

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อรักษาคุณภาพผักและผลไม้



รศ.ดร. สूरียัณห์ สุภาพวานิช

หลักสูตรนวัตเกษตรเขตร้อน ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล.

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

Postharvest Technology

ศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการผลผลิตทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อรักษาคุณภาพ

ความปลอดภัย และส่งมอบตรงตามความต้องการของผู้บริโภคอย่างยั่งยืน

ความสำคัญของเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว



ป้องกันและลดความสูญเสีย

- ลดการเน่าเสียและสูญเสีย
น้ำหนัก (Postharvest Losses)
- เพิ่มปริมาณสินค้าที่มีคุณภาพเข้าสู่ตลาด



รักษาความสดและโภชนาการ

คงลักษณะปรากฏ รสชาติ และรักษา
คุณค่าทางอาหารและโภชนาการที่
เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคไว้อย่างดี
ที่สุด



เพิ่มมูลค่าและขยายตลาด

สร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน
ของสินค้าเกษตรกรรมไทย ไปทางสู่
การค้าและตลาดต่างประเทศได้
อย่างปลอดภัยและมั่นใจ



| ห่วงโซ่การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเบื้องต้น

2. Transportation & Packinghouse

การขนย้ายเข้าโรงคัดบรรจุ คัดเกรด ล้าง
ทำความสะอาด และคัดแยกสิ่งปนเปื้อน

4. Retail & Consumers

การจำหน่ายผ่านผู้ค้าปลีกจนถึงขั้นตอน
สุดท้ายที่ผู้บริโภคจัดเตรียมอาหาร

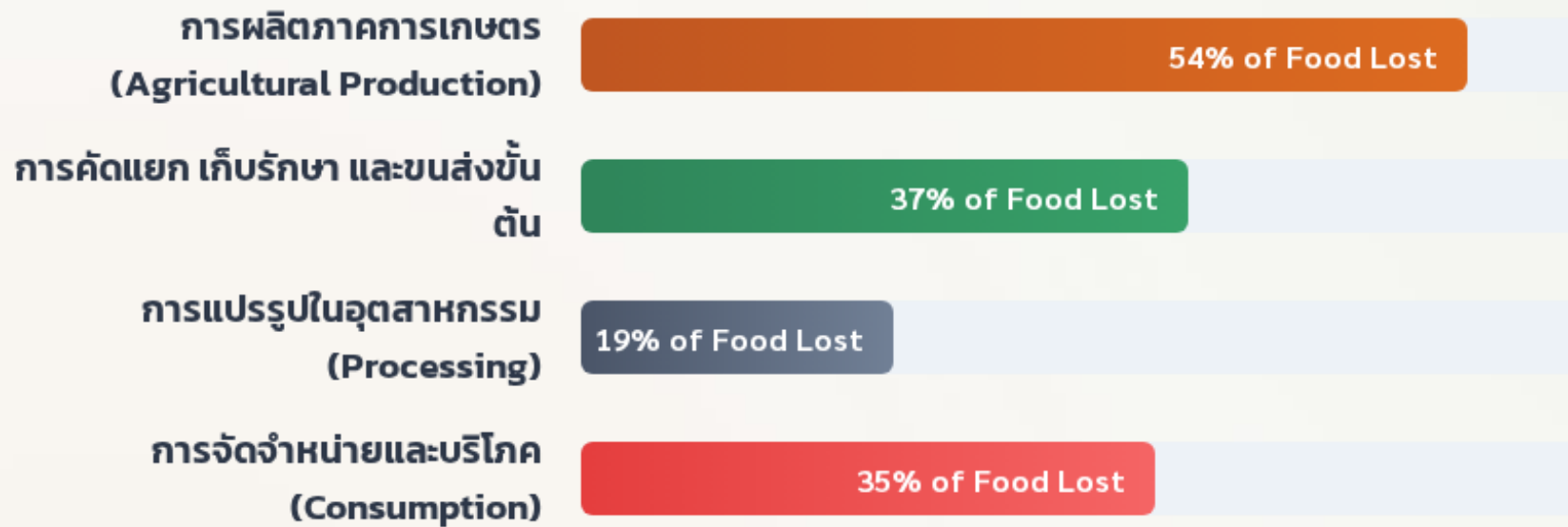
1. Harvesting & Handling

การเก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ที่เหมาะสม
และการจัดการขั้นต้นในแปลงปลูก

3. Storage & Logistics

การควบคุมอุณหภูมิ/ความชื้น ระหว่าง
เก็บรักษา และขนส่งกระจายสินค้า

สัดส่วนการสูญเสียผลผลิตอาหารในห่วงโซ่อุปทาน



* กว่า 50% ของอาหารทั้งหมดที่โลกเราผลิตได้ในแต่ละปี ต้องสูญเสียไปอย่างไร้ประโยชน์ระหว่างทางในภาคการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว
(แหล่งข้อมูล: FAO / Bayer CropScience)

สาเหตุและปัจจัยการสูญเสีย หลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตร

1. การบาดเจ็บทางกายภาพและความเสียหายทางกล

ผลกระทบที่ตามมา

- รอยแผลที่เกิดขึ้นเป็นทางเข้าที่สำคัญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค
- กระตุ้นอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน
- กระตุ้นการคายน้ำ ส่งผลให้ผลิตผลเหี่ยวเฉาและเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น



2. การเข้าทำลายของโรคหลังการเก็บเกี่ยว

เชื้อรา (Fungi) และเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) คือ
ตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียหลังเก็บเกี่ยว



โรคแอนแทรคโนส (*Colletotrichum gloeosporioides*)
และ โรคข้าวผลเน่า (*Lasiodiplodia* sp.) ในมะม่วง



อาการเน่าและ: เชื้อแบคทีเรีย

สาเหตุและปัจจัยการสูญเสีย หลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตร

3. การเข้าทำลายของแมลงและสัตว์กัดแทะ

แมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยว

ตัวอย่างแมลง: แมลงวันผลไม้ (Fruit flies), มอด, และหนอนเจาะชนิดต่างๆ

สัตว์กัดแทะ

ตัวอย่างสัตว์: หนูและสัตว์ฟันแทะอื่นๆ ในโรงเก็บ
นอกจากกัดกินผลิตผลโดยตรงแล้ว ยังนำพาเชื้อโรค

4. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและเคมี-กายภาพ

ผลิตผลหลังเก็บเกี่ยวจากต้นยังคงเป็นสิ่งมีชีวิตและมีกระบวนการเมแทบอลิซึมทำงานต่อเนื่อง

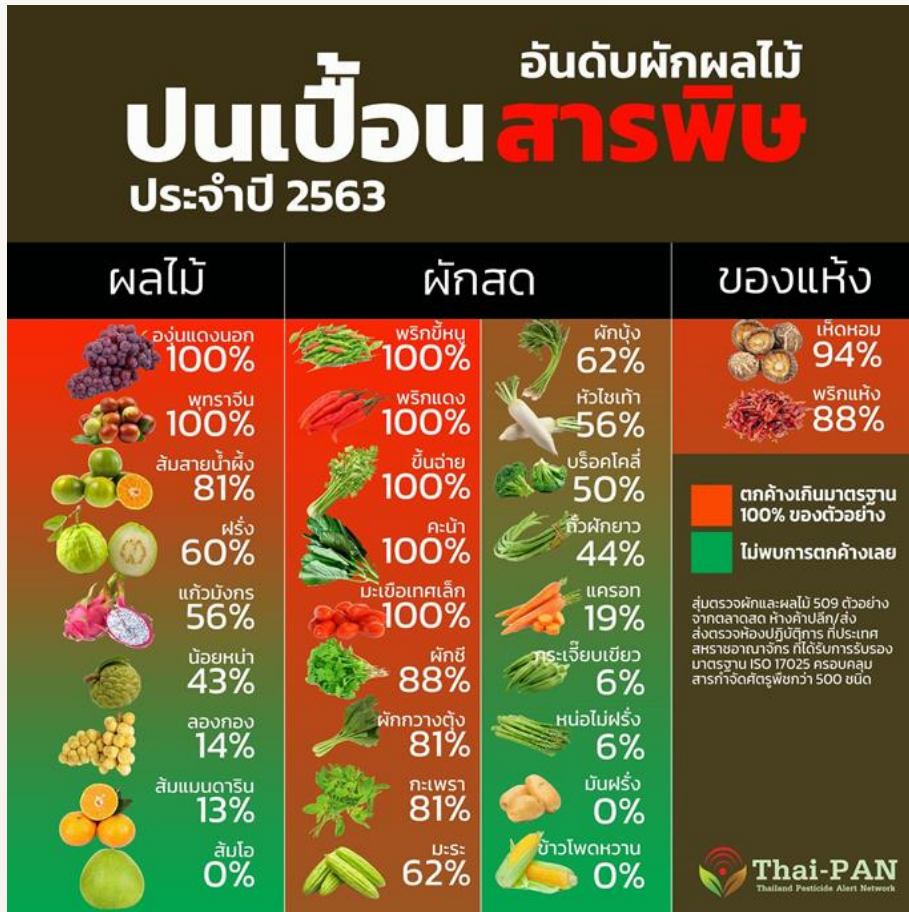
- ✓ การหายใจ (Respiration): สลายสารอาหารสะสมเพื่อใช้สร้างพลังงาน ทำให้น้ำหนักแห้งลดลง
- ✓ การคายน้ำ (Transpiration): สูญเสียน้ำในเนื้อเยื่อ ส่งผลให้เหี่ยวเฉา เหี่ยวยุบ และเนื้อสัมผัสกระด้าง

- ✓ การสุกและการแก่ชรา: การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (ทำให้เหลือง) และการนิ่มตัวของเนื้อสัมผัส



สาเหตุและปัจจัยการสูญเสีย หลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลเกษตร

5. การปนเปื้อนของสารเคมีอันตรายและโลหะหนัก



6. ความไม่มีประสิทธิภาพของระบบตลาดและการกระจายสินค้า

ปัญหาระบบขนส่งและลอจิสติกส์

ขาดการวางแผนเส้นทางและการประเมินเวลาที่แม่นยำ ขาดอุปกรณ์ พยุగుณหภูมิที่เหมาะสม (Cold Chain) ส่งผลให้ผลิตผลต้องเผชิญ กับสภาพอากาศร้อนขึ้นภายนอกเป็นเวลานานเกินควร

ระยะทางและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการซื้อขายผ่านพ่อค้าคนกลางที่ซับซ้อนหลายทอด ทำให้ ผลิตผลใช้เวลานานกว่าจะเดินทางไปถึงตลาดปลายทาง หรือผู้บริโภค

| สี่ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมคุณภาพ



1. อุณหภูมิ

ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด
ควบคุมอัตราการหายใจ การ
เปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยา
และการเจริญเติบโตของโรค



2. ความชื้นสัมพัทธ์

ควบคุมการระเหยของน้ำ
และการคายน้ำของ
ผลิตภัณฑ์ ป้องกันไม่ให้เกิด
การเหี่ยวแห้ง



3. สภาพบรรยากาศ

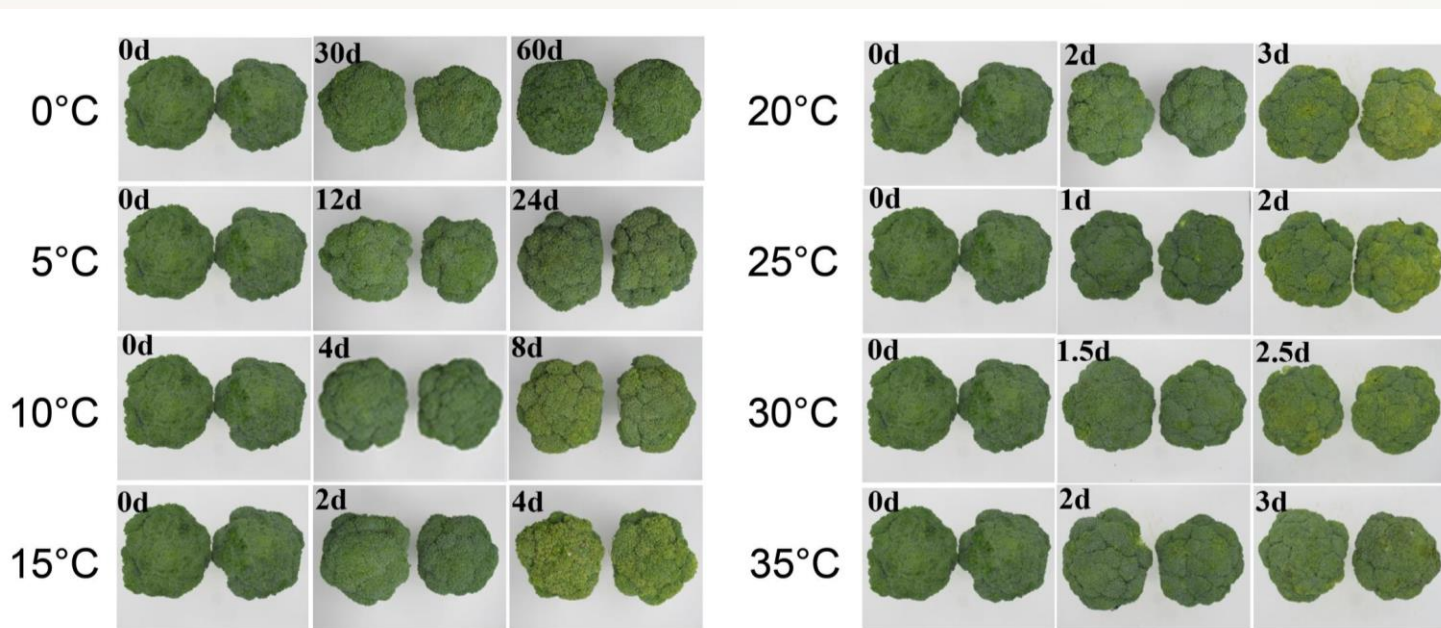
ระดับความเข้มข้นของ
แก๊ส O_2 , CO_2 และเอทิลีน
(C_2H_4) ในพื้นที่เก็บรักษา



4. แสงสว่าง

กระตุ้นการสังเคราะห์สารสี,
อัตราการคายน้ำ การงอ
และการงอกของหน่อในพืช
หัวบางชนิด

อุณหภูมิจึงสำคัญต่อการรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว



<https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/broccoli>

ปฏิกิริยาต่อการการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

- ✓ **อุณหภูมิสูงขึ้น (↑ TEMP):** เร่งปฏิกิริยาเคมีทางชีวภาพและการเจริญเติบโตของเชื้อราจุลินทรีย์
- ✓ **อุณหภูมิต่ำเกินไป (↓ TEMP):** อาจทำให้พืชเขตร้อนเกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling injury)
- ✓ **การจัดการ:** ใช้ระบบล็อกโซ่ความเย็น (Cold Chain) เพื่อรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง

ความชื้นสัมพัทธ์: สมดุลของน้ำในผลผลิต

ความชื้นต่ำเกินไป (Low %RH)

- ทำให้ความต่างของแรงดันไอน้ำระหว่างพืชและบรรยากาศภายนอกสูงขึ้น
- พืชสูญเสียน้ำผ่านการคายน้ำอย่างรวดเร็ว
- ส่งผลให้น้ำหนักลดลงและเกิดการเหี่ยวเฉา
- สูญเสียมูลค่าเชิงพาณิชย์

ความชื้นสูงเกินไป (Excessive high %RH)

หากมีความชื้นใกล้ 100% และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจนเกิดหยดน้ำเกาะผิวผลผลิต จะเป็นสภาวะที่เหมาะสมอย่างยิ่งให้สปอร์ของเชื้อราและแบคทีเรียเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วนำไปสู่การระบาดของโรค



Hasan et al., 2024 Food Bioprocess Technol 17, 2155–2180

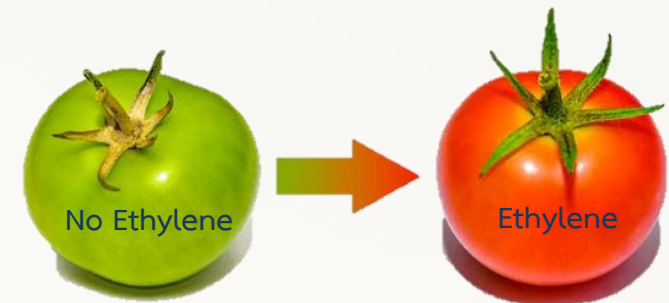
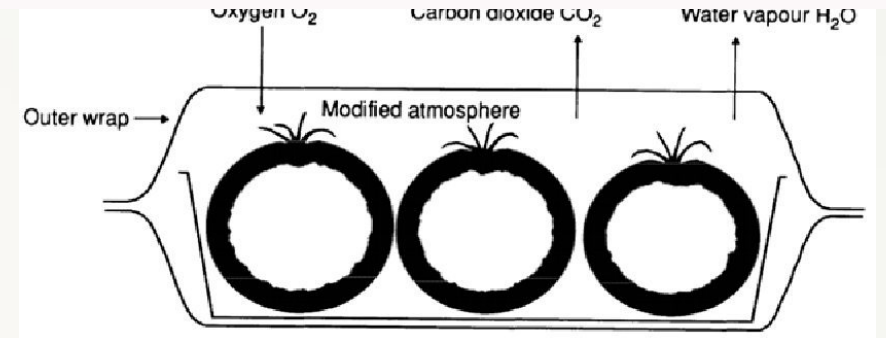
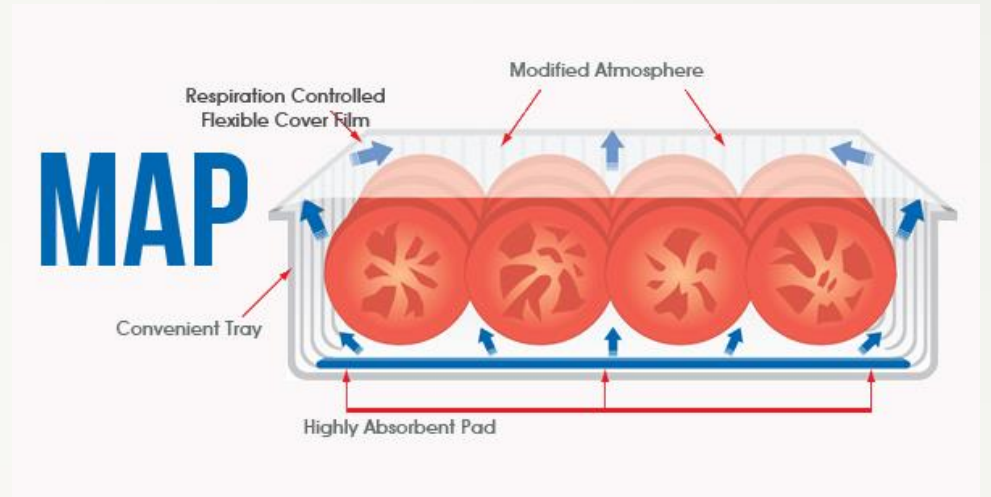


Global Desk, 2026, The Economics Time

สภาพบรรยากาศและการแลกเปลี่ยนก๊าซ

การควบคุมส่วนผสมของแก๊สหลัก

- ✓ **ลดระดับออกซิเจน (low O₂):** ช่วยชะลอการหายใจและการสุกของผลผลิตให้อยู่ในสภาวะจำศีล
- ✓ **เพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ (high CO₂):** ยับยั้งกิจกรรมทางสรีรวิทยา และการเติบโตของเชื้อราก่อโรคบางชนิด
- ✓ **เอทิลีน (C₂H₄):** เป็นฮอร์โมนพืชที่เร่งกระบวนการสุก แก่ชรา และทำให้ผลผลิตหลุดร่วงง่าย ต้องลดและควบคุมอย่างเข้มงวด



บทบาทของแสงสว่างที่มีต่อผลผลิต



อาการสีเขียวปนเปื้อนในพืชหัว

ผลกระทบต่อน้ำพืชหัว: การได้รับแสงกระตุ้นการผลิตคลอโรฟิลล์ใต้ผิว เช่น มันฝรั่งจะเกิดผิวสีเขียว ซึ่งมักมาพร้อมกับการสะสมของสารพิษประเภทโซลานีน (Solanine) ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค



การกระตุ้นการเจริญเติบโต และการงอกเข้าหาแสง

การงอกหน่อ (Sprouting): แสงเร่งกระบวนการปลุกตาหน่อของพืชหัว เช่น หอมหัวใหญ่ มันฝรั่ง หรือกระเทียม

การงอกเข้าหาแสง: แสงทำให้เกิดการงอกขอยอดหน่อไม้ฝรั่ง

การจําแนกประเภทผักและผลไม้ตาม สภาพภูมิอากาศถิ่นกําเนิด

1. ผักและผลไม้เขตร้อน (Tropical Fruits)

กลุ่มผักและผลไม้ที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน เช่น มะม่วง กล้วย ทุเรียน มะละกอ มังคุด ลองกอง ฝรั่ง โหระพา กระเพรา และ ผักบุ้ง เป็นต้น

- ✓ **ความไวต่อความเย็น (Chilling Injury):** ได้รับผลกระทบทางสรีรวิทยาเสียหายอย่างรุนแรงเมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10-13 องศาเซลเซียส
- ✓ **อาการผิดปกติ:** ผิวสีคล้ำ เป็นรอยบวม เกิดเนื้อสีน้ำตาลในผล เนื้อเยื่อเน่าเสียเร็วขึ้น และไม่สามารถสุกอย่างปกติหลังจากนำออกจากห้องเย็น



2. ผักและผลไม้เขตร้อน (Subtropical Fruits)

กลุ่มพืชพรรณในพื้นที่เขตร้อน เช่น ลิ้นจี่ ลำไย อะโวคาโด มะเดื่อ
มะกอก เสาวรส บร็อคโคลี่ และ ชาโยเต้ เป็นต้น

- ✓ ความต้านทานที่สูงขึ้น: สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าผลไม้เขตร้อนโดยไม่มีอาการสะท้านหนาว
- ✓ อุณหภูมิเก็บรักษา: สามารถเก็บในอุณหภูมิประมาณ 5-8 องศาเซลเซียสได้อย่างปลอดภัย อายุการรักษาในห้องเย็นได้นานกว่าพืชเขตร้อน



3. ฝักและผลไม้เขตอบอุ่น (Temperate Fruits)

กลุ่มฝักและผลไม้ที่เพาะปลูกในเขตอบอุ่น เช่น แอปเปิ้ล สาลี่ ลูกท้อ องุ่น สตรอเบอร์รี่ และเชอร์รี่ เป็นต้น

✓ **ทนทานความเย็นจัด:** โครงสร้างทนอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งได้ดีเยี่ยมเป็นพิเศษ

✓ **การเก็บรักษาที่เสถียรที่สุด:** สามารถเก็บยาวนานได้ที่อุณหภูมิ 0 ถึง 4 องศาเซลเซียส โดยไม่มีผลกระทบต่อสรีรวิทยา



การจำแนกประเภทตามการหายใจ และกลไกการสุก

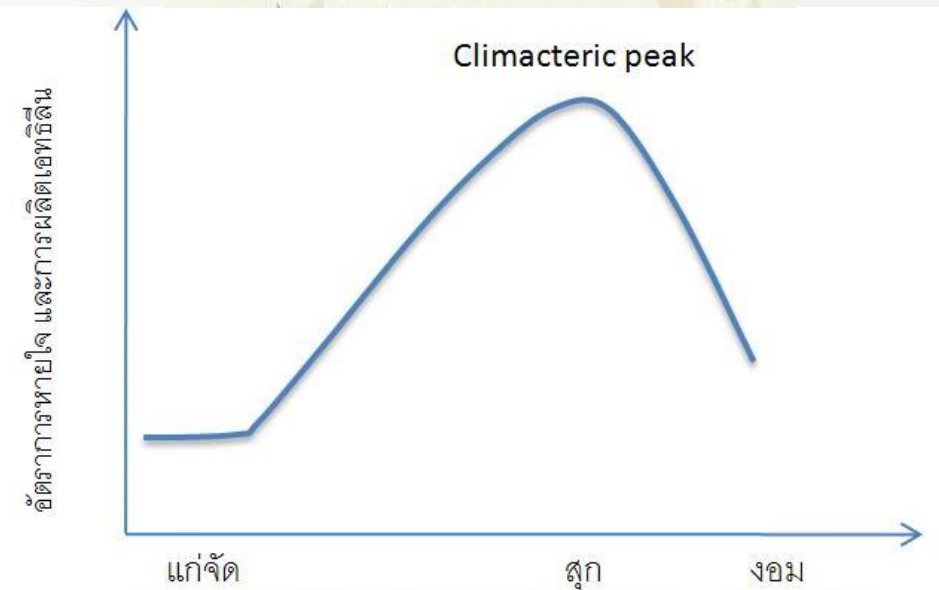
ประเภทตามการหายใจและกลไกการสุก

ผลไม้ประเภท Climacteric

มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนพุ่งสูงขึ้นอย่างชัดเจน (Climacteric Rise) เมื่อเริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก

คุณสมบัติเด่น: สามารถเก็บเกี่ยวผลแก่จัดมาบ่มต่อให้สุกนอกต้นได้ รสชาติและคุณภาพจะดีขึ้นตามเวลา

ตัวอย่าง: ทูเรียน มะละกอ ถั่วลิสง มะม่วง มะเขือเทศ แอปเปิ้ล เมล่อน บางสายพันธุ์



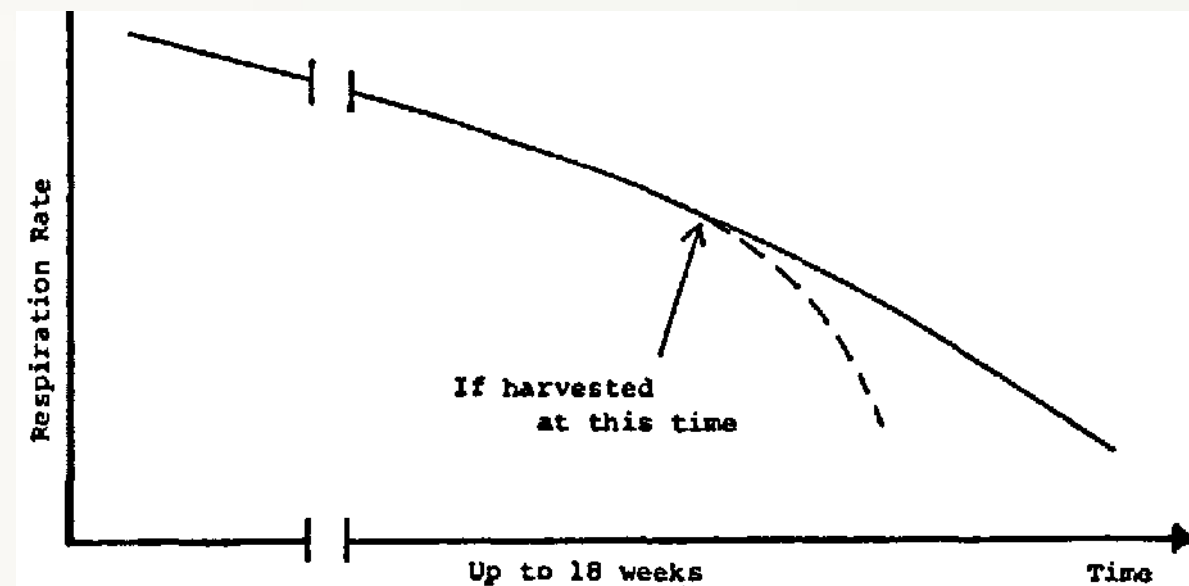
ประเภทตามการหายใจและกลไกการสุก

ผลไม้ประเภท Non-climacteric

อัตราการหายใจจะค่อยๆ ลดลงอย่างคงที่ตลอดชีวิต ไม่มี
พฤติกรรมการพุ่งสูงของเอทิลีนในกระบวนการสุก

คุณสมบัติเด่น: ต้องเก็บเกี่ยวเฉพาะระยะสุกที่พร้อม
รับประทานแล้วเท่านั้น เพราะคุณภาพเนื้อและความหวาน
จะไม่พัฒนาขึ้นหลังปลิดขั้ว

ตัวอย่าง: ส้ม มะนาว องุ่น สตอเบอร์รี่ สับปะรด



กระบวนการสำคัญทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest Physiology) ของผักและผลไม้



Transpiration

การคายน้ำออกจากเซลล์พืช
ส่งผลโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำหนักและการเหี่ยวแห้งของ
ผลิตผล



Respiration

การหายใจเพื่อสร้างพลังงาน
จากการย่อยสลายสารอาหาร
สะสม ส่งผลให้เกิดความร้อน
และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



Ripening Process

กระบวนการสุกและการชรา
ภาพ (Senescence) ที่
ควบคุมโดยฮอร์โมนพืช
โดยเฉพาะเอทิลีน



Composition Changes

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ
ทางเคมี เช่น การเปลี่ยนแปลง
เป็นน้ำตาล และการลดลง
ของกรดอินทรีย์

การคายน้ำของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

Transpiration in Postharvest Commodities

ความสำคัญและกลไกการสูญเสียน้ำ (Transpiration Mechanism)

น้ำคือองค์ประกอบหลัก: ผลผลิตผักและผลไม้ส่วนใหญ่มีน้ำเป็นส่วนประกอบสูงถึง > 90% โดยน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำในรูปของไอน้ำหลังการเก็บเกี่ยวจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพโดยตรง ทำให้น้ำหนักลดลง ผิวเหี่ยว ย่น และเนื้อมีรสขม ส่งผลให้มูลค่าทางการค้าลดลงอย่างรวดเร็ว

แรงขับเคลื่อนการคายน้ำ

ไอน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของไอน้ำสูง (ภายในผลผลิตที่มีความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียง 100%) ออกไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า (สภาพแวดล้อมภายนอกที่มีความชื้นต่ำ) โดยผ่านกระบวนการแพร่แบบปกติ

จุดที่พืชคายน้ำออกจากผลผลิต (Pathways of Water Loss)



Stomata (ปากใบ)

ปากใบมีหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนก๊าซและการคายน้ำหลัก



Lenticel (เลนติเซล)

รอยแตกขนาดเล็กบนผิวผลไม้บางชนิด เช่น แอปเปิ้ล ช่วยระบายไอน้ำ



Hydathode (ไฮดาโทด)

ช่องเปิดธรรมชาติบริเวณขอบใบ ทำหน้าที่ขับน้ำออกมาในรูปของหยดน้ำ



Stem end & Injuries

รอยตัดขั้วผล บาดแผลทางกายภาพ หรือรอยขีดข่วน เป็นทางเปิดที่สูญเสียน้ำได้ง่ายที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการคายน้ำ (Influencing Factors)

- 📌 อุณหภูมิ (Temperature) และ ความชื้นสัมพัทธ์ (RH): อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะลดความชื้นในอากาศลง เร่งการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว
- ✚ อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร (Surface Area / Volume Ratio): ผลผลิตที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศมาก มีอัตราการคายน้ำสูงกว่าผลที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรน้อยกว่า
- 🛡️ ชั้นไขและคิวติเคิล (Wax and Cuticle): ชั้นแว็กซ์ธรรมชาติที่ทำหน้าที่เป็นแผงกั้นการระเหยของน้ำและเก็บความชื้น
- ➡️ ความเร็วลมรอบผลผลิต (Air Movement & Velocity): กระแสลมที่พัดผ่านอย่างรวดเร็วจะพัดพาความชื้นที่เกาะอยู่รอบผิวผลผลิต (Boundary Layer) ออกไป ส่งผลให้อัตราการสูญเสียน้ำเพิ่มสูงขึ้น

การควบคุมและลดการคายน้ำ (Postharvest Water Loss Control)

การควบคุมสภาพแวดล้อม

- การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ (RH Control): 90-95%
- การจัดการความเร็วลม

เทคโนโลยีเสริมและบรรจุภัณฑ์

- การหุ้มฟิล์มและใช้ภาชนะบรรจุ
- การเคลือบผิว (Waxing)



การหายใจของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว



Respiration in Postharvest Commodities

การหายใจแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Respiration)

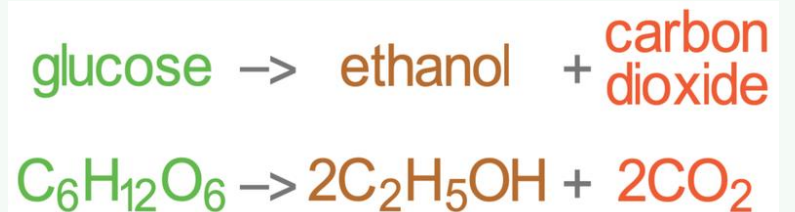
ปฏิกิริยาการสลายสารอาหารเพื่อพลังงาน

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์สะสม เช่น กลูโคส แป้ง กรดอินทรีย์ หรือไขมัน ในสถานะที่มีการใช้ออกซิเจน เพื่อสร้างพลังงานขับเคลื่อนกระบวนการเมตาบอลิซึม



สภาวะขาดแคลนออกซิเจน (Fermentation)

เกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์เก็บรักษาในบรรยากาศที่มีระดับก๊าซออกซิเจนต่ำมาก หรือไม่มีเลย กระบวนการสลายน้ำตาล และเปลี่ยนไปเป็น Ethanol ส่งผลให้เกิดกลิ่นหมักที่ผิดปกติและเกิดพิษทำลายเซลล์จนเนื้อเยื่อตาย



สารตั้งต้นและค่าสัมประสิทธิ์การหายใจ (Substrate & RQ)

Respiratory Quotient (RQ) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การหายใจ: อัตราส่วนระหว่างปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่คายออก ต่อปริมาตรก๊าซออกซิเจนที่ใช้ไปในเวลาที่กำหนด

กฎของ Van't Hoff กับอัตราเมตาบอลิซึม

อัตราการหายใจของผลิตภัณฑ์มีความแปรผันตรงอย่างมากต่อการเพิ่มหรือลดของอุณหภูมิเก็บรักษา โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้อัตราการหายใจพุ่งสูงขึ้น 2.0 - 2.5 เท่า

การคำนวณค่า Q₁₀

ถูกนำมาใช้อธิบายประสิทธิภาพการเมตาบอลิซึมตามระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป โดยคำนวณผ่านสูตร ดังนี้

$$Q_{10} = \frac{R_2}{R_1}^{10/T_2 - T_1}$$

 เมื่อกลูโคส (Carbohydrate) เป็นสารตั้งต้น: ค่า RQ จะมีค่าเท่ากับ 1.00

 เมื่อกรดอินทรีย์ (Organic Acid) เป็นสารตั้งต้น: ค่า RQ จะสูงกว่า 1.00 (เช่น กรดมาลิกมี RQ = 1.33)

 เมื่อไขมันหรือโปรตีน (Lipids/Proteins) เป็นสารตั้งต้น: ค่า RQ น้อยกว่า 1.00 (เช่น กรดสเตียริกมี RQ = 0.70)

ประโยชน์และข้อจำกัดของค่า Q10 (Applications & Limits)

ประโยชน์ในการบริหารจัดการคลังสินค้า

- ช่วยในการคาดคะเนอัตราการคายความร้อนของผลิตภัณฑ์เมื่ออุณหภูมิในตู้ขนส่งเกิดผันผวน
- ช่วยการคำนวณและปรับลดพลังงานระบบทำความเย็นเพื่อประหยัดต้นทุนได้อย่างแม่นยำ

ข้อจำกัดในสภาวะอุณหภูมิไม่เหมาะสม

อุณหภูมิต่ำเกินไป: อาจชักนำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling Injury) พังทลาย

อุณหภูมิสูงเกินไป: โครงสร้างโปรตีนของเอนไซม์จะเสื่อมสภาพ (Denature) เร่งการเสื่อมสภาพ

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหายใจ (Influencing Factors)

Atmospheric Gases

การลดปริมาณ O_2 ลง ($O_2 < 10\%$) และการเพิ่ม CO_2 จะช่วยชะลออัตราการหายใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Plant Part & Maturity

ส่วนของพืชที่เจริญเติบโตเร็ว เช่น ยอดอ่อนหรือดอกตูม จะมีอัตราการหายใจสูงกว่าเนื้อเยื่อแก่ และผลผลิตที่เข้าสู่ระยะพักตัว

Physical Damages

บาดแผลจากการกดทับ รอยขีดข่วน หรือการกัดกินของแมลง จะส่งผลให้อัตราการหายใจพุ่งขึ้นทันที

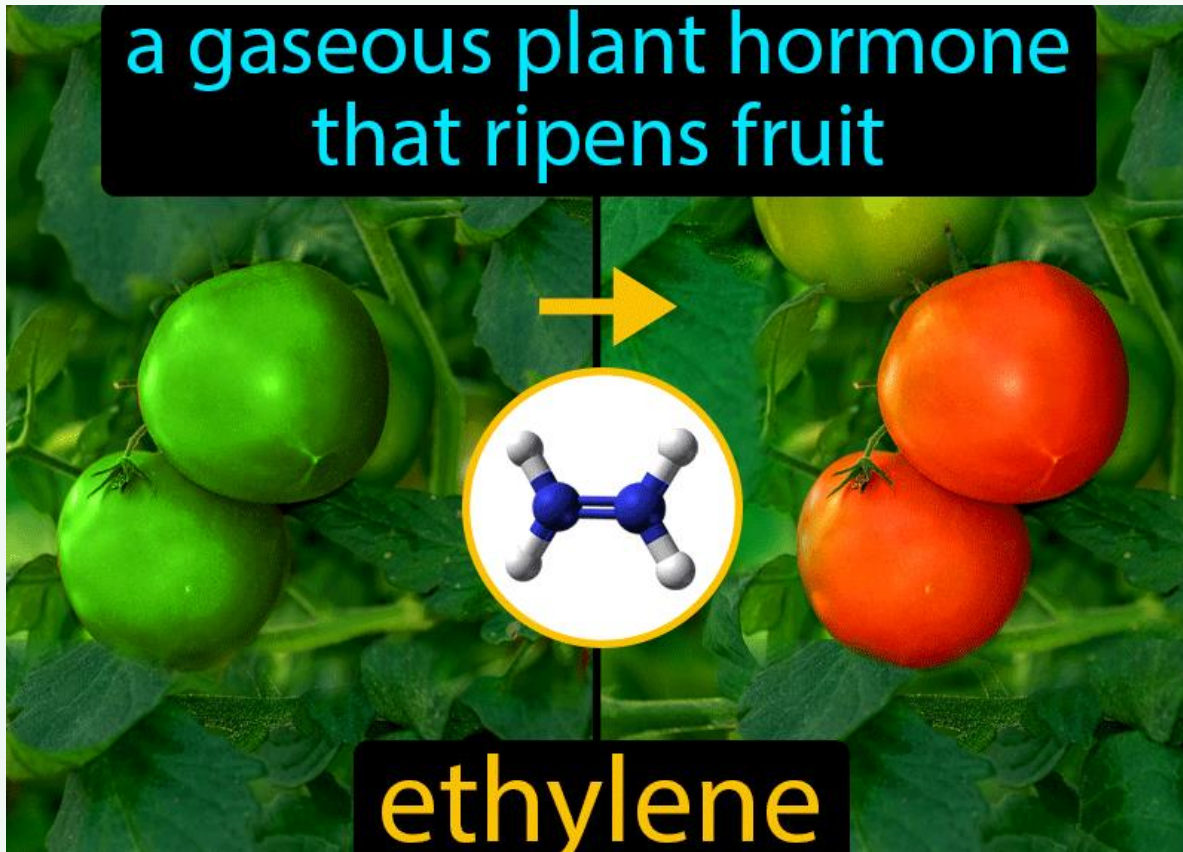
Natural Wax Coating

ชั้นไขที่หนาช่วยกันทางผ่านก๊าซธรรมชาติ จึงสามารถจำกัดอัตราแลกเปลี่ยนก๊าซ O_2 และ CO_2 ได้บางส่วน

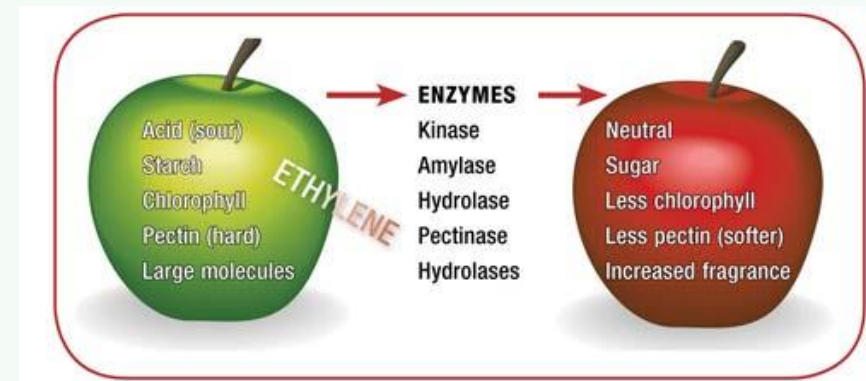
กระบวนการสุกและการเปลี่ยนแปลงของผลิิตผล

Ripening and Compositional Changes

ฮอร์โมนเอทิลีนกับการสุก



- กระตุ้นการหายใจและเมตาบอลิซึมให้สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
- ชักนำการสุกและการเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ
- กระตุ้นการสร้างเอนไซม์ทำลายเซลล์ผนังพืชให้นิ่ม
- กระตุ้นการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล
- ชักนำกระบวนการเปลี่ยนแปลงสี เช่นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์
- กระตุ้นกระบวนการป้องกันตัวเองเมื่อพืชได้รับบาดเจ็บทางกายภาพ



การยับยั้งและการควบคุมก๊าซเอทิลีน (Ethylene Management)



Chemical Scrubbers

การใช้สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) ชุบผงถ่าน หรือสารดูดซับเพื่อดักจับและเปลี่ยนก๊าซเอทิลีนให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



1-MCP Application

การรม 1-Methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อเข้าไปจับกับตัวรับเอทิลีนในระดับโมเลกุลพืชอย่างถาวร ป้องกันไม่ให้เกิดสัญญาณการสุกเริ่ม



Ozone & UV Light

การประยุกต์ใช้เครื่องปล่อยก๊าซโอโซน (O_3) หรือหลอดกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) เพื่อทำลายโมเลกุลก๊าซเอทิลีนที่แขวนลอยอยู่ในห้องควบคุม



Ventilation Systems

การออกแบบระบบหมุนเวียนอากาศและจัดตารางระบายอากาศที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเจือจางปริมาณสะสมของก๊าซเอทิลีน

การปฏิบัติและการจัดการผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

Postharvest Handlings and Managements

การเพิ่มประสิทธิภาพ รักษาคุณภาพ และลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวพืชผลสด

นิยามและเป้าหมายการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวคืออะไร?

Postharvest Management คือกลุ่มของการปฏิบัติงานหลังเก็บเกี่ยวนับตั้งแต่การจัดการในแปลงหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง การจัดการใน Packing house การเก็บรักษา และการรักษาคุณภาพในระบบ logistics

วัตถุประสงค์หลักของการจัดการ

- เพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ออกจากผลิตผล
- ปรับปรุงรูปลักษณะภายนอกของสินค้าให้สวยงามและน่าซื้อ
- รับประกันว่าผลิตผลนั้นสอดคล้องตามมาตรฐานคุณภาพระดับสากล สำหรับการบริโภคสดและอุตสาหกรรมแปรรูป

2. Washing & Sorting

การล้างทำความสะอาด ขจัดสิ่งปนเปื้อน คัดเลือกเอาผลิตผลที่เน่าเสียหรือมีตำหนิออกไปในขั้นต้น

4. Waxing & Storage

การเคลือบผิวลดการเหี่ยวเฉา บ่มขจัดสีเขียว บรรจุลงหีบห่อ และเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำเพื่อส่งต่อ

1. Harvesting & Reception

การเก็บเกี่ยว ณ ความสุกแก่ที่เหมาะสม และส่งผลิตผลเข้าสู่โรงคัดบรรจุ (Packinghouse) อย่างระมัดระวัง

3. Sizing & Grading

คัดขนาดโดยแยกน้ำหนักหรือเส้นผ่านศูนย์กลาง และจัดเกรดคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานทางการค้า

การคัดเกรดและคัดขนาดในห่วง โซ่อุปทาน

Grading & Sizing in Fruit and Vegetable
Supply Chain



บทบาทและมูลค่าของการคัดเกรดผลผลิต

การคัดเกรด: ปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพและการตลาด

- การคัดเกรดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโลจิสติกส์ ลดการสูญเสีย และเพิ่มมูลค่าทางการตลาด
- ผลผลิตที่มีคุณภาพสม่ำเสมอช่วยลดการสูญเสียและตอบสนองความต้องการของตลาดได้ดีขึ้น
- การคัดเกรดเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการและการแข่งขันทางธุรกิจ
- สร้างความเข้าใจที่ตรงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย และเป็นบรรทัดฐานในการแก้ปัญหาเมื่อมีข้อพิพาทเกิดขึ้น



เกณฑ์หลักในการจัดชั้นคุณภาพผลผลิต



ขนาดและน้ำหนัก

การวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว หรือน้ำหนักเป็นพื้นฐานหลักเพื่อกำหนดชั้นเชิงพาณิชย์



สีและรูปลักษณ์

สีเปลือก ความสม่ำเสมอ ความสว่าง และความไร้ตำหนิที่ดึงดูดใจผู้ซื้อ



ความสุกและรสชาติ

ตรวจสอบความหวาน ($^{\circ}\text{Brix}$) ความแน่นเนื้อ และความฉ่ำน้ำ



ตำหนิและรอยแผล

รอยฟกช้ำ บาดแผล รูปทรงที่บิดเบี้ยว มีผลต่อการแบ่งกลุ่มคุณภาพเชิงพาณิชย์

คุณภาพผลผลิตผลผัก และ ผลไม้ 3 ระดับ (สากล)

Extra Class or Grade A

คุณภาพสูงสุดสมบูรณ์แบบ ไร้ตำหนิ
สีและขนาดสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับการ
ส่งออกพรีเมียม

Class I or Grade B

คุณภาพดีเยี่ยม ยอมรับรอยตำหนิ
เล็กน้อยที่รูปทรงและสีผิวเปลือกได้
พองามตามเกณฑ์มาตรฐาน

Class II or Grade C

มีตำหนิที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนแต่ยัง
บริโภคได้อย่างปลอดภัย มักจำหน่าย
ราคาประหยัดหรือป้อนโรงงาน

TsingonFarm Fruit Grades Standard



TsingonFarm

		
		
Grade A Coloring coverage: $\geq 80\%$ Brix: $13^{\circ}+$ Fruit shape index: ≥ 0.9 No defects, no black or red spots	Grade B Coloring coverage: $\geq 70\%$ Brix: $13^{\circ}+$ Fruit shape index: ≥ 0.8 No black or red spots, allow light snow russeting	Grade C Coloring coverage: $\geq 50\%$ Brix: $12^{\circ}+$ Fruit shape index: ≥ 0.7 russeting not extending beyond the fruit's key ridge, allow snow russeting, size of solid russeting is smaller than nails
Website: http://www.tsingonfarm.com	E-mail: info@tsingonfarm.com	Tel: +86 13436706805

มาตรฐานและการจัดเกรดทุเรียน

ทุเรียนหมอนทองแยกตามเกรด



AB

ประกอบด้วยพู 4 - 5 พู
ลักษณะผิว : ผิวสวย
น้ำหนักอยู่ระหว่าง 2 - 5 ก.ก.



C

ประกอบด้วยพู 2 - 3 พู
ลักษณะผิว : ผิวสวย ลูกงอ
น้ำหนักอยู่ระหว่าง 2 - 5 ก.ก.



OUT

ลักษณะผิว : ผิวไม่สวย ลูกเล็ก
มีเปลือกชั้น ลูกช้ำ มีรา
น้ำหนักมากกว่า 5 ก.ก.

มาตรฐานและการจัดเกรดมังคุด



เกรดคุณภาพ	เกรดในพื้นที่	น้ำหนักผลเฉลี่ย	ลักษณะความสุกและตำหนิผิว (มกษ. 2-2556)
เกรด A	มันใหญ่ / มัน	> 80 - 110 กรัม	ผิวมันสวยงาม ขั้วสมบูรณ์ ตำหนิผิวรวมไม่เกิน 10% ของผล
เกรด B	กาก / ลาย	60 - 80 กรัม	ผิวมันปนกากจากการทำลายของเปลือกไฟ ตำหนิผิวรวมไม่เกิน 30%
เกรด C	มันจั่ว / ตกไซส์	40 - 60 กรัม	ขนาดผลขนาดเล็ก หรือเริ่มสุกระดับดอกตำ ตำหนิผิวรวมไม่เกิน 50%
เกรดคละ	ชื่อรวม	> 40 กรัมขึ้นไป	คละรวมระหว่างผิวมันและผิวลาย ระยะความสุกระดับ 2 ถึง 4

มาตรฐานและการจัดเกรดลำไย



เกรด AA	ขนาดใหญ่ที่สุด	สอดคล้องตามมาตรฐานชั้นพิเศษ ผิวเรียบเกลี้ยงสีเหลืองทองสม่ำเสมอ
เกรด A	ขนาดปานกลาง	สอดคล้องตามมาตรฐานชั้นหนึ่ง ขนาดผลได้เกณฑ์ ผิวสะอาด ไร้รอยแตก
เกรด B	ขนาดเล็ก	สอดคล้องตามมาตรฐานชั้นสอง ยอมรับรอยตำหนิผิวรวมไม่เกิน 0.5 ตร.ซม.
เกรด C	ขนาดเล็กที่สุด	ผลขนาดเล็กจิ๋ว มักแยกไปแปรรูปเป็นลำไยอบแห้งหรือคว้านเนื้อบรรจุกระป๋อง

มาตรฐานและการจัดเกรดมะม่วง

ชั้นพิเศษ (Extra class)

ไม่มีความผิดปกติของรูปทรงและไม่มีตำหนิที่ผิว หรือหากมี
ต้องเป็นตำหนิหรือความผิดปกติเล็กน้อย มองเห็นได้ไม่
ชัดเจน และไม่ส่งผลกระทบต่อรูปลักษณ์โดยรวมหรือ
คุณภาพเนื้อมะม่วง

ชั้นหนึ่ง (Class I)

มีคุณภาพดีอาจมีความผิดปกติหรือตำหนิ ได้เล็กน้อย ทั้งนี้
ความผิดปกติหรือตำหนิดังกล่าวจะต้องไม่มีผลกระทบต่อ
รูปลักษณ์ทั่วไป และคุณภาพของเนื้อมะม่วง

ชั้นสอง (Class II)

มีคุณภาพไม่ถึงขั้นที่สูงกว่า แต่เป็นไปตามข้อกำหนดขั้นต่ำ
ของ มกษ. 5-2558 โดยมะม่วงอาจมีความผิดปกติของ
รูปทรงหรือตำหนิที่ผิวได้ ทั้งนี้ ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อ
รูปลักษณ์โดยรวมและคุณภาพเนื้อมะม่วง



เทคโนโลยีและนวัตกรรมการตัดเกรด

Smart Technologies and Mechanical Solutions for
Grading

AI สแกนวิเคราะห์สเปกตรัม

ปัญญาประดิษฐ์สองตรวจจับรอบทิศทาง

เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานการทำงานของกล้องความละเอียดสูงกับเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงหลายช่วงคลื่น (Multispectral Sensors) เพื่อสแกนและวิเคราะห์พื้นผิวผลไม้จากหลายมุมมองได้อย่างครอบคลุม

ระบบสามารถประมวลผลข้อมูลได้ภายในเสี้ยววินาที เพื่อประเมินขนาด สี รูปทรง และระดับความสุกของผลไม้ พร้อมตรวจจับความชื้นภายในและรอยเน่าที่ซ่อนอยู่ใต้ผิวเปลือกได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ



High-Efficiency Fruit Sorting Conveyor with Intelligent AI Camera

ระบบคัดแยกเชิงกลอัจฉริยะ

สายพานลำเลียงคัดแยกอัตโนมัติ

สายพานลำเลียงคัดแยกอัตโนมัติในโรงคัดบรรจุ (Packing House) ใช้เซนเซอร์และเครื่องสแกนเพื่อตรวจวัดและคัดแยกผลผลิตตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น น้ำหนัก ขนาด และบาร์โค้ด ช่วยลดการสัมผัสและการใช้แรงงานคน พร้อมเพิ่มกำลังการผลิต ความแม่นยำในการคัดแยก และประสิทธิภาพของระบบคัดบรรจุ



การลดอุณหภูมิและเก็บรักษาผลิตผล

Pre-cooling and Cold Storage of Postharvest Commodities

บทบาทของการจัดการอุณหภูมิ

การสะสมความร้อนในผลิตผล

ความร้อนที่สะสมในพืชหลังการเก็บเกี่ยว

- จากกระบวนการหายใจ
- จากอุณหภูมิแวดล้อม

กระตุ้นให้เกิดการเสื่อมเสียทางกายภาพ สรีรวิทยา

ตลอดจนกระตุ้นการเข้าทำลายของโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว

การลดอุณหภูมิเฉียบพลันก่อนการเก็บรักษา

- ลดผลกระทบจากความร้อนสะสม
- ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและยืดอายุการเก็บรักษาสินค้าที่อุณหภูมิต่ำ
- ลดการใช้พลังงานในห้องเย็นลง

| ความสำคัญของการทำ Pre-cooling

ความแข็งแรงทนในกรอบเวลา 24 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว

เพื่อชะลออัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำ และรักษาคุณภาพของผลิตผล

ความต่อเนื่องของห่วงโซ่เย็น

หลังการลดอุณหภูมิ (Pre-cooling) ควรนำผลิตผลเข้าห้องเย็นทันที เพื่อรักษาโซ่ความเย็น (Cold Chain) และป้องกันอุณหภูมิสูงขึ้นระหว่างการเคลื่อนย้าย

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเย็นระหว่าง Pre-cooling



อุณหภูมิเริ่มต้น



สรีรวิทยาของพืช



อายุการเก็บรักษา

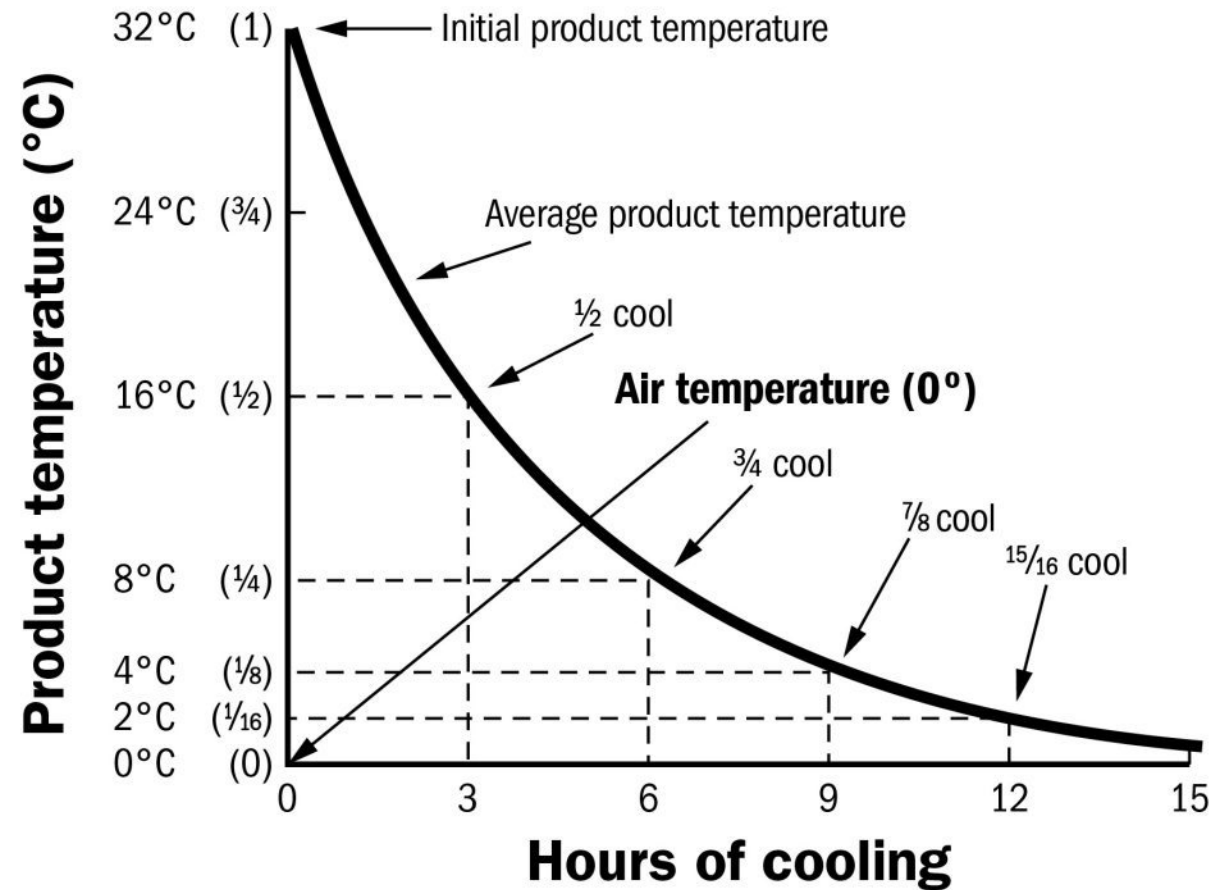


ความเร็วการป้อนตัวกลาง
ทำความเย็น (ลมและน้ำ)

นิยามเวลาของการ Precooling

Half Cooling Time (1/2 cool): ระยะเวลาที่ใช้ลดอุณหภูมิของผลิตผลลงได้ครึ่งหนึ่งของความต่างระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตผลกับตัวกลาง

7/8 Cooling Time (7/8 cool): โดยทั่วไปจะลดอุณหภูมิของผลิตผลให้ถึง 7/8 ของความต่างอุณหภูมิ ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิการเก็บรักษา และเป็นมาตรฐานที่ใช้ในทางการค้าเพื่อประหยัดเวลาและพลังงาน



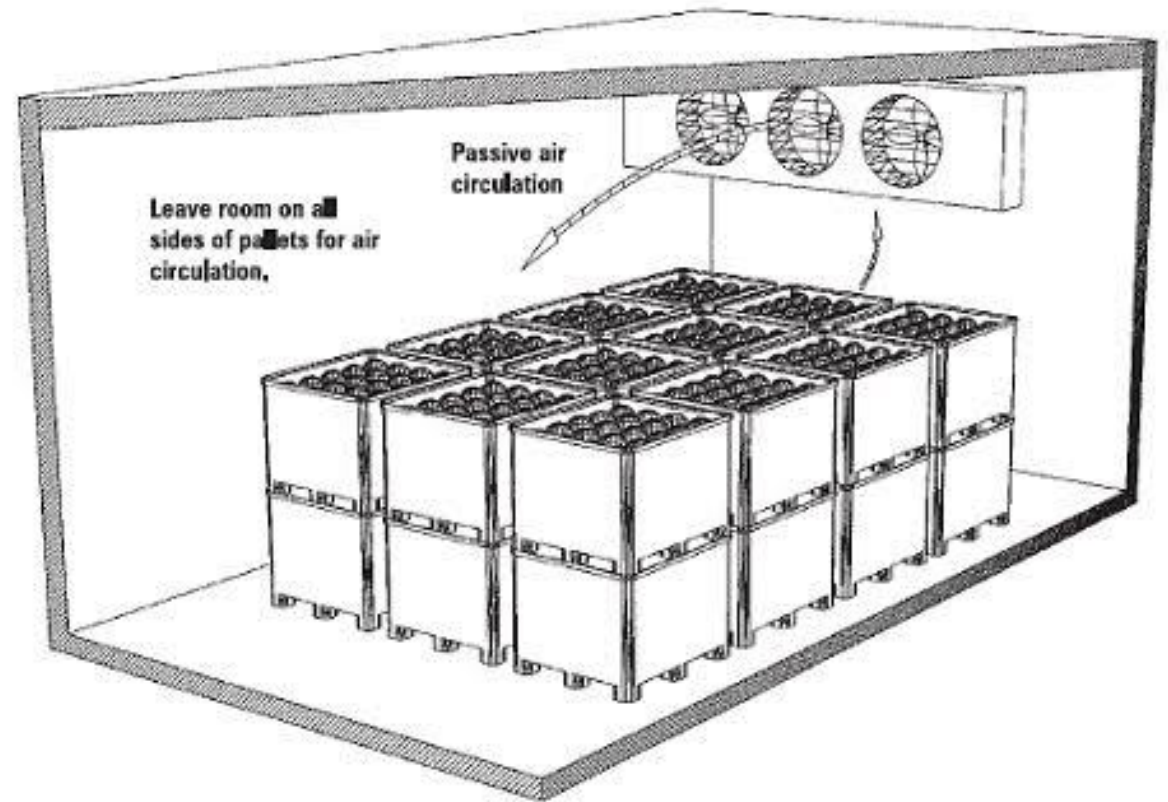
| การทำ Precooling ด้วยลมเย็นปกติ

Room Cooling: วิธีห้องลมเย็นมาตรฐาน

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด โดยนำผลผลิตที่บรรจุแล้วเข้าห้องเย็น ใช้อุณหภูมิประมาณ 3 °C และรักษาความเร็วลมรอบภาชนะไม่น้อยกว่า 60 เมตรต่อนาที เพื่อให้อากาศไหลเวียนทั่วถึง

ขอบเขตและข้อจำกัด

ไม่เหมาะกับผลผลิตที่เสื่อมคุณภาพเร็ว เพราะการลดอุณหภูมิช้า ทำให้สูญเสียน้ำและเหี่ยวเฉาได้ง่าย



การทำ Precooling ด้วยแรงลมบังคับ Forced-Air / Pressure Cooling

ระบบใช้ความดันต่างบังคับลมเย็นอุณหภูมิ 0–3 °C ให้ไหลผ่านบรรจุภัณฑ์และสัมผัสผลิตภัณฑ์โดยตรง ช่วยให้การลดอุณหภูมิรวดเร็วและสม่ำเสมอ

ระบบนี้ลดอุณหภูมิได้เร็วกว่า Room Cooling 4–10 เท่า จึงนิยมใช้กับสตรอว์เบอร์รี มะเขือเทศ และไม้ผลหลายชนิด



| การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น

Hydrocooling: น้ำเป็นตัวกลาง

น้ำสามารถลดอุณหภูมิของผลิตผลได้เร็วกว่าการใช้อากาศเย็นประมาณ 15 เท่า โดยใช้ น้ำอุณหภูมิประมาณ 0 °C และเหมาะกับผลิตผลที่ทนต่อความเปียกชื้น

วิธีการสัมผัสน้ำแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

- การปล่อยน้ำไหลผ่าน (Flooding)
- การฉีดพ่น (Spraying)
- การจุ่มแช่ (Immersion)



การลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็ง

Contact Icing / Ice Slurry Cooling

เป็นการลดอุณหภูมิของผลิตผลที่มีความหนาแน่นสูงด้วยเกล็ดน้ำแข็งสัมผัสโดยตรง โดยนิยมใช้ส่วนผสมน้ำแข็งเหลว (Ice Slurry) ที่ประกอบด้วยน้ำ 40% น้ำแข็ง 60% และเกลือ 0.1%

สารละลายน้ำแข็งเหลว (Ice Slurry) ถูกพ่นลงบนผลิตผลในบรรจุภัณฑ์ เพื่อคงสีเขียวและลดความร้อนจากการหายใจ โดยนิยมใช้กับบรอกโคลี



การลดอุณหภูมิด้วยสุญญากาศ

Vacuum Cooling

เป็นการลดอุณหภูมิผลิตผลโดยลดความดันในถังปิดเหลือประมาณ 4.85 mmHg ทำให้น้ำในเซลล์ระเหยที่ 0 °C และดึงความร้อนแฝงออกอย่างรวดเร็ว จึงลดอุณหภูมิของผลิตผลได้ภายใน 3–4 นาที

เหมาะสำหรับผักใบที่มีพื้นที่ผิวสูง เช่น ผักกาดหอม ผักสลัดต่างๆ โดยพ่นละอองน้ำก่อนทำความเย็นเพื่อลดการสูญเสียน้ำและรักษาคุณภาพ



ตารางเทียบวิธีทำความเย็น

วิธีการลดอุณหภูมิ (Methods)	ระยะเวลาทำเย็นโดยปกติ	ผลิตผลเป้าหมายที่เหมาะสมที่สุด	ข้อจำกัดและข้อควรพิจารณาทางวิศวกรรม
Room Cooling	12 - 24 ชั่วโมง	มันฝรั่ง, หอมหัวใหญ่, ไม้ผลเปลือกหนา	ช้ามาก, คายน้ำสูง, ไม่เหมาะกับผลผลิตที่เน่าเสียง่าย
Forced-Air Cooling	1 - 3 ชั่วโมง	สตอว์เบอร์รี, มะเขือเทศ, องุ่น, ไม้ดอก	บรรจุภัณฑ์ต้องมีช่องระบายลม, ลมแรงอาจทำพืชเหี่ยว
Hydrocooling	10 - 30 นาที	ข้าวโพดหวาน, แครอท, หน่อไม้ฝรั่ง	ผลิตผลและกล่องต้องกันน้ำได้ดี, ปนเปื้อนจุลินทรีย์ง่าย
Contact Icing	10 - 20 นาที	บรอกโคลี, ผักใบตระกูลคะน้า	น้ำหนักกล่องเพิ่มขึ้นมาก, น้ำแข็งละลายส่งผลให้เกิดน้ำขัง
Vacuum Cooling	20 - 30 นาที	ผักสลัด, ผักกาดหอม, ดอกเห็ดตูม	ต้นทุนเครื่องสุญญากาศสูงมาก, เกิดการสูญเสียน้ำหนัก

| การเก็บรักษาผักและผลไม้

วัตถุประสงค์



ยืดอายุการวางตลาด

ยืดระยะเวลาเก็บรักษาพืชผล
ให้สดใสเหมือนเพิ่งเก็บเกี่ยว
ปรับช่วงผลผลิตขาดตลาด



คงรักษาคุณภาพเดิม

รักษาค่าความหวาน กรอบ
และวิตามินคุณประโยชน์ทาง
โภชนาการให้ครบถ้วน



ควบคุมกระบวนการเน่า เสีย

ยับยั้งปฏิกิริยาสลายเพกติน
และป้องกันการปนเปื้อน
แบคทีเรีย/เชื้อราในเนื้อเยื่อ



ควบคุมอันตรายทาง ชีวภาพ

ลดอัตราการเจริญเติบโตของ
เชื้อก่อโรคในอาหารเพื่อความ
ปลอดภัยสูงสุดของผู้บริโภค

| ปัจจัยวิกฤตในการเก็บรักษา

- ๐๑ อุณหภูมิต่ำ ช่วยชะลอการหายใจ การสร้างเอทิลีน และการเจริญของเชื้อรา
- ๐๒ ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเย็นให้อยู่ในระดับสูง (90–95%) เพื่อลดการสูญเสียน้ำและป้องกันการเหี่ยวแห้งของ
ผลิตผล
- ๐๓ ควบคุมบรรยากาศในห้องเก็บ (Controlled Atmosphere) โดยปรับระดับออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ พร้อมกำจัด
เอทิลีน เพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพและรักษาความสดของผลิตผล
- ๐๔ มาตรฐานความสะอาดและสุขอนามัย: ทำความสะอาดตู้ระบายลมและพาเลทอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการปนเปื้อนซ้ำของ
เชื้อราและแบคทีเรีย

| ข้อควรพิจารณาในการใช้ห้องเย็น

- ❄ **การลดอุณหภูมิห้องเย็นล่วงหน้า (Pre-cooling Room)** ควรทำให้ห้องเย็นถึงอุณหภูมิเป้าหมายก่อนนำพาเลทผลิตผลเข้าจัดเก็บ
- 🚫 **ห้ามนำผลิตผลอุณหภูมิสูงเข้าห้องเย็นโดยตรง** เพื่อป้องกันการควบแน่นและการเจริญของเชื้อรา
- 🔄 **ระบบหมุนเวียนสินค้าแบบ First-In First-Out (FIFO)** กำหนดให้ผลิตผลที่เข้าห้องเย็นก่อนถูกนำออกจำหน่ายก่อน เพื่อรักษาคุณภาพและลดการเสื่อมเสีย
- 🔧 **ลดการเปิด-ปิดประตูห้องเย็นและใช้ม่านพลาสติก** เพื่อประหยัดพลังงาน รักษาอุณหภูมิ และลดความชื้นจากภายนอก

| การจัดเรียงและการหมุนเวียนลม

- เว้นช่องว่างระหว่างพาเลทและกล่องเพื่อให้อากาศเย็นไหลเวียนทั่วถึง
- จัดแนวช่องระบายอากาศของกล่องให้ตรงกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิ
- ป้องกัน Air short-circuiting และไม่กีดขวางช่องลมกลับ เพื่อรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอทั่วห้องเย็น

เปลี่ยน “ผลผลิตสด” ให้เป็น “คุณภาพที่ยั่งยืน”

“คุณภาพผลผลิตเกิดจากการเก็บเกี่ยวที่ดีและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม”



เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
ไม่ใช่เพียงการรักษาผลผลิตให้อยู่ได้นานขึ้น
แต่คือการรักษาคุณค่า ลดการสูญเสีย และ
เพิ่มโอกาสทางการตลาด

