



## 1. กรรมวิธีการแช่เยือกแข็ง

กรรมวิธีการแช่เยือกแข็ง จะแบ่งออกเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อไปนี้

### 1.1 การเตรียมการก่อนการแช่แข็ง (prefreezing treatment)

**1.1.1 การตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ** เมื่อรับวัตถุดิบมาแล้ว เพื่อให้ตรงตามลักษณะที่ต้องการ ได้แก่ ความสด ขนาด รูปร่าง ความสมบูรณ์ หรือดูตำหนิต่าง ๆ

**1.1.2 การเตรียมวัตถุดิบ** โดยการล้างในน้ำที่สะอาด ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 5 °ซ เพื่อขจัดเชื้อจุลินทรีย์และสิ่งแปลกปลอมให้หลุดไป --> คัดขนาดและคุณภาพ -->

ปอกเปลือก / แล่/ ตัดแต่งตามรูปแบบ หรือลักษณะของผลิตภัณฑ์ ที่ต้องการ



**1.1.3 การคัดขนาดและชั่งน้ำหนัก** -> ล้างน้ำเย็นให้สะอาด --> ชั่งน้ำหนักตามขนาดบรรจุต่าง ๆ ที่ต้องการ



**1.1.4 การจัดเรียง** โดยการจัดเรียงลงในบล็อก (ถ้าเป็นการแช่แข็งแบบบล็อกอาจเติมน้ำ หรือไม่เติมน้ำถ้าเป็นการแช่แข็งแบบ Semi-IQF)

## 1.2 การแช่เยือกแข็ง

**1.2.1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง มี 3 แบบ ได้แก่**

**ก. แบบ block** คือการแช่แข็งแบบเป็นก้อน โดยการจัดเรียงวัตถุดิบใน block(ถาดเหล็ก) แล้วเติมน้ำให้เต็ม ซึ่งจะเป็นการเคลือบน้ำไปในตัว



**ข. แบบ Semi-IQF** เป็นการแช่แข็งโดยการจัดเรียงวัตถุดิบแต่ไม่เติมน้ำเพื่อจะได้เคาะออกเป็นตัว ๆ ได้หลังจากการแช่เยือกแข็งแล้ว

**ค. แบบ IQF (Individual Quick Freezing)** เป็นการแช่แข็งแบบเป็นตัว / ชิ้นเดียว ๆ ซึ่งเป็นการแช่แข็งโดยการ ใช้เครื่องแช่แข็ง Airblast แบบ Belt freezing หรือ แบบ Fluidized bed freezing หรือโดยการใช้ไนโตรเจนเหลว หรือคาร์บอนไดออกไซด์เหลวฉีดพ่น



### 1.2.2 วิธีการแช่เยือกแข็ง

วิธีการแช่เยือกแข็งที่มีการใช้ในผลิตภัณฑ์ประมง มีหลายวิธี ได้แก่

**ก. Airblast freezing** เป็นวิธีการที่อาศัยอากาศเย็นจัดที่มีการหมุนเวียน อย่างแรงเพื่อช่วยให้อัตราการแช่เยือกแข็งเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งวิธีนี้มี 2 รูปแบบ คือ

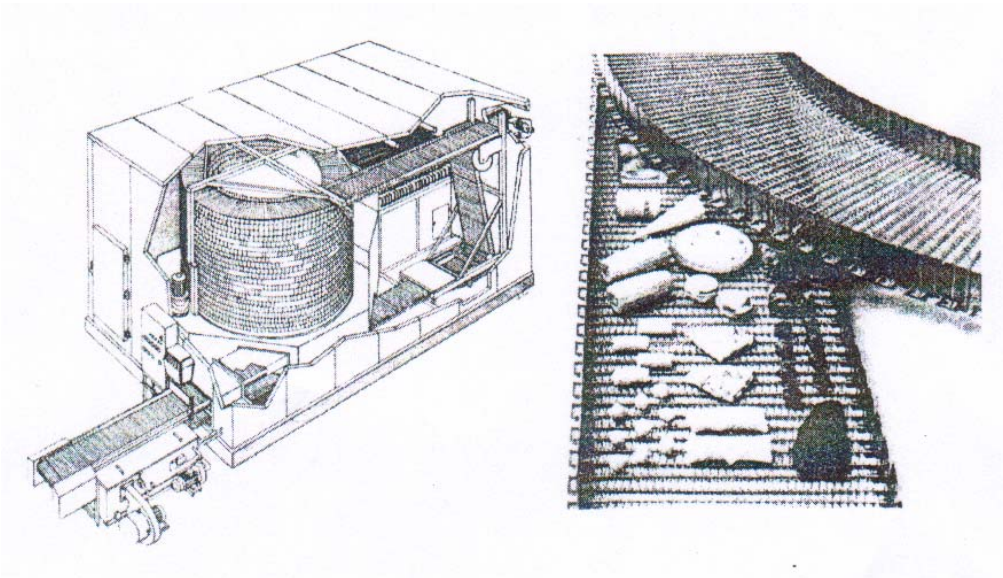
- **Tunnel freezing** วิธีการนี้จะนำผลิตภัณฑ์วางบนชั้นหรือรถเข็นหลาย ๆ ชั้น แล้วค่อย ๆ เคลื่อนชั้นหรือรถเข็นเข้าไปในอุโมงค์ที่มีลมเย็นจัด (อุณหภูมิ  $-18^{\circ}\text{C}$  ถึง  $-34^{\circ}\text{C}$ ) เคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของอาหาร และมีความเร็วลมประมาณ 100-3,500 ฟุต/นาทีกี่ ซึ่งอัตราที่แนะนำคือ  $-29^{\circ}\text{C}$  ความเร็วลม 2,500 ฟุต/นาทีกี่

- **Belt freezing** วิธีนี้จะวางผลิตภัณฑ์เรียงบนสายพานโปร่งที่เคลื่อนที่ ผ่านไอน้ำเย็นในอุโมงค์ จนกระทั่ง ผลิตภัณฑ์แข็งตัวและเคลื่อนที่ ออก อีกทางด้านหนึ่งเพื่อบรรจุ ได้เลย วิธีนี้สามารถปรับความเร็วของสายพานให้พอดีกับการ แช่แข็งตัวของผลิตภัณฑ์และช่วยลดการปนเปื้อนด้วย **เหมาะสำหรับการแช่แข็งแบบ IQF**



ซึ่งปัจจุบันนี้มีการดัดแปลง Belt freezing ให้มีลักษณะแบบสายพานเป็นเกลียว (Spiral freezer) โดยมีสายพานยึดหยუნได้ มีรูพรุนอยู่ด้านล่างและวนเป็น

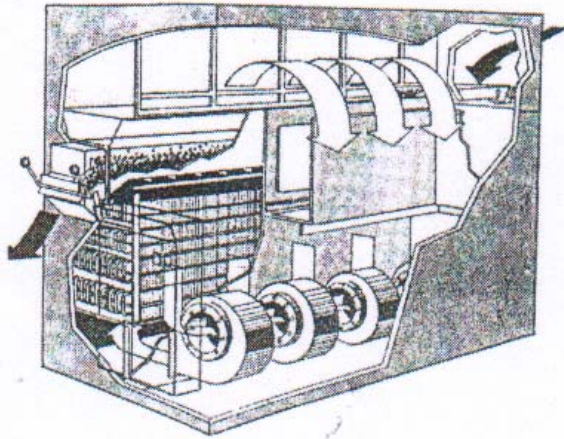
**รูปเกลียว** อาหารจะถูกส่งผ่านแช่แข็งมาบนสายพาน มีการเป่าลมเย็นจัดหรือละอองไอน้ำโตรเจนเหลวลงไปยังสายพาน ซึ่งเคลื่อนที่แบบสวนทางกัน เพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักจากการระเหยของน้ำ



เครื่องแช่แข็งแบบนี้จะใช้พื้นที่น้อยและให้ความจุสูง เช่น สายพานยาว 50-75 ซม. ใน 32 เกลียว

- ข้อดีของ Airblast freezing**
- ต้นทุนในการดำเนินการต่ำ
  - สามารถใช้กับอาหารที่มีขนาดหรือรูปร่างต่าง ๆ กันได้
- ข้อเสียของ Airblast freezing**
- ถ้าควบคุมสภาวะไม่ดีจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์มากเกินไป เกิด Freezer burn กับผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะที่ยังไม่มีการบรรจุหีบห่อ

- **Fluidized bed freezing** เป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก Airblast freezing โดยมีหลักการคือ เป็นการอัดหรือเป่าอากาศเย็นจัดด้วยกำลังสูงจากฐานสายพาน(ตะแกรง)



โปร่งในอัตราที่เพียงพอที่ทำให้ ชั้นอาหาร อยู่ในสภาพลอยตัวตลอดเวลา ขณะผ่านลมเย็น เรียกว่า Through-flow air freezing มักใช้กับชั้นอาหารที่มี ขนาดเล็ก โดยปกติ ความเร็วลมที่ใช้ไม่ต่ำกว่า 375 ฟุต/นาที และมีอุณหภูมิประมาณ  $-34^{\circ}\text{C}$  ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับขนาดของอาหารที่จะแช่แข็ง ความหนา รูปร่าง และความสม่ำเสมอ

ของชั้นอาหาร เช่น ชั้นของปลาควรมีขนาดไม่เกิน 8-10 นิ้ว วิธีการแบบนี้จะทำให้อาหารที่แช่แข็งไม่ติดกัน เรียกว่า Free flow product หรือเกิดสภาพ IQF (Individual Quick Freezing)

**ข้อดีของ Fluidized bed freezing**

- เป็น Quick Freezing
- สูญเสียความชื้นน้อยกว่า Airblast freezing เนื่องจาก IQF ทำให้รอบ ๆ ผิวของอาหารมีน้ำแข็งเกาะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ และยังช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันด้วย

**ข้อเสียของ Fluidized bed freezing**

- ไม่เหมาะกับอาหารที่มีขนาดใหญ่ และรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งขนาดที่เหมาะสมกับการแช่แข็งคือมีความหนา 30-40 มม. และความยาวของชั้นผลิตภัณฑ์ ประมาณ 120-150 มม.

**ข. Plate freezing (Contact plate freezing)** เป็นวิธีการนำอาหารที่ต้องการแช่แข็งบรรจุในภาชนะบรรจุหรือบล็อกไปวางระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่นที่เย็นจัด โดยแผ่นโลหะกลวงและถูกทำให้เย็นจัดด้วยสารทำความเย็น (Refrigerant) ที่บรรจุอยู่ ได้แก่ ฟร็อน -12, ฟร็อน -22, แอมโมเนีย เครื่องแช่แข็งแบบนี้จะมีแผ่นโลหะประกบกันหลายๆ แผ่น เรียงเป็นชั้น ๆ (โดยทั่วไปประมาณ 10 ชั้น) ระหว่างชั้นของแผ่นโลหะจะเป็นที่วางอาหารแช่แข็ง ทำให้อาหารสัมผัสกับผิวหน้าของแผ่นโลหะทั้ง 2 ด้าน ก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็ว จนเกิดการแช่แข็ง



การแช่แข็งแบบนี้จะเหมาะสำหรับการแช่แข็งอาหารที่บรรจุกล่องสี่เหลี่ยม ขนาดสม่ำเสมอ มีความหนาประมาณ 25-27 มม. และเวลาที่ใช้ในการแช่แข็งจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับความหนาของผลิตภัณฑ์ และชนิดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอยู่ระหว่าง 90-120 นาที ( 2 ชม. ที่  $-40^{\circ}\text{C}$ )

**ข้อดีของ Contact plate freezing** - ลดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม่มีการเคลื่อนที่ของอากาศ เหมือน Airblast freezing

**ข้อเสียของ Contact plate freezing** - อัตราการแช่แข็งค่อนข้างช้า คือ ประมาณ 90-120 นาที  
- ของชั้นผลิตภัณฑ์ต้องมีความหนาสม่ำเสมอเท่านั้น

**ค. Liquid-immersion freezing หรือ Direct-immersion freezing (การแช่แข็งแบบจุ่มในของเหลวที่เย็นจัด)** วิธีการแช่แข็งแบบนี้ทำได้โดยการนำอาหารที่ต้องการแช่แข็งไปจุ่มในของเหลวที่เย็นจัดหรือฉีดพ่นของเหลวที่เย็นจัดลงบนผิวของอาหาร

ก็ได้ ซึ่งของเหลวที่เย็นจัดจะถูกทำให้เย็นโดย **Refrigerant** จนมีอุณหภูมิประมาณ  $-18^{\circ}\text{C}$  หรือต่ำกว่า และต้องไม่เป็นพิษ ไม่มีกลิ่น ไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบและคุณลักษณะของอาหาร โดยจะเรียกของเหลวที่ถูกทำให้เย็นจัดนี้ว่า **“Freezant”** ซึ่ง Freezant ที่ใช้กันมากคือ

1. Propylene glycol
2. Glycerol
3. NaCl
4.  $\text{CaCl}_2$
5. สารละลายน้ำตาลกับเกลือ

**ข้อดีของ Liquid-immersion freezing** - ลดการสูญเสีย น้ำของผลิตภัณฑ์  
- เป็น Quick freezing  
- มีลักษณะเป็น Ice grazing ทำให้  
ดึงดูดใจผู้บริโภค

**ข้อเสียของ Liquid-immersion freezing** - คุณสมบัติของ Freezant บางตัว  
อาจมีผลต่อคุณภาพของ  
ผลิตภัณฑ์ เช่น NaCl อาจทำ  
ให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มด้วย

วิธีนี้จึงไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แต่จะใช้ในเรือประมงในการ  
แช่แข็งปลา กุ้ง โดยการใช้น้ำเกลือ เช่น การแช่แข็งทูน่าในเรือ

**ง. Cryogenic freezing หรือ Evaporating liquid freezing ( การแช่แข็งแบบพ่นสารทำความเย็น )** เป็นการแช่แข็งที่มีอัตราเร็วสูงสุด โดยอาศัยหลักการคือนำอาหารที่ต้องการแช่แข็งไปสัมผัสกับสารทำความเย็นที่มีคุณสมบัติเป็นสาร **“Cryogenic”** คือ สารประกอบที่มีจุดเดือดต่ำมาก และมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอค่อนข้างสูง เช่น Liquid  $\text{N}_2$  (จุดเดือด  $-196^{\circ}\text{C}$ ) สารประกอบฟรืออนเหลว (Freon-12,  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ , Dichloro difluorometane มีจุดเดือด  $-30^{\circ}\text{C}$ ) Liquid  $\text{CO}_2$  (จุดเดือด  $-57.9^{\circ}\text{C}$ ) โดยสารนี้จะดึงความร้อนจากอาหารเพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ จึงทำให้อุณหภูมิของอาหารลดลงอย่างรวดเร็ว

**สาร Cryogenic ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ Liquid N<sub>2</sub>** โดยการวางชิ้นอาหารบนสายพาน แล้วสายพานจะเคลื่อนที่เข้าไปในอุโมงค์สำหรับพ่นไนโตรเจนเหลวที่มีการควบคุมอย่างดี ไนโตรเจนเหลวก็จะถูกพ่นลงบนอาหาร จนกระทั่งอาหารนั้นแข็งตัว การแช่แข็งแบบนี้จะได้ผลิตภัณฑ์แบบ IQF (Individual Quick Freezing)

**ข้อดีของ Cryogenic freezing**

- ลดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์
- ผลิตภัณฑ์เสียหายน้อย และไม่ทำลาย Texture
- สามารถแช่แข็งแบบต่อเนื่องได้

**ข้อเสียของ Cryogenic freezing** - ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

**1.2.3 หลักการเลือกวิธีแช่เยือกแข็ง** เนื่องจากแต่ละวิธีจะมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน จึงควรเลือกวิธีการที่เหมาะสมโดยพิจารณาจาก

- 1) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับ :
  - อัตราเร็วในการแช่แข็ง
  - การสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์
  - ลักษณะของผลิตภัณฑ์ เช่น แบบก้อน แบบ IQF
- 2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและผลผลิต(Yield)ที่ได้ ได้แก่ :
  - ค่าพลังงานที่ใช้
  - ค่าแรงงาน
  - ค่า Refrigerant หรือ Freezant
  - น้ำหนักที่สูญหาย (% weight loss)
  - อัตราการคืนทุน คุ่มหรือไม่

**1.3 การบรรจุ** ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งแล้วจะนำมาบรรจุในถุงพลาสติก เช่น PE PP Polyester แล้วบรรจุในกล่องกระดาษแข็งเคลือบไข จากนั้นจะบรรจุลงในกล่อง



กระดาษลูกฟูกอีกชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์กระทบกระเทือนระหว่างการเก็บรักษา และการขนส่ง



**1.4 การเก็บรักษา** ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุเรียบร้อยแล้วจะนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ  $<-18^{\circ}\text{C}$  โดยทั่วไปนิยมใช้  $-20^{\circ}\text{C}$  ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70 % และต้องควบคุมไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในห้องเก็บรักษาเป็นการป้องกันการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อรอการขนส่งและจำหน่ายต่อไป

