

生鮮蔬果冷鏈供應鏈管理經驗分享

講師：太陽生鮮農產公司 沈泰霖總監



Tai-Ling Shen

沈泰霖

學歷

1996-2000 中興大學土木工程學系學士
2005-2007 美國華盛頓大學營建管理系碩士
Master of Science, Construction Management
University of Washington, Seattle, U.S.A.

專業證照

2014 智慧綠建築專業人員認證
2013 公寓大廈管理服務人員認證
2012 PMP 專案管理師
2009 甲級勞工安全衛生業務主管執照
2008 美國專業工程師 (初級) EIT

工作簡歷

2000-2002	少尉工兵官	(陸軍預官)	-工程招標及發包規劃與管理
2003-2004	營建工程師	(建設公司)	-逆打工法高層大樓工程管理
2004-2005	測量技士	(地政事務所)	-地政法規及GPS測量工程
2007-2009	結構設計師	(美國結構顧問公司)	-結構防震設計與木結構設計
2009-2012	專案經理	(瑞士電梯公司)	-工程專案管理、企業永續發展策略
2012-2015	專案經理	(台灣開發公司)	-節能保證專案規劃與執行、智慧建築規劃
2016-2018	產業發展經理	(ALP)	-冷鏈、醫藥產業整合與園區開發
2018-2021	協理	(ALP)	-自動化及專倉業務開發、產業合作發展。
2021- current	供應鏈總監	(太陽生鮮農產)	-企業數位轉型、冷鏈物流建置、新通路開發



Tailing@sun-fresh.com.tw
0975-755-093



一、蔬果生鮮冷鏈市場發展趨勢

二、什麼是蔬果生鮮冷鏈

三、蔬果生鮮冷鏈常見的錯誤觀念

四、蔬果生鮮預冷技術和保存方式說明

五、太陽生鮮農業冷鏈實務運作情形

六、Q&A

一、蔬果生鮮冷鏈市場發展趨勢

國內農產品冷鏈市場發展趨勢



冷鏈 不只是 控制溫度的供應鏈



二、什麼是蔬果生鮮冷鏈

生鮮產品是零售競爭的戰略武器

蔬果產品特色

效期短，需求多

供給與需求變化大

供應鏈分銷複雜



蔬果供應鏈常見問題

生產過剩或種錯作物

季節變化風險高

作業量變化大加工不及

工作集中人力難應付



農作栽種



供應商

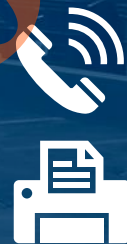


加工包裝



暫存分撥

採購一直打電話!!



通路採購

商品常常空架或滯銷



通路銷售

生鮮蔬果為什麼需要冷鏈？

物理面 → 市場面

容易腐爛

保存不易

田間採收後有餘熱

採收後仍在呼吸

延長保鮮

保留更多營養成分

減少食物浪費

提升產品價值



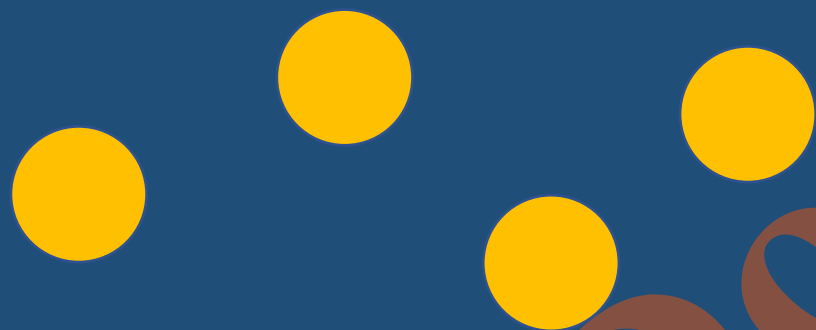
“ 蔬果冷鏈從採收後到消費者餐桌，皆是冷鏈管理的一環。



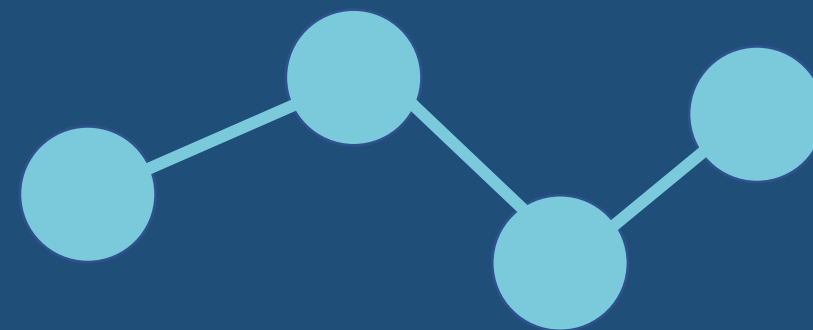
傳統蔬果冷鏈

VS

現代化通路的蔬果冷鏈



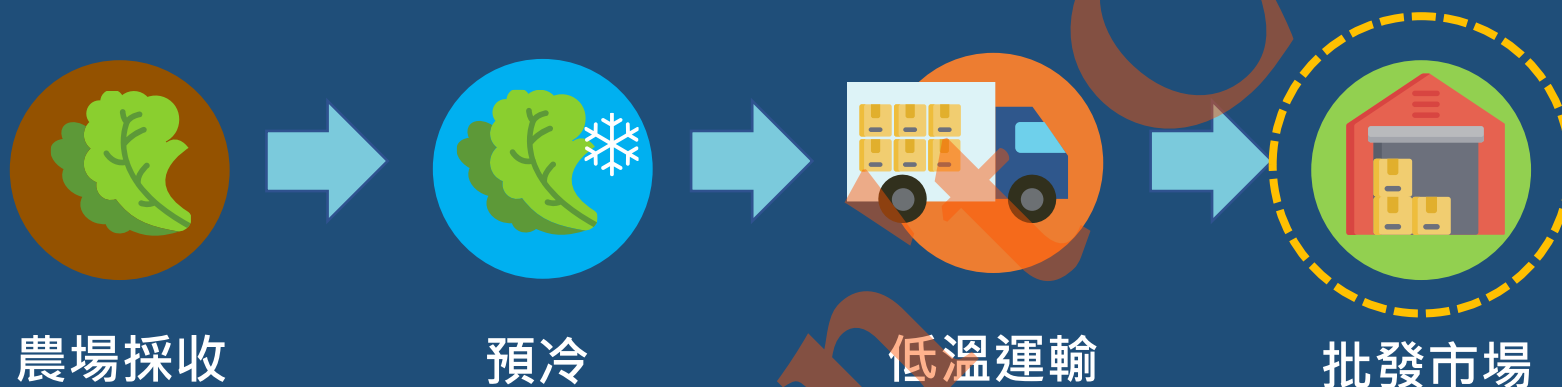
單點式 / 易斷鏈 / 無法即時反應



有系統整合 / 減少斷鏈 / 即時追蹤

二、蔬果生鮮冷鏈常見的錯誤觀念

傳統蔬果冷鏈的問題



1. 多數批發市場為常溫，產生斷鏈。



2. 省略預冷步驟

✘ 冷藏車可以取代預冷

預冷是指產品在裝運前預先**快速冷卻**，目的是將採收後的田間熱和累積的呼吸熱除去。

冷藏車問題

無法快速降溫

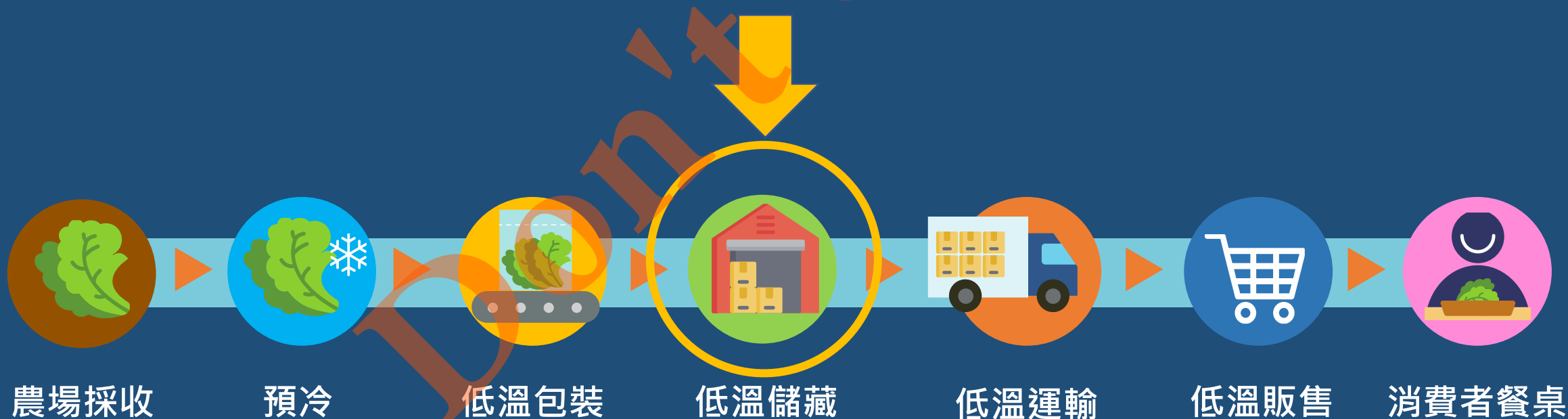
空間擁擠

不同蔬菜有不同預冷方式



✗ 將蔬果放在冷藏庫就 是有做冷鏈

低溫冷藏只是冷鏈的其中一個環節



✕ 蔬果冷鏈的最後一哩路 在賣場

消費者買回去的蔬果，是否有放在冰箱冷藏存放，將影響最後食用的品質。

放常溫



放冰箱



四、蔬果生鮮預冷技術和保存方式說明

採收後經適合的預冷技術進行冷卻，以延緩品質衰敗

採收後



預冷處理



- ▼ 減緩呼吸作用、蒸散作用
- ▼ 減緩乙烯的生成速率
- ▼ 減少腐敗微生物繁殖速度
- ▼ 減少葉子黃化的速度
- ▼ 延緩蔬果衰老的速度

溫度影響蔬果

腐敗程度與

保存的天數

圖片來源: Nunes, M.C. do N., 2008. Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables, 1.edn. Blackwell Publ, Ames, Iowa.



案例：

有預冷

無預冷



無預冷

有預冷



常見的預冷技術

室冷

壓差預冷

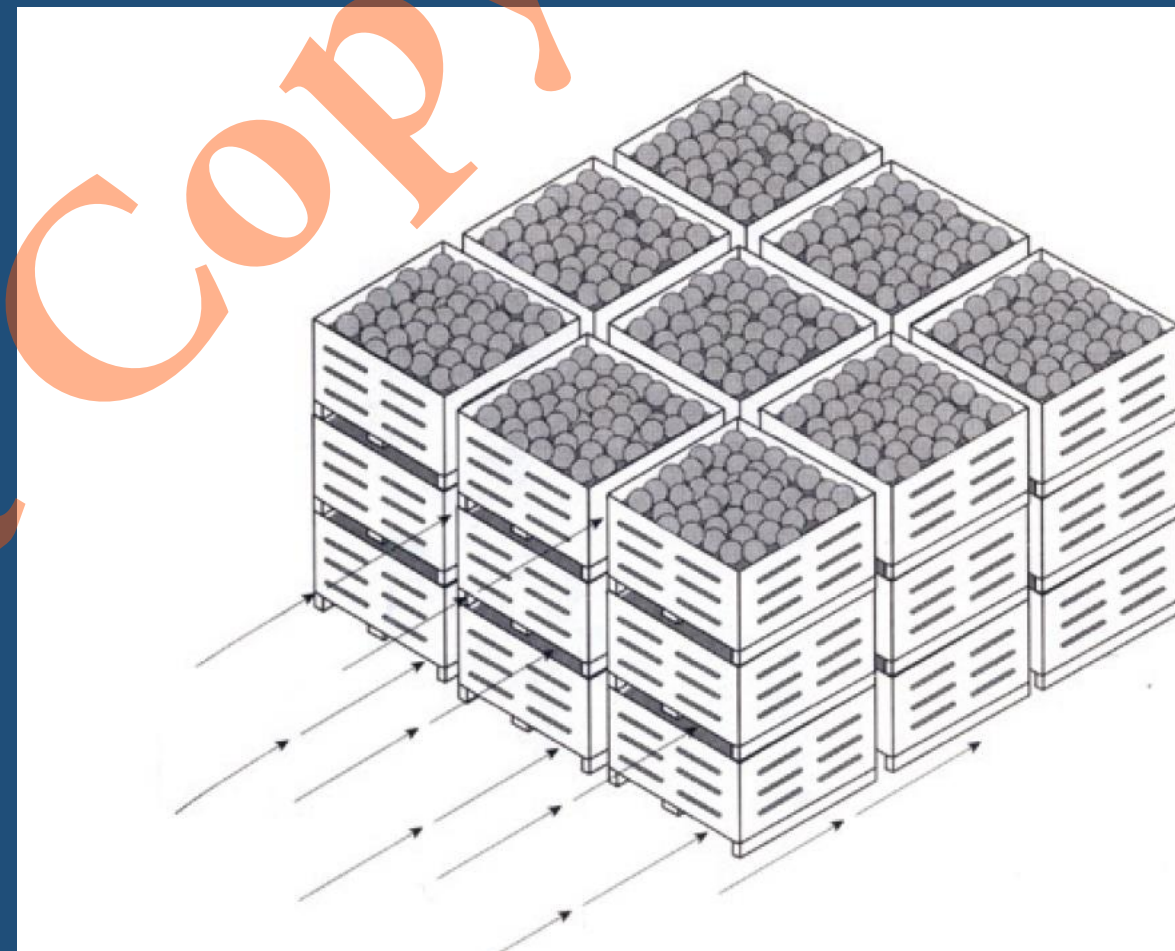
水冷

碎冰預冷

真空預冷

室冷

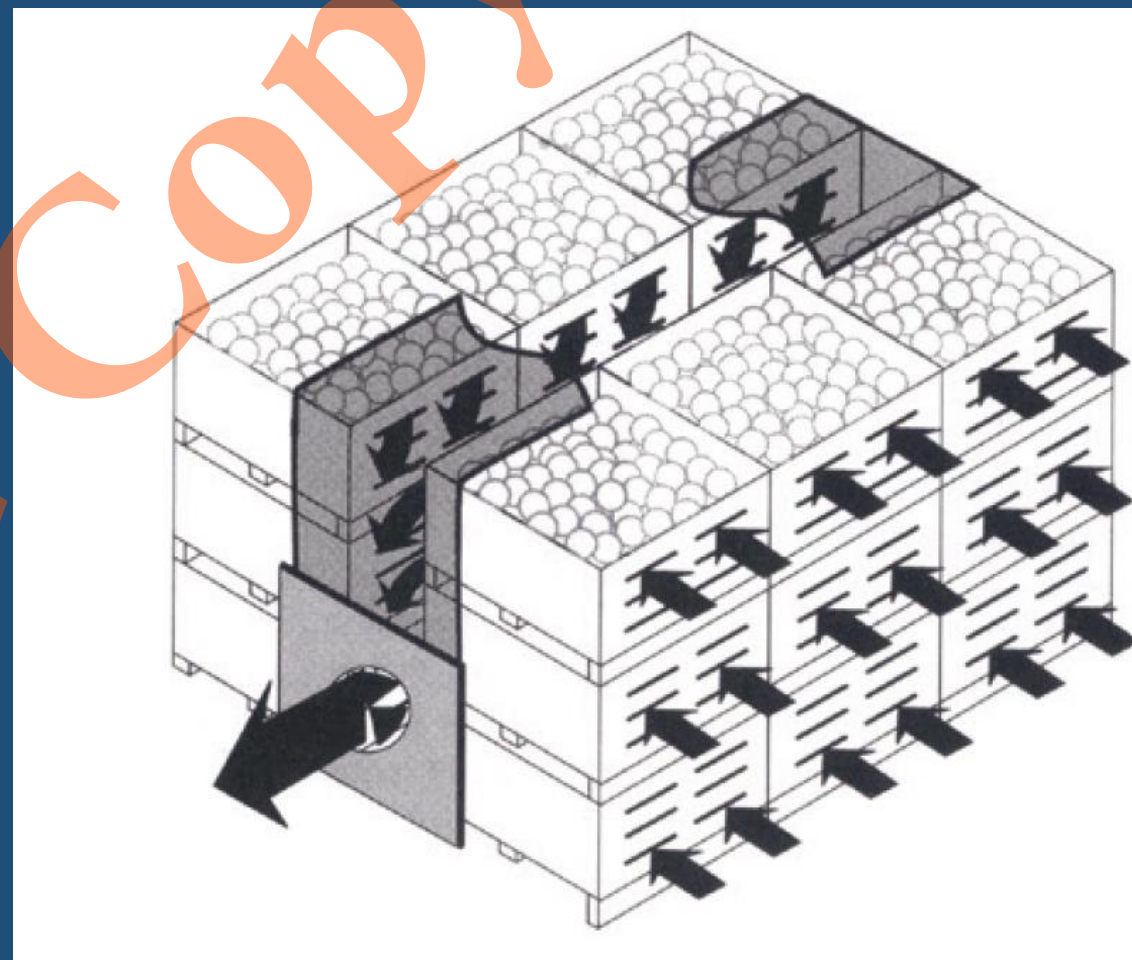
容器堆疊應預留適當間隔，並使用具有通風孔及底部架高的容器，確保冷風能流經接觸各個容器。



圖片來源: Postharvest technology of horticultural crops

壓差預冷

利用風扇抽氣形成的負壓，強迫容器外冷風穿過通氣孔與園產品直接接觸後達到降溫目的。



圖片來源: Postharvest technology of horticultural crops

水冷/冰水預冷

水冷為利用乾淨的冰水與園產品接觸、冷卻的預冷方式

浸水式



沖水式



冰冷/碎冰預冷

利用碎冰裝入容器與園產品**直接接觸**達到快速降溫的目的



真空預冷

真空預冷為將園產品置於密閉空間中，以真空幫浦抽氣使室內空氣降至極低的壓力，當環境氣壓降低時，水的沸點也跟著下降，一旦到達沸點的溫度，水分即由物體表面直接蒸發帶走熱量，使園產品在20～30分鐘內降溫冷卻。



不同種類蔬果適合的預冷方式與溫度

種類	菜種	溫度	預冷方式	種類	菜種	溫度	預冷方式
葉菜類	青蔥 結球白菜 甘藍 結球萵苣 紫萵苣 菠菜 小白菜 茼蒿 芹菜	0°C	真空預冷	花菜類	花椰菜	0°C	強風
	莧菜 蕹菜	10°C			青花菜	0°C	碎冰
				根莖類	皎白筍/竹筍	0°C	碎冰
					蘿蔔 胡蘿蔔 牛蒡 洋蔥	0°C	壓差
				果菜類	番茄 茄子 甜椒 小黃瓜	7-10°C	強風

包裝容器也會影響預冷的效果

適當地將包裝外箱開孔有助於冷空氣進入包裝內使產品降溫



蔬果內包裝開孔有助於冷空氣進入包裝內並散熱



消失的
國界

三立LIVE新聞



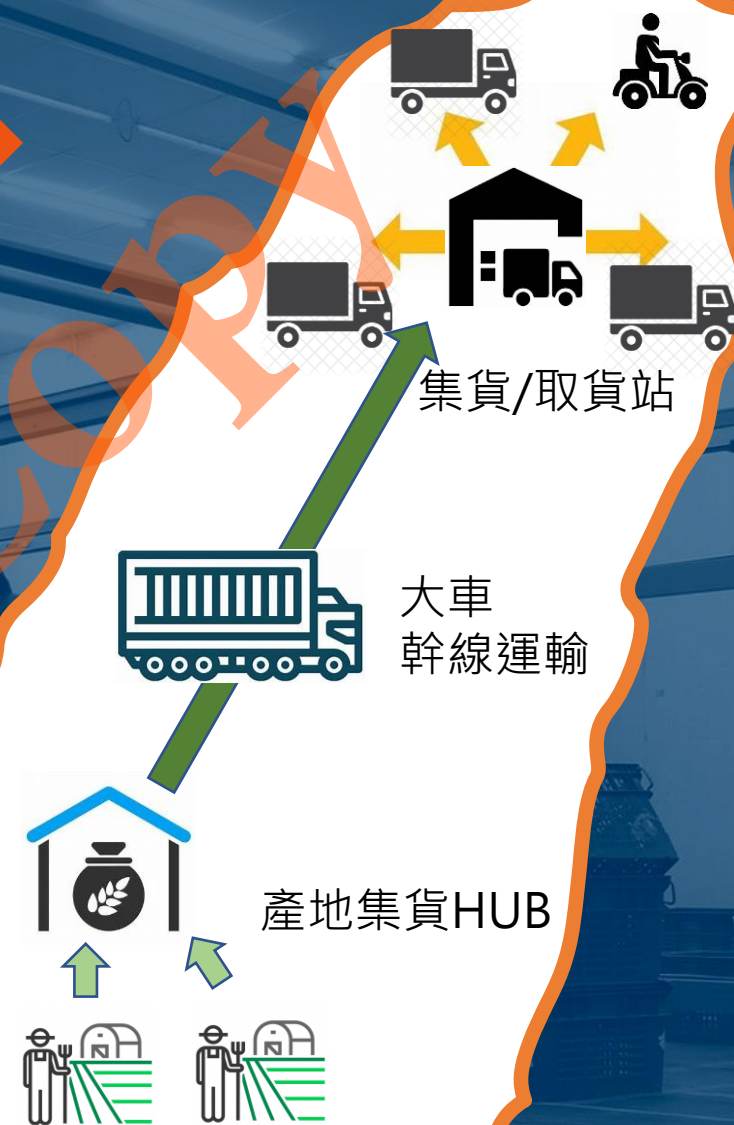
即時新聞熱點直播 • 訂閱三立LIVE新聞

影片來源：https://www.youtube.com/watch?v=T_cyWn7jwfo

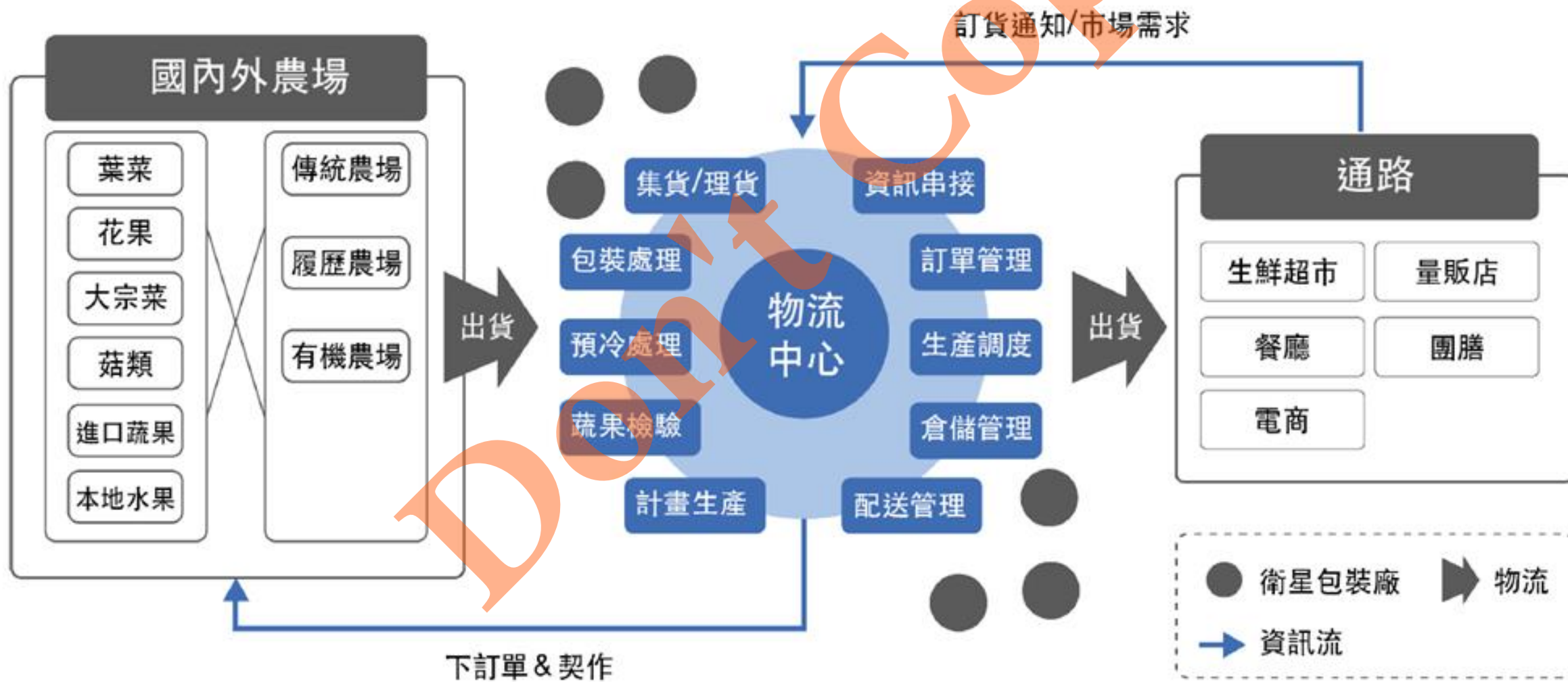
五、太陽生鮮蔬果冷鏈實務運作情形

最佳冷鏈垂直整合服務

產地集貨倉物流整合
對接消費區域轉運站



以物流中心為核心，整合農場端與通路端



與生產端溝通協調生產計畫，讓生產者安心生產



採收後預冷，保留蔬果最新鮮的滋味



低溫包裝作業，商品標準化，提升產品價值



供貨



下單



通路端

客製化包裝

開發新品

導入智慧物流檢理貨

冷鏈物流車隊配送



食品安全，自主檢驗



檢驗合作單位

毒物試驗所

虎科實驗室



生化法

每日以生化法自主檢驗農產品，提升農產品安全性。

拉曼光譜檢驗

可檢驗212項農藥，替消費者的食安把關。

科技應用導入，提升檢理貨準確性和效率



供貨



下單



通路端

客製化包裝

開發新品

導入智慧物流檢理貨

冷鏈物流車隊配送



低溫冷藏運輸車隊，全台網絡配送規劃



供貨



下單



通路端

客製化包裝

開發新品

導入智慧物流檢理貨

冷鏈物流車隊配送



進口商品，掌握貨源穩定供貨

20幾樣蔬果，
來自全球10多個國家



蔬果供應鏈整合模式

完整的蔬果供應鏈體系，可提供客製化服務



產地契作

尋找最適合之生產者
進行產地蔬果契作，
以維持全年穩定的蔬
果供應。



商品開發

本地與進口蔬果原料
調度，協助蔬果開發
與諮詢。



農藥快篩

提供農藥快篩檢測服
務，為食材源頭安心
把關。



初級加工

提供生鮮蔬果初級加工
之原料，例如：去皮切
塊之蔬果塊、蔬果泥。



蔬果包裝

依客戶需求之產品規
格與標示進行包裝，
以符合營業用途並提
升食材流通安全性。



代配送

協助客戶將商品配送
至指定地點。



客製化路徑規劃



365天全年配送



準時安全送達

六、Q & A



舊產業，新思維



太陽生鮮農產股份有限公司
SUN FRESH VEGETABLE CO.,LTD

禽畜肉品冷鏈管理

東海大學 畜產學系

吳勇初

表 3 歷年每人肉品消費量

Table 3. Per capita consumption of red meat, poultry and fish, 2014~2022

單位：公斤 / 人 (kg / person)

年別 Year	畜禽肉類 Red Meat & Poultry						魚類 Fish	合計 Total
	豬肉 Pork	牛肉 Beef	羊肉 Mutton	禽肉 Poultry	其他 Others	畜禽肉類總量 Sub-total		
2014	35.44	5.16	1.21	33.70	0.05	75.56	18.89	94.45
2015	37.56	5.07	1.12	34.26	0.05	78.06	14.52	92.58
2016	35.66	5.69	0.96	34.63	0.04	76.99	13.86	90.84
2017	36.50	5.88	0.97	34.26	0.05	77.67	12.39	90.06
2018	37.25	6.41	1.11	38.57	0.06	83.40	16.71	100.11
2019	36.84	6.83	0.94	40.16	0.07	84.84	12.68	97.52
2020	35.34	7.15	0.95	43.06	0.06	86.56	13.64	100.19
2021	35.42	6.88	0.97	40.77	0.07	84.12	13.33	97.45
2022	...	...	...	...	...	...	...	...

表 4 歷年畜產品自給率

Table 4. Meat self-sufficiency ratio, 2014~2022

單位：百分比 (%)

年別 Year	豬肉 Pork	牛肉 Beef	羊肉 Mutton	禽肉 Poultry	合計 Total
2014	89.6	5.4	6.6	81.2	78.8
2015	86.5	5.6	7.2	75.8	75.5
2016	90.5	4.9	7.9	79.1	78.1
2017	86.3	4.9	7.8	79.4	75.9
2018	86.2	4.5	6.4	74.9	73.6
2019	86.4	4.4	8.1	75.8	73.8
2020	92.6	4.3	8.1	73.1	73.9
2021	91.0	4.6	7.1	79.9	76.5
2022	...	...	...	...	...

肉品消費量變化 (2004-2022)

- 禽肉 33.19KG ---- 43.03KG 變化 +30%
- 豬肉 40.12KG ---- 36.00KG 變化 -11%
- 牛肉 3.14KG ---- 7.34KG 變化 +130%
- 總計: 76.15KG **86.37KG** 變化 +10%
- 日本(2020)禽肉 13.9KG 豬肉 12.9KG 牛肉 6.5KG
- 總計: **33.3KG**

肉品之類別



畜肉：豬肉、牛肉、羊肉…

禽肉：雞肉、鴨肉、鵝肉、火雞肉…



生鮮產品：臘肉、中式香腸…

即食性產品：火腿、肉乾…

畜禽原料肉之特性

--- 牛肉

- ★ 94% 自國外進口
美國、紐西蘭、澳洲
- ★ 以霜降度與成熟度分級
- ★ 需經熟成處理
低溫熟成或電擊處理
- ★ 風味較強、色澤鮮紅



畜禽原料肉之特性

--- 豬肉

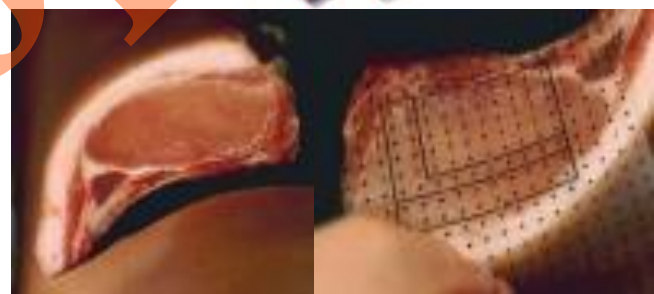
★ 脂肪為決定風味的關鍵

★ 肉質差異較小

★ 影響風味的因子

- ▶ 脂肪飽和度
- ▶ 飼養管理
- ▶ 公豬臭…等

★ 影響肉色的因子
部位、氧化作用、品種等



畜禽原料肉之特性

---- 雞肉

☆ 風味較淡

肌肉內脂肪含量低

☆ 嫩度與風味

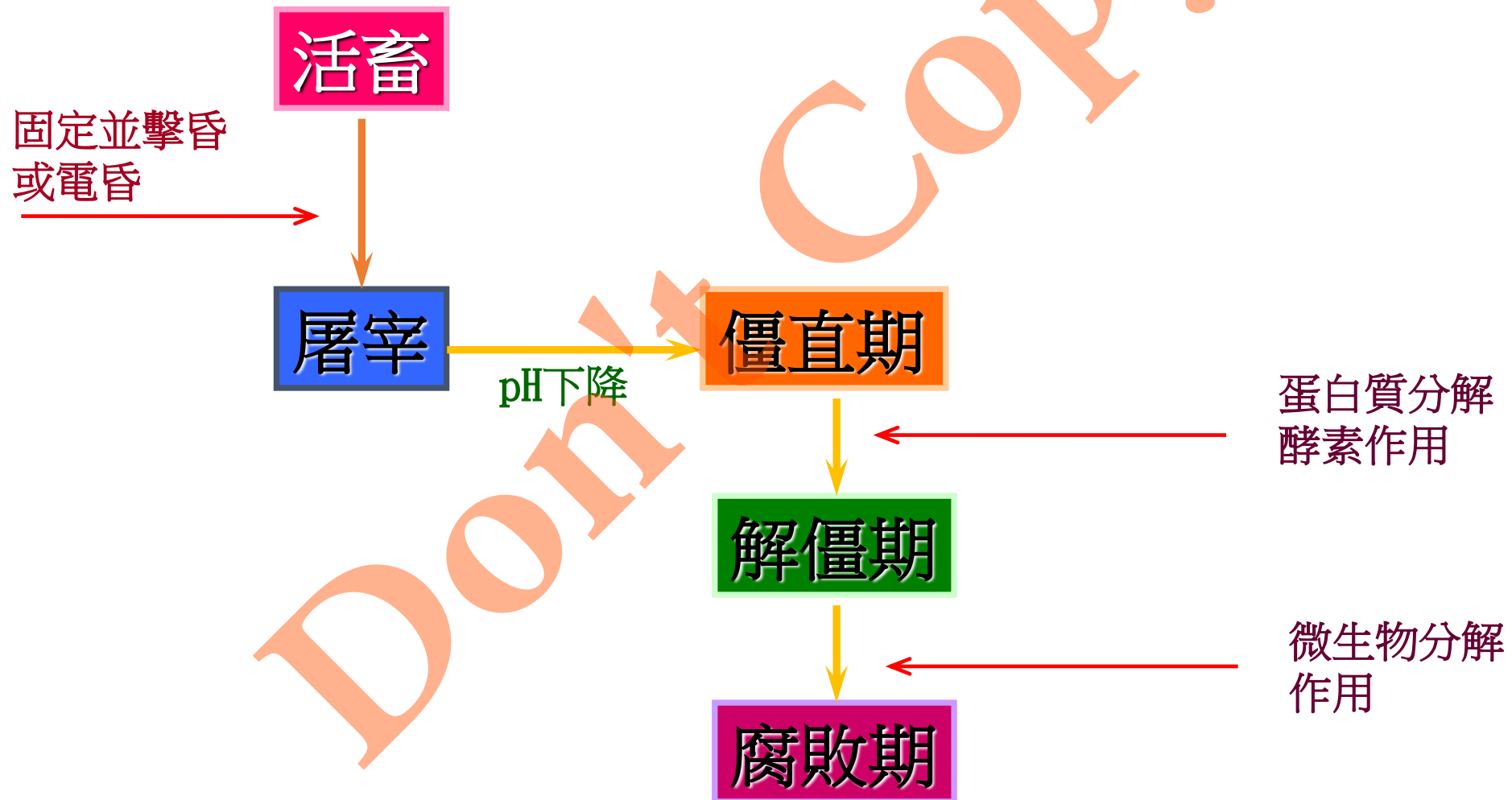
☆ 雞肉之色澤

☆ 雞皮與脂肪之色澤

飼養管理與加工方式



認識生鮮肉品之特性



肉品低溫保鮮技術

動物宰殺後的生理變化階段如下：

1. 動物死亡，血液循環停止，氧氣供給缺乏。
2. 肝醣（Glycogen）進行無氧分解變成乳酸（Lactic Acid）而使肌肉之pH值從活體的7降至5.5~6.2，同時腺嘌呤核苷三磷酸（Adenosine Triphosphate, ATP）含量逐漸減少。

肉品低溫保鮮技術

- 3. 死後僵直 (Rigor mortis) :
 - 蛋白質變性、伴隨不可逆的肌肉收縮，導致屠體變硬、僵直、不可收縮、無彈性的現象。
- 4. 解僵與熟成(自家分解):
 - 肌肉細胞產生自體消化 (Autolysis)，依鈣酵素(Calpain)及細胞內溶菌酶 (Cathepsin) 活化，使水溶性蛋白質即小分子寡肽及游離胺基酸增加，肉質變軟，增加特殊肉的香氣與風味。

肉品低溫保鮮技術

- 肉的熟成
- 不同肉類的熟成時間不同，牛羊肉約10~14天、豬肉2~3天、雞肉1~2天。熟成的肉是微生物最好的營養基，很容易遭致微生物的分解而腐敗，需以冷藏或冷凍減緩微生物繁殖速率，維持保鮮及延長貯存壽命。

Dry Aged vs Wet Aged Steaks



生鮮肉品的外觀性質

- 血水（或水滴、冰結晶） 
- 肌肉色澤
- 脂肪色澤
- 瘀血
- 骨頭部份
- 異物
- 肥肉與瘦肉的比例 

鮮肉及肉製品品質劣化因素

1. 油脂的氧化酸敗
2. 肌紅蛋白的氧化變色 
3. 微生物的污染與繁殖 



肌紅蛋白的氧化變色

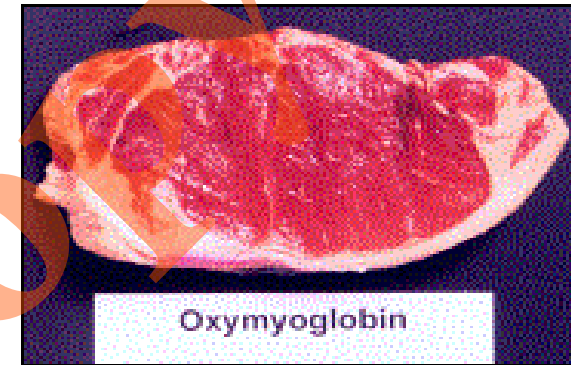


肌紅蛋白

Myoglobin ; Mb
暗紅色 , Fe^{2+}

氧化(Oxidation)

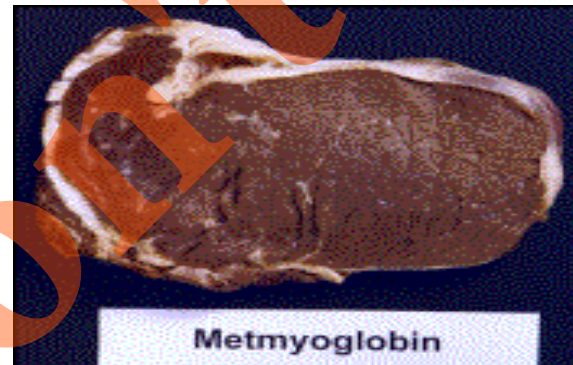
氧合Oxygenation



氧合肌紅蛋白

Oxymyoglobin ;
oxy-Mb , 鮮紅色 , Fe^{2+}

氧化(Oxidation)



變性肌紅蛋白

Metmyoglobin ; Met- Mb,
褐色 , Fe^{3+}

person

Facility

Live
animal

Dust



Water

Skin

Equipment

Fecal

Insect



sterile

為什麼畜禽需要屠宰衛生檢查

● 人畜共同傳染病

狂牛症、肺結核

● 藥物殘留

抗生素、磺胺劑、瘦肉精

● 寄生蟲

旋毛蟲、弓蟲、肝蛭

● 微生物繁殖

生鮮產品 --- 假單胞菌
即食性產品 --- 乳酸菌



生鮮肉品的保存溫度



溫體肉（常溫）



冷藏肉（凍結點以上， 4°C 以下）



冰藏肉（ $0 \sim -2^{\circ}\text{C}$ ）



冷凍肉（ -18°C 以下）



食品保鮮的原理與條件

禽畜類或漁獲水產品自體消化酵素繼續作用，還有外來微生物之作用，使食品發生分解及腐敗。因此食品保鮮的條件有三個主要因素：
溫度、相對溼度、環境中的氣體及其濃度。

溫度

運用低溫達到對食品保鮮的原理如下：

針對禽畜類或漁獲水產品，低溫可使食品中的水分形成冰結晶，抑制大部分微生物的繁殖與酵素的活性，達到延長食品保存期限的目的。

溫度

- 低溫無法滅菌，但在0℃以下的儲藏環境，可抑制微生物的繁殖，低溫環境可以延長食品貯存時間。
- 目前，世界各國都公認-18℃是冷凍食品的基準保存溫度，對細菌有強力的抑制作用。最常見的食物中毒細菌如金黃色葡萄球菌及沙門氏桿菌等在4℃以下即無法繁殖，易造成腐敗的低溫細菌也在-12℃以上時停止生育，故在-18℃低溫條件下保存的冷凍食品十分衛生安全。當然，保存溫度越低的話，冷凍食品的保存效果更佳，保存期限也更長；相對而言，維持更低溫度所需的能源也要耗費更多。常用的低溫保鮮方法如下：

溫度

- 1. 冷藏：
 - 在凍結點以上， 10°C 以下的溫度進行貯藏；通常在 5°C 以下可抑制大部分食物中毒菌的生長。食品良好衛生規範準則(GHP)規定凍結點以上 7°C 以下。
- 2. 冰藏：
 - 在 $-2^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ 溫度範圍之內進行貯藏；一般用來貯藏易腐敗性的肉、魚貝類、乳品及蛋類。
 - 肉凍結溫度 -1.78°C

溫度

3. 冷凍：

在 -18°C 以下的溫度進行貯藏；此溫度幾乎可抑制所有微生物的生長。依其冷凍方式的不同又可分為下列幾種方式：

(1) 緩慢凍結 (Slow Freezing)：

此種方式使食品由品溫達到要求的冷凍溫度所花時間較長。食品因凍結過程中生成的冰結晶大，造成細胞膜破壞，食品品質變差，且在解凍時，形成大量的解凍滴液 (Drip)。

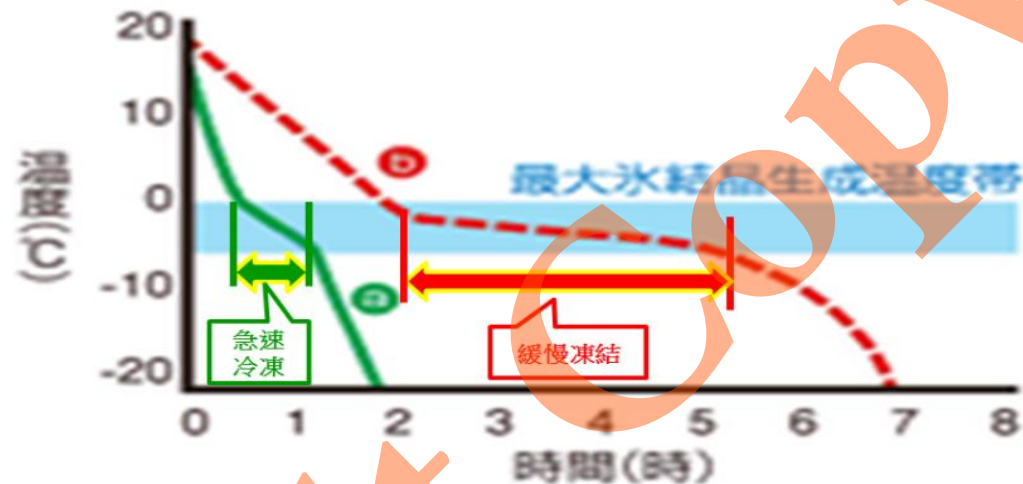
溫度

- (2) 急速冷凍 (Quick or Fast Freezing) :
- 使食品能在短時間之內（一般在30分鐘之內）通過最大冰晶生成帶（ $0^{\circ}\text{C}\sim-5^{\circ}\text{C}$ ）的凍結方法。此法使食品內生成的冰結晶微小且分布均勻，因此食品凍結後可保持優良品質。凍結過程中， $0^{\circ}\text{C}\sim-5^{\circ}\text{C}$ 之溫度帶，稱之為最大冰晶生成帶。由通過該溫度帶之時間長短，可決定食品中冰結晶生成之大小，並可左右所含蛋白質之變性，以及其他性質。緩慢凍結者，通過最大冰晶生成帶之時間較長，故冰之結晶較大，冷凍食品之細胞組織亦易被冰結晶所破壞。當細胞膜被冰結晶刺破之後，解凍時，則細胞內液流出，風味與營養成分隨之損失，且因組織被破壞，口感亦劣。

溫度

- (3)個體快速冷凍 (Individual Quick Freezing, IQF)：
- 利用小顆粒狀食品在輸送帶（盤）上進行上下運動的同時，下方垂直往上吹送冷風進行冷凍；此法可使被冷凍的食品，個體分開，不會黏結在一起。一般冷凍食品的運用IQF儲藏溫度為 -18°C 以下，而水產品則為 $-20^{\circ}\text{C}\sim-25^{\circ}\text{C}$ ，考量水產品鮮度與保存期限，建議儲藏溫度為 $-30^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ 。

緩慢凍結與急速冷凍對禽畜肉類品質的比較



未冷凍

尚未冷凍前的肌肉細胞



急速冷凍

肌肉細胞當中會產生極小的冰晶，對組織的傷害較小。



緩慢凍結

冰晶較大而壓縮到組織，變得像海綿一樣的口感。

冷凍肉變敗

- 組織被破壞，咬感不佳。
- 結霜、脫水。
- 肌紅素氧化變色。
- 氧化造成風味下降。
- 蛋白質變性，溶解度下降。

冷凍肉之變敗

- 微生物停止生長
- 產生冰晶
- 凍 燒 (Freezer Burn) 變色 氧化
- 蛋白質變性



防止凍燒方法

- Set your freezer to the right temperature. 正確保存溫度...
- Chill your food before freezing it. 降溫後再冷凍
- Freeze your food in small batches. 批次小包裝
- Don 't overfill—or underfill—your freezer. 凍庫適量保存
- Clean out and organize your freezer regularly.
- Use freezer-safe containers to store your food. 適當包裝方式
- Give your food an extra layer of protection. 增加抗凍保護

	最佳	次之	最差
口感	溫體肉	冷藏肉	冷凍肉
加工	溫體肉	冷藏肉	冷凍肉
保存性	冷凍肉	冷藏肉	溫體肉

禽畜肉品貯存

品名	儲藏溫度	保存期限
牛肉(整/切)	4°C冷藏	3~4天
	-18°C冷凍	10~12個月
豬肉(整/切)	4°C冷藏	3~4天
	-18°C冷凍	8~10個月
雞肉(切塊)	4°C冷藏	2~3天
	-18°C冷凍	6個月
雞肉(整隻)	4°C冷藏	2~3天
	-18°C冷凍	1年
鴨肉(整/切)	4°C冷藏	2~3天
	-18°C冷凍	3個月

原料肉腐敗與致病

原料肉標準：冷藏肉每公克三千萬個菌為標準

腐敗的特徵：變色（灰 綠 紅）發臭 產生黏液

肉品包裝

- 冷藏肉包裝：保鮮膜+泡利龍淺盤（3-5 天）
- 腐敗方式：腐臭（假單胞菌）
- 真空包裝：真空包裝袋 阻隔氧氣 保存時期長（7-15 天）
- 腐敗方式：酸臭（乳酸菌）

保鮮膜包裝肉 vs 真空包裝



Skin Pack 貼體包裝



Skin Pack 貼體包裝(Tray)



環境中的氣體及其濃度

- ◎調氣保存法 (Modified Atmosphere Packaging, MAP)；為利用調整空氣中氣體的比例與組成，例如降低氧氣 (O_2) 濃度，提高二氧化碳 (CO_2) 濃度，同時配合低溫儲藏與濕度控制，可以有效延長肉品的保存期限。例如將生鮮肉儲存於5%~10% CO_2 、20%~30% O_2 及溫度 $0^{\circ}C$ ~ $4^{\circ}C$ 的人工氣體控制儲藏室內，可有效降低微生物作用，維持鮮紅肉色，達到延長保存期限的目的。

敬請指教，謝謝

蔬果採後運銷冷鏈作業

農業機械化研究發展中心

李允中 教授



衛生福利部
食品藥物管理署
Food and Drug Administration

<http://www.fda.gov.tw/>

前言

藥求安全，食在安心



衛生福利部
食品藥物管理署
Food and Drug Administration

食品冷鏈

- 食品冷鏈是將食品從生產、加工、運輸、儲藏到銷售的整個供應鏈過程中，通過控制溫度和濕度等環境條件，確保食品在整個過程中保持新鮮、安全和高品質的系統。
- 食品冷鏈的主要目的是延長食品的保存期限減少損耗，並確保食品能夠在最佳狀態下到達消費者手中，部分食品的運輸冷鏈為法令上的要求。

農產品運銷冷鏈程序

農產品運銷是從田間到餐桌的過程，運銷冷鏈涵蓋：

- 收穫與收穫後預冷
- 包裝和運輸前預冷
- 低溫運輸
- 低溫儲藏
- 溫銷售和配送

通過有效的農產品冷鏈管理，可以減少農產品在供應鏈中的損耗和浪費，提高產品的附加值，滿足消費者對高品質、新鮮和安全農產品的需求，促進農產品產業永續發展。

農產品運銷冷鏈程序

收穫後處理/採後預冷

冷鏈物流

消費者端

- 農產品的品質在收穫後迅速劣變，最大的影響因素是溫濕度。
- 預冷是在收穫後迅速降低農產品的品溫，以求保持其品質。
- 農產品的儲藏目的為調節量的供應，良好溫濕的管控可以減少儲藏期品質的降低。
- 冷鏈物流是運輸與配售過程保持特定溫度，以保持從出貨端到收貨端品質。
- 沒有預冷當掛鉤，堅強的冷鏈物流就像攤在地上的鐵鏈。



農產品預冷

藥求安全，食在安心



衛生福利部
食品藥物管理署
Food and Drug Administration

定義：

農產品的預冷

「預冷」是指農產品採收之後，進入運銷通路、冷藏或加工前，所採行的一種將產品本身田間餘熱與採後呼吸熱迅速移除的方法。「預冷」將產品的溫度降低至安全的低溫，以減少品質的劣變。實施的時間依目的而異，且「預冷」程序在整個採後到消費過程可能不止一次。



農產品的預冷

預冷的目的：

1. 降低產品的呼吸率
2. 降低乙烯生成及作用
3. 減少產品失水
4. 降低腐爛微生物生長與生殖
5. 減輕機械性傷害徵狀的發生程度



農產品預冷原理

- 預冷是利用低溫的媒介接觸農園產品表面，使產品內產生溫差，因而在產品內產生熱傳導現象，將產品的熱移出，以降低產品溫度。
- 媒介在產品表面流動是從產品表面移出熱，促使產品表面降低溫度，這個過程為對流熱傳遞現象。對流熱傳遞快慢的控制因素為流體的質量、比熱以及流動速度。
- 以空氣為冷卻媒介者有室冷與壓差預冷；以水為媒介的為水冷。
- 冰的融解可以吸收大量的融解潛熱，將冰與產品接觸可以保持產品的表面溫度接近冰的融點，冰冷是一個有效的產品預冷方法。
- 水的沸點隨著外界壓力下降而降低，在低壓的環境下，產品的水分可以沸騰蒸發，水的汽化過程是吸收大量的蒸發潛熱而使產品溫度快速降低，此方法為真空預冷。

室冷

Room Cooling

- 室冷法利用冷藏庫的降溫能力來冷卻進庫的農產品，適用於各種可以冷藏的產品。
- 優點：不需要特別的裝置，只需要在冷藏庫規劃設計時考慮提供足夠的製冷機械能力與預冷所需的空間；缺點：冷卻緩慢，在產品進庫時增加排列的，與預冷後儲藏空間調整的作業。



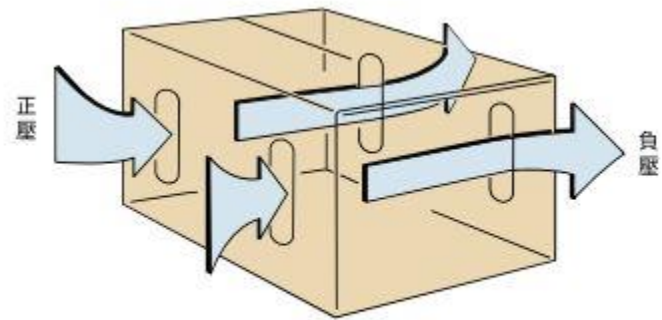
室冷法要點

- 冷藏庫的製冷系統都有降低產品溫度的功能，但機組大小的選配常以應付經常性負荷為目標，選用過大的機組會產生投資的浪費；但選用的機組在不能冷卻一時進庫的大量產品時，庫內空氣溫度會上升，熱空氣對貯藏中的已冷卻產品加熱，並且產生冷凝水於低溫的貯藏產品表面，容易造成產品的變質或腐爛。
- 室冷法使用冷藏庫，但冷藏庫的製冷機組功能要能提供足夠的製冷能力以便使預冷的產品在預定時間內降到預期的溫度；同時所使用的高風量蒸發器風扇，或增設的輔助風扇在預冷產品周圍能產生快速的氣流來移除產品所傳遞出來的熱。
- 室冷過程應使產品能充分暴露在冷卻氣流中，因此室冷環境要有足夠的空間，空氣通路要順氣流方向。快速的氣流可能促進產品水分的蒸散，冷卻氣流適當的加濕，可以避免乾燥失重。

壓差預冷

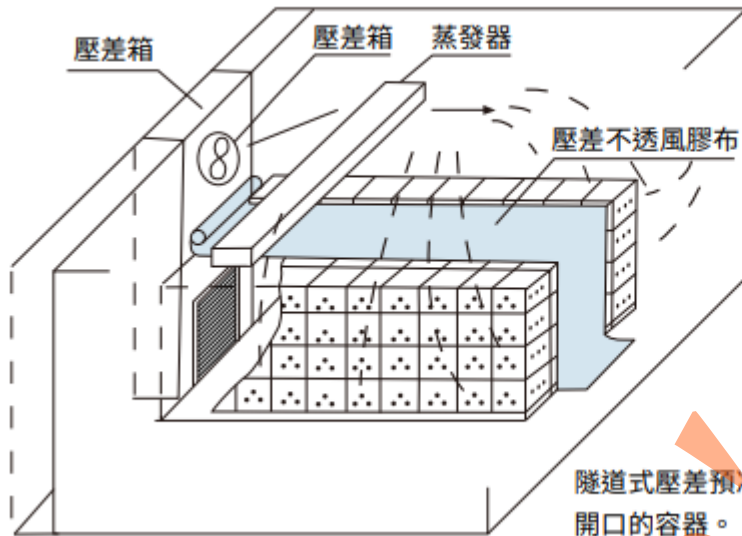
Pressure Cooling

- 壓差預冷又稱為強制通風冷卻(Forced-air cooling)，壓差預冷是室冷法的一種特殊形式，運用風扇吸引氣流進出包裝容器以加速容器內產品的降溫。壓差預冷可以使用產品的種類廣泛，所需的設備僅有壓差風扇和引導氣流的風道設計，但包裝容器需考量氣流通過的可能與均勻性。
- 常用的壓差預冷方式
 - 隧道式
 - 冷牆式
 - 頂吸式



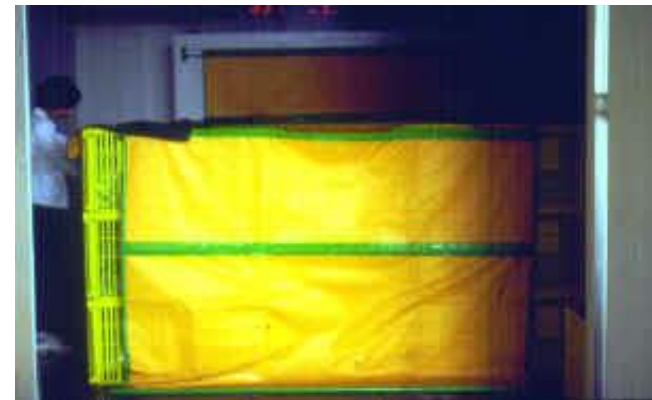
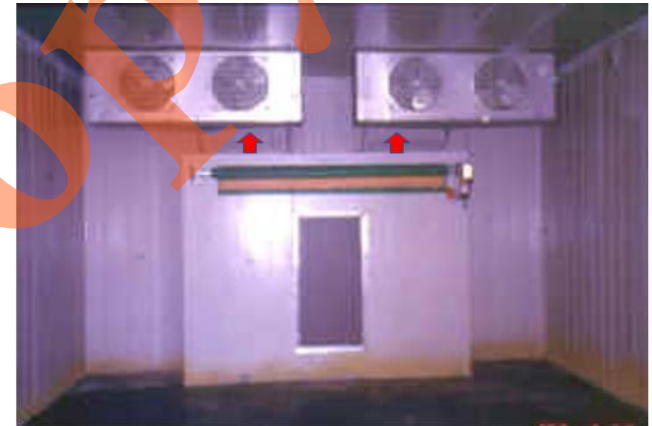
壓差預冷運作機制。(來源：李允中；經重製)

隧道式壓差預冷

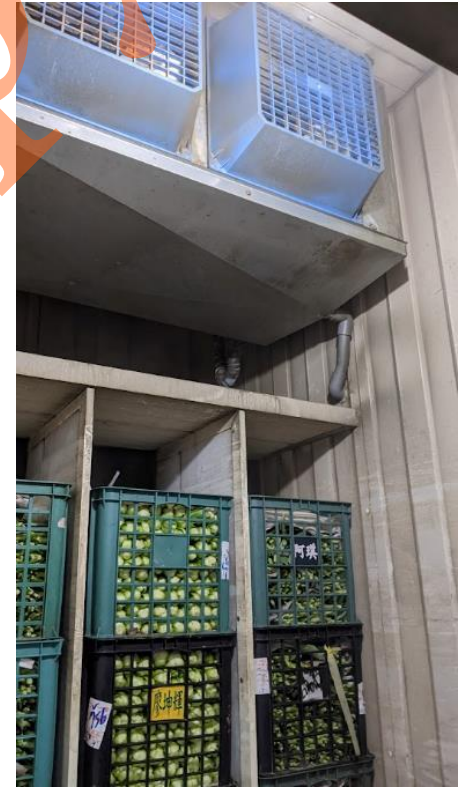
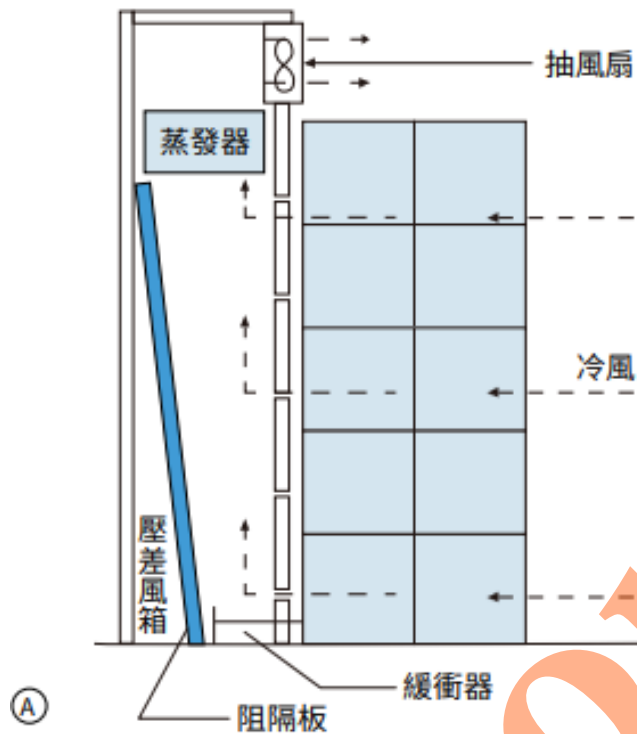


隧道式壓差預冷示意圖，此方法適用側方前後對應開口的容器。（來源：Thompson, 1998；經重製）

隧道式壓差預冷使用風箱將
排列成隧道的產品箱從側面吸入空氣。

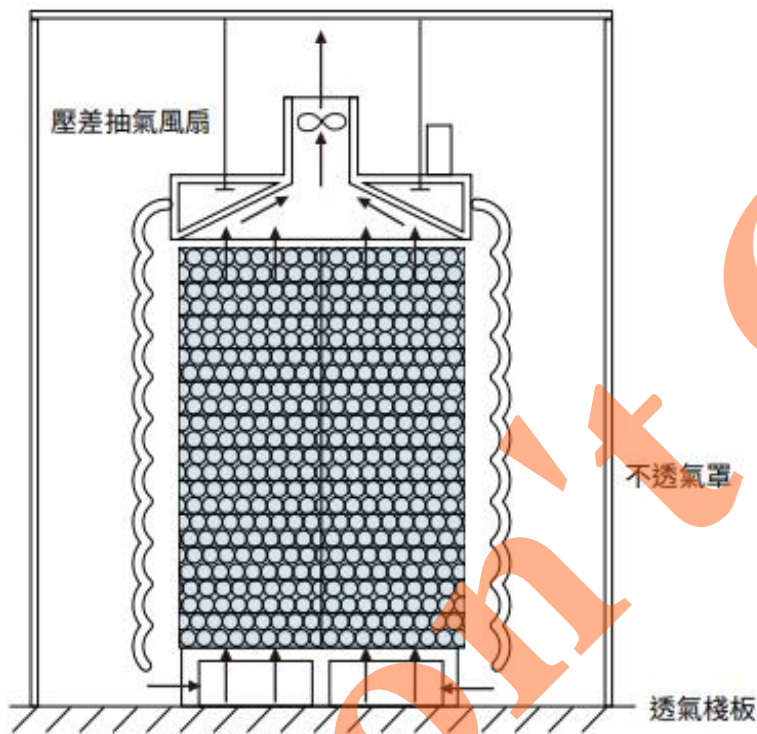


冷牆式壓差預冷



冷牆式壓差預冷使用牆面風箱
將緊貼於牆產品箱從端面吸入空氣。

頂吸式壓差預冷



壓差預冷裝置示意圖，此方法適用上下對應開孔的平底容器。（來源：黃肇家、徐敏記、林妤嫻，2020；經重製）



頂吸式壓差預冷使用
頂部的風扇產生壓力差，
從產品箱底部吸入空氣。

壓差預冷要點

- 壓差預冷原理為透過抽風扇產生負壓，迫使冷藏庫內的冷空氣進入包裝容器內，通過產品周圍並帶走熱量，達到加速降溫的效果。氣流進出容器促進容器內產品與外界的熱交換，空氣通過產品表面增加氣流速度加快產品表面的對流熱傳遞，同時也增加產品表面的水分蒸散產生蒸發冷卻效果。
- 適用於多數容器內的農產品，可以使用室冷法冷卻的產品皆可以使用。壓差預冷法僅優於室冷法，但設備簡單廉價，在規模上、經濟上，品質維持上不適合使用其他預冷方法的產品都可以使用。但和室冷一樣的限制，容易產生寒害的產品應考慮其預冷溫度，因冷卻的快速，寒害的生成可能更嚴重。

冰冷

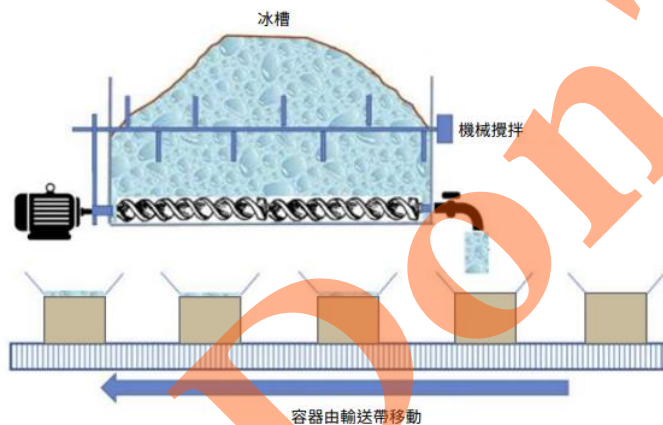
Icing

- 冰冷的冷卻媒體是固態的水—冰，運用冰融解吸收產品的熱，以降低產品的溫度，或吸收環境侵入的熱。冰的融解可以保持於融解溫度，且單位重量冰的融解潛熱是水上升 1°C 的顯熱的80倍，可以用小量的冷卻媒體可以維持固定溫度並吸收大量的熱。
- 冰冷使用粉碎的塊冰或連續生產的鱗片冰。
- 常用的冰冷方法
 - 覆冰
 - 流動冰



覆冰

- 使用碎冰覆蓋於產品上面，最簡單的覆冰是產品裝好後，將碎冰壓鋪於頂層再封箱。
- 冰層與產品距離愈近效果愈佳，距離冰層遠的底部因降溫不足，一層產品、一層覆冰的方法，可以提升冷卻的效果與溫度的均勻度，但增加作業的複雜性與裝箱時間。
- 覆冰融化水溫上升，水的浸泡可能產生產品品質負面效應。



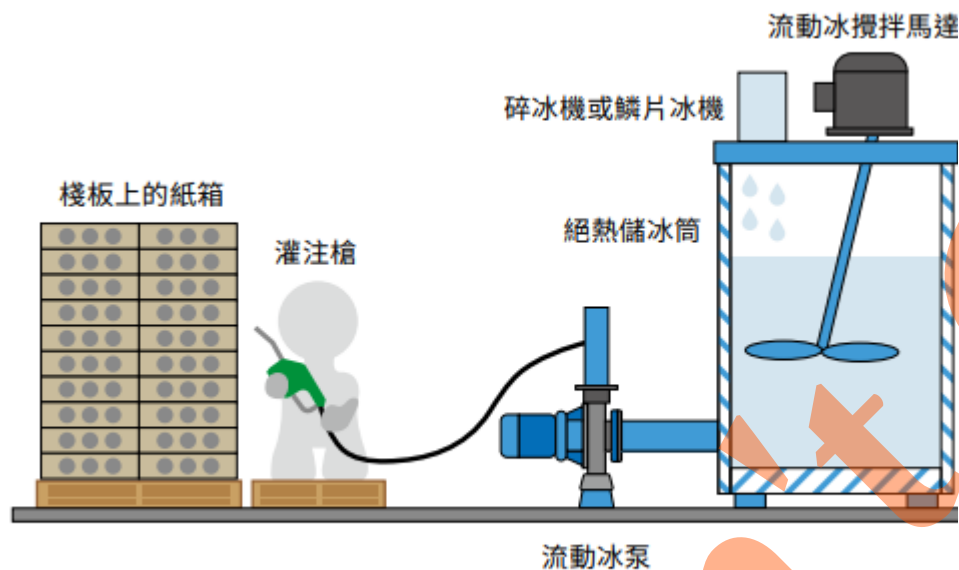
碎冰的自動覆冰作業示意圖。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)



製冰場塊冰碾碎，常用於蔬菜的覆冰以作為低溫運輸之用。(來源：李允中)

流動冰

liquid ice



流動冰灌注作業示意圖。(來源：Elansari et al., 2019；經重製)

小顆粒碎冰和水的均勻混合物，冰的粒徑與冰/水比適當時，可以使用冰水泵抽送穩定流動。流動冰可以如水流到產品各位置的間隙而堆積。



A. 國產流動冰機與其灌注作業。
B. 紙箱內的灌注效果。
C. 青花菜包冰的狀態。(來源：洪混祐)

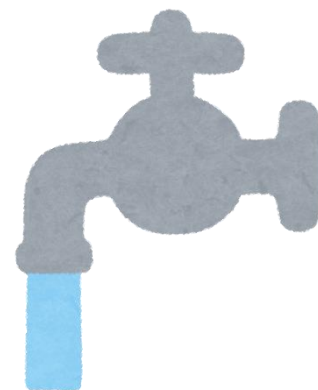
冰冷要點

- 冰是隨行冷卻，冰的融解可以在運輸過程繼續吸熱，並保持或降低產品溫度，在英文裡稱為包裝冰冷(package icing)。因為冰不流動，冰對產品的降溫必須靠著融冰的水或周遭的冷空氣，冰冷於產品的降溫速率低於水冷，但高於任何以空氣為冷卻媒體的冷卻方法，但冰的保冷對產品低溫的維持是其特點。
- 冰是很好的吸熱降溫媒體，但冰的融解產生液態的水，水的流出與在產品表面的殘留限制冰冷的使用。冰冷可以用於胡蘿蔔、西洋芹等根莖菜類；青花菜、朝鮮薊、甜玉米等花果菜類；以及小規模運輸的豆類。
- 在台灣普遍用於芹菜、杏菜等耐水蔬菜（水菜），亦曾用有人嘗試用於短期葉菜類與豇豆等的運銷都有顯著的成效。
- 寒害、冰水的去處、容器的防水性、有效容量的降低等是應用冰冷必須考慮的限制因素與缺點。

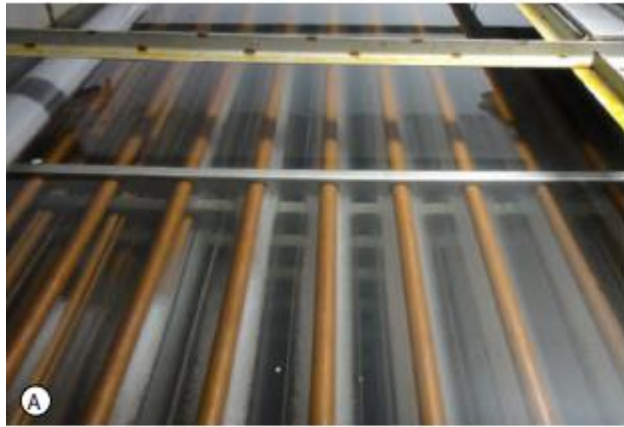
水冷

Hydro-cooling

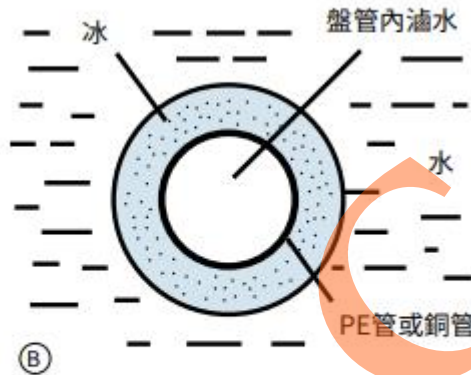
- 水冷的冷卻媒體是液態的水，水具有高比熱與高密度的特性，吸熱後溫度上升少；水容易流動方便帶走所吸收的熱，由這兩個特性讓低溫的流水可以和產品表面維持大的溫度差，產生很好的熱傳效果。
- 水冷常使用近於 0°C 的冷卻水俗稱冰水，冰水溫度靠融冰來維持，而使用儲冰式的冰水機。
- 常用的水冷方式：
 - 淋水式
 - 浸水式



儲冰式水冷機

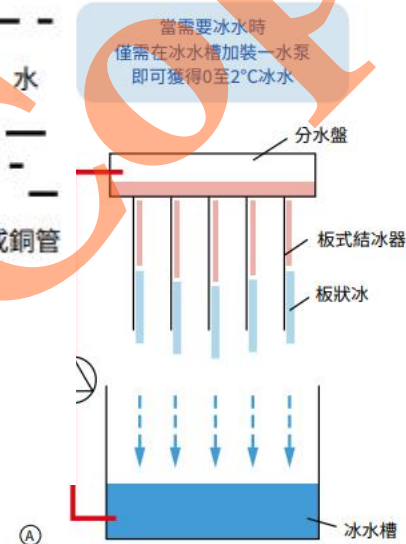


A. 盤管儲冰的水冷系統，可以用於產生水冷用的冰水。（來源：友賀工程，2024/1/16）



B. 盤管結冰儲冰的機制示意圖。（來源：Ho and Hui, n.d.；經重製）

- 儲冰式水冷機靠融冰維持冷水於 0°C
- 使用夜間儲冰可降低電費支出
- 常用的儲冰方式
 - 盤管式
 - 板冰式

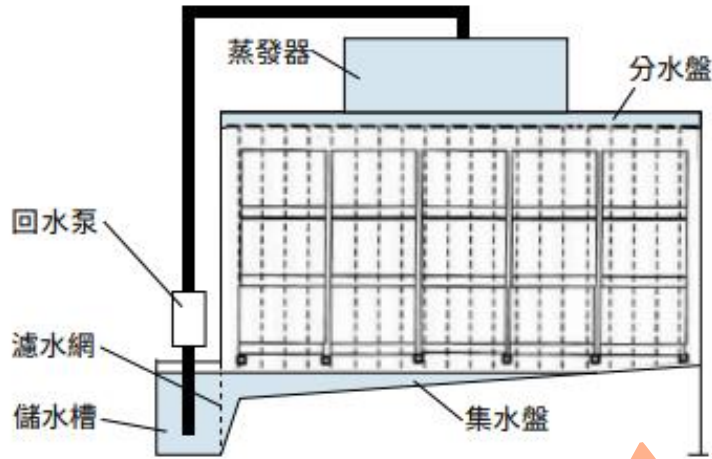


A. 板冰製冰機運作機制示意圖。（來源：開拓冷凍工業股份有限公司，2024/1/16；經重製）



B. 板式製冰機的冰塊落入冰水槽，使用於水冷預冷的冰水製造。（來源：Omega Thermo Products Group, 2024/1/16）

淋水式水冷



批式淋水式包裝蔬果水冷機示意圖。(來源：Thompson et al., 1998；經重製)



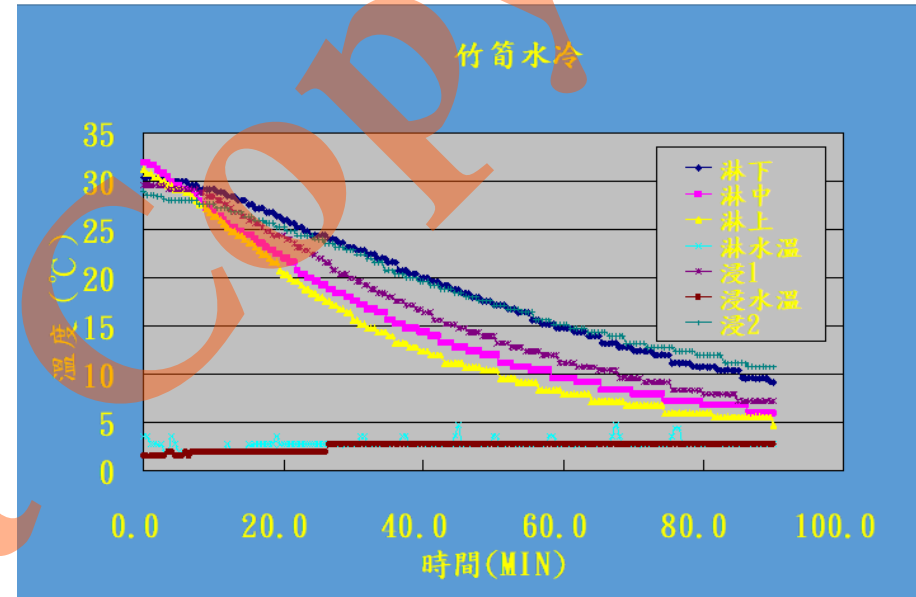
淋水式預冷設備的作業。(來源：Southwest VA Farmer's Market, 2024/1/16)

大量的冷水經由密集的出水孔流入包裝容器，淋水法較容易產生產品表面的水流動，流動速度將加快產品降溫速度。

浸水式水冷



- 裝有產品的多孔包裝箱直接浸泡在冰水槽內，冰水進入容器內不容易流出，設備中常裝置氣流或水流的循環來促進容器內溫度升高的冰水流出。



- 淋水式可比浸水式水冷的產品溫度下降較快，但淋水式若冰水通過產品的距離過長，或淋水量不足則降溫速率變慢。

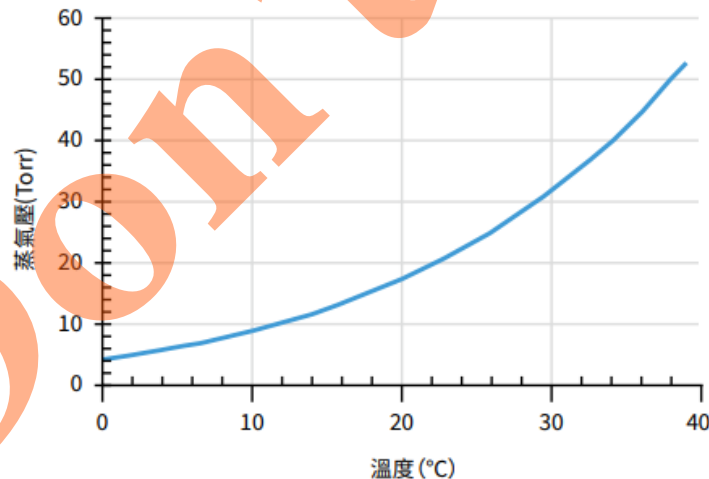
水冷的要點

- 用低溫水清洗也同時會因溫度差造成水冷的效果，但清洗用水會被污染而需要部分更新或添加殺菌藥物（如含次氯酸根的化合物）。
- 水冷的降溫速率比以空氣為媒體的冷卻快，也比冰冷的降溫快。
- 水冷法是唯一不會產生失水的預冷方法，但水冷使產品吸水亦可能對損壞產品品質。
- 水冷容易產生產品傷口的感染造成腐爛，相同的預冷後的殘餘水在溫度上升時也容易促進細菌增殖而腐敗產品。
- 台灣處於熱帶與亞熱帶田間菌相複雜，菌數濃度高，感染容易，生鮮產品除根莖類外較少使用水冷，竹筍、茭白筍的冰水預冷最為成功。

真空冷卻

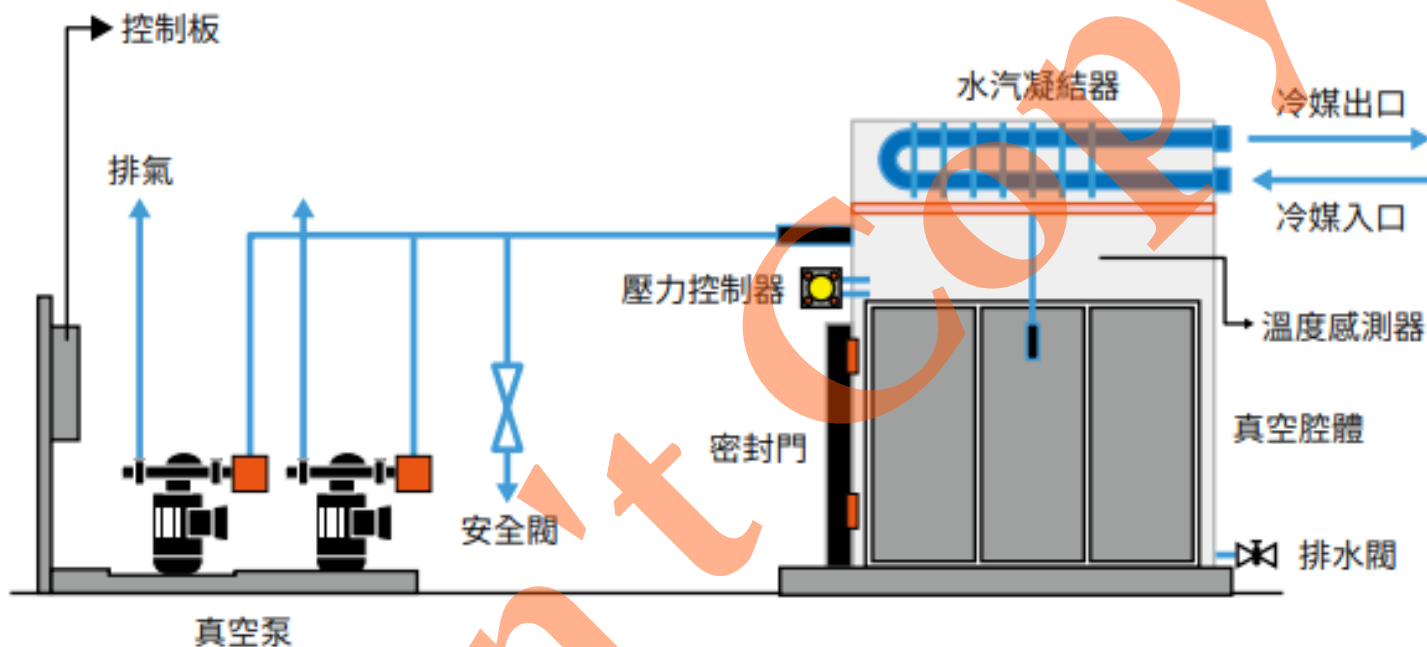
vacuum cooling

- 真空預冷是利用產品表面的水分蒸發來降低產品溫度，對應於產品溫度產品表面的水具有一個對應的蒸汽壓，在減壓的外在環境下，若壓力降低至產品表面蒸汽壓以下，產品表面的水即吸熱迅速沸騰蒸發，而對產品產生快速的降溫。真空預冷是不需要藉助冷卻媒體的冷卻方式，冷卻迅速但需要特別的設備，購置金額龐大。



不同溫度下水的蒸汽壓力。(來源：李允中；經重製)

真空冷卻機



真空預冷系統的主要機件。(來源：Elansari, et al., 2019；經重製)

真空冷卻機的主要元件：

- 真空腔體
- 水汽凝結器
- 真空泵
- 製冷系統

真空泵



A. 真空預冷系統用水封泵系統，箭頭所指由上而下依序為前級魯氏泵，後級魯氏泵，水封泵。
B. 水封泵的冰水槽。（來源：李允中）



真空預冷系統用無油真空泵（箭頭所指）。（來源：李允中）

- 真空泵是真空預冷系統的心臟，真空泵的能力決定真空冷卻的作業速度。
- 常用真空泵
 - 水封泵
 - 無油真空泵

水汽凝結器

真空預冷的水汽凝結器即是製冷系統的蒸發器，為提供真空冷卻時快速產生的水蒸汽凝結，水汽凝結器的凝結表面積要很大，才足以應付真空冷卻的速度。



常用的水汽凝結器

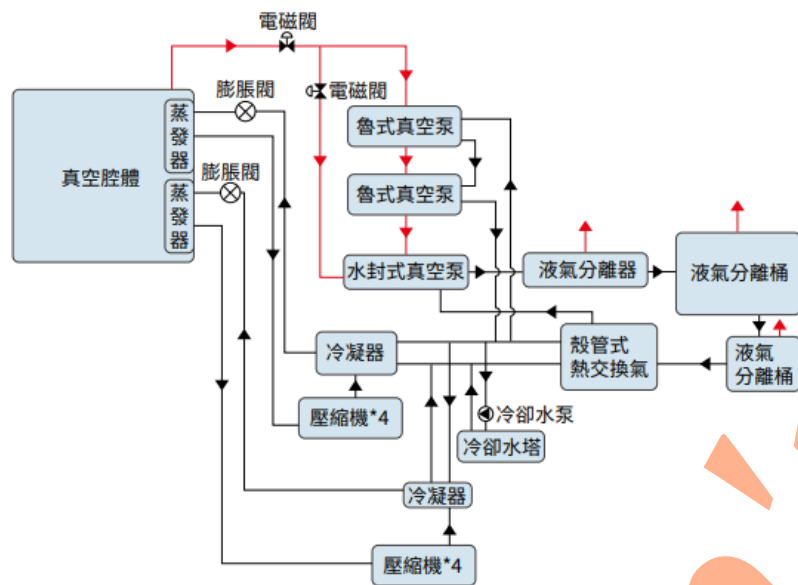
— 鰭片式熱交換器

— 管殼式熱交換器

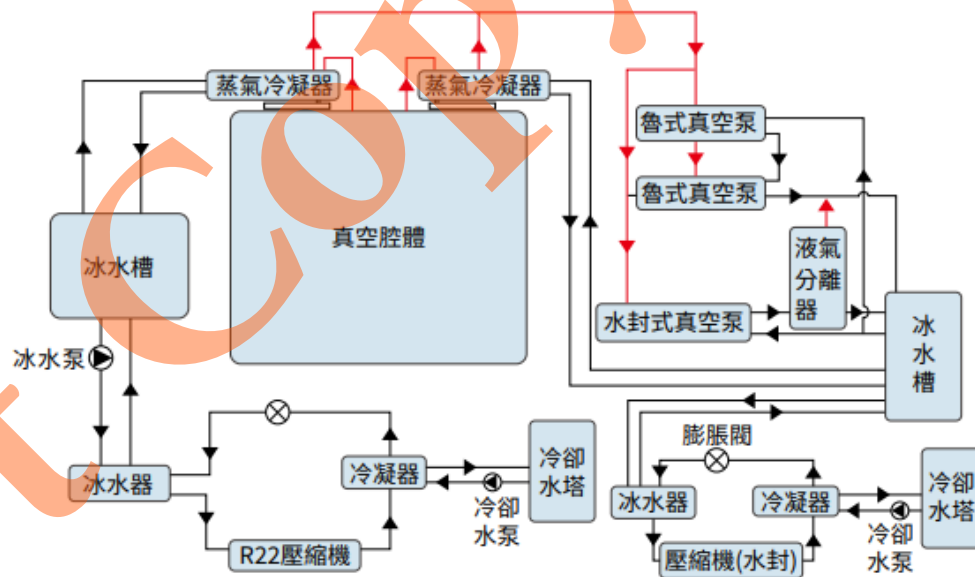
A. 真空預冷系統用以凝結水蒸汽的鰭片式熱交換器（箭頭所指）。

B. 真空預冷系統用以凝結水蒸汽的管殼式熱交換器（箭頭所指）。（來源：李允中）

製冷系統



滴水式真空預冷系統。(來源：雷鵬魁，2022；經重製)



直膨式真空預冷系統。(來源：雷鵬魁，2022；經重製)

- 製冷系統移除水汽凝結熱。

常用的系統：

- 滴水式製冷系統
- 直膨式製冷系統

真空冷卻要點

- 葉菜真空冷卻作業迅速，台灣商用機的設計，通常每批作業時間為30分鐘左右。
- 葉菜商用真空冷卻機處理能量很大最小規模約為兩公噸/批。
- 真空冷卻適合表面積/體積比大的農產品，例如葉菜類，香草作物；質地疏鬆的產品如洋菇等菇類，玉米穗，青花菜，白花菜等。
- 在有些包裝場真空冷卻也用來蒸發產品表面水分，以方便安全儲藏，如：日本北海道的胡蘿蔔包裝場。只要包裝袋不是完全密封，包裝的蔬果產品仍可以用真空冷卻。
- 真空冷卻的機制為水分蒸發，因而產生失水，可靠預先淋水降低重量損失。

美國的預冷服務業



美國的預冷服務業

Post Harvest Technologies, Inc.



西螺地區的真空預冷服務業



台灣製從1990年開始推廣葉菜類真空預冷，績效卓越，在雲林地區已有真空預冷服務業，提供葉菜類預冷與運銷前暫儲。

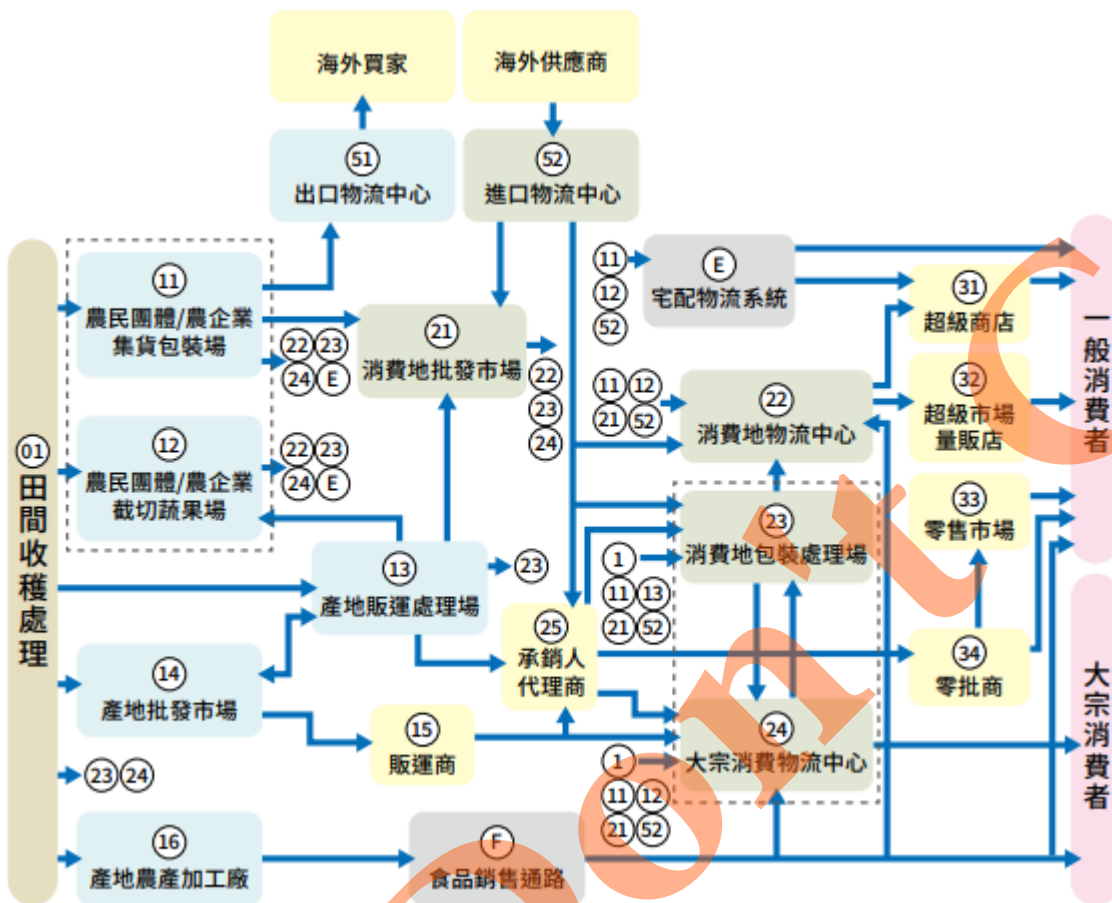
運銷冷鏈的場域與作業

藥求安全，食在安心



衛生福利部
食品藥物管理署
Food and Drug Administration

農產運銷冷鏈



其間為產地或消費地的包裝處理場、各種交易市場與物流中心。

農產運銷通路系統是連結生產者與消費者的網路，由於農產運銷的多元化網路如同蜘蛛網一樣的複雜交錯。

系統的兩端分別是生產者與消費者，生產者為田間生產的農民，目前大多組合成產銷班以方便輔導與營運；消費者可分為家庭消費者與大宗消費戶。

田間收穫

- 田間的收穫工作是冷鏈的最開端。
- 收穫工作盡可能在清晨進行，減少太陽輻射的加熱。
- 收穫的農產品要放置於有陽遮的陰涼地方。
- 水可以清洗也是降溫有效的媒體，但水量要充分，並注意水的清潔衛生。
- 田間收集應採少量多次，盡快輸送到集貨場或加工廠。



版權：West Center for Agricultural Health and Safety



版權：University of Minnesota Extension



衛生福利部
食品藥物管理署
Food and Drug Administration

田間收穫

- 農產品田間餘熱量很大，田間沒有電源，難以移除。
- 冰的融解可以吸除較多的熱，但融解水容易滋生微生物造成腐爛。
- 密閉的塑膠容器裝水結冰，放入回收保力龍箱，可以作為廉價而簡易的田間降溫器具。
- 市售保冷袋常使用共晶溶液已達到低於 0°C 的融解溫度，農產品冷卻的適當溫度都高於 0°C ，容器內裝水即可。



版權：Pchome 24h購物



版權：7-11東衛門市在Facebook



版權：露天拍賣，jeff_lily的賣場



衛生福利部
食品藥物管理署
Food and Drug Administration

產地集貨場



水冷



壓差預冷

- 產地集貨場收集生產者包裝好的籃框或紙箱產品
- 集貨場提供預冷設備與運銷前的低溫暫儲。
- 集貨場為運銷據點，供應市場與後續包裝與截切加工業者。



冰冷

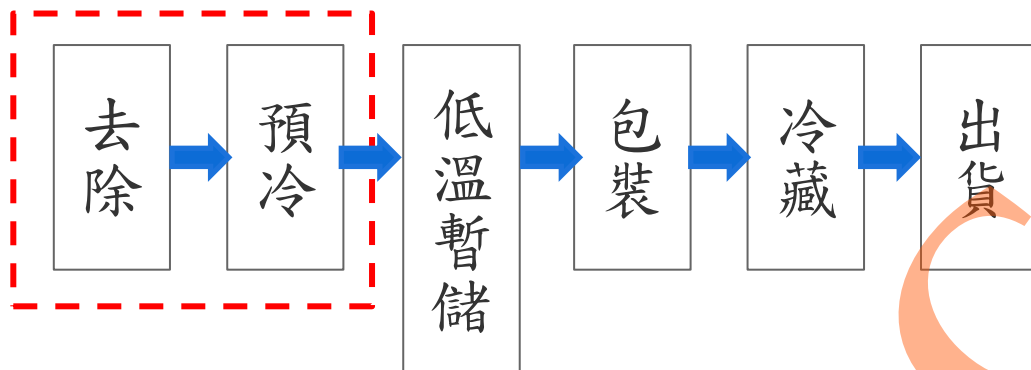


真空預冷



冷藏庫

產地包裝場

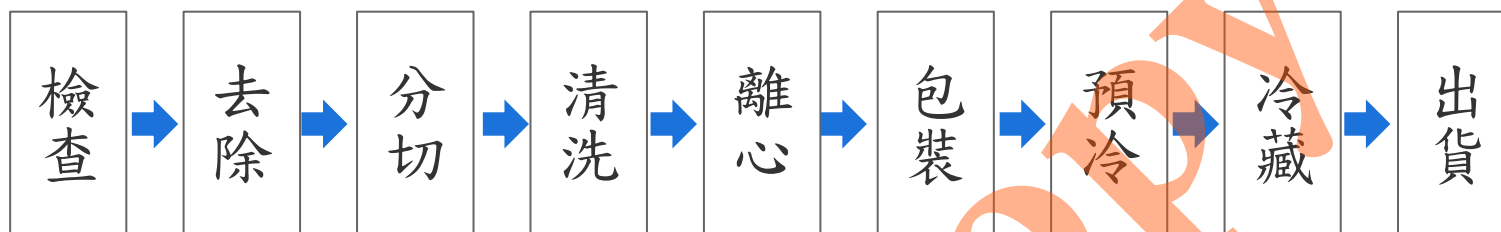


產地包裝場進行小包裝
供應超市與量販店。



版權：雲林縣漢光果菜生產合作社

產地截切場



產地蔬菜截切場原以大餐飲消費戶為對象，近年即食蔬菜沙拉消費增多，冷鏈需求更為迫切。



版權：饒平合作農場

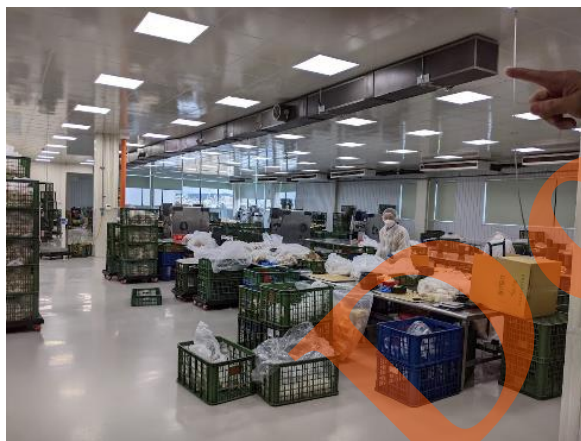
優良農糧產品驗證基準對生鮮截切蔬果定義為：

保持在 7°C 以下（建議最好保持在 4°C 以下）之冷藏低溫狀態下儲運販售，供進一步加工處理之產品。

消費地包裝處理場



- 北農第二批發市場附設的消費地包裝場，由批發市場取得產品進行超市小包裝。
- 包裝場與消費地物流中心結合，包裝後直接理貨。
- 包裝場設定為15°C

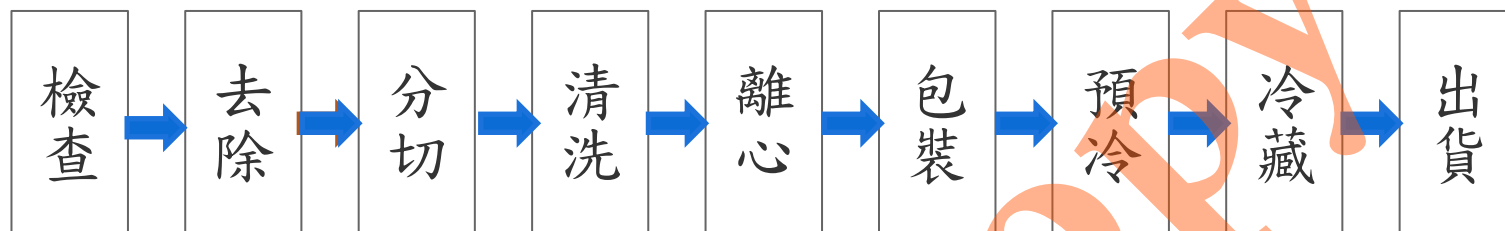


消費地包裝處理場

- 理貨後產品在低溫作業室依目的地排列裝車。
- 北農原無出貨碼頭，在開放停車場裝車。
- 下圖為北農低溫運銷車卸貨的密閉碼頭，與緩衝區。



消費地蔬菜截切場

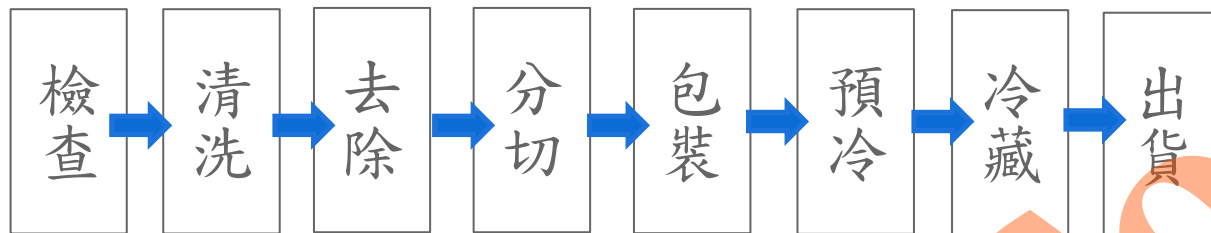


消費地蔬菜截切場因冷鏈的建構
已經逐漸被產地截切場取代。



版權：中原食品開發股份有限公司

消費地水果截切處理場



截切水果的通路日益通暢，在消費地新增許多水果截切處理場。截切水果為即食產品，高度衛生安全要求，冷鏈依賴度高。



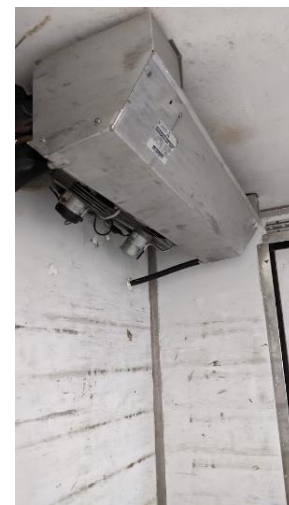
版權：中原食品開發股份有限公司

消費地物流中心



消費地物流中心為超市、量販店與超商集貨與配送中心

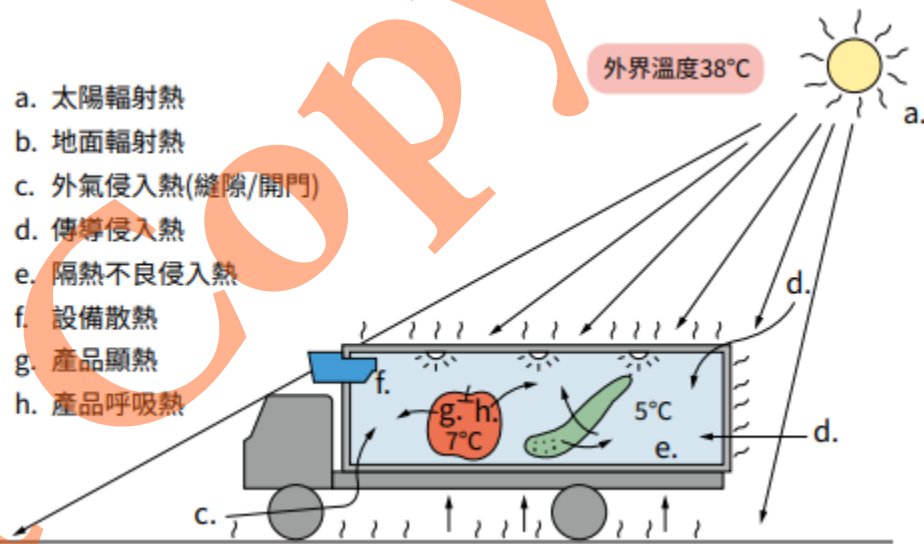
宅配物流系統



產地直銷是新興的農產運銷通路，生產者經由宅配物流系統交運給消費者

- 低溫宅配物品交寄前應先將物品預冷
- 農產品須事先預冷6小時以上
- 冷凍物品(-18°C)須事先預冷12小時以上
- 於外箱張貼冷藏、冷凍標示。

低溫運輸車



- 各農產運銷設施間的聯絡靠低溫運輸車提供適當的環境溫度
- 冷藏車並非預冷用途
- 大型冷藏車為長途運輸用
- 中小型低溫運輸車為集貨、配送用

結語

- 台灣運銷距離短，產品經過正確的預冷，若無冷鏈運輸仍尚可維持品質。
- 近年超市、量販店與超商的消費形式佔比增大，配合後續的冷鏈配銷，預冷與低溫運輸變得更重要。
- 截切產品在市場的接受度日益升高，農產品運銷冷鏈的需求殷切。

