



# วิชา การแปรรูปอาหาร

## Food Processing

### รหัส 07-412-204

อาจารย์ผู้สอน

ชมภูนุช เฟื่อนพิภพ CHOMPOONUCH PHUENPIPOB

11

## แนวทางการแปรรูปอาหารด้วยวิธีการแช่แข็ง

**หลักการแช่แข็ง** คือ การใช้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งอยู่ที่ประมาณ -1 ถึง -40 องศาเซลเซียส นิยมใช้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำอิสระหรือองค์ประกอบในอาหารจากสถานะที่เป็นของเหลวแปรสภาพกลายเป็นของแข็ง (ผลึกน้ำแข็ง) ทำให้จุลินทรีย์ไม่มีปัจจัยในการเติบโต ซึ่งการแช่แข็งสามารถยับยั้งกิจกรรมของแบคทีเรีย ลดปฏิกิริยาทางชีวเคมี และปฏิกิริยาการคั่งน้ำออกจากเซลล์ได้



- **จุดเยือกแข็ง (Freezing point)** คือ "อุณหภูมิที่เกิดภาวะสมดุลระหว่างของแข็งกับของเหลว ณ ความกดมาตรฐาน 1 บรรยากาศ หรืออุณหภูมิที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ณ ความกดมาตรฐาน 1 บรรยากาศ"
- อุณหภูมิที่ลดต่ำจนถึง  $-10$  องศาเซลเซียส จะสามารถป้องกันและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เพราะน้ำอิสระในอาหารได้กลายเป็นผลึกน้ำแข็ง
- หากจะป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี หรือกลิ่นรสจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ จะต้องลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่า  $-18$  องศาเซลเซียส

- การกำจัดความร้อนออกในระหว่างการแช่แข็งทำให้อุณหภูมิของอาหารลดลงสู่จุดเยือกแข็ง ความร้อนแฝงในการตกผลึกจะถูกกำจัดออกไปและทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้น
- จุดเยือกแข็งของอาหาร คือ อุณหภูมิที่มีผลึกน้ำแข็งเล็กๆ ในปริมาณที่สมดุลกับน้ำที่อยู่รอบๆ ก่อนที่จะเกิดผลึกน้ำแข็งขึ้นจะต้องมีนิวเคลียสของโมเลกุลน้ำก่อน
- การแช่แข็งในอุตสาหกรรมจะต้องผ่านกรรมวิธีของการเตรียมวัตถุดิบเช่นเดียวกับการแปรรูปวิธีการอื่นๆ แล้วจึงนำมาทำให้เย็นก่อนเข้าสู่เครื่องแช่แข็งแบบต่างๆ บางแบบอาจมีการบรรจุก่อนหรือหลังการแช่แข็ง ขึ้นอยู่กับวิธีการแช่แข็ง

## การแช่แข็งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. แบบ Contract Plate Freezer สินค้าที่ได้จะมีน้ำแข็งเกาะติดกับตัวสินค้าเป็นแบบ block หรือสินค้าติดกันเป็นก้อน
2. แบบ IQF (Individual Quick Frozen) ผลลัพธ์ที่ได้จากการแช่แข็งจะเป็นชิ้นๆ ไม่มีน้ำแข็งเกาะติดเป็นก้อนกับสินค้า ปัจจุบันเป็นที่นิยมของลูกค้าต่างประเทศ โดยใช้กระบวนการแช่แข็งแบบ Air Blast Freezer หลังจากการแช่แข็งจะต้องทำการเคลือบน้ำที่เย็นจัด เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา

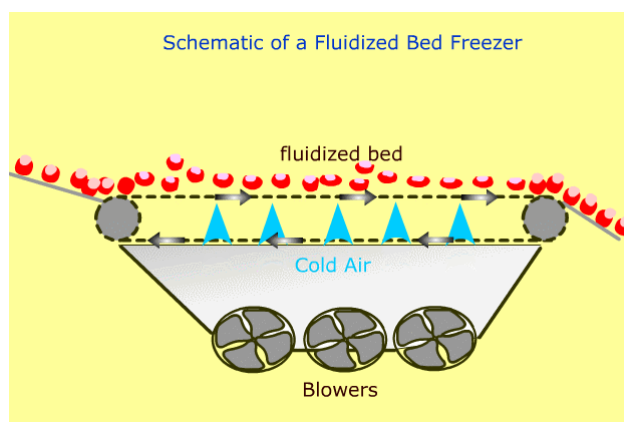
- เครื่องแช่แข็งแบบเป่าลมเย็นจัด (Blast freezer) อากาศจะหมุนเวียนอยู่บนอาหารที่อุณหภูมิระหว่าง -30 และ -40 องศาเซลเซียส ด้วยความเร็ว 1.5-6.0 เมตร/วินาทีความเร็วลมสูงจะช่วยลดความหนาของฟิล์มรอบอาหารและช่วยเพิ่มสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน



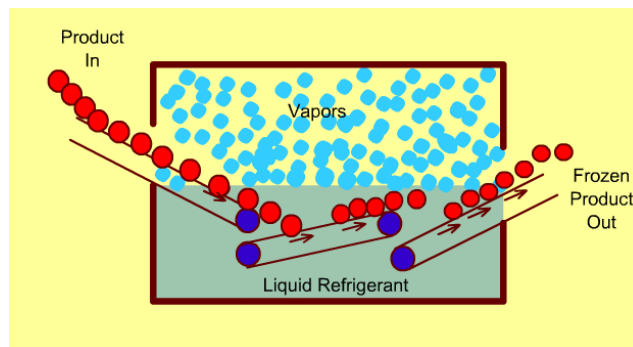
- เครื่องแช่แข็งแบบสายพานเป็นเกลียว (Belt freezer หรือ spiral freezer) เป็นเครื่องที่พัฒนามาจากเครื่องแช่แข็งแบบเป่าลม เครื่องประกอบด้วยสายพานซึ่งยืดหยุ่นได้และมีรูพรุนอยู่ด้านล่างและวนเป็นรูปเกลียว มีการเป่าลมเย็นหรือละอองไนโตรเจนเหลวลงไปในสายพานซึ่งเคลื่อนที่แบบสวนทางกันเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักจากการระเหยของน้ำ



- เครื่องแช่แข็งแบบฟลูอิดไดซ์ (Fluidized-bed freezer) อากาศเย็นจะไหลผ่านกองอาหารบนถาดหรือสายพานที่มีรูอยู่ด้านล่างด้วยความเร็วสูง ในเครื่องนี้อาหารจะสัมผัสอากาศมากกว่าและผิวหน้าของอาหารจะแข็งตัวอย่างสม่ำเสมอ วิธีการนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีชิ้นเล็กๆ



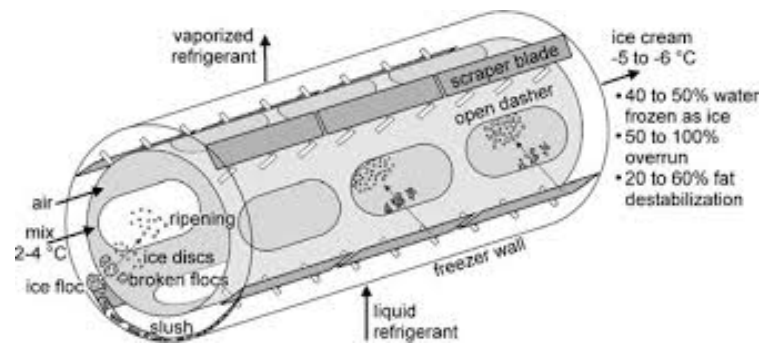
- เครื่องแช่แข็งแบบจุ่มในของเหลวเย็นจัด (Immersion freezer) อาหารที่บรรจุแล้วจะถูกส่งผ่านไปใอ่างซึ่งบรรจุโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) น้ำเกลือ กลีเซอรอล หรือสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เย็นจัดบนสายพานที่มีรู วิธีการนี้ต่างกับการแช่แข็งแบบใช้ไครโอเจน คือ ของเหลวที่ใช้ยังคงเป็นของเหลวอยู่ตลอดขั้นตอนการแช่แข็งและไม่เกิดการเปลี่ยนสภาพ



- เครื่องแช่แข็งแบบสัมผัสแผ่นโลหะเย็นจัด (plate freezer) ประกอบด้วยแผ่นโลหะกลวงจำนวนหนึ่งซึ่งเรียงอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอนโดยการปั๊มสารทำความเย็นอุณหภูมิ  $-40$  องศาเซลเซียส ผ่านเข้าไปข้างใน เหมาะกับอาหารซึ่งแบนและค่อนข้างบาง ซึ่งวางอยู่บนชั้นระหว่างแผ่นและมีการให้ความดันเล็กน้อย วิธีนี้ช่วยเพิ่มการสัมผัสระหว่างผิวของอาหารกับแผ่นโลหะเพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อน



- เครื่องแช่แข็งแบบใบมีดขูด (scrape-surface freezer) เหมาะสำหรับอาหารเหลวหรืออาหารกึ่งแข็ง ใช้แอมโมเนีย น้ำเกลือ หรือฟลูออโรคาร์บอนเป็นสารให้ความเย็น ในการผลิตไอศกรีม แขนหมุนจะขูดอาหารแข็งออกจากผนังเครื่องแช่เยือกและเติมอากาศเข้าไปในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิจะลดลง



- เครื่องแช่แข็งแบบใช้ไนโตรเจน (cryogenic freezer) วิธีการนี้มีอัตราการแช่แข็งที่เร็วมาก ทำโดยนำอาหารไปสัมผัสกับสารให้ความเย็นขณะที่มีการเปลี่ยนสถานะ

ไนโตรเจนเหลวเป็นสารให้ความเย็นที่นิยมใช้มาก โดยอาหารจะวางอยู่บนสายพาน แล้วเคลื่อนที่เข้าไปในห้องที่มีการบดวนอย่างดี ซึ่งแบ่งเป็นโซน โดยโซนที่ 1 จะทำให้อาหารเย็นลงเล็กน้อย ด้วยก๊าซไนโตรเจน โซนที่ 2 ไนโตรเจนเหลวหรือก๊าซไนโตรเจนเย็นจัดจะถูกพ่นบนอาหาร โซนที่ 3 จะปล่อยให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดความสมดุลหรือคงที่ (-18 ถึง -30 องศาเซลเซียส)



## หลักการเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง

- การใช้อุณหภูมิต่ำจึงต้องทำอย่างถูกสุขลักษณะ ปลอดภัยจากสิ่งปนเปื้อนและสารเคมีต่างๆ เพราะจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หากนำอาหารนั้นกลับคืนสู่อุณหภูมิปกติ
- ปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การหมุนเวียนของอากาศ ความสะอาด และระบบทำความเย็น ด้วยเหตุนี้อาหารแช่แข็งเมื่อผ่านการแช่แข็งเรียบร้อยแล้ว ต้องรีบนำไปเก็บรักษาในห้องที่รักษาระดับอุณหภูมิให้ไม่สูงเกิน -18 องศาเซลเซียส โดยวัดอุณหภูมิที่จุดเย็นหรือบริเวณจุดกึ่งกลางของวัตถุดิบหรืออาหารนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้แน่ใจได้ว่าจุลินทรีย์ที่ยังไม่ได้ถูกทำลายไปจะหยุดการทำงานและหยุดเจริญเติบโตขณะเก็บรักษา

## วัตถุดิบ และอาหารที่นิยมแช่แข็ง

- ผักและผลไม้ เนื่องจากการแช่แข็งไม่ได้ทำให้อาหารปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ จึงควรลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับผักและผลไม้ก่อน โดยการล้างให้สะอาดและตัดแต่งให้อยู่ในรูปพร้อมที่จะนำมาประกอบเป็นอาหาร
- เนื้อสัตว์ การเตรียมเนื้อสัตว์ก่อนแช่แข็งต้องล้างให้สะอาดและตัดแบ่งเป็นส่วนๆ ขนาดพอเหมาะสำหรับอาหารที่จะทำเสียก่อน และควรแยกเป็นห่อๆ สัตว์ปีก ก่อนแช่แข็งจะต้องแยกเครื่องในออกห่อต่างหาก
- อาหารประเภทอื่น เช่น แป้งอบ ขนมปัง เค้ก คุกกี้ และแป้งพาย เก็บแบบแช่แข็งได้ แต่ต้องใช้บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันการระเหยของน้ำได้

### การตกผลึกใหม่ (recrystallisation)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลึกน้ำแข็ง เช่น ขนาด รูปร่าง หรือการเรียงตัวของผลึกน้ำแข็ง เป็นสาเหตุของการสูญเสียคุณภาพของอาหารบางชนิดการตกผลึกใหม่ในอาหารแบ่งเป็น 3 ประเภท

1. การตกผลึกใหม่แบบ isomass เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผิวหน้าอาหารหรือโครงสร้างภายในมักทำให้อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรลดลง

2. การตกผลึกใหม่แบบ accretive ผลึกน้ำแข็งที่อยู่ใกล้กันจะรวมตัวกันทำให้เกิดผลึกที่ใหญ่ขึ้นทำให้จำนวนผลึกทั้งหมดในอาหารลดลง

3. การตกผลึกใหม่แบบ migratory เป็นการเพิ่มขนาดเฉลี่ยและลดจำนวนเฉลี่ยของผลึก ทั้งนี้ เนื่องจากการเติบโตของผลึกใหญ่ขึ้นในขณะที่ผลึกขนาดเล็กกว่ามีจำนวนน้อยลงสาเหตุเกิดจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่คงที่



### การคืนสภาพอาหารแช่แข็ง

หมายถึง การใช้ความร้อนในรูปแบบต่างๆ ในการเปลี่ยนสถานะของผลึกน้ำแข็งในเซลล์เนื้อเยื่อวัตถุดิบหรือในอาหารให้กลายเป็นน้ำ หรือที่เรียกว่า การละลาย หรือการคืนรูป หรือการคืนสภาพ ซึ่งเป็นขั้นตอนก่อนที่จะนำไปบริโภคหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ตามปกติอัตราการคืนตัวที่อุณหภูมิห้องจะใช้เวลานานมาก โดยเฉพาะวัตถุดิบขนาดใหญ่หรือชิ้นหนาจะใช้เวลาและพื้นที่เพื่อการละลายอย่างมาก โดยปกติการละลายน้ำแข็งในอาหารแช่แข็งจะใช้เวลานานกว่าการแช่แข็งอาหาร นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาคืนรูปด้วย เพราะเมื่อใช้เวลานานจะเปิดโอกาสให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ที่ผิวของอาหารซึ่งจะคืนตัวก่อน มีผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงด้วย ซึ่งจะกระทบต่อการแปรรูปในขั้นต่อไปและยังอาจทำให้คุณภาพด้านกลิ่น รส เนื้อสัมผัส และสีเปลี่ยนแปลงได้ด้วย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์พวกเนื้อสัตว์และปลา เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรทราบวิธีการเร่งอัตราการคืนตัว ความสัมพันธ์กันระหว่างอุณหภูมิ และเวลาในการคืนสภาพอาหารแช่แข็งให้กลับคืนสู่สภาพเดิม (ของเหลว)

### วิธีการคืนสภาพ

การทำให้อาหารแช่แข็งละลายสู่สภาพเดิมต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและวิธีที่เลือกใช้ ต้องไม่ทำลายคุณภาพและลักษณะของอาหาร วิธีการคืนสภาพมีหลายวิธีดังนี้

1. การใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารแช่แข็งทำให้น้ำแข็งละลาย นับว่าเป็นวิธีที่ประหยัดและเครื่องมือไม่ยุ่งยาก

2. การหมุนเวียนของน้ำเย็น โดยนำอาหารแช่แข็งมาแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 20 °C โดยให้น้ำหมุนเวียนตลอดเวลาเพื่อช่วยการถ่ายเทความร้อน และช่วยรักษาอุณหภูมิของผิวหน้าอาหารไม่ให้สูงเกินไปแต่จะทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารบางชนิด



3. การอาศัยคลื่นไมโครเวฟในการละลายน้ำแข็ง เป็นวิธีที่นำเทคโนโลยีของคลื่นไมโครเวฟมาใช้ทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จาก -18 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นเป็น -4 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็ว

4. การใช้คลื่นวิทยุในการละลายน้ำแข็งที่ใช้คลื่นวิทยุความถี่ 27.12 เมกะเฮิร์ต

## ผลของการใช้ความเย็นที่มีต่ออาหารและคุณค่าทางโภชนาการ

- ผลของการใช้ความเย็นที่มีต่ออาหาร
  - การแช่เย็น จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จะยังคงเกิดแต่เกิดช้า ซึ่งความเย็นระดับการแช่เย็นจำเป็นต้องมีวิธีอื่นร่วมด้วยเพื่อยับยั้งการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบอาหาร เช่น การตัดแต่ง การล้าง การลวก และการบรรจุ

- การแช่แข็ง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทั้งสภาวะเย็นจัดขณะแช่แข็ง และร้อนขณะละลายน้ำแข็ง สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของการแช่แข็งก็คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ควรเป็นพวก โลหะ แก้ว พลาสติก ที่มีสมบัติ ดังนี้ สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของความชื้นและไอเพื่อป้องกันการเติมและสูญเสียในอาหาร และป้องกันการผ่านเข้าออกของอากาศเพื่อป้องกันปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนในอาหาร เช่น เนื้อสัตว์แช่แข็ง ควรใช้พลาสติกชนิดเซลโลโฟน ที่สามารถป้องกันอากาศและความชื้น หรือกระดาษเคลือบสารกันชื้น เพื่อลดการเกิดกลิ่นหืนในอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ

- ผลของการใช้ความเย็นที่มีต่อคุณค่าทางโภชนาการ
  - การใช้ความเย็นแปรรูปอาหารจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการเพียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นวิตามินที่ละลายน้ำที่มีอยู่ในผลไม้สด จะเกิดการสูญเสียได้มาก เช่น วิตามินซี วิตามินบีหนึ่ง และวิตามินบีสอง โดยจะเริ่มเกิดการสูญเสียเมื่อนำวัตถุดิบหรืออาหารมาละลายผลึกน้ำแข็งหรือคืนสภาพ วิธีการละลายผลึกน้ำแข็งเป็นวิธีการที่สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด



กิจกรรมฮาเฮ

ทำอะไรอยู่คะ ????????

