

ตรวจเอกสาร

1. การหมัก (Fermentation)

การหมัก หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน โดยจุลินทรีย์และเป็นการสลายตัวที่ให้พลังงาน ผลจากการสลายได้เป็นสารชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาการหมัก (วิทย์, 2525)

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการหมักจากจุลินทรีย์หรือกระบวนการเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ เรียกว่า ผลิตภัณฑ์หมักดอง (fermented products)

กระบวนการหมักแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (นงนุช, 2538)

1. Aerobic fermentation คือ กระบวนการหมักที่ต้องการออกซิเจน เช่น การผลิตกรดน้ำส้ม (acetic acid) และกรดมะนาว (citric acid)
2. Anaerobic fermentation คือ กระบวนการหมักที่ไม่ต้องการออกซิเจน เช่น การผลิตแอลกอฮอล์

ผลิตภัณฑ์ที่หมักจากปลาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (Rao, 1967)

1. Fermented fish ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้จากการนำปลาทั้งตัวหรือเพียงบางส่วนมาหมัก การหมักอาจจะใช้เวลา 2-3 วัน หรือมากกว่า 1 ปี อาจมีหรือไม่มีการเติมเครื่องปรุงแต่งบางอย่าง เช่น ข้าวคั่วบด ยีสต์ สับปะรด และมะละกอก็ได้ อาหารชนิดนี้ได้แก่ ปลาร้า ปลาเจ่า ปลาส้ม ปลาแป้งแดง เป็นต้น
2. Fermented fish paste ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้อาจใช้ปลา กุ้งหรือหอย ใส่เกลือ ตาก และบดให้ละเอียด แล้วนำไปหมักไว้ระยะหนึ่ง อาจกินเวลาหลายเดือนจนได้กลิ่นรสที่ต้องการ อาจมีการเติมเครื่องปรุงหรือไม่เติมก็ได้ เช่น กะปิ ปะเดก (padec) ของลาว และมัมกะเซต (mam-ca-sat) ของกัมพูชา เป็นต้น

3. Fermented fish sauce ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ได้จากการนำปลามาหมักเกลือแล้วปล่อยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลาหลายเดือน เนื้อปลาย่อยสลายเป็นของเหลวที่มีโปรตีนสูง แยกเอาเฉพาะส่วนที่ใส อาจปรุงหรือไม่ปรุงแต่งรสก็ได้ เช่น น้ำปลา บูด และ ปะดิส (patis) ของฟิลิปปินส์ เป็นต้น

Owen และ Mendoza (1985) ได้จัดจำแนกกลุ่มของผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำที่ผ่านกระบวนการหมักเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองที่ปฏิกิริยาการหมักอาศัยเอนไซม์ (enzyme hydrolysis)

1.1 ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองซึ่งมีการไฮโดรไลซิสในเกลือความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 20 ความเป็นกรด-เบส มีค่าอยู่ระหว่าง 6-7 อุณหภูมิในกระบวนการหมักเป็น 20-30 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้บางชนิดมีการเติมเอนไซม์ลงไปช่วยเร่งปฏิกิริยา ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ เช่น น้ำปลา ปลาเค็ม เป็นต้น

1.2 ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองซึ่งมีการไฮโดรไลซิสในเกลือความเข้มข้นต่างกันแล้วทำให้แห้ง ภายหลัง มี 3 ประเภทคือ

1.2.1 ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองซึ่งมีการไฮโดรไลซิสในเกลือความเข้มข้นร้อยละ 13-20 ความเป็นกรด-เบสมีค่าระหว่าง 6-7 อุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส (อาจสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส) ได้แก่ กะปิที่ทำจากปลาและกุ้ง

1.2.2 ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองซึ่งมีการไฮโดรไลซิสในเกลือความเข้มข้นร้อยละ 5-25 ความเป็นกรด-เบสมีค่าระหว่าง 6-7 อุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส ได้แก่ ปลาเค็มตากแห้ง (dried salted fish)

1.2.3 ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองที่หมักโดยไม่เติมเกลือ ความเป็นกรด-เบสมีค่า ระหว่าง 3-7 และมีการเติมเอนไซม์ลงไปด้วย อุณหภูมิที่ใช้การหมัก 40-50 องศาเซลเซียส ได้แก่ การทำปลาหมัก (dried liquified fish protein)

1.3 ผลิตภัณฑ์ที่มีการไฮโดรไลซิสที่อุณหภูมิ -20 ถึง 12 องศาเซลเซียส มีการและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส เติมเกลือร้อยละ 10-14 ความเป็นกรด-เบสมีค่าระหว่าง 6-7 ได้แก่ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองของประเทศในแถบสแกนดิเนเวีย ซึ่งทำจากปลาแอนโชวี (anchovies) และปลาเฮอริง (herring)

1.4 ผลิตภัณฑ์ที่มีการไฮโดรไลซิสที่ความเป็นกรด-เบสมีค่าต่ำแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1.4.1 ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองซึ่งเติมเกลือร้อยละ 10 -14 ความเป็นกรด-เบส มีค่าประมาณ 4.3 อุณหภูมิที่หมักประมาณ 10-12 องศาเซลเซียส เก็บไว้ที่ 0 องศาเซลเซียส ได้แก่ ปลา凍ซึ่งทำจากปลาเฮอริง

1.4.2 ผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่เติมเกลือ แต่เติมกรดลงไปเพื่อให้ความเป็นกรด-เบสมีค่าต่ำกว่า 4 อุณหภูมิที่หมักประมาณ 10-30 องศาเซลเซียส ได้แก่ ปลาหมัก (acid fish silage)

2. ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาโดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก (product preserved by microbial fermentation)

2.1 ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหมักที่มีการเติมคาร์โบไฮเดรตลงไป แบ่งเป็น

2.1.1 ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองซึ่งเติมเกลือประมาณร้อยละ 3 และความเป็นกรด-เบสในขั้นสุดท้ายของกระบวนการหมักมีค่า 3.5-4.5 อุณหภูมิที่หมัก 20-35 องศาเซลเซียส

2.1.2 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมเกลือลงไปความเป็นกรด-เบสในขั้นสุดท้ายของการหมักเป็น 3.5-4.5 อุณหภูมิที่หมัก 20-30 องศาเซลเซียส ได้แก่ ปลาหมักโดยอาศัยแบคทีเรีย (bacterial fish silage)

2.2 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติมคาร์โบไฮเดรตในกระบวนการหมัก แต่มีการเติมเกลือร้อยละ 8-12 และความเป็นกรด-เบสมีค่าประมาณ 6-7 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์พื้นเมืองที่ทำจากปลาเฮอริง

นงนุช (2538) ได้กล่าวถึง อาหารประเภทปลาหมักแบบพื้นบ้านของไทยไว้ดังนี้

1. ปลาร้า

ปลาร้านิยมทำจากปลาน้ำจืด เช่น ปลาช่อน ปลาดุก ปลาดุก ปลาตะเพียน ปลากระดี่ และปลาสร้อย เป็นต้น มีการใช้ปลาทะเลมาทำบ้าง แต่ไม่ได้รับความนิยมเท่ากับปลาน้ำจืด ปลาร้าทำโดยนำปลามาหมักกับเกลือในภาชนะบรรจุทิ้งไว้ 3-6 เดือน หลังจากนั้นนำมาล้างแล้วคลุกกับข้าวคั่วหรือรำข้าว ถ้าใช้รำข้าวจะเรียกว่า ปลาร้ารำ

2. ปลาแจ่ว

ปลาแจ่วทำจากปลาน้ำจืด เช่น ปลาตะเพียน ปลาเทโพ ปลาสร้อย ปลาเค้า และปลาเนื้ออ่อน นำมาหมักกับข้าวหมากและเกลือ ประมาณ 2-4 สัปดาห์ หรือบางครั้งเรียกว่า ปลาข้าวหมาก

3. ปลาจ่อม

ใช้ปลาน้ำจืดขนาดเล็ก เช่น ปลาสร้อย ปลาช่อน นำมาหมักกับเกลือ ข้าวสุก กระเทียม และข้าวคั่ว หมักทิ้งไว้ 3-5 วัน

4. ปลาส้ม

นิยมทำจากปลาตะเพียน ปลาเนื้ออ่อน ปลาดุก ปลาสร้อย นำปลามาหมักเกลือ ข้าวสุก และกระเทียมบด

5. กุ้งส้ม

ทำจากกุ้งน้ำจืดนำมาหมักกับเกลือและน้ำตาล

6. สัมผัส

ทำจากปลาน้ำจืด เช่น ปลาเค้า ปลากray ปลาทราย ปลาเทโพ ปลาเนื้ออ่อน ปลาตะเพียน เป็นต้น นำปลามาซुดเอาเฉพาะเนื้อสับให้ละเอียดใส่ถุงบีบเอาน้ำออก แล้วผสมกับเกลือ ข้าวสุก และกระเทียม นวดให้เหนียวแล้วห่อในภาชนะอัดให้แน่น ทิ้งไว้ 5-10 วัน

7. เติมหมักน้ท หรือ เติมบักน้ท หรือ เติมสับประด

นิยมทำจากปลาทราย โดยนำปลามาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ เคล้ากับเกลือแล้วเติมสับประดชิ้นเล็ก ๆ บรรจุในขวดปากแคบปิดสนิท หมักไว้ 2-3 เดือน ถ้าถูกอากาศด้านบนจะมีสีคล้ำลง

8. ไตปลา

ทำจากไส้ปลาทะเล เช่น ปลาทุ โดยนำไส้ปลามาหมักกับเกลือ ใส่ในภาชนะบรรจุปิดฝา ทิ้งไว้ 6-8 เดือน

9. น้ำบูดู

ทำจากปลาทะเล เช่น ปลาไส้ตัน ปลากระดัก และปลาหลังเขียว นำปลามาหมักกับเกลือ 3-12 เดือน ก่อนเติมน้ำตาล น้ำมะพร้าว และมะขามแขก หลังจากนั้นนำมาต้มก่อนบรรจุขวด แต่บางท้องถิ่นจะเติมน้ำตาลในระหว่างหมักเลย

10. ปลาแป้งแดง

ใช้ปลาทะเล เช่น ปลาตะเพียนน้ำเค็ม ปลาตะโกก เป็นวัตถุดิบ นำปลามาตัดหัว ขอดเกล็ดควักไส้ และทำความสะอาด นำปลามาหมักกับเกลือทิ้งไว้ 1 คืน เดิมข้าวแดงลงไป เดิมข้าวแดงในท้องปลาด้วย เก็บในภาชนะปิดสนิทหมักไว้ 4-5 วัน

2. ปลาส้ม

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2547) กล่าว ปลาส้มได้จากการหมักปลาสดที่ตัดแต่งแล้วกับส่วนผสมต่าง ๆ เช่น ข้าวเหนียว กระเทียม และเกลือเป็นหลัก จนเกิดรสเปรี้ยวและที่สำคัญคือเนื้อปลาสดที่ใช้ในการผลิตจะไม่มีกระดูกบดให้ละเอียด ในบางท้องถิ่นอาจเรียกปลาส้มอีกชื่อหนึ่งว่า "ปลาข้าวสุก" ชนิดของปลาส้มมี 2 ชนิด คือ ปลาส้มตัวและปลาส้มชิ้น

กระบวนการผลิตปลาส้มและวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ประกอบด้วย

1. ปลาสด ปลาน้ำจืดที่นิยมทำปลาส้มตัวมากที่สุดคือ ปลาตะเพียน รองลงมาคือปลาทู แต่ปัจจุบัน ปลาตะเพียนแถบภาคอีสานมีจำนวนน้อย สามารถใช้ปลาจีน ปลาสวาย ปลานวลจันทร์ มาทำได้แต่จะทำในลักษณะเป็นปลาส้มชิ้น
2. เกลือ ที่นิยมใช้ในการทำปลาส้มที่ดี ควรเป็นเกลือทะเลปน ขาว สะอาด และมีความเข้มข้นสูง
3. ข้าวเหนียวหนึ่ง / ข้าวสุก
4. กระเทียม เป็นตัวช่วยในการปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปลา

นอกจากนี้อาจมีการเติมผงชูรสหรือน้ำตาลเพื่อช่วยในการปรุงแต่งรสชาติ เดิมดินประสิวและสีผสมอาหารเพื่อเพิ่มสีสันให้มีสีแดงขึ้น

กระบวนการผลิตปลาส้มโดยทั่วไป จะเริ่มจากการนำปลาสด เช่น ปลาตะเพียน ปลาทู มาขอดเกล็ด ควักไส้ ตัดแต่ง ในขั้นตอนการตัดแต่งปลานั้นจะบั้งปลาที่ข้างลำตัว เพื่อให้เกลือสามารถซึมผ่านไปตามเนื้อเยื่อของปลาได้ดีขึ้น จากนั้นล้างน้ำทำความสะอาด สะเด็ดน้ำให้แห้ง นำมาคลุกเคล้าหรือแช่ในน้ำเกลือ บีบนวดและคลุกเคล้ากับกระเทียม ข้าวเหนียวหนึ่ง แล้วทำการหมัก ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะหมักในถุงพลาสติกแล้วใส่ในภาชนะจำพวกปื๊บโลหะ กะละมังเคลือบ หรือถึงพลาสติก แล้ววางในพื้นที่ว่างในบริเวณแหล่งผลิต

สำหรับระยะเวลาในการหมักปลาจนได้ปลาสุ่มที่สามารถบริโภคได้จะใช้เวลา 2-3 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศหรืออุณหภูมิในสถานที่ผลิต ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงในช่วงฤดูร้อน เดือน มีนาคม - เมษายน จะใช้เวลาเพียง 2 วัน ในขณะที่ฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำในเดือนธันวาคม - มกราคม อาจใช้เวลา 7 วัน จึงจะสามารถบริโภคได้

ผลิตภัณฑ์ปลาสุ่มทางภาคใต้ของไทยเช่นจังหวัดสงขลามีลักษณะพิเศษและแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ปลาสุ่มทางภาคกลางและภาคอีสานคือ ไม่ใส่กระเทียมและข้าวสวย แต่จะใส่น้ำเชื่อม และข้าวคั่วแทน โดยการนำปลาน้ำจืดมาขอดเกล็ดและเอาไส้ออก ล้างน้ำให้สะอาด เมื่อสะเด็ดน้ำนำไปคลุกเคล้ากับเกลือ น้ำเชื่อม และข้าวคั่ว ในอัตราส่วน ปลา 0.6 กิโลกรัม เกลือ 100 กรัม น้ำเชื่อม 125 มิลลิเมตร และข้าวคั่ว 80 กรัม หลังจากนั้นนำไปบรรจุในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท หมักที่อุณหภูมิห้อง (30-38 องศาเซลเซียส) นาน 8-12 วัน (Paludan *et al.*, 2002)

จากการสัมภาษณ์กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรวังไทร ต.บ้านแห อำเภอรือเสาะ จังหวัดยะลานั้น กลุ่มแม่บ้านนิยมใช้ปลาตะเพียนผลิตปลาสุ่ม โดยใช้ปลา 5 กิโลกรัม ข้าวคั่วบดละเอียดประมาณ 1 กิโลกรัม เกลือ 1/2 กิโลกรัม ส้มแขกหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ 3-4 ชิ้น วิธีการคือ ล้างปลาให้สะอาด แล้วนำมาผึ่ง วางปลาสลับกับเกลือตั้งไว้ 1 คืน รุ่งขึ้นนำปลามาล้างให้สะอาดอีกครั้ง นำข้าวคั่วกับเกลือผสมกัน แล้วนำมาคลุกกับปลา ใส่ส้มแขก 3-4 ชิ้น หมักไว้ประมาณ 15-20 วัน

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบในการหมักสัตว์น้ำ ได้แก่ ปลาหรือสัตว์น้ำอื่น ๆ เกลือ คาร์โบไฮเดรต เช่น ข้าวคั่ว รำข้าว เป็นต้น

3.1.1 ปลาหรือสัตว์น้ำอื่น ๆ

โดยทั่วไปปลาแต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่สำคัญเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่ปริมาณไขมันและความชื้น โดยเฉลี่ยแล้วจะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 19 ความชื้นร้อยละ 74.8 ไขมันร้อยละ 5 เถ้าร้อยละ 1.2 และแร่ธาตุต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 (Stansby, 1962)

โปรตีนในเนื้อปลาประกอบด้วยแร่ธาตุพวกคาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน ไฮโดรเจน และกำมะถัน ประกอบเป็นกล้ามเนื้อยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน กล้ามเนื้อแดงจะมีองค์ประกอบของฮีโมโปรตีน (hemoprotein) เป็นโปรออกซิแดนต์ (prooxidant) ที่ทำให้ไขมันที่มีปริมาณมากในบริเวณเดียวกันเสื่อมเสียง่าย

Stansby (1963) รายงานว่าปริมาณจุลินทรีย์บนผิวหนังปลาที่มีชีวิตมีประมาณ 10^2 - 10^6 เซลล์ต่อตารางเซนติเมตร บริเวณเหงือก 10^3 - 10^5 เซลล์ต่อกรัม และในลำไส้เล็ก 10^7 เซลล์ต่อกรัม

Nair and Lahing (1968) พบว่าปลาที่จับขึ้นจากน้ำใหม่ ๆ มีปริมาณจุลินทรีย์ที่บริเวณผิวหนังและเหงือกเท่ากับ 10^2 - 10^5 เซลล์ต่อตารางเซนติเมตร

หลังจากปลาทายโปรตีนจะถูกย่อยอย่างรวดเร็วด้วยเอนไซม์ โดยเฉพาะเอนไซม์ cathepsins ซึ่งมีอยู่ในกล้ามเนื้อ และเอนไซม์จากการสร้างของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนตามธรรมชาติเป็นผลให้เนื้อปลาสลายตัวไปและเกิดกลิ่นขึ้นในช่วงการหมัก (Siebert, 1957)

ตารางที่ 1 ปริมาณแร่ธาตุในเนื้อปลาโดยเฉลี่ย

แร่ธาตุ	มิลลิกรัมต่อเนื้อปลา 100 กรัม
K	300
Cl ⁻	200
P	200
S	200
Na	63
Mg	25
Ca	15
Fe	1.5
Mn	1
Zn	1
F	0.5
As	0.4
Cu	0.1
I	0.1

ที่มา : Stansby (1962)

3.1.2 เกลือ

เกลือแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือเกลือบริสุทธิ์ (purified salt) เกลือสมุทรหรือเกลือทะเล (solar salt) และเกลือเหมืองหรือเกลือสินเธาว์ (rock salt) เกลือที่ใช้บริโภคและใช้ในอุตสาหกรรม คือ เกลือสมุทรเพราะหาง่ายและสะดวกในการขนส่ง แบ่งออกเป็น เกลือขาวเป็นเกลือที่ขาวสะอาด และเกลือหม่นมีละอองดินและทรายปนจึงมีสีหม่น (มัทนา, 2538)

ลักษณะสำคัญที่ใช้ในการเลือกใช้เกลือในอุตสาหกรรมการหมัก

1. ส่วนประกอบทางเคมีของเกลือ มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของผลิตภัณฑ์ การซึมซาบของเกลือเข้าไปในเนื้อปลา กลิ่นรส และคุณสมบัติในการเก็บรักษา เกลือที่ใช้อยู่ในประเทศไทยนั้นเป็นเกลือที่ยังไม่ได้ฟอก มีฝุ่นละออง ดิน ทราข และอัลคาไลต์ เอิร์ทซอลท์ (alkaline earth salts) เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมซัลเฟต และคาร์บอเนต โดยที่แมกนีเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคลอไรด์จะดูดความชื้นจากอากาศได้ดี เมื่อเกลือมีความชื้นมาก จะทำให้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ต่ำลง เมื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมปลาหมักจะทำให้ปลาเสียได้ง่าย เนื่องจากความเค็มไม่พอ

2. ลักษณะทางฟิสิกส์ของเกลือ ขนาดของเกลือมีผลต่อการซึมซาบของเกลือ ถ้าเกลือมีขนาดใหญ่การซึมซาบของเกลือจะช้า ทำให้ปลาเสียได้ง่าย แต่ถ้าใช้เกลือที่มีความละเอียดมากเกินไป เกลือจะถูกละลายด้วยน้ำในกล้ามเนื้อปลา (muscle fluids) ทำให้ความชื้นของเนื้อเยื่อบริเวณผิวหนังไปอย่างรวดเร็วทำให้โปรตีนเกิดการรวมตัวเป็นก้อน (coagulate) ป้องกันไม่ให้เกลือซึมซาบเข้าไปในเนื้อปลาได้ง่าย ในอุตสาหกรรมปลาหมักจึงควรใช้เกลือที่มีความละเอียดพอดี

3. ปริมาณและชนิดของแบคทีเรียในเกลือ จุลินทรีย์ที่มีบทบาททำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหารปลาหมักส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่ติดมากับเกลือ (Amano, 1962)

Rowson (1966) กล่าวว่า ปริมาณเกลือร้อยละ 20 สามารถป้องกันการเน่าเสียได้ดี แต่ก็มีจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแลกติก ยีสต์ รา และจุลินทรีย์ที่ชอบเกลือชนิดอื่น ๆ ที่ยังสามารถเจริญได้ซึ่งการเจริญของเชื้อเหล่านี้ โดยเฉพาะพวกสร้างกรดได้นั้น กรดจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียหรือเกิดความเป็นพิษได้ด้วย โดยทั่วไป ปริมาณเกลือที่พอเพียงในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 26.5 (สายสนม และคณะ, 2521 อ้างโดย แพรพรรณ, 2522)

Frazier (1967) รายงานว่าสาเหตุที่เกลือมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มีดังนี้

1. ลดค่า available water (A_w) ของอาหารจนจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้

2. ขีดขวางการทำงานของ proteolytic enzyme ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์บางชนิด
3. ลดการละลายของออกซิเจน
4. เพิ่มแรงดันออสโมซิส เป็นผลทำให้เซลล์จุลินทรีย์แตก
5. อนุมูลคลอไรด์ที่เกิดจากการแตกตัวของเกลือ ถ้ามีมากจะขัดขวางการเจริญของจุลินทรีย์ได้

3.1.3 คาร์โบไฮเดรต

แหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่นิยมใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวเปลือกข้าวเหนียว ข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวหนึ่ง ข้าวหมาก ข้าวแดง น้ำตาล สับปะรด เป็นต้น

ข้าวที่ใช้มี 2 ชนิด คือ ข้าวเหนียว และข้าวเจ้า อาจใช้ข้าวสุกตากแห้ง ซึ่งเตรียมได้โดยแช่ข้าวในน้ำให้พองใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง แล้วสรงขึ้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ จึงนำมาม้วนมีสีเหลืองหรือเหลืองเข้ม บดให้ละเอียด ข้าวคั่วที่ใหม่เล็กน้อยจะมีกลิ่นหอม ส่วนรำใช้ได้ทั้งรำคั่วและรำดิบ แต่รำคั่วจะมีกลิ่นหอมดีกว่ารำดิบ (Rao, 1967)

ข้าวคั่วมีบทบาทในกระบวนการหมักทั่ว ๆ ไปดังนี้

1. ทำให้อัตราการสลาย (disintegration) ของโปรตีนช้าลง
2. ทำให้อาหารมีสีน้ำตาลและมีกลิ่นดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค
3. ทำปฏิกิริยากับเกลือโดยมีแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่ง ทำให้มีสารต่าง ๆ เกิดขึ้น

เกิดรสชาติเฉพาะ

4. เกิดสารประกอบพวกคาราเมลไลซ์ (caramelize)

พลทรัพย์ และคณะ (2542) รายงานว่าข้าวคั่วมีบทบาทในการทำงานของจุลินทรีย์โดยทำให้มีการสร้างกรดอินทรีย์ เช่น กรดแล็กติก หรือสารอื่น ๆ ที่กลบกลิ่นเหม็นของสารที่เกิดจากการย่อยสลายของโปรตีน

3.2 จุลินทรีย์

มัทนา (2545) กล่าวว่าจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในกระบวนการหมัก ได้แก่

3.2.1 โปรติโอไลติกแบคทีเรีย (Proteolytic bacteria) ในการหมักจำเป็นต้องอาศัย จุลินทรีย์บางชนิดในการย่อยโปรตีน เช่น *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *Aeromonas anaerogenes* และ *Staphylococcus* sp.

3.2.2 แบคทีเรียที่หมักน้ำตาลแล้วได้กรดแล็กติก ได้แก่แบคทีเรียสกุล *Lactobacillus* เช่น *L. brevis* แบคทีเรียสกุลนี้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสัตว์น้ำหมักดอง เนื่องจากหมักน้ำตาลแล็กโตสให้กรดแล็กติก แบคทีเรียแล็กติกสกุล *Pediococcus* เช่น *P. halophilus* สามารถเจริญในอาหารที่มีความเข้มข้นของเกลือสูงร้อยละ 25 ให้กรดร้อยละ 0.5-0.9 ส่วน *Streptococcus* พบในความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 2-4

แบคทีเรียแล็กติกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามลักษณะการใช้อาหารและการสร้างสาร คือ

1. โฮโมเฟอร์เมนเตทีฟแบคทีเรีย (homofermentative bacteria) เป็นแบคทีเรียแล็กติกที่ผลิตกรดแล็กติกจากกลูโคสได้ประมาณร้อยละ 85 หรือมากกว่า แต่จะไม่เกิดแก๊ส แต่อาจมีแก๊สจากกลูโคเนท มีการหมักน้ำตาลไรโบสให้กรดแล็กติก และกรดอะซิติกไม่มีแก๊ส ไม่ต้องการไทอามีน (thiamine) ในการเติบโต สร้างเอนไซม์อัลโดเลส (aldolase enzyme) และเจริญที่ 45 และ 15 องศาเซลเซียส ได้แก่ *Lactobacillus sake*, *Lactobacillus acidilactici*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus pentosaceus* และ *Pediococcus dextrinicus* (Schleifer, 1986)

2. เฮเทอโรเฟอร์เมนเตทีฟแบคทีเรีย (heterofermentative bacteria) เป็นแบคทีเรียแล็กติกที่ผลิตกรดแล็กติก แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ หรือผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเดียว

แบคทีเรียเล็กคิกสามารถจัดจำแนกเป็นสกุลได้ 12 สกุล ดังนี้

1. *Streptococcus* สกุลนี้เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8-1.2 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นสายโซ่หรือคู่ ผลิตรกรดเล็กคิกชนิด L (+) เป็นผลิตภัณฑ์หลักเท่านั้น จากการหมักกลูโคส ต้องการสารอาหารสูงในการเจริญ มีหลายชนิดเป็นปรสิตในคนหรือสัตว์ และบางชนิดสามารถทำให้เกิดโรคได้ เจริญที่อุณหภูมิ 20-41 องศาเซลเซียส ปัจจุบันประกอบด้วย 39 สปีชีส์ มีโมเลกุลเปปไทด์ guanine (G)+ cytosine (C) ระหว่างร้อยละ 34-46 (Hardie and Whiley, 1995)

2. *Vagococcus* เป็นแบคทีเรียเล็กคิกซึ่งเคลื่อนที่ได้ (ไม่ทุกสายพันธุ์) ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ คือ *Vagococcus flauvialis* ซึ่งเดิมอยู่ใน *streptococci* กลุ่ม N และ *V. salmoninarum* ซึ่งแยกได้จากปลาแซลมอนที่เป็นโรค (Stiles and Holzapfel, 1997)

3. *Lactococcus* เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยว เป็นคู่หรือต่อกันเป็นสายโซ่ ผลิตรกรดเล็กคิกชนิด L (+) จากการหมักกลูโคส สามารถเจริญได้ที่ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส ปัจจุบันประกอบด้วย 5 สปีชีส์ ได้แก่ *L. lactis* subsp. *lactis*, *L. lactis* subsp. *cremoris*, *L. lactis* subsp. *hordinae*, *L. garvieae*, *L. plantarum*, *L. raffinolactis* และ *L. piscium* มีโมเลกุลเปปไทด์ G+C ระหว่างร้อยละ 34-43 (Teuber, 1995)

4. *Enterococcus* เซลล์มีรูปไข่ จัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยว หรือสายโซ่สั้นๆ ผลิตรกรดเล็กคิก ชนิด L (+) เป็นผลิตภัณฑ์หลักจากการหมักกลูโคส ต้องการสารอาหารสูงในการเจริญ สามารถเจริญที่ 10 และ 45 องศาเซลเซียส บางสายพันธุ์ผลิตเอนไซม์อะเลสเทียสได้ และบางชนิดทำให้เกิดโรค ปัจจุบันประกอบด้วย 5 สปีชีส์ ได้แก่ *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. avium*, *E. galinarum* และ *E. cecorum* มีโมเลกุลเปปไทด์ G+C ระหว่างร้อยละ 37-40 (Devriese and Pot, 1995)

5. *Pediococcus* เซลล์มีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.36-1.43 ไมครอน แบ่งตัวลักษณะ 2 ทิศทางบนระนาบเดียวกัน โดยแบ่งตัวครั้งที่ 2 ในทิศด้านขามือของครั้งแรก ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะเป็นเซลล์ 4 เซลล์ติดกัน (tetrad formation) ในสภาวะไร้อากาศผลิต

กรดแล็กติกชนิด DL และ L (+) จากการหมักกลูโคส บางชนิดทำให้เปียร์และไวน์เสีย ปัจจุบันประกอบ ด้วย 6 สปีชีส์ ได้แก่ *Pediococcus acidilactici*, *P. damonosus*, *P. dextrinicus*, *P. inopinatus*, *P. parvulus*, *P. pentosaceus* มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่างร้อยละ 34-44 (Simpson and Taguchi, 1995)

6. *Tetragenococcus* มีลักษณะการแบ่งตัวเหมือนสกุล *Pediococcus* เนื่องจากเดิมคือ *P. halophilus* ซึ่งจัดจำแนกใหม่จากการเจริญในอาหารซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงถึงร้อยละ 18 และมีลำดับเบสบน 16S rRNA ใกล้เคียงกับเชื้อสกุล *Enterococcus* และ *Carnobacterium* มากกว่าสกุลเดิม (Simpson and Taguchi, 1995)

7. *Aerococcus* มีลักษณะการแบ่งตัวเหมือน *Pediococcus* ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ คือ *Aerococcus viridans* และ *A. urinae* ซึ่งเปลี่ยนแปลงจาก *P. homari* และ *P. urinaequi* ตามลำดับ โดย *A. viridans* ทำให้กุ้งล็อบสเตอร์ (lobster) เกิดโรคและเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในมนุษย์ (Stiles and Holzapfel, 1997)

8. *Leuconostoc* เชลล์มีพื้นฐานวิทยาขึ้นกับอาหารเลี้ยงเชื้อ ในอาหารซึ่งมีกลูโคส เชลล์มีลักษณะยืดอกคล้ายกลุ่ม *Lactobacilli* แต่ในน้ำนมเชลล์จะมีรูปร่างกลม การจัดเรียงตัวเป็นเชลล์เดี่ยว อยู่เป็นคู่หรือสายโซ่สั้นถึงปานกลาง ผลิตรกรดแล็กติกชนิด D(-) เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ และสารหอมระเหยจากการหมักกลูโคส จึงช่วยสร้างกลิ่นรสในอาหารหมักดอง การเจริญต้องการสารอาหารสูง ปัจจุบันประกอบด้วย 8 สปีชีส์ ได้แก่ *Leuconostoc mesenteroides*, *L. lactis*, *L. gelidum*, *L. carnosum*, *L. pseudomesenteroides*, *L. citreum*, *L. argentinum* และ *L. fallax* มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่างร้อยละ 37-40 (Delliaglio et al., 1995)

9. *Oenococcus* สกุลนี้มีเพียงชนิดเดียวคือ *Oenococcus oeni* ซึ่งเปลี่ยนมาจาก *Leuconostoc oenos* ด้วยคุณสมบัติการทนต่อกรดและเอทานอลปริมาณสูง รวมทั้งข้อมูลทางพันธุกรรมจากดีเอ็นเอ: ดีเอ็นเอไฮบริไดเซชัน (DNA: DNA hybridisation) และลำดับเบสของ 16S rRNA ต่างจากสปีชีส์อื่นในสกุล *Leuconostoc* อย่างชัดเจน (Delliaglio et al., 1995)

10. *Weissella* รูปร่างเป็นแท่งและกลม ซึ่งมีลักษณะคล้าย *Leuconostoc* เป็นชนิดซึ่งเดิมอยู่ในสกุล *Leuconostoc* และ *Lactobacillus* ประกอบด้วย 7 สปีชีส์ คือ *Leuconostoc paramesenteroides* (*Weissella paramesenteroides*), *Lactobacillus confusus* (*W. confusus*), *L. halotolerans* (*W. halotolerans*), *L. kandleri* (*W. kandleri*), *L. minor* (*W. minor*), *L. viridescens* (*W. viridescens*) และชนิดใหม่ซึ่งแยกได้จากไส้กรอกหมักคือ *W. hellenica* (Stiles and Holzapfel, 1997)

11. *Lactobacillus* เป็นแบคทีเรียเล็กติกกลุ่มใหญ่ที่สุด มีความหลากหลายของลักษณะทางฟิโนไทป์ สมบัติทางชีวเคมีและสรีระ เนื่องจากความแตกต่างของโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ภายในโมเลกุลสูงคือระหว่างร้อยละ 32–35 (Axelsson, 1998) พบในแหล่งต่าง ๆ เช่น เยื่อเมือกของมนุษย์ พบในสัตว์ พืช และน้ำทิ้ง เป็นต้น บางชนิดเป็นสาเหตุของโรคในมนุษย์ (Adams, 1999) เชลล์มีรูปร่างเป็นท่อนกลม (coccobacilli) ต้องการสารอาหารสูงในการเจริญ ประกอบด้วย 55 สปีชีส์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม (Stile and Holzapfel, 1997) คือ

กลุ่ม obligately homofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลแล็กโตส (มากกว่าร้อยละ 85) เป็นกรดแล็กติกโดยวิถี Embden–Meyerhof–Parnas Pathway (EMP) ผลิตเอนไซม์ 1,6 ไบฟอสเฟต-แอลโดเลส (1,6 biphosphate – aldolase) แต่ไม่ผลิตเอนไซม์ฟอสโฟคีโตเลส (phosphoketolase) จึงหมักน้ำตาลเพนโทสและกลูโคเนตไม่ได้

กลุ่ม facultatively heterofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลเฮกโซสเป็นกรดแล็กติกผ่านวิถี EMP มีการผลิตเอนไซม์ทั้งแอลโดเลสและฟอสโฟคีโตเลส จึงหมักน้ำตาลเพนโทสได้

กลุ่ม obligately heterofermentative lactobacilli หมักน้ำตาลเฮกโซสและเพนโทสผ่านวิถีฟอสโฟกลูโคเนตเป็นแล็กเตต เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์

12. *Carnobacterium* เชลล์มีรูปร่างท่อนตรง ขนาดสั้นถึงปานกลาง หรือท่อนเรียว (slender rod) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5–0.7 ไมครอน และยาว 1.1–3.0 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นเชลล์เดี่ยวหรือคู่มักไม่พบการเรียงตัวเป็นสายโซ่ ผลิตกรดแล็กติกชนิด L(+) คาร์บอนไดออกไซด์ แอซิเตด และ เอทานอลจากการหมักน้ำตาลเฮกโซส มีทั้งสิ้น 6 สปีชีส์ คือ *Carnobacterium divergens*, *C. piscicola*, *C. gallinarum*, *C. mobile*, *C. funditum* และ *C.*

alterfunditum มีโมเลกุลเปอร์เซ็นต์ G+C ระหว่างร้อยละ 31.6–37.2 (Schillinger and Holzapfel, 1995)

George (1992 อ้างโดย สิริรัตน์, 2544) ได้กล่าวถึง กระบวนการเผาผลาญ (metabolic pathway) ของแบคทีเรียเล็กติกในสัตว์น้ำ มีกระบวนการที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1. การหมักน้ำตาล แบคทีเรียสามารถหมักน้ำตาลในสภาพที่มีอากาศได้ (aerobic condition) ซึ่งจะทำให้ความเป็นกรด-เบสของอาหารลดลง เช่น ในการหมักปลาสดที่เก็บในสภาวะที่มีอากาศใน 8 วันแรก ความเป็นกรด-เบสจะเพิ่มขึ้นจาก 6.45 เป็น 7.8 หลังจากนั้นความเป็นกรด-เบสจะลดลงช้า ๆ ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง หลังจากเก็บไว้ 14 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า ความเป็นกรด-เบสจะมีค่าอยู่ระหว่าง 5.9–6.1 เมื่อหมักไปแล้ว 22 วัน การลดลงของความเป็นกรด-เบสอย่างช้า ๆ เกิดจากการสร้างกรดเล็กติก มีรายงานว่า *Lactobacillus piscicola* สามารถหมักกลูโคสได้ในอาหารที่มีกลูโคส 10 กรัมต่อลิตร โดยจะให้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดเล็กติกเพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ยังพบว่า *L. plantarum* สามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดเล็กติกเพียงชนิดเดียว ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ และมีความเข้มข้นของกลูโคสในอาหารสูง แต่จะให้ผลิตภัณฑ์หลายชนิดจากการหมักกลูโคส ในสภาวะที่มีอากาศ และมีความเข้มข้นของกลูโคสในอาหารต่ำ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เช่น แอซิเตต เอทานอลฟอร์มเมต และคาร์บอนไดออกไซด์

2. การหมักกรดอะมิโน แบคทีเรียเล็กติกบางสายพันธุ์สามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนได้ โดยจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแอมโมเนียและสารอินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์ประเภทสัตว์น้ำหมักดองที่ไม่มีส่วนประกอบของน้ำตาล แบคทีเรียเล็กติกจะมีการปรับตัวโดยใช้แก๊สซึ่งเชื่อว่าการเกิดจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) ของกรดอะมิโน เช่น *Lactobacillus* บางสายพันธุ์สามารถสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในขั้นตอนสุดท้ายของการหมักอาร์จินีน (arginine) ซึ่งจะเกิดขึ้นพร้อมกับการปล่อยแอมโมเนียออกมา การสลายตัวของกรดอะมิโนที่มี ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบสามารถผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ได้ พบได้ใน *Lactobacilli* ในสภาวะที่ไม่มีอากาศ มีความเป็นกรด-เบสต่ำและความเข้มข้นของน้ำตาลต่ำ

3. การสร้างสารยับยั้ง แบคทีเรียเล็กติกบางสายพันธุ์สามารถสร้างสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่นได้ เช่น การสร้างกรดเล็กติก และกรดแอซิดิกทำให้ความเป็นกรด-เบสต่ำลงซึ่งสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ ในผลิตภัณฑ์บางประเภท

แบคทีเรียเล็กดึก สามารถสร้างสารยับยั้งได้ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แบคทีเรียโอซิน สารปฏิชีวนะ เป็นต้น

แบคทีเรียเล็กดึกสร้างกรดจากอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ทำให้ความเป็นกรด-เบสลดลง ตัวมันเองจะปรับสภาพการทนไฮโดรเจนอออน โดยการทำงานของเอนไซม์เมมเบรน เอทีพีเอส (membrane ATPase) และโดยการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าของไฮโดรเจนอออนด้วยสารแลกเทต ซึ่งเป็นผลให้เกิดการปลดปล่อยโปรตอนออกจากเซลล์ แต่จุลินทรีย์อื่น ๆ ไม่สามารถทำได้ทำให้ไม่สามารถปรับตัวต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมนี้

อรนุช (2530 อ้างโดย ทองคำ, 2538) พบว่าแบคทีเรียเล็กดึกสร้างสารที่ทนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 10 นาที และยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* sp. ได้สูง

Daeschel (1989) พบว่าแบคทีเรียเล็กดึกสร้างสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น ความเป็นกรดสูง ลดออกซิเดชันโพเทนเชียล (oxidation potential) แย่งอาหาร สร้างสารพิษ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สร้างสารปฏิชีวนะ และสารยับยั้งอื่น ๆ

นาถสุดา (2522) ได้ทำการแยกเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างปลาสด แบคทีเรียที่พบได้แก่ *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus* และ *Bacillus*

National Research Council (1982 อ้างโดย นงนุช, 2538) พบว่าจากการวิเคราะห์ตัวอย่างปลาสดจำนวน 80 ตัวอย่าง พบปริมาณแบคทีเรีย 1.6×10^6 ถึง 6.1×10^{10} CFU/กรัม แบคทีเรียที่พบได้แก่ *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus* และ *Bacillus*

Paludan et al. (2002) ได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างปลาสดจากจังหวัดสงขลา แบคทีเรียที่พบได้แก่ *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus alimentarius/farciminis*, *Weissella confusa*, *L. plantarum*, *Lactococcus garviae*, *Staphylococcus* and *Zygosaccharomyces rouxii*.

3.3 เอนไซม์

เอนไซม์เป็นตัวละครสำคัญในกระบวนการหมัก และยังเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ จากการศึกษาเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง คือ โปรตีนเอส (proteinase) และไลเปส (lipase) พบว่า การเจริญของแบคทีเรียที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อการสร้างเอนไซม์ แบคทีเรียที่เจริญที่อุณหภูมิต่ำ จะสร้างเอนไซม์คนละชนิดกับที่อุณหภูมิสูง และแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* จะสร้างเอนไซม์โปรตีนเอสปริมาณมากที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่การสร้างเอนไซม์จะน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนแบคทีเรีย *Pseudomonas fragi* จะสร้างเอนไซม์ไลเปสที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 24 องศาเซลเซียสเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบว่าเอนไซม์ไลเปสที่ได้จากลำไส้ของปลาหางเหลืองในประเทศไทยจะหยุดชะงักการทำงาน เมื่อความเข้มข้นของเกลือน้อยกว่าร้อยละ 1 และจะทำงานดีที่สุด เมื่อความเข้มข้นของเกลือร้อยละ 2-15 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แต่ถ้าความเข้มข้นของเกลือสูงกว่าร้อยละ 15 การทำงานของเอนไซม์จะลดลง (Chang *et al.*, 1986 อ้างโดย มัทนา, 2538)

3.4 สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

Desrosier (1970 อ้างโดย นงนุช, 2538) กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมักดังนี้

3.4.1 ความเป็นกรด-เบส การควบคุมความเป็นกรด-เบสจะช่วยควบคุมทั้งชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ เพราะความเป็นกรด-เบสที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะต่างกัน ยีสต์และราจะทนความเป็นกรดได้ดีกว่าแบคทีเรีย

3.4.2 สารอาหารที่จุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งพลังงาน จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการสารอาหารแตกต่างกัน เช่น ในนมมีน้ำตาลแล็กโทสซึ่งมีจุลินทรีย์บางชนิดเท่านั้นที่ใช้ได้ เช่น แบคทีเรียแล็กติก ถ้าสับสเตรตเป็นเซลลูโลสก็จะมีเฉพาะจุลินทรีย์ที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase)

4. ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์

Subasinghe (1992) กล่าวว่า จุดประสงค์หลักของการใช้ภาชนะบรรจุ คือ ป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ภาชนะบรรจุยังควรมีคุณสมบัติดังนี้คือ สามารถจัดจำหน่ายและสร้างผลิตภัณฑ์ที่พร้อมสำหรับการบริโภค เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบหรือ

ผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูน่าสนใจมากขึ้น ให้ประโยชน์ในด้านข้อมูลของผลิตภัณฑ์บนฉลากและอายุการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์สมัยใหม่สามารถนำมาใช้นำเสนอผลิตภัณฑ์ประมงให้ดูน่าสนใจมากขึ้นนอกเหนือไปจากเดิม สามารถทำให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมจะรับประทานได้ทันที อาจโดยการอุ่นในไมโครเวฟ เตอบ หรือน้ำร้อน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุบรรจุที่ใช้

4.1 ประเภทของบรรจุภัณฑ์

ปุ่นและสมพร (2541) กล่าวว่า บรรจุภัณฑ์แยกตามวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้ 4 ประเภท คือ

4.1.1 เยื่อและกระดาษ เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มากที่สุดและมีแนวโน้มที่จะใช้กันมากขึ้น เนื่องจาก การรีไซเคิลทำได้ง่าย กระดาษที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีหลายประเภท และสามารถพิมพ์ตกแต่งได้ง่ายและสวยงาม นอกจากนั้นยังสะดวกต่อการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังผู้ใช้ เนื่องจากสามารถพับได้ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

4.1.2 พลาสติก เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก คุณสมบัติของพลาสติก คือ น้ำหนักเบา ป้องกันการซึมผ่านของอากาศและแก๊สได้ระดับหนึ่ง สามารถต่อต้านการทำลายของแบคทีเรียและเชื้อรา มีคุณสมบัติหลายอย่างที่สามารถ เลือกใช้ในงานที่เหมาะสม พลาสติกบางชนิดยังเป็นฉนวนกันความร้อนอีกด้วย พลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์มีอยู่หลากหลายประเภท การศึกษาคุณสมบัติของพลาสติกแต่ละประเภทมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เลือกใช้สามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์

4.1.3 แก้ว เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยากับสารเคมีชีวภาพต่าง ๆ เมื่อเทียบกับวัสดุบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ และรักษาคุณภาพสินค้าได้ดีมาก ข้อดีของแก้วคือ มีความใสและทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ สามารถทนต่อแรงกดได้สูง แต่เปราะแตกง่าย

4.1.4 โลหะ ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหาร วัสดุโลหะที่ใช้มี 2 ชนิด คือ

ก. เหล็กเคลือบดีบุก เป็นบรรจุภัณฑ์ที่แข็งแรงป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อมและสภาวะอากาศ สามารถใช้บรรจุอาหารได้ดี เนื่องจากสามารถปิดผนึกได้สนิทและฆ่าเชื้อได้

ด้วยความร้อน

ข. อลูมิเนียม มักใช้ในรูปแบบเปลวอลูมิเนียมหรือกระป๋อง มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงทนต่อการซึมผ่านของอากาศ แก๊ส แสง และกลืนรสได้ดี

4.2 พลาสติก เป็นโพลิเมอร์ (การมีหน่วยย่อยของสารมาเรียงต่อกัน) ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเราอาจสังเคราะห์เอง หรือกึ่งสังเคราะห์จากสารธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้ทดแทนวัสดุอื่น ๆ เช่น โลหะ หรือเส้นใย เป็นต้น

พลาสติกได้จากการสังเคราะห์ แบ่งออกได้ 2 ประเภท

4.2.1 พลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง (Thermosetting Plastic) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างโพลิเมอร์แบบร่างแห สามารถหลอมเหลวได้ในกระบวนการขึ้นรูปครั้งแรกเท่านั้น จากนั้นจะแข็งตัวอย่างถาวร จึงไม่สามารถนำมารีไซเคิลได้ พลาสติกประเภทนี้คือ ถ้วย จาน ชาม เมลามีน

4.2.2 พลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Plastic) พลาสติกประเภทนี้เป็นโพลิเมอร์แบบเส้นตรง เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัวและหลอมเหลวเป็นของเหลวหนืด และสามารถนำมาหลอมตัวและเปลี่ยนแปลงรูปร่างใหม่ได้จึงนำมารีไซเคิลได้ ข้อจำกัดในการใช้งานคือไม่ทนร้อนอาจเสียรูปทรงขณะใช้งานได้ ตัวอย่างพลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ ถุงพลาสติก ถุงขยะ

ก. โพลีเอทิลีน (Polyethylene: PE) มีการผลิตขึ้นทั้งในรูปแบบที่มีความหนาแน่นต่ำและสูง โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.91 ถึง 0.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีการใช้อย่างกว้างขวางเพราะว่าไม่แพง ยืดหยุ่นได้ ทนทานมากและทนต่อสารเคมี ใช้ทำขวด หีบห่ออาหาร และของเล่น โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.95 ถึง 0.97 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แข็งกว่า และโปร่งแสงน้อยกว่า โพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ใช้ทำถุง หีบห่อ

ข. โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride: PVC) เป็นพลาสติกที่มีลักษณะทั้งแข็งและนิ่ม สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ มีสีสวยงาม เป็นพลาสติกที่นิยมใช้มาก เช่น ท่อพีวีซี สายยาง แผ่นฟิล์มห่ออาหาร เป็นต้น

ค. โพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ มีความแข็งและเหนียว คงรูปดี ทนต่อความร้อน และสารเคมี นิยมนำมาใช้ในการบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารในครัวเรือน เช่น ถ้วยร้อนชนิดใส จาน ชาม อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด

ง. โพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลท (Polyethylene Terephthalate: PET) เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความใส มองทะลุได้ มีความแข็งแรงทนทานและเหนียว ป้องกันการผ่านของแก๊สได้ดี นิยมนำมาใช้ในการบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำปลา ขวดน้ำมันพืช เป็นต้น

จ. โพลีเอไมด์ (Polyamide: PA) หรือที่รู้จักกันในเครื่องหมายการค้าว่า Nylon มีความทนต่อแรงดึงสูง นำไปใช้ทำสิ่งทอ เชือก เอ็นตกปลา แปรง เป็นต้น