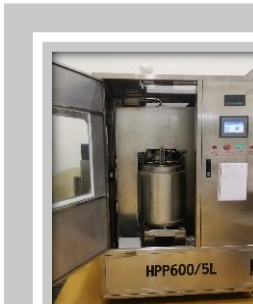


High pressure process



หลักการของการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง

การแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง (High pressure process) เป็นเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารที่ไม่ใช้ความร้อน (Non-thermal process) แต่ใช้ความดันในระดับ

ที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ ซึ่งสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย จุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) และเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ โดยไม่ทำลายรสชาติและความสดของอาหาร ถือว่าเป็นการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรเซชันแบบเย็น (Cold pasteurization)

หลักการทำงานของกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง เป็นการนำอาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีความยืดหยุ่น นำมาผ่านความดันสูงประมาณ 100-900 MPa ที่อุณหภูมิห้อง (APEC, 2017) อาหารจะได้รับความดันผ่านตัวกลางอย่างสม่ำเสมอเท่ากันทุกจุด ตัวกลางที่นิยมใช้ได้แก่ น้ำ หรือ ของเหลวอื่น ๆ เช่น กลีเซอรอล เมื่อความดันเพิ่มขึ้นทุก ๆ 100 MPa อุณหภูมิของอาหารจะเพิ่มขึ้นประมาณ 3 องศาเซลเซียส และจะลดลงทันทีที่ลดความดันลงจนถึงความดันบรรยากาศปกติ โดยใช้เวลาในการผลิตเพียง 2-30 นาที (สุพรรณิ, 2546) ทำให้จุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหารถูกทำลายอาหารจึงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น และยังคงคุณภาพทางประสาทสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดีอยู่

การแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง [High pressure process] ในอุตสาหกรรมอาหารทะเล

สุกริณี สีสว่าง

กลุ่มวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ

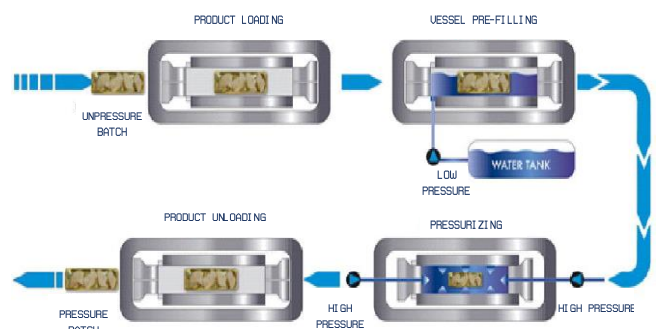
กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง

7 เมษายน 2564

กระบวนการทำงานของเครื่องความดันสูง

(ภาพที่ 1) โดยมีขั้นตอนดังนี้ (Srinivas *et al.*, 2018)

- 1 นำอาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์มาใส่ในตัวถังของเครื่องความดันสูง (Pressure vessel)
- 2 ปิดตัวถังและเติมน้ำซึ่งเป็นตัวกลางของระบบเข้าในตัวถังจนเต็ม
- 3 ปัมป์จะสร้างแรงดันสูงให้กับน้ำ (Hydrostatic pressure) ในตัวถัง ทำให้แรงดันส่งผ่านน้ำไปถึงชิ้นอาหาร อุณหภูมิของอาหารจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
- 4 ระบบจะรักษาความดันให้คงที่ตลอดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ถึง 30 นาที ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์
- 5 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ตัวถังจะลดความดันลงทันที ทำให้อุณหภูมิของอาหารลดลงสู่อุณหภูมิเริ่มต้นอย่างรวดเร็ว
- 6 นำอาหารออกจากตัวถังและเก็บรักษาตามอุณหภูมิที่เหมาะสมของอาหาร



ภาพที่ 1 กระบวนการทำงานของการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง
ที่มา: Srinivas *et al.* (2018)

Contact : กลุ่มวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ
กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง

☎ 0 2940 6130-45 ต่อ 4408

✉ sutthinees@fisheries.go.th

🌐 www4.fisheries.go.th/industry

การแปรรูปด้วยความดันสูงมีข้อดี คือ สามารถทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเอนไซม์ ในขณะที่ยังคงรักษาคุณภาพและคุณค่าทางอาหารให้ใกล้เคียงกับอาหารสด โดยไม่จำกัดรูปร่างและขนาดของอาหาร เนื่องจากความดันสามารถเข้าถึงชิ้นอาหารได้อย่างสม่ำเสมอ ส่วนข้อเสีย คือ ต้นทุนในการลงทุนยังคงสูงกว่าการแปรรูปด้วยความร้อนแบบดั้งเดิมถึง 10 เท่า และยังเป็นเพียงกระบวนการผลิตแบบกะ (Batch style) และกึ่งต่อเนื่อง (Semi continuous) เท่านั้น อีกทั้งอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความดันสูงยังไม่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ เนื่องจากสปอร์ของจุลินทรีย์และเอนไซม์บางชนิด เช่น ฟินอลออกซิเดส ยังไม่ถูกทำลาย (Rittichai, 2017; Srinivas *et al.*, 2018)

ผลของความดันสูงที่มีต่อคุณภาพของอาหาร

จุลินทรีย์ในอาหาร

ความดันส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการตายของจุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์ได้รับความดันที่สูงขึ้น จะส่งผลให้เซลล์เมมเบรนถูกทำลาย เกิดการรั่วไหลของสารจากภายในและภายนอกเซลล์ สารพันธุกรรมต่าง ๆ เช่น ไรโบโซม กรดนิวคลีอิก สังเคราะห์ได้ไม่สมบูรณ์และถูกทำลาย เซลล์จุลินทรีย์จึงไม่สามารถทำงานได้และตายในที่สุด แบคทีเรียแกรมลบ ยีสต์ และแบคทีเรียแกรมบวก (ความดัน 300 MPa ที่อุณหภูมิห้อง) สามารถถูกทำลายด้วยความดันจากง่ายไปยากตามลำดับ ส่วนสปอร์ของจุลินทรีย์ในสถานะที่ความดันในระดับต่ำจะกระตุ้นการงอกของสปอร์ ดังนั้น ควรใช้ความดันในระดับสูง (ความดัน มากกว่า 600 MPa) ร่วมกับอุณหภูมิสูง (50-70 °C) จึงสามารถทำลายสปอร์ได้ (สุพรรณิ, 2546; วิริยา, 2553)

โปรตีนและเอนไซม์

การใช้ความดันในระดับต่ำ (ไม่เกิน 150 MPa) ส่งผลต่อการทำลายพันธะนอนโควาเลนต์ ทำให้โครงสร้างเอนไซม์และโปรตีนในชั้นที่สามและสี่ถูกทำลาย โครงสร้างของโปรตีนจะเกิดการเสียสภาพแบบย้อนกลับได้ (Reversible denaturation) แต่ต้องใช้เวลานานในการคืนสู่สภาพเดิม ส่วนการใช้ความดันในระดับปานกลาง (150-300 MPa) จะทำลายพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกที่อยู่ชั้นทุติยภูมิของโปรตีน จึงเกิดการเสียสภาพแบบผันกลับไม่ได้ (Irreversible denaturation) ทำให้โปรตีนและเอนไซม์

เกิดการสูญเสียสมบัติเชิงหน้าที่ต่าง ๆ แต่ความดันไม่สามารถทำลายพันธะโควาเลนต์ในชั้นปฐมภูมิของโปรตีนได้ (วิริยา, 2553) การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเนื่องจากความดันส่งผลให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ และโปรตีนเกิดการตกตะกอนจนเกิดเป็นเจลขึ้นได้ (สุพรรณิ, 2546)

ไขมัน

ไขมันที่เป็นของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเมื่อได้รับความดันสูง ไขมันจะเกิดผลึกได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์ทำให้อุณหภูมิของจุดหลอมเหลวเพิ่มสูงขึ้น จึงนำคุณสมบัตินี้มาใช้ในการตกผลึกช็อกโกแลต เนยโกโก้ วิปป์ครีม และครีมกาแฟ (สุพรรณิ, 2546)

คาร์โบไฮเดรต

โครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความดันสูง ทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลลดในเซลล์ลง เมื่อแบ่งเกิดเจล อะไมโลสจะคงตัวไม่หลุดออกมาจากเม็ดแป้งได้ง่าย ทำให้คุณสมบัติของเจล ต่างจากเจลที่เกิดจากการให้ความร้อน เจลแป้งจึงมีลักษณะคล้ายครีม (Creamy) เม็ดแป้งจะพองตัวได้ง่าย ทำให้เอนไซม์อะไมเลสย่อยแป้งได้ง่ายขึ้น จึงเกิดรสหวานมากขึ้น (สุพรรณิ, 2546)

วิตามินและเกลือแร่

โมเลกุลของวิตามินและเกลือแร่ส่วนใหญ่จะไม่ถูกทำลายด้วยความดันสูง (400 - 600 MPa) ที่อุณหภูมิปานกลาง เช่น วิตามินซี วิตามินเอ วิตามินอี ไนอะซิน ฟีนอล และแอนโทไซยานิน แต่สามารถถูกทำลายเมื่อใช้อุณหภูมิสูง (APEC, 2017)

กลิ่นรส

ความดันสูงจะไม่มีผลต่อพันธะโควาเลนต์ของโมเลกุลที่มีขนาดเล็กที่อยู่ในสารให้สี รสชาติ และกลิ่น ทำให้อาหารยังคงลักษณะที่สดใหม่ และช่วยรักษากลิ่นรสของอาหารให้คงเดิมได้ (APEC, 2017)

เนื้อสัมผัส

การใช้ความดันสูงในเนื้อสัตว์ดิบ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนไมโอไฟบรียาของกล้ามเนื้อ โดยช่องว่างระหว่างไมโอไฟบรียาลดลง เนื้อสัมผัสจึงมีความแน่นขึ้น แต่เมื่อให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์จนสุก เนื้อจะมีความนุ่มมากขึ้นและสูญเสียให้น้ำน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ที่ไม่ผ่านความดัน (วิริยา, 2553)

ประโยชน์ของการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารทะเล

กระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารตั้งแต่ปี 1990 โดยประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศแรกที่เริ่มทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารด้วยความดันสูง ผลิตภัณฑ์กลุ่มแรกๆ ที่ประสบความสำเร็จในการผลิต คือ น้ำผลไม้และแฮม ต่อมาได้มีการพัฒนากระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูงในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้แก่ อาหารพร้อมรับประทาน (Ready to eat) ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก เนื้อไก่หั่น แฮม ผลิตภัณฑ์จากข้าว ปลา และอาหารทะเล (Rittichai, 2017)

อาหารทะเลหลายชนิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคสดหรือผ่านความร้อนเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ได้รสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางอาหารที่ดี แต่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้บริโภคที่อาจได้รับเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคที่ปนเปื้อนมา กับอาหารทะเลได้ ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารทะเลจึงเริ่มมีการนำกระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูงมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น ดังนี้

หอยนางรม หอยนางรมเป็นอาหารทะเลชนิดแรกที่มีการใช้ความดันสูงในการฆ่าเชื้อ เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคหอยนางรมสด ซึ่งหอยนางรมมักมีเชื้อ *Vibrio* spp. ที่ก่อให้เกิดโรคท้องเสียและลำไส้อักเสบ ซึ่งเชื้อชนิดนี้สามารถทำลายได้ด้วยความดันสูง Calik *et al.* (2002) ทำลายเชื้อ *V. parahaemolyticus* ในหอยนางรมด้วยความดัน 345 MPa นาน 90 วินาที การใช้ความดันสูงในหอยนางรมยังส่งผลดีต่อลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และรสชาติของหอยนางรม ทำให้เนื้อของหอยนางรมมีความฉ่ำน้ำ (Juicy) มากขึ้นและยังคงรสชาติเค็มของหอยนางรมดิบไว้ได้ อีกทั้งยังช่วยทำให้หอยนางรมเปิดฝาและแกะเนื้อได้ง่ายขึ้นอีกด้วย (Murchie *et al.*, 2005)



Hand shucked

HPP shucked

ภาพที่ 2 ลักษณะ
หอยนางรมที่ผ่าน
การแปรรูปด้วย
ความดันสูง
ที่มา: Campus
(2010)

กุ้งล็อบสเตอร์ มีการนำกุ้งล็อบสเตอร์มาผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูง เพื่อทำให้แกะเนื้อออกจากเปลือกได้ง่ายและเพิ่มปริมาณผลผลิตของเนื้อที่แกะ (%yield) โดยพบว่า ที่ความดัน 250 และ 500 MPa สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในกุ้งล็อบสเตอร์และสามารถแกะเนื้อได้มากขึ้น (Campus, 2010) มีการนำกุ้งล็อบสเตอร์มีทำให้สุกเล็กน้อยมาบรรจุลงในถุงหรือถาด แล้วนำมาผ่านความดันสูงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและลดความเสี่ยงต่อเชื้อ *Listeria monocytogenes* (Hiperbaric, 2020)



ภาพที่ 3 การแกะเปลือกกุ้งล็อบสเตอร์ที่ผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูง ที่มา: Gonçalves and Alves (2013)

ปู การแปรรูปด้วยความดันสูงในปู สามารถทำให้แกะเนื้อปูดิบได้ง่ายขึ้น โดยที่รักษาความสดและคุณภาพของปูไว้ได้ Canadian Center for Fisheries Innovation (CCFI) ใช้ความดัน 250-275 MPa นาน 50-60 วินาที เพื่อช่วยในการแกะเนื้อปูสด แต่พบว่า ปูมีสีฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ไม่ถูกทำลาย บริษัท Seafarer's Inc ได้ใช้กระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูงในการยืดอายุการเก็บรักษาปูต้ม ทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 21-28 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยไม่ต้องใช้สารกันเสีย (Hiperbaric, 2020)



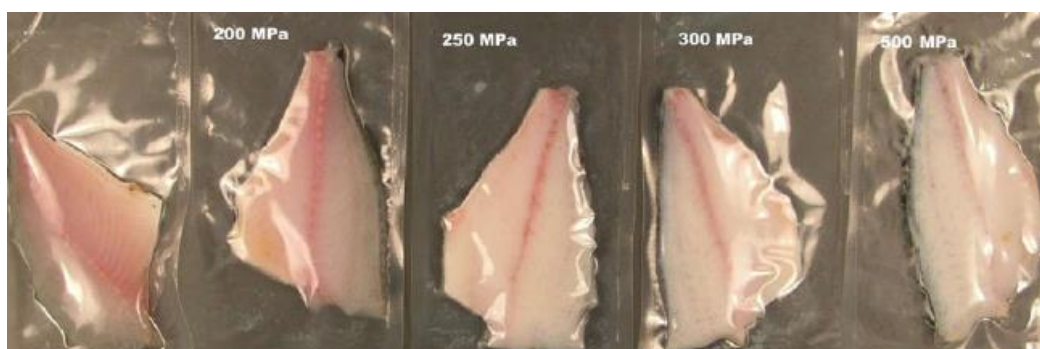
ภาพที่ 4 ลักษณะของ
เนื้อปูที่ผ่านการแปรรูป
ด้วยความดันสูง
ที่มา: Hiperbaric (2020)

ปลา การใช้ความดันสูงในเนื้อปลาสดเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและยืดอายุการเก็บรักษา แต่เนื้อปลาสดที่ใสจะมีความชุ่มชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คล้ายกับการให้ความร้อนแก่เนื้อปลา ส่วนการใช้ความดันสูงในปลารมควัน ช่วยทำให้คุณภาพของเนื้อปลาดีขึ้น (Campus, 2010) มีการใช้ความดันสูงในการฆ่าพยาธิได้ทั้งหมดในเนื้อปลาแมกเคอเรลด้วยความดัน 300 MPa นาน 5 นาที (Gonçalves and Alves, 2013) สามารถใช้ความดันสูงกับเนื้อปลาที่ใช้ทำซูชิเพื่อฆ่าพยาธิอะนิซาคิส (*Anisakis simplex*) ที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการท้องเสียและเป็นแผลในกระเพาะและลำไส้

ซูริมิ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลาสด ที่มีลักษณะเป็นเจลโปรตีนของเนื้อปลา การแปรรูปด้วยความดันสูงส่งผลทำให้มีคุณภาพของเจลซูริมิดีกว่าการใช้ความร้อน เจลจะมีลักษณะมันวาว นุ่ม เรียบเนียน และมีเนื้อสัมผัสที่สม่ำเสมอสีและกลิ่นรสของซูริมิใกล้เคียงกับเนื้อปลาสด และช่วยเพิ่มโปรตีน

ซาร์โคพลาสมิกที่หายไปจากกระบวนการทำซูริมิแบบดั้งเดิม (Murchie *et al.*, 2005) Farr (1990) พบว่า ความดันที่ 608 MPa ทำให้เกิดเจลของซูริมิที่มีส่วนผสมหลักจากปลาหมึกและคุณภาพของเจลดีขึ้น

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการนำความดันสูงมาใช้ในการแปรรูปอาหารในระดับอุตสาหกรรมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนางานวิจัยที่ศึกษาการใช้ความดันสูงในการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารทะเลที่เริ่มมีผู้ประกอบการสนใจลงทุนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีนี้เป็นอีกทางเลือกที่สามารถใช้ทดแทนการแปรรูปด้วยความร้อนแบบดั้งเดิมเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และช่วยปรับปรุงคุณภาพอาหาร รวมทั้งรักษาความสด กลิ่น และรสชาติของอาหารไว้ได้ สามารถลดการใช้สารเคมีในการถนอมอาหาร และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อปลาดิบเมื่อผ่านการแปรรูปด้วยความดันสูง
ที่มา: Campus (2010)

เอกสารอ้างอิง

- วิริยา พรหมกอง. 2553. เอกสารประกอบการสอน วิชา หลักการแปรรูปอาหาร 2. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 51 หน้า.
- สุพรรณิ เทพอรุณรัตน์. 2546. เทคโนโลยีการผลิตอาหารด้วยความดันสูง (High pressure processing). วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 51(163): 21-25.
- APEC-Asia Pacific Economic Cooperation. 2017. High Pressure Processing. National Science Technology and Innovation Policy Office. 17 pp.
- Assawarachan, R. 2017. Emerging Technologies for Food Process. Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci. 18(1): 10-18.
- Calik, H., M.T. Morrissey, P.W. Reno and H. An. 2002. Effect of High Pressure Processing on *Vibrio parahaemolyticus* Strains in Pure Culture and Pacific Oysters. J. Food Sci. 67: 1507-1510.
- Campus, M. 2010. High Pressure Processing of Meat, Meat Products and Seafood. Food Eng. Rev. 2: 256-273.
- Farr, D. 1990. High Pressure Technology in The Food Industry. Trends in Food Sci&Tech. 1: 14-16.
- Gonçalves, A. and J.D.P. Alves. 2013. High Pressure Technology Improves the Quality and Yield in the Seafood Industry. INFOFISH International 6: 35-38.
- Hiperbaric. 2020. HPP Seafood: Shells Away with High Pressure Processing (HPP) Shucking. Available source: <https://blog.hiperbaric.com/en/hpp-seafood-shells-away-with-high-pressure-processing>. February 8, 2021.
- Murchie, L.W., M. Cruz-Romero, J.P. Kerry, M. Linton, M.F. Patterson, M. Smiddy and A.L. Kelly. 2005. High Pressure Processing of Shellfish: A Review of Microbiological and Other Quality Aspects. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 6: 257-270.
- Srinivas, M.S., B. Madhu, G. Srinivas and S.K. Jain. 2018. High Pressure Processing of Foods: A Review. The Andhra Agric. J. 65(spl): 467-476.