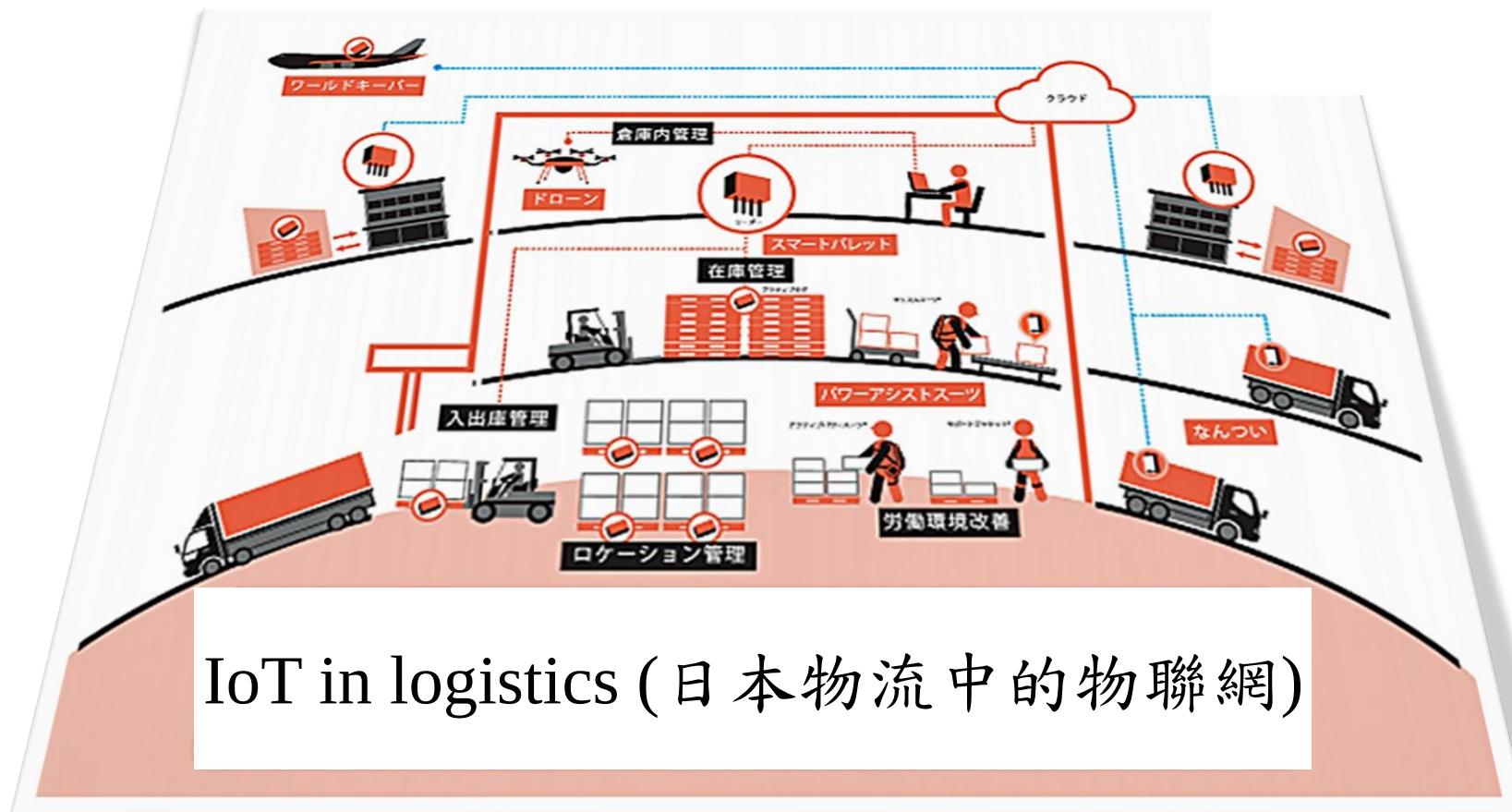
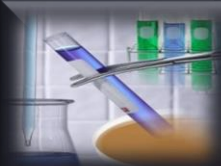


Hardware



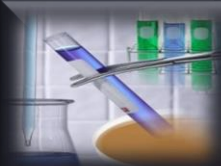
software





IoT in logistics (日本物流中の物聯網)

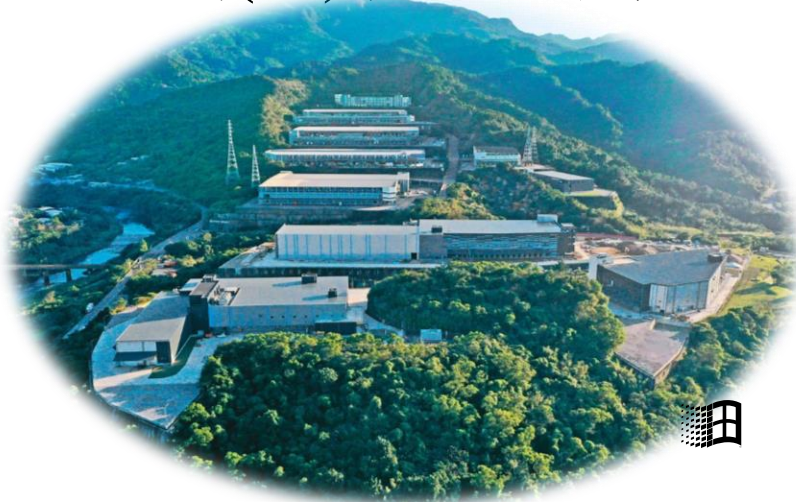
<https://www.lnews.jp/2016/10/i101301.html>



智慧冷鏈物流園區 (以永聯為例)

Nano Biomaterial
Application Lab.

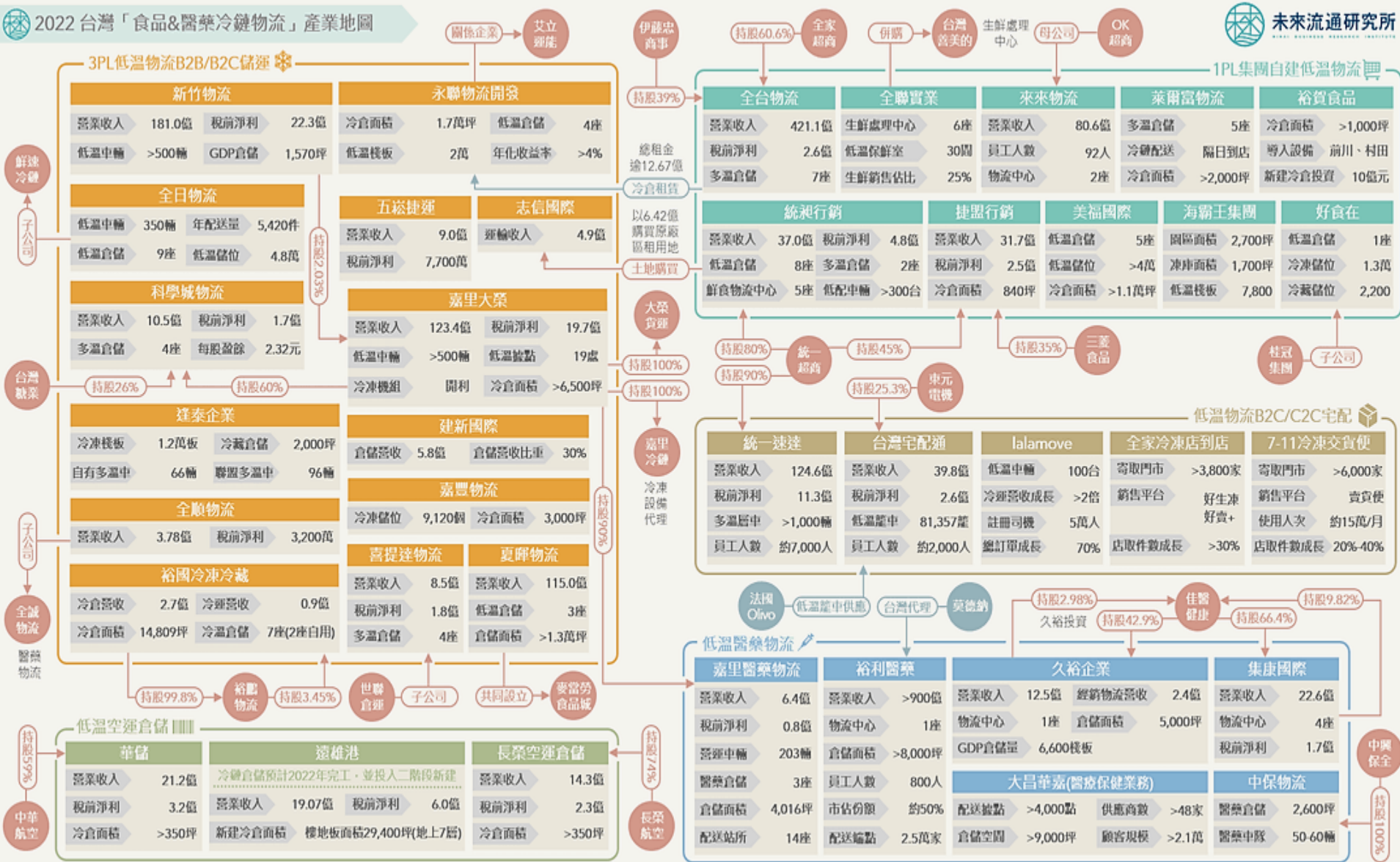
- ALP-OS (Ally Logistic Property, 永聯物流開發)
核心系統包括OMS(訂單管理系統)、WMS(倉儲管理系統)、WES(倉庫執行系統)、VIS(視覺資訊系統)
- 新系統串起自動化流程：
API (應用程式介面) → open API (public API) → APP
- 無人化搬運：
Automated Guided Vehicle (AGV) 機器人揀貨...(Autonomous Mobile Robot, AMR-自主移動機器人)
- 專倉管理：
電商(EC)專倉、醫藥專倉、紅酒專倉...



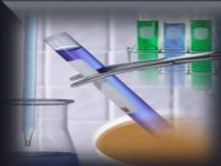
<https://www.youtube.com/watch?v=YeuIvo9LHOI> 

台灣冷鏈物流產業以大型3PL低溫物流B2B/B2C儲運，
與1PL集團自建低溫物流為主體

2022 台灣「食品&醫藥冷鏈物流」產業地圖

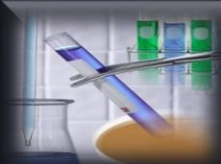


* 因版面有限，僅呈現部分代表性業者(含預計投入冷鏈物流企業)，若有缺漏，敬請見諒。 ** 控股比例均為聯合投資控股比例(含董事、經理人及直接或間接控制事業投資)。 *** 營業收入與稅前淨利為2020全年數據。



供應鏈中的損失

- 聯合國糧食及農業組織(FAO)估計全球大約有32%的糧食損失在供應鏈中。
- 主要發生在冷鏈運輸中溫度控制不善導致的品質缺失。
- 食品供應鏈的複雜性，許多風險因素會影響產品的安全和品質，而溫度控管是最重要的參數。尤其是易腐食品(如即食餐)之供應冷鏈，需要持續溫度控制
- 透過溫度監控及智能標籤監控冷鏈中食品的品質，有助於減少食物浪費及確保食品安全

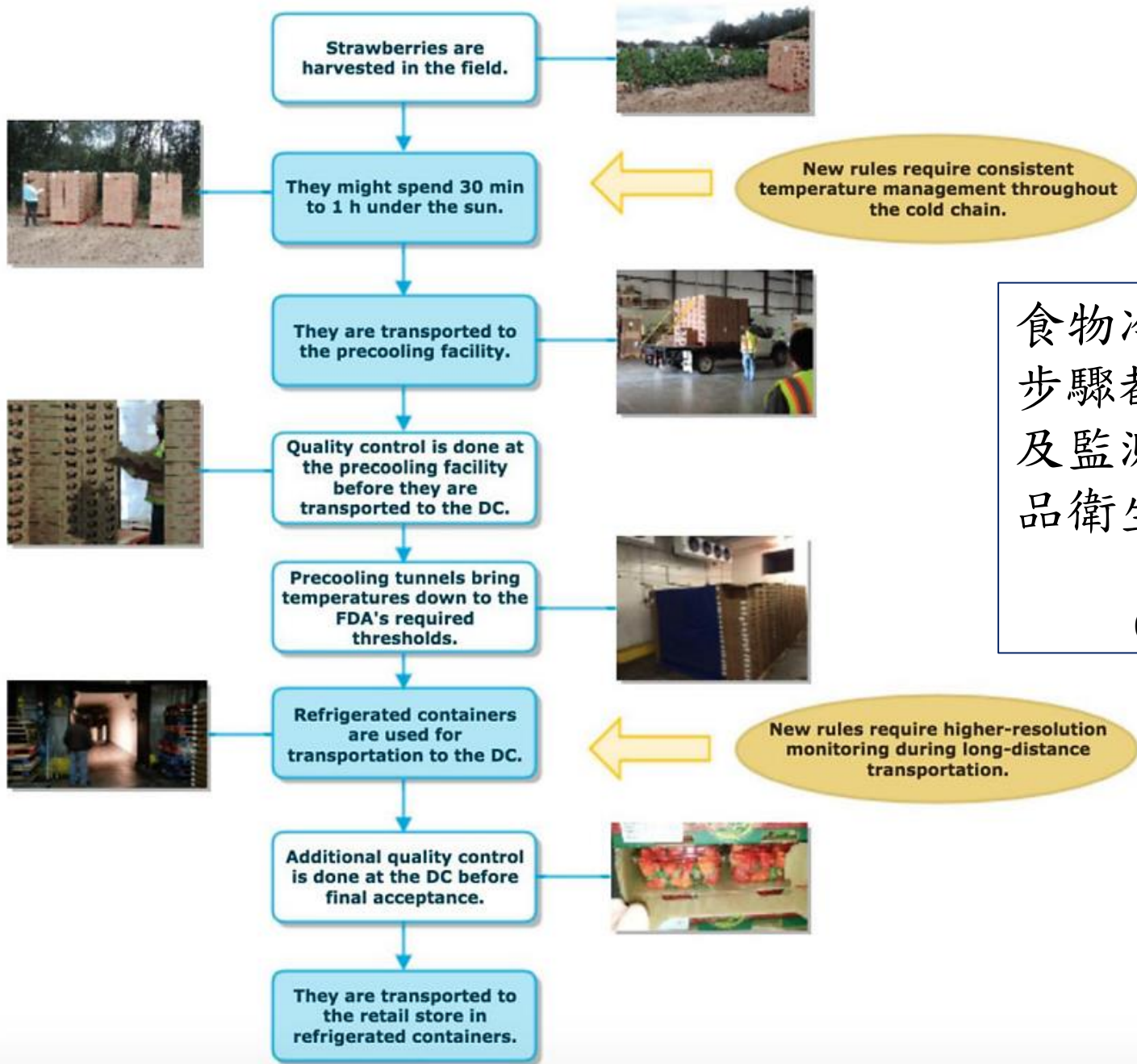


供應鏈物流活動

裝卸功能	物品移動，所需使用的搬運工具、設備，而有裝載、卸貨的活動
包裝活動	在裝載物品之前，須有集貨、理貨、揀貨以及包裝的活動
保管活動	在移動物品之前，可能需要的暫時停留、儲存等活動
輸送活動	大量的運輸以及少量的配送
流通加工	依照客戶的要求，對製成品的包裝狀態做改變
資訊活動	支援整個物流系統運作的資訊交換活動，例如 EOS 和 POS 系統

EOS：電子訂貨系統(electronic ordering system) 是指用戶、流通中心、生產企業之間利用通訊網路（VAN或互聯網）和終端設備以線上聯結（ON-LINE）方式進行訂貨作業和訂貨資訊交換的系統。

POS：銷售時點情報系統point of sale或point of service）是利用高速傳輸通道直接傳送商品資訊，統計商品的銷售、庫存與顧客購買行為。



食物冷鏈中，每個步驟都需溫度控制及監測，以符合食品衛生安全

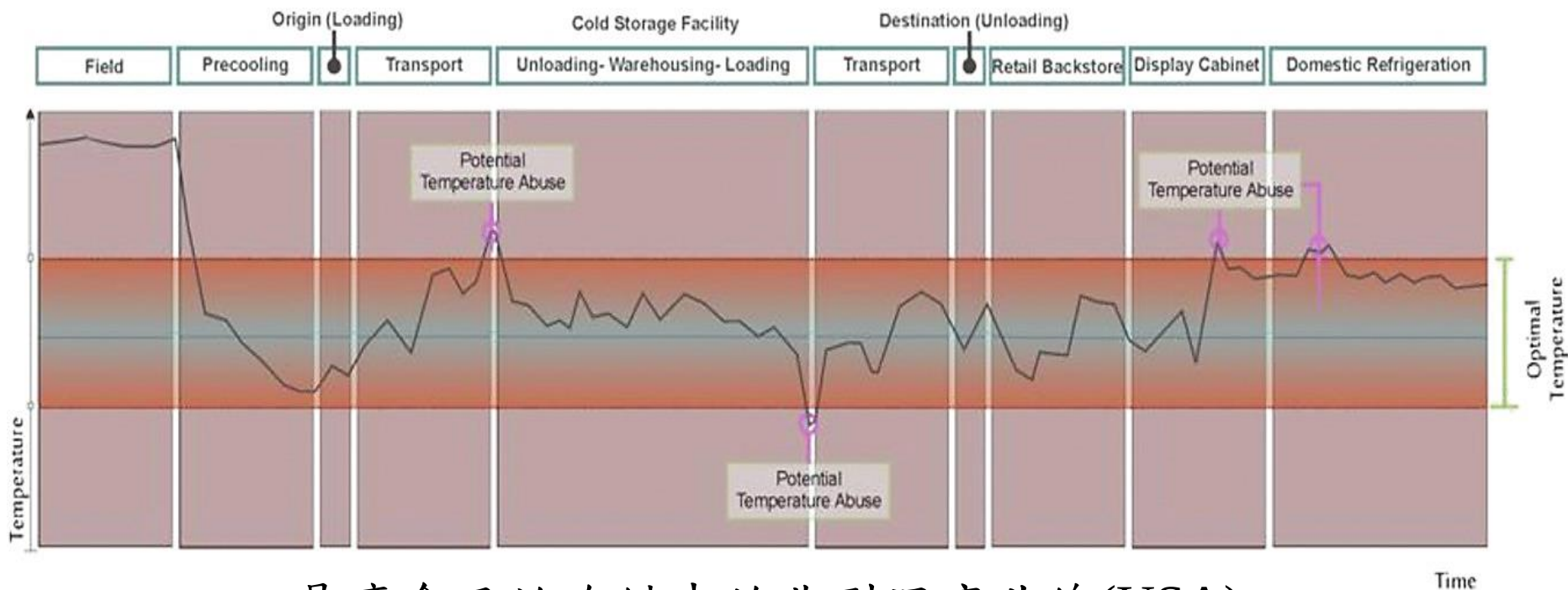
(Mercier et al., 2017)

易腐食物合適的儲藏溫度

Food product	Optimal storage temperature
Deep-frozen food	
Meat	−25 °C or colder
Poultry	−24 °C or colder
Fish	−29 °C or colder
Fruits and concentrated juices	−18 °C or colder
Vegetables	−18 °C or colder
Frozen food	−20 °C or colder
Frozen butter	
Chilled food	
Fresh meat	−1.5 °C
Meat products	−2 °C
Manufacturing meat	−2 °C
Poultry	−1.5 °C
Fish	in melting ice (0 °C to −0.5 °C)
Dairy products	0 °C to 2 °C
Fruits and vegetables	
Low temperature (apple, blueberry, carrot, lettuce, etc.)	0 °C to 2 °C
Moderate temperature (carambola, melon, pumpkin, etc.)	6 °C to 9 °C
High temperature (banana, cucumber, grapefruit, etc.)	12 °C to 16 °C

四個典型超出冷鏈溫度失控的情形：

- (1) 生產端: 由於溫度控制系統的性能差，製冷機組的開關周期，或是卡車、倉庫的局部熱源導致溫度波動。
- (2) 儲運端: 產品溫度降至儲存溫度以下，可能是過低溫度下儲存，或是在冬天卸貨過程中暴露於冷空氣中。
- (3) 販售端: 賣場的冷藏櫃維持低溫的運作，超過製冷設施的負載量。
- (4) 消費端: 消費者購買之後到，返家期間沒有合適的保溫，以及家用冰箱溫度不在合適溫度範圍。

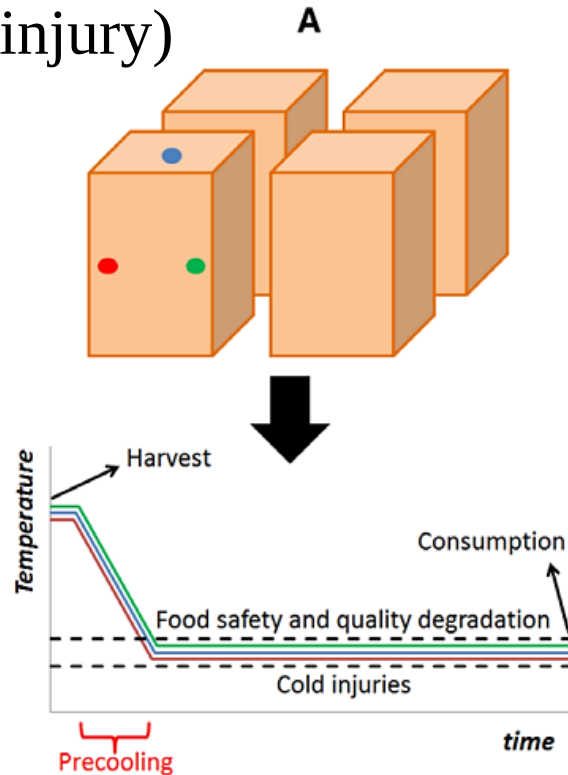


易腐食品於冷鏈中的典型溫度曲線(USA)

(Mercier et al., 2017)

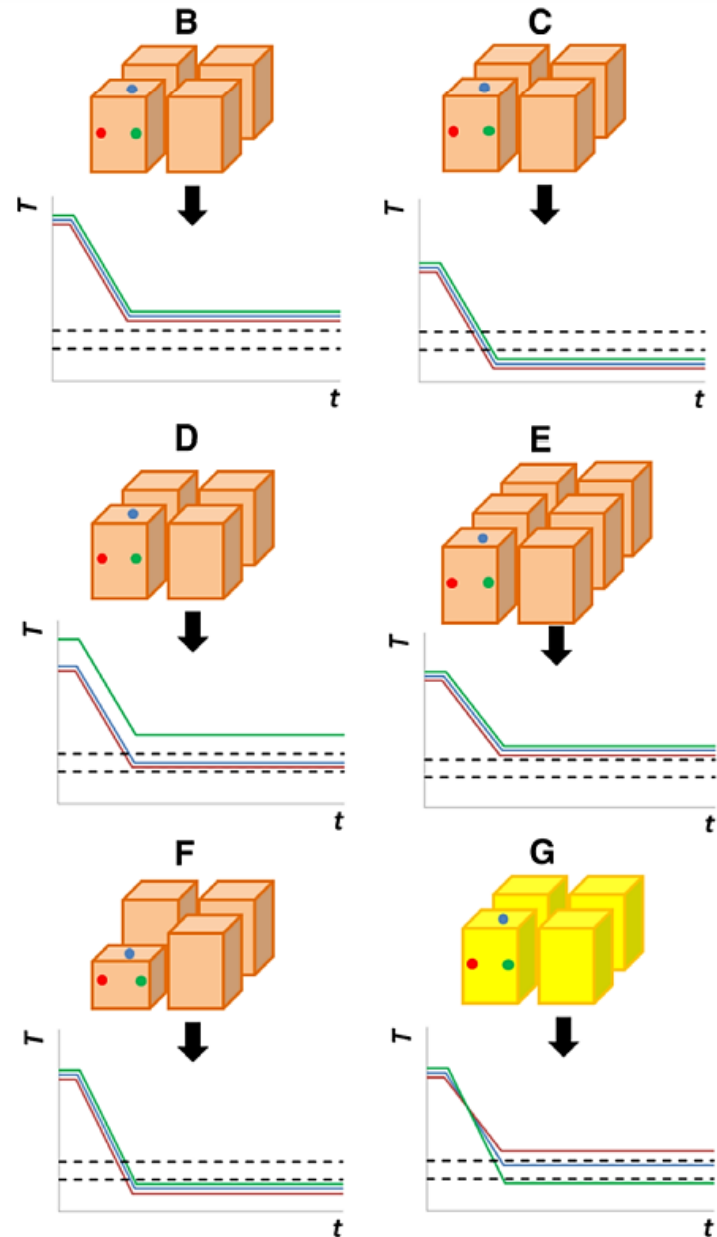
生產端

未能正確調整食物預冷時間和操作條件可能會導致溫度下降不足或過度(cold injury)

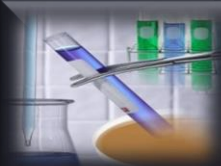


蔬果冷鏈上棧板內 3 個位置(藍色、綠色和紅色點)的溫度，取決於強制空氣預冷的成功 (A) 或失敗 (B: 高溫時收穫；C: 寒冷時收穫；D: 太陽照射；E: 棧板數多；F: 棧板上箱數少；G: 棧板上有不同產品)。

(Mercier et al., 2017)

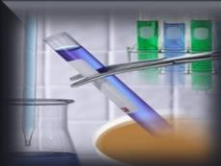


(T:溫度； t:時間)



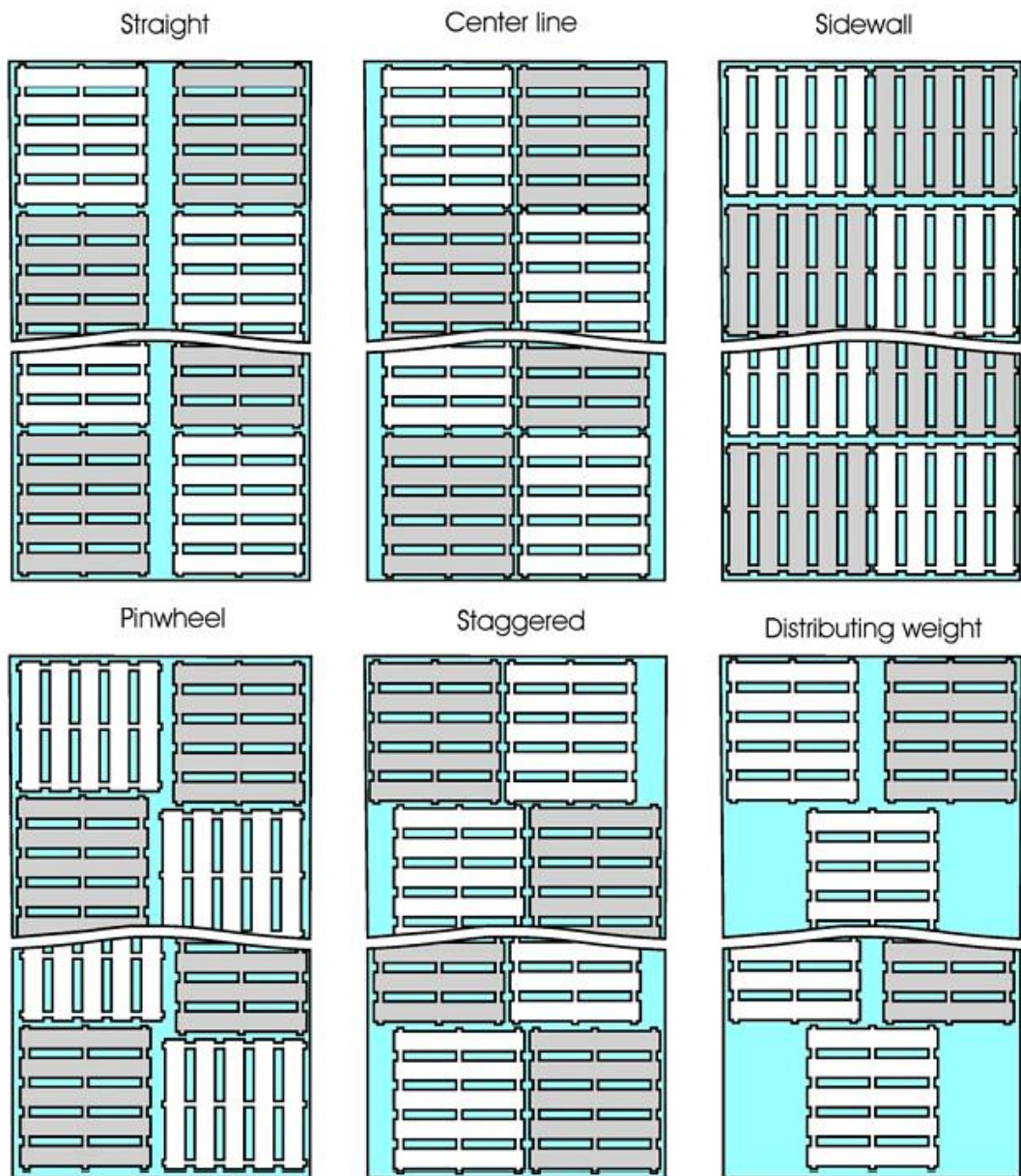
配送中心(Distribution center, DC)

- DC是冷鏈管理系統中的核心，易變質食品(perishable food)在運往零售商之前可能會經過一個或多個儲存DC
- 依據目的地適時地、有效率地調配整合配送車輛，包括貨物的分類及合併，以降低運輸成本
- 根據零售商的需求、食品到達時間和食品的目前品質來安排貨物的出發時間。
- 在運送至DC或配送出貨的過程，溫度往往會高於冷藏食品建議溫度，包括食物預冷不當、製冷裝置的開關、溫度控制系統性能差、貨車或倉庫中的局部熱源及貨物裝卸。



商業運輸

- 為滿足消費者需求，食品也必須有效地從生產地區轉移到消費地區。
- 運輸大量包裝產品有四種基本運輸方式：公路運輸、鐵路、海運及空運，其中以公路運輸為最常見的食品運輸方式。
- 在美國，公路運輸佔貨運運輸總費用75%以上，估計約有12%的食物浪費發生在配送過程中的溫度控管不當。
- 台灣島內運輸距離雖不遠，但部分廠家貨物不多，併車運輸造成運輸時間增長，增加易腐食品風險。

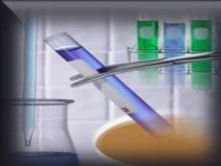


冷藏車常見裝載模式

(Mercier et al., 2017)

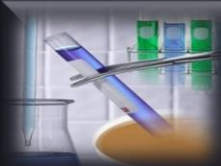
氣流受到空氣輸送系統類型(頂部與底部空氣輸送比較)和低溫貨車中使用的負載模式等因素，可能使產品升溫或降低裝運量。在頂部輸送空氣車中，所有產品應放置在棧板或貨架上，以提供足夠的回風空間；在底部輸送空氣車中，應特別注意垂直空氣通道、包裝尺寸、形狀或數量，以防止空氣循環不完整，或冷空氣循環不足。

(離地、離牆、離頂)



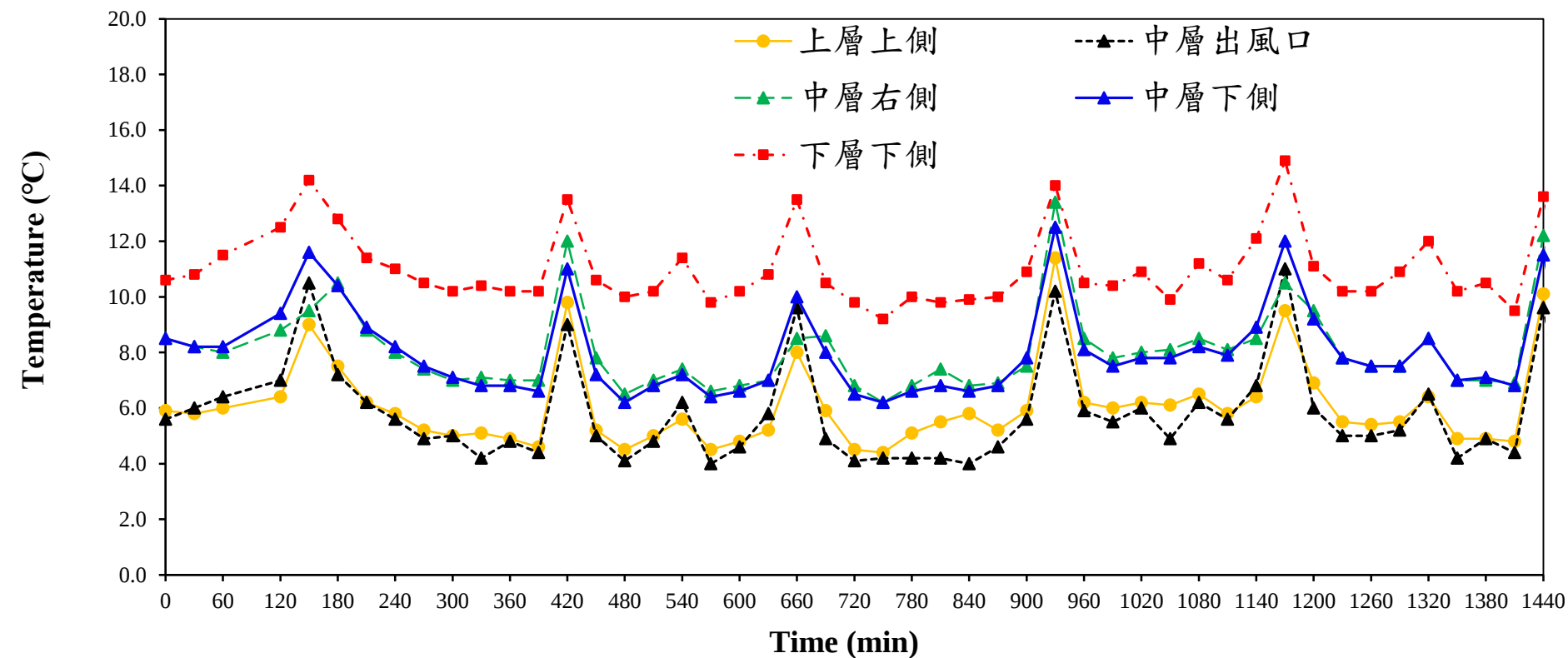
零售貨架期

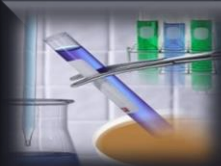
- 零售商通常以直立式多層開放式冷藏櫃販售冷藏產品，有效利用商店的有限空間，
- 優點是可以使消費者更易挑選產品，缺點是主動、被動環境導致開放櫃內的溫度不平均。
- 離出風口越遠溫度越高、環境(顧客進出)空氣的擴散、靠近照明系統、除霜循環等因素。
- 美加地區開放櫃中蔬菜和水果的溫度，平均溫度約為 8°C ，(明顯高於建議的 4°C)；國內開放式冷藏櫃約4小時除霜一次，造成溫度變動。



○○超商開放式冷藏櫃溫度記錄

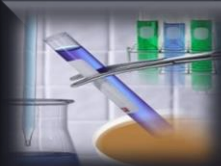
Nano Biomaterial
Application Lab.





無線溫度監測技術

- 在冷鏈中，無法在所有步驟中都有人員監控易腐食品的溫度在適當範圍內。
- 應用無線溫度監測技術即時監控易變質食品的溫度，是減少食品浪費的冷鏈管理模式。
- 若能配合溫度-時間累計歷程，可評估食品品質變化程度，預估食品剩餘保質期。



物流中使用智慧包裝的優點

- 1.提高物流的處理效率，減少物流費用(RFID)
- 2.有效調整內容物包裝的品質，減少損耗(AP)
- 3.有效監控產品冷鏈品質，減少損失(IP)
- 4.提供完整供應鏈資訊(Bar code, QR code)

食品包裝發展史

7000 BC:陶器和玻璃的使用，在西元前 1500 年左右開始有工業化包裝容器。

1700s:英國（1699 年）和法國（1720 年）首次引入馬口鐵製造。荷蘭海軍開始使用這種包裝來延長食品的保存時間。

1804: Nicolas Appert 為延長法國軍隊食品保質期，採用了玻璃瓶以及食品熱處理

1870:開始使用紙板，瓦楞材料獲得專利。

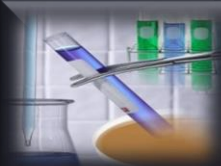
1880s: Quaker Oats 推出第一款折疊盒包裝的麥片。

1890s: William Painter 獲得了玻璃瓶皇冠蓋的專利。

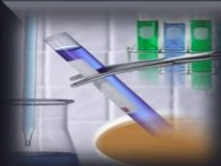
1960s:在美國開發出沖壓式及沖擠式兩片金屬罐，以及拉環開罐器和利樂磚無菌紙盒包裝。👉

1970s:零售業和製造業引入條碼系統，飲料業引入廣泛應用的PET塑料吹瓶技術。

1990s:食品包裝上廣泛採用數字印刷。



- 物理保護：包裝內的食物可能需要防衝擊、防振動、防壓縮、防溫度、防細菌等。
- 屏障保護：通常需要氧氣、水蒸氣、光線、灰塵等的屏障。
- 密封或聚集：液體、粉末和顆粒材料需要密封。
- 安全性：足夠機械強度、防篡改能力、防盜、防偽以降低安全風險。
- 便利性：包裝可以具有增加分發、搬運、堆疊、展示、銷售、打開、重新閉合、使用和再利用便利性的功能。
- 份量控制：單份包裝具有精確的內容物數量以控制使用量。
- 資訊傳遞：包裝和標籤傳達如何使用、運輸、回收或處置包裝或產品標示。
- 廣告營銷：使用包裝和標籤提供產品(品質)資訊，吸引消費者購買產品。



台灣包裝米

Nano Biomaterial
Application Lab.

品名	白米	期作別	標示於正面
品種	臺南16號	碾製日期	
淨重	1公斤	有效日期	
品質規格	CNS一等	保存期限	六個月(以真空 不破損為準)
產地	臺灣(臺南市)		

臺灣農產生產追溯



0507000007

六甲農會粉絲團



負責廠商：臺南市六甲區農會

地址：臺南市六甲區中社里林鳳營21號

電話：06-6983630 / 6990449

傳真：06-6983631

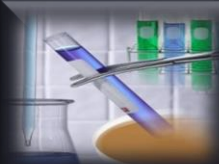
糧商登記字號：2100439

工廠登記證號碼：99658583

網址：www.fast.org.tw/R14/



4 715900 000604



日本罐装食用米



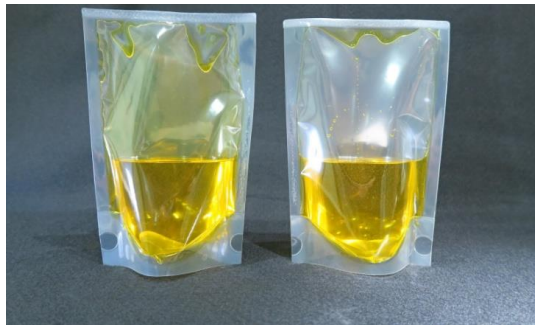
食品包裝未來趨勢 - I

1. Smart packaging (智慧包裝，SP)：適當的設計對食品生產者、消費者和零售商都有好處。
2. Temperature indicator/recorders (溫度指示器-TI/記錄)：錄溫標籤的數位化溫度記錄可用於監控冷鏈中的產品品質。
3. Time temperature indicators (時間溫度指示器，TTI)：整合了指示器和食物所經歷的時間和溫度，利用顏色變化響應食品品質變化。
4. Radio frequency identification (射頻識別，RFID)：允許食品生產商和零售商全面即時了解其供應鏈上的數位資料。
5. Biodegradable plastics (生物可分解塑料)：由有機材料和生聚物合成的生物可降解薄膜和塗層，有些包裝材料是可食用的。
6. Active packaging (活性包裝，AP)：旨在延長保質期的物質和實現系統(realizing systems)，前者如包材添加抗菌劑、抗氧化劑，後者如Guinness Widget (啤酒小球)。

<https://www.youtube.com/watch?v=MzO489RyJVk> 

食品包裝未來趨勢 - II

7. Modified atmosphere packaging (調氣包裝，MAP)：在包裝內部使用特定的氣體混合物是減緩食品代謝，延長食物保質期。
8. Multi-layer packaging (積層包裝)：積層包裝雖然不易回收再利用，但仍公認是先進的包材設計。
9. Recycled polyester (再生聚酯，RPET)：寶特瓶回收，以清洗、切碎、熔融、除污，各國(包括)衛福部已認可生產食用級RPET產品，實現「瓶到瓶 (Bottle to Bottle)」的再利用。也有在回收包材上應用保護塗層再利用的研究。
10. Invisible barcode (隱形條碼)：以雷射雕刻減少使用墨水(減碳)，或特殊墨水(在UV或IR下呈色)避免仿冒。
11. Empty package (完全清空包裝)：超疏水表面設計，倒乾內容物。



Intelligent packaging (IP)

IP is an emerging technology that offer the quality **information** on the package to facilitate decision making to achieve the benefits of enhanced food quality and safety. (Yam et al., 2005)

Active packaging (AP)

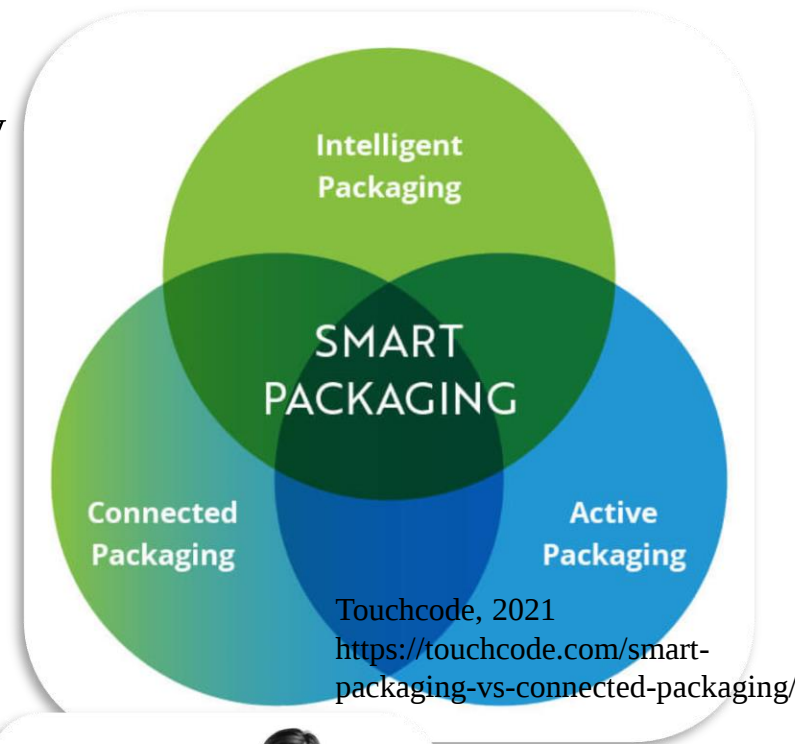
AP is the component responsible for taking some action (for example, release of an antimicrobial) to **protect** the food product. (Yam et al., 2005)

Smart packaging (SP)

SP is divided into three main categories: **AP, IP, and interactive (connected) packaging** to facilitate **communication** with consumers throughout the supply chain. (Lydekaityte, 2020)

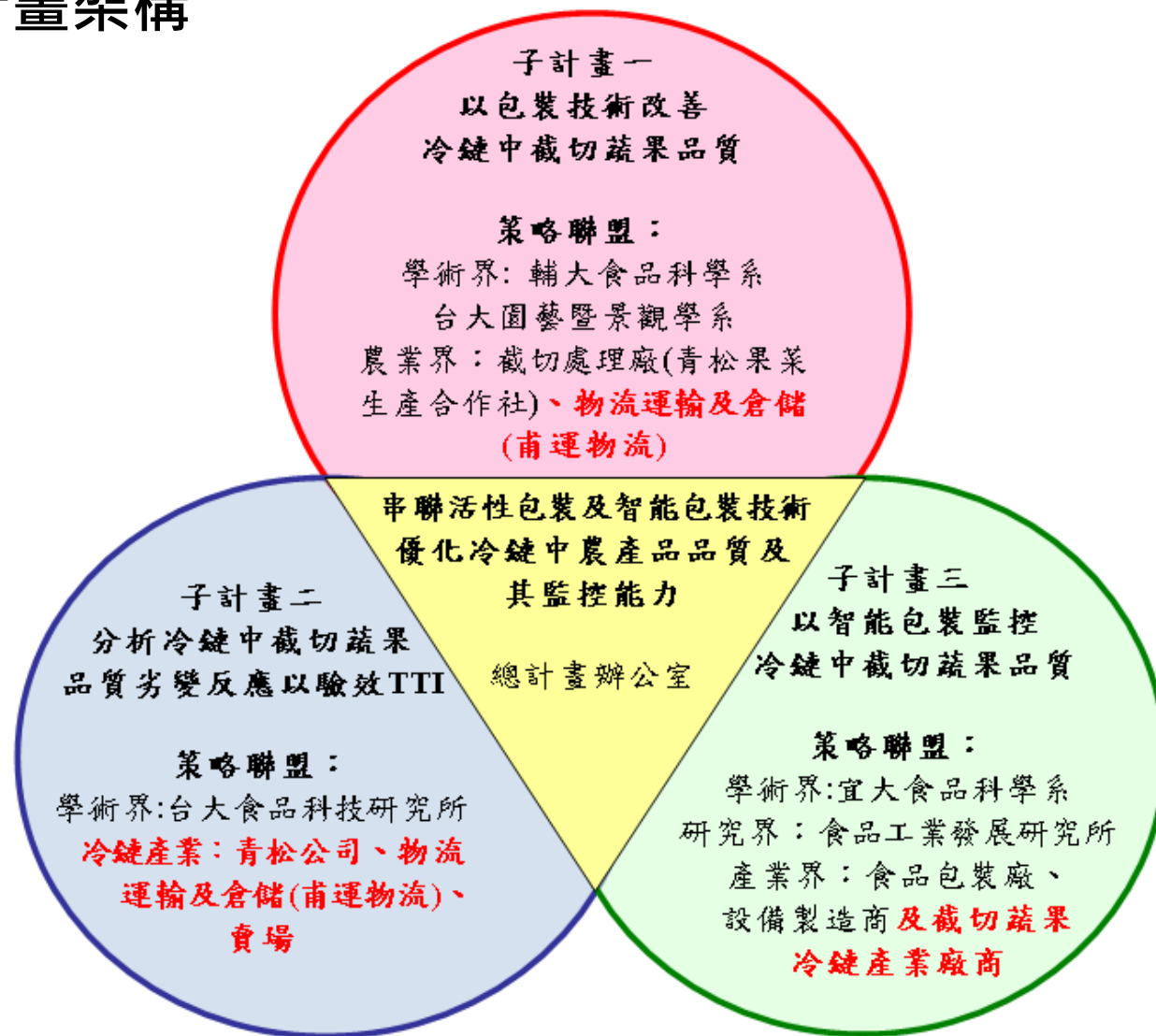
Interactive packaging

can be part of virtually any packaging supply, simple or complicated. It is an approach commonly used by brands to get their customers to **interact** not only with the product inside, but the packaging itself. (Dube, 2020)



Hammer, 2019
<https://www.hongkiat.com/blog/interactive-packaging/>

串聯活性包裝及智能包裝技術優化冷鏈中農產品品質及監控能力計畫架構



計畫策略聯盟及研究團隊分工整合規劃

Food Security (糧食安全)

IUFoST -- International Union of Food
Science and Technology

IUFoST-2018, India

(25 billion meals a day by 2025 with healthy, nutritious, safe and diverse foods.)

在2025年每天供應250億份健康、營養、安全及多樣化的食品👉

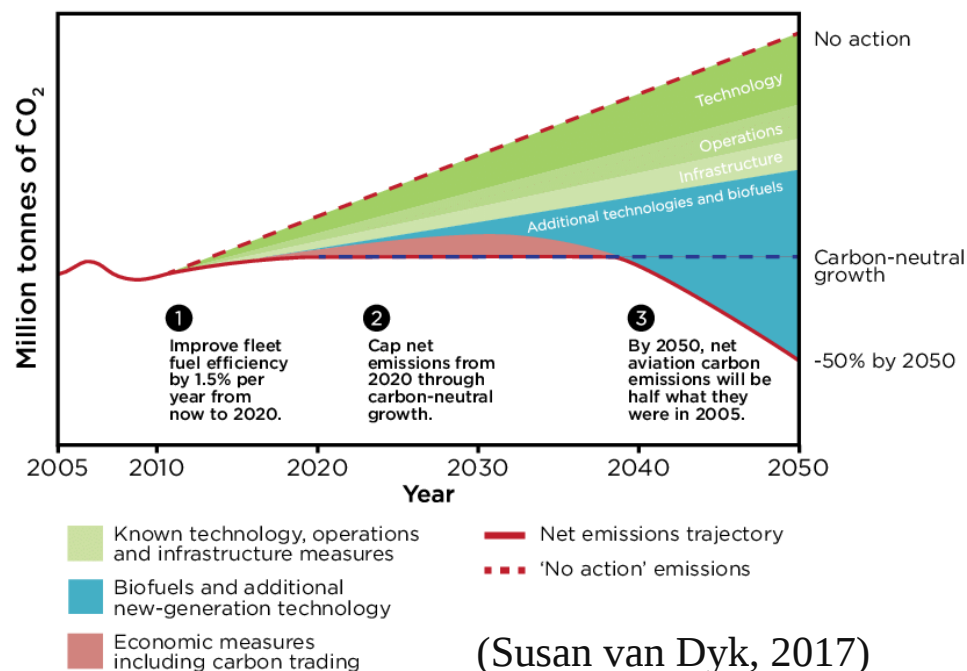
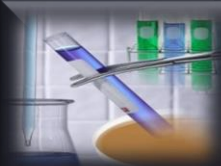
聯合國：2017年全球飢餓人口達8.21億人(過猶不及)
2022.11.15，全球人口總數正式衝破80億

IUFoST 2020 – New Zealand

(By 2050, a global population of 9.8 billion will demand 70% more food than is consumed today.)

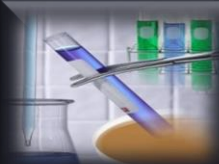
到2050年，全球98億人口將需要比目前多出70%的食物消費量

IUFoST 2022 – Singapore; 2024 – Rimini (Italy); **2026 – Taipei**



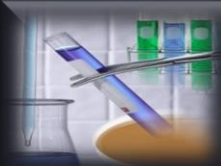
Carbon neutral, Net zero, ...

淨零
碳排



在加工、運輸和消費過程中被浪費掉，造成44億噸/年的碳排放量(僅次於中國大陸及美國)

- 全球每年浪費掉的食物約為13億公噸，高達生產量的 3 分之 1 (FAO, 2020)
- 臺灣在2018 年的廚餘回收量達 59 萬公噸，廚餘桶可堆出 13,500 座台北 101 。 (Greenpeace International, 2020 <https://www.greenpeace.org/taiwan/update/21272>)
- 臺灣平均每人一年的廚餘量約96公斤，為亞洲食物浪費之冠，比中日韓平均多 20% ，更是南亞、東南亞的 8.7 倍 (天下雜誌，2013 http://viewpoint.pts.org.tw/ptsdoc_video)



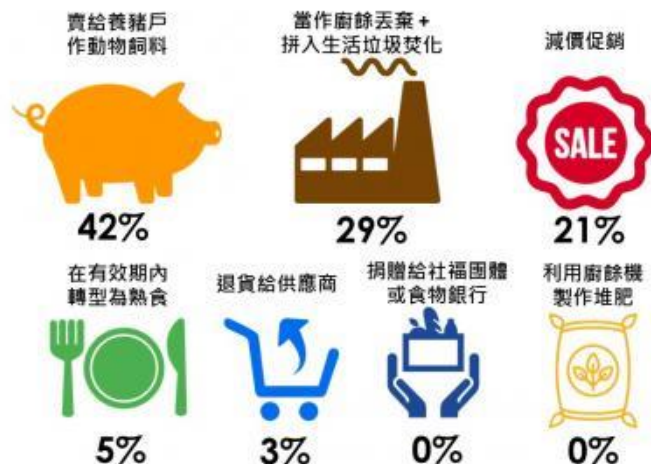
食物銀行

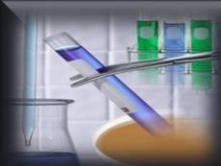
惜食中途島－食享2.0計畫(食物銀行進化版)

台灣剩食組織(各縣市政府)

剩食餐廳－七喜廚房，台灣第一個民間經營的剩食
共食實驗空間

超商惜食計畫👉





超商對剩食的努力

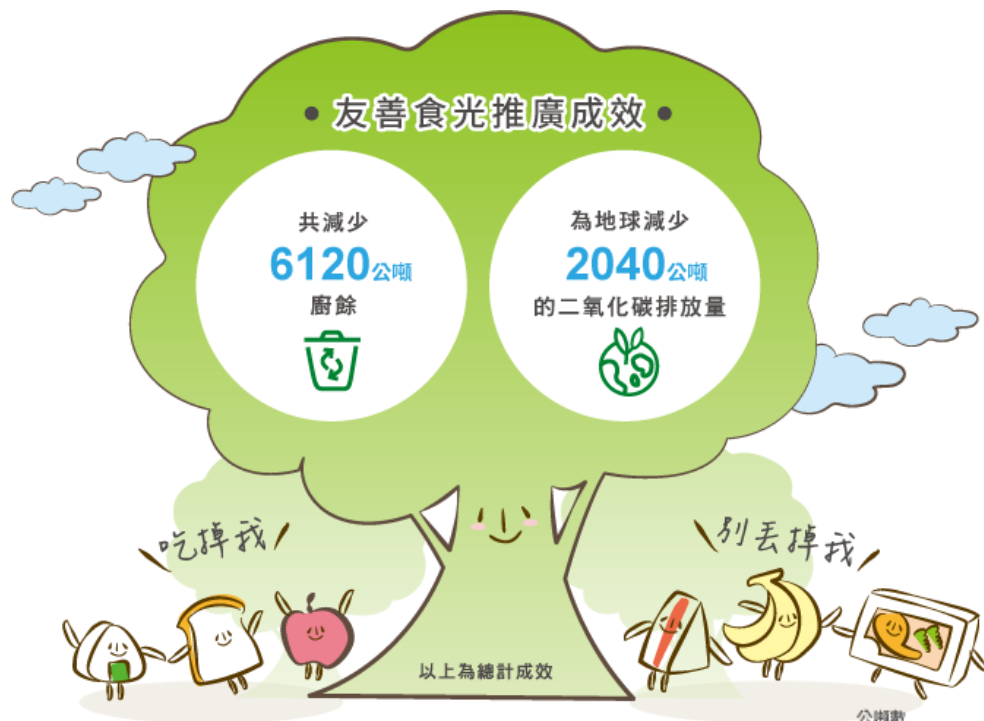
17:00
友善食光
一起挺友善的！

友善食光
有效期限
前7小時
7折

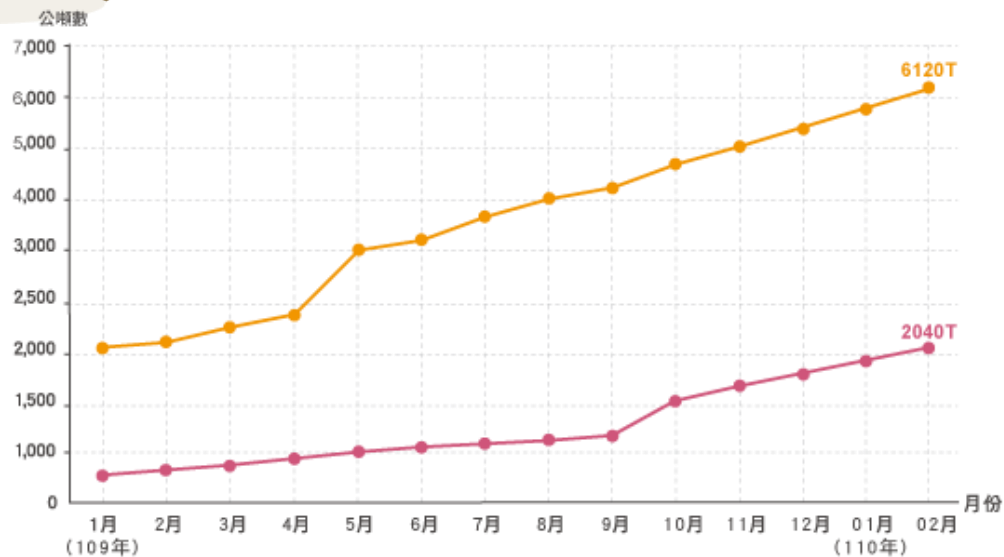
2020/MM/DD
24時 有效 AE471

2 018700 245247





累積成效



■ 友善食光時段鮮食銷售累積公噸數 ■ 碳排放累計公噸數

■ 碳排放換算係數：依照環保署公告1頓廢棄物處理產生的碳排量做換算。



i珍食
LOVE FOOD

珍惜美味的食物，讓我們一起愛護地球。

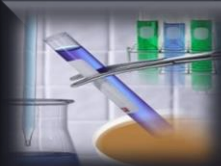
Reduce food waste and protect our planet.

活動期間: 109/12/30~110/3/23

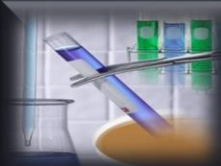
賞味期限前8小時 指定鮮食貼標商品

Labeled fresh food items with sell-by dates to expire in eight hours.

7折優惠 ENJOY
30% OFF
(以五捨六入計算 Round up the last number if it is 6 or more.)



估計省下的浪費食材，一年相當於超過
400萬顆御飯糰的量 (<https://www.ithome.com.tw/news/138099>)



各國包裝食品之有效日期標示 (強制標示項目)

台灣—「有效日期」或「保存期限及保存條件」
(後者僅適用於液態乳製品)

The last date that the food can maintain the value of the product under certain storage conditions

CODEX(國際食品法典) -- 有效日期及保存條件

歐盟 -- 有效日期、保存期限(易腐敗食品可僅標示保存期限)、
冷凍日期(僅冷凍食品)

紐澳 -- 有效日期、保存期限、烘烤日期(麵包可保存超過7日)

美國 -- 日期標示(僅限嬰兒食品)

FDA規定: 只要在美國境內販賣的食品, 都必須完整、可食用, 是否標示日期, 是否安全, 全靠廠商自我規範。

中國 -- 製造日期及保存期限

日本 -- 消費期限或賞味期限

香港 -- 最佳食用日期(有效日期)

韓國 -- 有效日期或製造日期(僅特定食品)

新加坡(額外標示項目) -- 有效日期(僅特定食品)

Food expiration dates refer to food quality, not food safety

以智能包裝減少剩食/提升食安的企圖心

Time-temperature indicator (Intelligent packaging)

Biological TTI



(CRYOLOG, Gentilly, France)

Chemical TTI



(B1 OnVu™, Bizerba, Germany)

Enzymatic TTI



(VITSAB A.B., Malmö, Sweden)

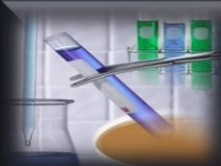
Physical TTI



<https://reurl.cc/8N2Lo>

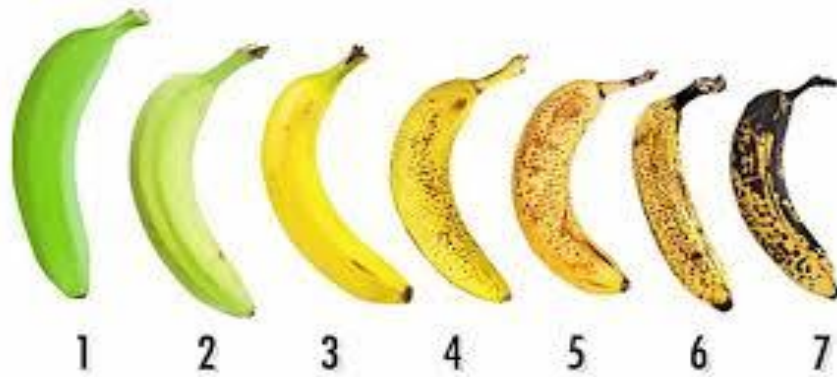


A time temperature indicator (TTI) is a device or smart label that shows the accumulated time-temperature history of products.



Bionic engineering

Nano Biomaterial
Application Lab.

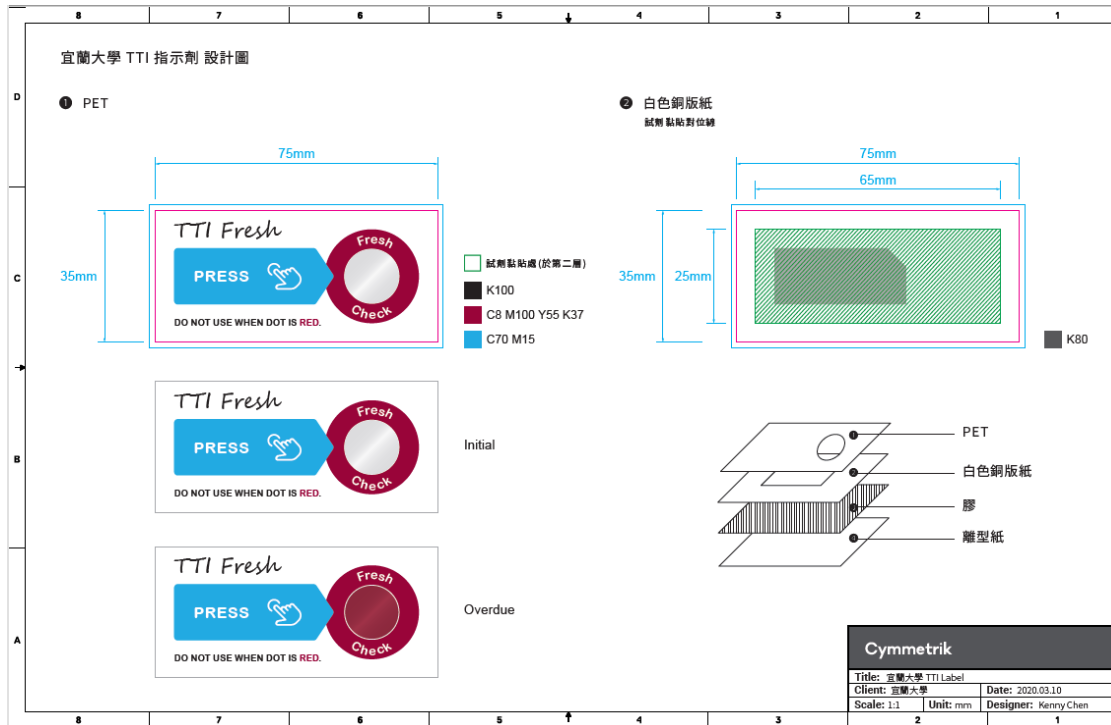


Time-temperature indicator (TTI) in the nature. 

- 褐色斑點: 酵素性褐變
- 黑色斑點: 由真菌 *Colletotrichum coccodes* 引起的炭疽病，在未熟果看不到黑點(免疫系統足以抑制發作)，等水果愈趨成熟，免疫能力下降，黑色斑點就會愈明顯，所以有斑點時的水果較甜
- 動物實驗發現帶有斑點的成熟香蕉，可以讓身體誘導癌細胞死亡的腫瘤壞死因子(TNF)濃度達到最高，亦即愈有能力對付體內的癌細胞。 

Not *Bacillus anthracis*
(炭疽桿菌)

2020.03 酵素型TTI標籤試量產規格設計圖



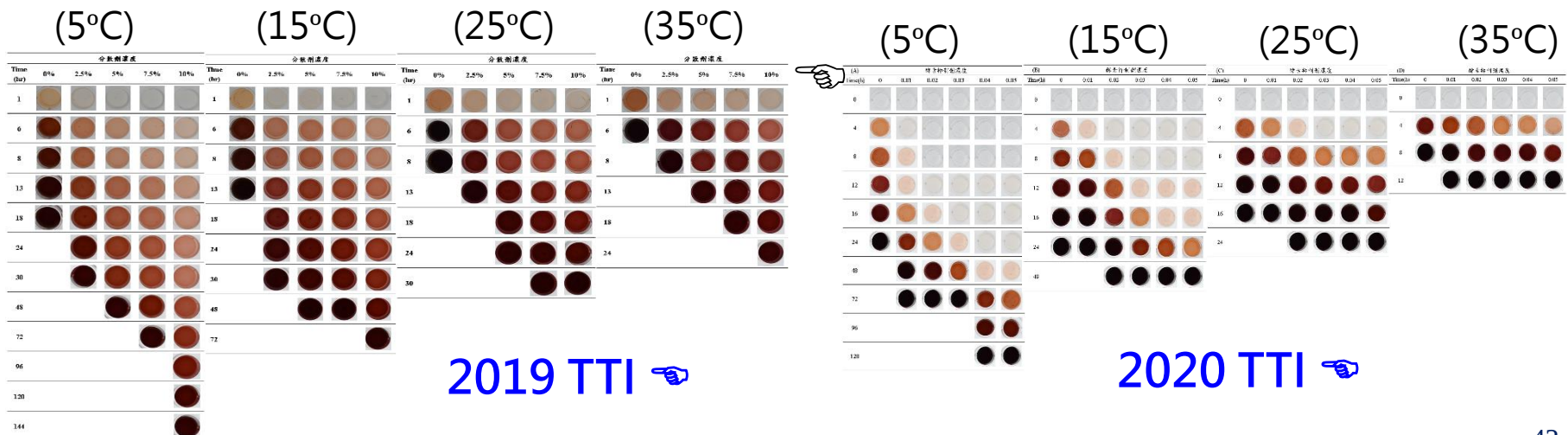
2020.05 試量產實品照



2022.01 試量產實品照

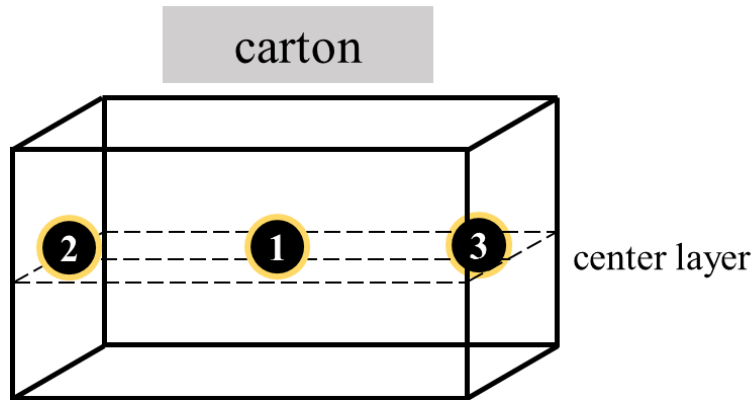


TTI 2022-2025?



實域驗效

(A)

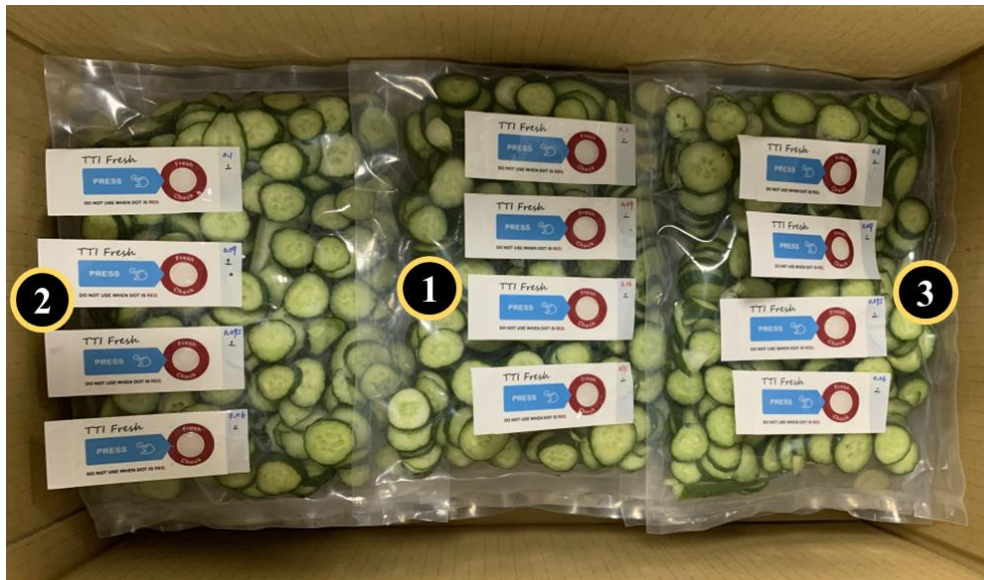


Plant C

Plant T

- ① Sealed PET boxes
- ② Hinged PET boxes
- ③ Breathable bags
- ④ MAP

(B)



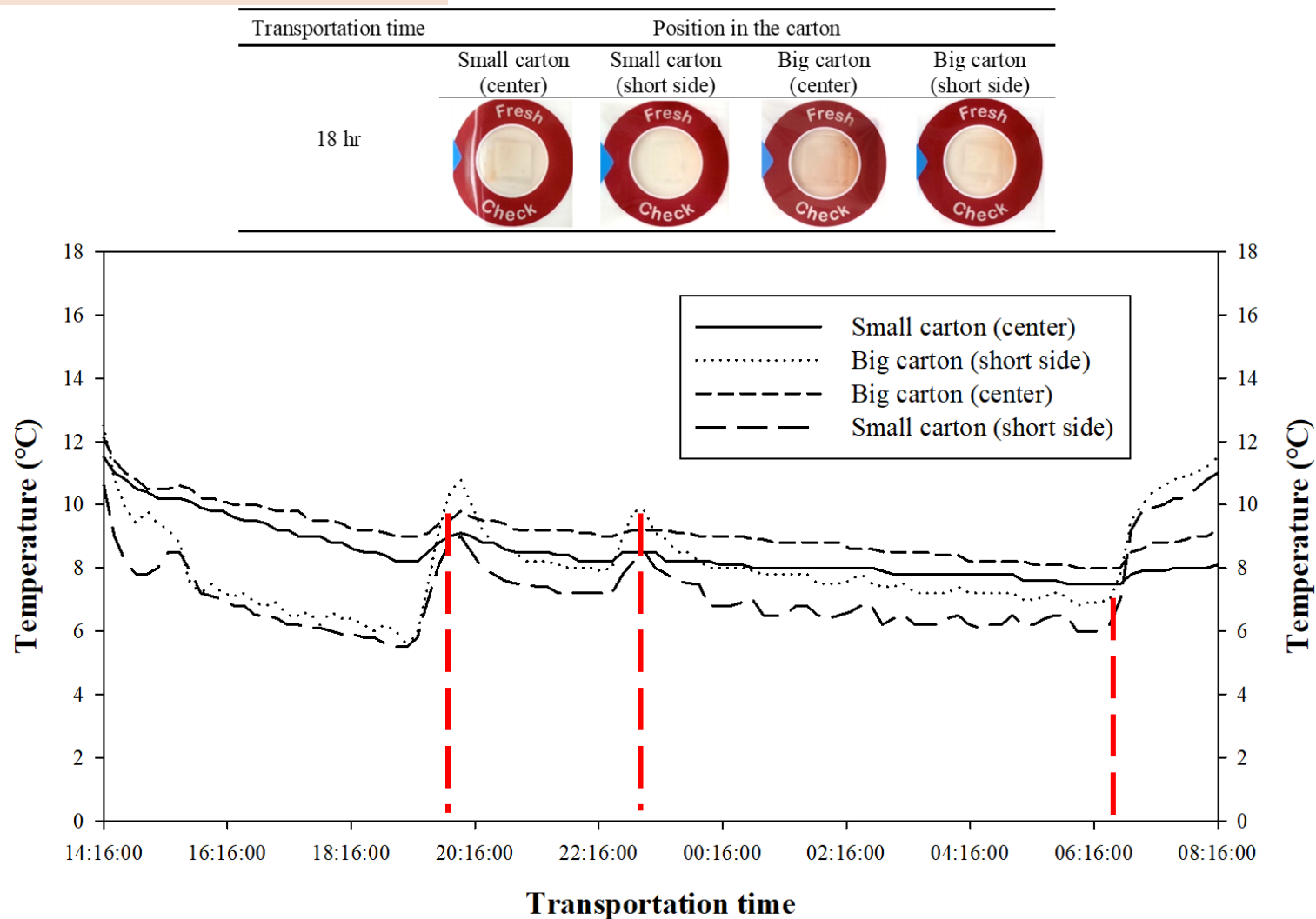
Short left side

Center

Short right side

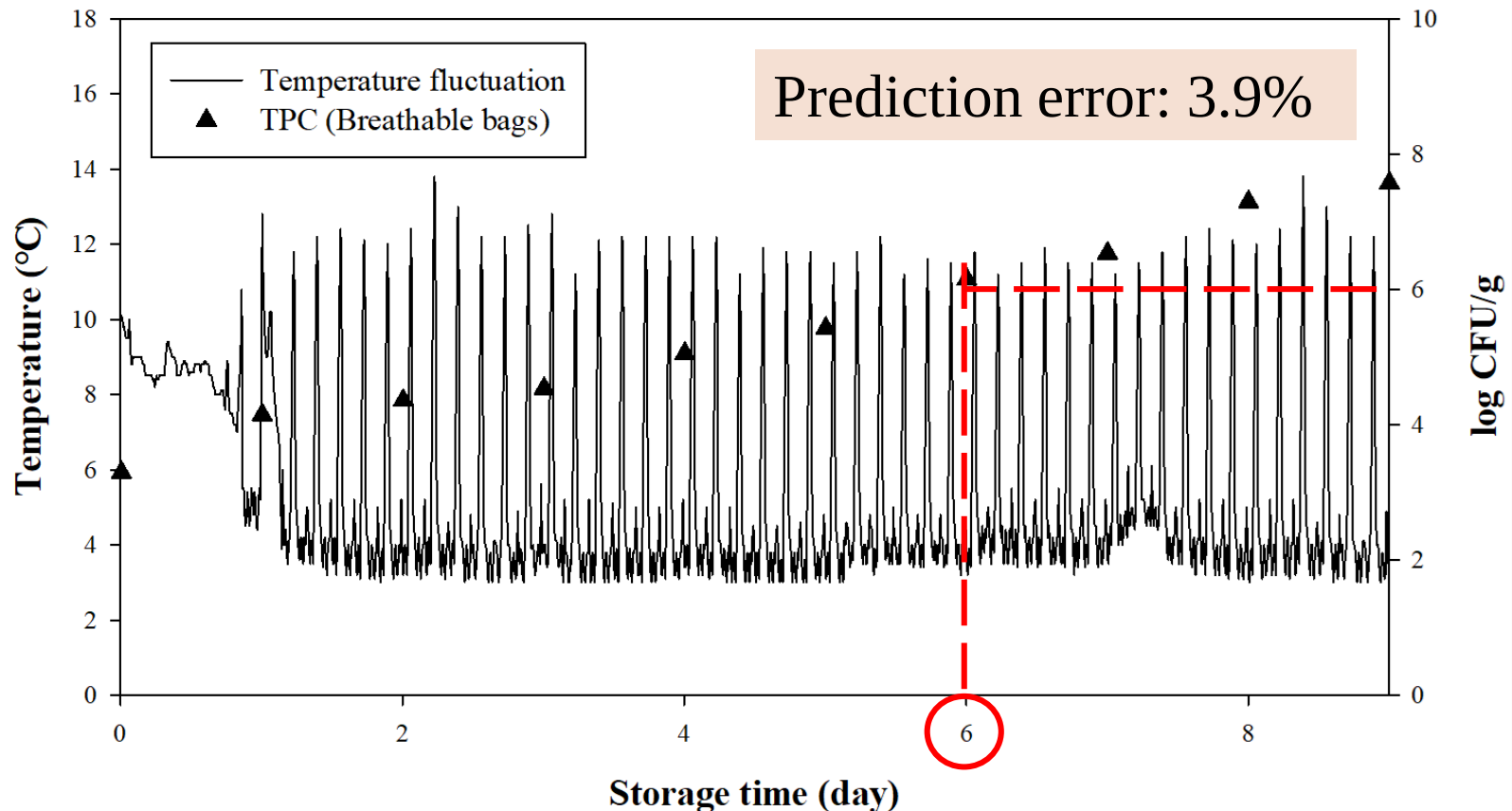
Attach a temperature recorder (No. 1-3) and a schematic diagram of the position of the LTTI label on the center layer of the carton containing the fresh-cut cucumber.

Plant C-logistics B (3PL)



The temperature profiles of the sample cartons (big carton 50×40×30 cm³ and small carton 54×35×20 cm³) and the response of the coloration of two-component LTTI label during logistics B (Chiayi to Yilan) in plant C's second field verification.

Plant T-logistics C (3PL)



The TPC of fresh-cut cucumbers in CP (breathable bags) from plant T and response coloration of one-component LTTI label ($20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ laccase, 5 mM guaiacol and 0.10 mM NaN_3) during temperature fluctuations storage in the cold chain.

Question 1:

Precision in
quality

(Digitization)

Question 2:

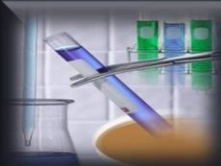
Convenience

(Bar code)

Question 3:

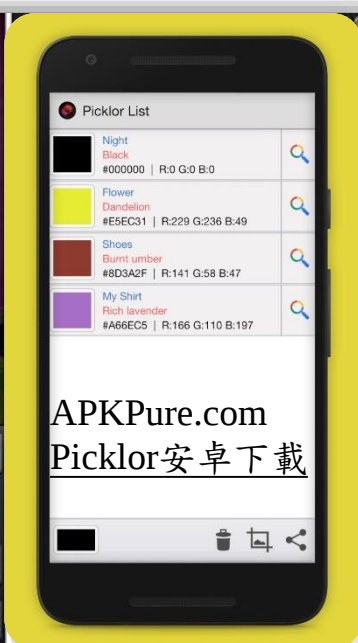
Price



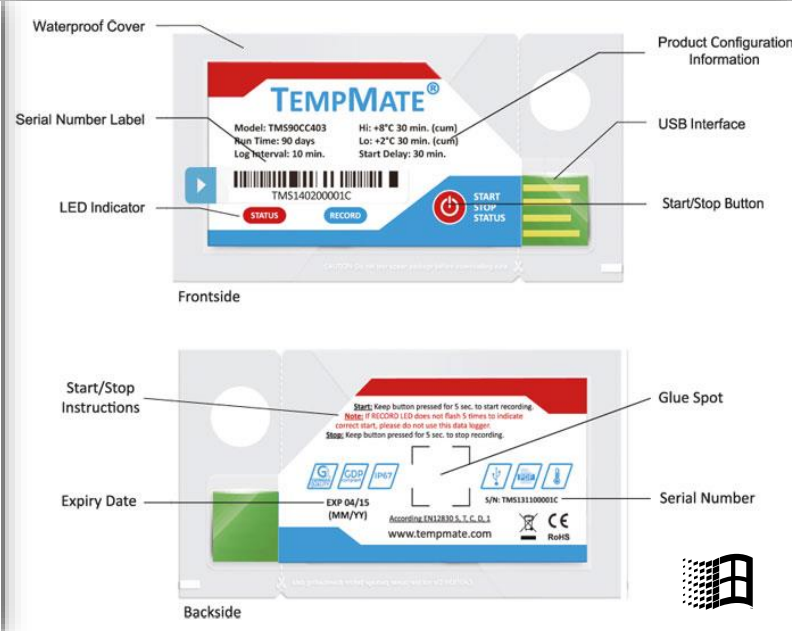


The future research (IP+ CP)

研究主題	研究方向
漆酶TTI資訊化	條碼式漆酶TTI設計
開發單劑型TTI	漆酶TTI掃描數位化
	商品型態/配方設計



APKPure.com
Picklor 安卓下載



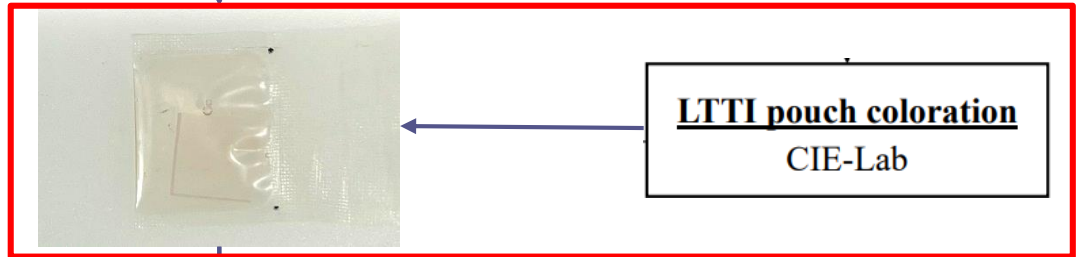
Section 1-Design of barcode LTTI

Barcode of MLTTI

(Barcode_{MLTTI})



Barcode of SLTTI (Barcode_{SLTTI})



MLTTI design

Barcode partially masked
with LTTI pouch



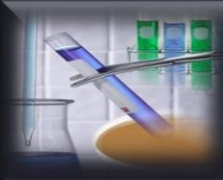
Code-mask LTTI (MLTTI)

SLTTI design

LTTI pouch embedded in
barcode



Code-shift LTTI (SLTTI)



Thanks for your attention !

***Questions and comments
are welcome!***