บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลาช่อน (striped snake-head fish)

ปลาช่อนพบทั่วไปในแถบประเทศอินเดีย ศรีลังกา พม่า จีน ไทย ลาว เวียดนาม กัมพูชา และอินโดนีเซีย เรียกกันทั่วไปว่า striped snake-head fish, serpent headed fish หรือ murrel มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ophicephalus striatus* (ศักดิ์ชัย ชูโชติ, 2536, หน้า 64) มีลักษณะลำตัวค่อนข้างกลมยาว ส่วนท้องแบน ความยาวของลำตัวเป็น 5-6 เท่าของความสูง ส่วนหัวแบนลง ขอบส่วนหลังค่อนข้างโค้งดูคล้ายงู ปากกว้าง มุมปากลึก และยื่นเลยจากตา ขากรรไกรยืดหดได้ ฟันที่ขากรรไกรบนและล่างเล็กมาก ติดกันเป็นแผ่นและแหลมคม มีฟันที่เพดานส่วนหน้าและเพดานส่วนใน ตาโต ส่วนบนและข้างของหัวมีเกล็ดปกคลุม มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 50-58 เกล็ด ส่วนหลังมีสีเขียวอ่อนหรือน้ำตาลอ่อนจนเกือบดำ ส่วนท้องมีสีเขียว สีครีม หรือสีน้ำตาล ส่วนบนเป็นริ้ว ๆ และแต้มสีคล้ำ ๆ อยู่เฉียงกับลำตัว ในประเทศไทยปลาช่อนอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำจืดธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง คู และนาข้าว (นฤมล อัศวเกศมณี, 2549, หน้า 131) และยังเป็นปลาที่มีรสชาติ และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี (นันทิยา ยอดดำเนิน และสุรีรัตน์ บุญพันธ์, 2548)

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของปลาน้ำจืด

ชนิดปลา	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ใยอาหาร (กรัม)
ปลากระบอก	98	20.5	1.6	0.3	-
ปลากราย	84	17.5	1.6	0.0	-
ปลาช่อน	122	20.5	3.8	1.4	-
ปลาดุก	114	23	2.4	0.0	-
ปลาตะเพียน	111	20.4	3.2	0.1	-
ปลาเนื้ออ่อน	80	17.3	1.1	0.1	-
ปลาบึก	71	16.2	0.5	0.3	-
ปลาสลิด	76	17.2	0.8	0.0	-
ปลาสวาย	256	15.5	2.5	0.1	-
ปลาสำลี	164	18.2	10.1	0.0	-
ปลาหมอ	133	17.2	7.1	0.1	-
ปลาไหล	87	18.9	1.2	0.1	-

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย (2553)

ปลาแดดเดียว

ปลาแดดเดียว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาสดทั้งตัว หรือที่ได้ตัดแต่งแล้ว เช่น ปลาช่อน ปลาสำลี ปลาสลิด เป็นต้น มาล้างให้สะอาด อาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศ หรือสมุนไพร เช่น น้ำตาล น้ำปลา เกลือ ซีอิ๊วขาว กระเทียม รากผักชี พริกไทย ผงพะโล้ หมักให้เข้ากัน นำไปทำให้แห้งพอหมาด โดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือแหล่งพลังงานอื่น ก่อนบริโภคต้องนำไปปรุงสุกก่อน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน : ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) กำหนดลักษณะของปลาแดดเดียวไว้ดังนี้

1. a_w ต้องไม่เกิน 0.85
2. *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
3. *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
4. ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
5. สีต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของปลาแดดเดียว

6. กลิ่นรสต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของปลาช่อนแดดเดียว
7. ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องแน่น ไม่แข็งกระด้าง หรือนิ่มเละ

การหมักเกลือ (curing)

เกลือที่ใช้โดยมากใช้เกลือแกงธรรมดา ถ้าปริมาณเกลืออยู่ระหว่างร้อยละ 5-8 จะสามารถป้องกันหรือยับยั้งและลดการกระทำของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ (พันทวี ฤกษ์สำราญ, 2545, หน้า 81) ในระหว่างกระบวนการเกลือจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อสัตว์ ในขณะที่น้ำบางส่วนในเนื้อจะไหลซึมออกมาเนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันของสารละลายเกลือและน้ำที่อยู่ในเนื้อ (meat juice) การปล่อยให้เนื้อหมักอยู่กับเกลือเป็นเวลานาน ทำให้ความชื้นของชิ้นเนื้อลดลงและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสเค็ม (เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์, 2536, หน้า 60-61)

การใช้น้ำตาลร่วมกับเกลือโดยใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลเม็ด น้ำตาลผง หรือกากน้ำตาล ซึ่งมีผลเสริมกับการใช้เกลือ ทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้นและช่วยปรับปรุงสีของเนื้อที่หมักได้ คุณสมบัติของน้ำตาลกับเกลือคล้ายกันในแง่ที่เพิ่มกลิ่นรสของเนื้อหมัก และมีคุณสมบัติป้องกันการเน่าเสีย สูตรที่ใช้หมักเนื้อแต่ละสูตรมีคุณภาพที่แตกต่างกันไป เนื่องจากปริมาณของเกลือและน้ำตาลที่มีอยู่ในสูตรซึ่งแต่ละตัวมีผลป้องกันการเน่าเสีย เมื่อใช้ในปริมาณที่มากเพียงพอและอัตราส่วนของเกลือที่ใช้มากจะมีประสิทธิภาพที่สุด

การหมักเกลือเพื่อถนอมรักษาเนื้อสัตว์สามารถทำได้ 2 วิธี (เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์, 2536, หน้า 60-61) คือ

1. dry salt cure เป็นการใช้เกลือเพียงอย่างเดียวในการหมักเนื้อสัตว์ โดยใช้เกลือป่นโรยบนชิ้นเนื้อให้ทั่ว
2. dry sugar cure มีการใช้น้ำตาลร่วมไปกับการใช้เกลือเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่ดีขึ้น

การทำแห้ง (drying)

การทำแห้งหรือการกำจัดน้ำออก (dehydration) หมายถึงการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำออกคือการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity : a_w) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการหมักจะไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนักและปริมาณของ

อาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่ง เพิ่มความหลากหลาย และความสะดวกให้กับผู้บริโภค (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 273)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

ชมภู่ ยิ้มโต (2550) ได้กล่าวว่าในการทำแห้งอาหารทั่ว ๆ ไปมีปัจจัยหลายประการที่จะทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้า พอสรุปดังนี้

1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมาก ๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็ว นอกจากนั้นพื้นที่ผิวของอาหารก็จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก ๆ การอบแห้งจะทำได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งเร็วกว่า ความหนาของอาหารยิ่งหนามากการอบแห้งก็ใช้เวลานาน นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงพื้นผิวที่สัมผัสกับอากาศที่เคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย

3. ตำแหน่งของอาหารบนเตา อัตราการอบแห้งภายในตู้อบเกิดไม่สม่ำเสมอขึ้นกับชนิดและประสิทธิภาพ ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อน อาหารที่สัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดี

4. ปริมาณอาหารต่อพื้นที่ ปริมาณอาหารในถาดมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับลมร้อน การอบแห้งอาหารโดยใส่อาหารเข้าไปในตู้อบครั้งละมากๆ ทำให้การอบแห้งไม่ทั่วถึงโดยเฉพาะช่วงกลาง ๆ อาหารจะซ้อนทับกัน น้ำระเหยออกได้ไม่ดี อาหารจะสัมผัสกับอากาศร้อนไม่ทั่วถึง ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนได้จึงทำให้แห้งช้า ความแตกต่างระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนกับอาหารมีผลต่อแรงขับดันความชื้นออกจากอาหาร ในการอบแห้งลมร้อนยิ่งมีความชื้นต่ำอัตราการอบแห้งยิ่งสูง แต่ถ้าลมร้อนมีความชื้นเข้าใกล้จุดอิ่มตัว (น้ำเยอะ) จะรับไอน้ำได้น้อยอัตราการอบแห้งจะต่ำ ความชื้นของอากาศจะเป็นตัวกำหนดว่าจะสามารถลดความชื้นของอาหารในกระบวนการอบแห้งให้ต่ำลง อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย

5. อุณหภูมิของอากาศ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนเท่ากับลดค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นการเพิ่มความสามารถในการได้รับไอน้ำ เพิ่มแรงขับดันน้ำหรือความชื้นออกจากผิวของอาหารถ้าใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งโมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น อัตราการอบแห้งจะสูงขึ้น

6. ความเร็วของลมร้อน ในการอบแห้งลมร้อนทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารพาความชื้นออกไป ถ้าใช้ความเร็วสูงก็จะพาไอน้ำออกจากผิวหน้าของอาหารสู่ภายนอกได้เร็วขึ้น และยังช่วยป้องกันการเกิดสภาวะอิ่มตัวในบรรยากาศเหนือผิวอาหาร ช่วยลดเวลาในช่วงการอบแห้ง

วิธีการทำแห้ง

การทำแห้งด้วยแสงแดด (sun drying) เป็นวิธีเก่าแก่ที่ใช้กันมาแต่โบราณโดยการนำเนื้อสัตว์ที่ล่าได้นำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วล้างด้วยน้ำทะเล หรือคลุกกับเกลือและนำไปตากให้แห้งโดยใช้แสงแดดวิธีการนี้ประหยัดพลังงานความร้อนแต่เนื้อตากแห้งที่ได้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูงเมื่อเก็บไว้นานวันอาจเสียได้ง่าย

การทำแห้งด้วยความร้อน (hot air drying) วิธีการนี้ปรับปรุงโดยใช้อุปกรณ์เข้าช่วยเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากแห้งตามต้องการ และมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้สะอาด และลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดด (เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์, 2536, หน้า 56-57)

การทำแห้งโดยการใช้อากาศหรือลมร้อน

กลไกลการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าของอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารและน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 276) ทำให้บริเวณผิวหน้าของอาหารมีความดันไอของไอน้ำลดลง เกิดความแตกต่างของความดันไอของน้ำระหว่างอากาศภายนอกกับความชื้นภายในอาหาร จึงเป็นแรงขับน้ำออกจากภายในและเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอกของอาหารได้ด้วยกลไก ดังนี้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หน้า 89)

1. เคลื่อนที่โดย capillary force
2. เคลื่อนที่โดยการแพร่กระจายของน้ำ เนื่องจากตัวถูกละลายมีความเข้มข้นแตกต่างกันที่บริเวณต่างๆ กันในอาหาร
3. น้ำจะถูกดูดซับด้วยชั้นของตัวถูกละลายออกมาอยู่ที่ผิวนอกของอาหาร
4. ไอน้ำที่ระเหยออกไปในอากาศจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอ

เครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีการบุฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนและทำให้สามารถนำอากาศมาหมุนเวียนใช้ใหม่เพื่อประหยัดพลังงาน มีการออกแบบเครื่องมือที่สามารถประหยัดพลังงานหลายแบบเพื่อนำความร้อนจากอากาศที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่หรือมีการควบคุมความชื้นของอากาศโดยอัตโนมัติ (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 278)

เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer)

เครื่องอบแห้งแบบถาดประกอบด้วยถาดเตี้ย ๆ ที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่าง และบุเครื่องด้วยฉนวนในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารชิ้นบาง ๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้มีระบบท่อหรือแบฟเฟิล เพื่อนำลมร้อนขึ้นไปด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 280)

ผลของการอบแห้งต่ออาหาร

1. **ลักษณะเนื้อสัมผัส**

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารในการทำแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ อุณหภูมิ และอัตราการทำแห้ง มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมาก โดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ และอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวถูกละลายจะเคลื่อนที่จากด้านในไปยังผิวอาหารในระหว่างที่น้ำถูกกำจัดออกในขั้นตอนการทำแห้ง (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 292-294) ซึ่งในการอบแห้งเนื้อสัตว์เนื้อเยื่อ จะเกิดการจับตัวรวมกัน (aggregation) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ มีการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและกล้ามเนื้อเหนียวขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หน้า 91) การใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้อาหารโดยเฉพาะ ผลไม้ ปลา และเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าของอาหาร และทำให้ผิวแห้งแข็งที่เรียกว่าการเกิดผิวแห้งแข็ง (case hardening) ซึ่งจะลดอัตราการทำแห้งและทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นด้านในและผิวอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้ (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 292-294)

2. **กลิ่นและรส**

ความร้อนนอกจากจะทำให้น้ำระเหยออกแล้วยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียของสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย การควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 295)

3. **สี**

การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีผิวของอาหาร และเปลี่ยนการสะท้อนแสงของสีมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารแคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันระหว่างการอบแห้ง ยิ่งการอบแห้งใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงยิ่งเกิดได้ง่าย และอาจ

เกิด browning reaction ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนั้นขึ้นอยู่กับค่า a_w และอุณหภูมิที่ใช้ในระหว่างการอบ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หน้า 93)

การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร

การเสื่อมเสียคุณภาพ หมายถึง การที่อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณลักษณะคุณภาพซึ่งรวมถึงสี กลิ่นรส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของหาร คุณค่าทางอาหาร ตลอดถึงความปลอดภัยในการบริโภค (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ, 2548, หน้า 83)

ชมภู่ ยิ้มโต (2550) กล่าวว่า อาหารแต่ละอย่างเกิดการเน่าเสียได้เร็ว หรือช้าต่างกัน ถ้าแบ่งอาหารตามความยากง่ายของการเน่าเสียสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทคือ

1. อาหารประเภทเน่าเสียยาก คือ อาหารที่มีความคงตัวดี มีปริมาณน้ำหรือความชื้นน้อยมากสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน เช่น ธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง น้ำตาลและแป้ง

2. อาหารประเภทเน่าเสียเร็วปานกลาง คือ อาหารที่ปริมาณน้ำค่อนข้างมาก เช่น ผักและผลไม้ที่แก่เต็มที่ ถึงแม้อาหารเหล่านี้จะมีปริมาณความชื้นมาก แต่มีเนื้อเยื่อเกาะเกี่ยวยึดติดกันแน่น ซึ่งอาหารส่วนใหญ่จะมีเปลือกหุ้มทำให้สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลาค่อนข้างนาน

3. อาหารประเภทเน่าเสียเร็ว คือ อาหารที่มีปริมาณน้ำมาก จะเน่าเสียง่าย เช่น ผัก ผลไม้ นมสด เนื้อสัตว์ เป็นต้น

สาเหตุการเน่าเสียของอาหาร

อาหารเกิดการเน่าเสียจากหลายสาเหตุ ซึ่งทำให้สมบัติของอาหารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ อาหารมีลักษณะนิ่ม เน่า มีเชื้อราขึ้น กลิ่นรสผิดปกติ เป็นต้น (ชมภู่ ยิ้มโต, 2550, หน้า 2)

การเน่าเสียของอาหารเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. การเน่าเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม คือ มีอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และอาหารของจุลินทรีย์เพียงพอก็จะทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเจริญเติบโต เป็นผลให้อาหารเสื่อมเสียได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์มีดังนี้

1.1 องค์ประกอบของอาหาร

อาหารแต่ละชนิดจะเสื่อมเสียโดยจุลินทรีย์ต่างชนิดกันภายในระยะเวลาที่ต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหารจึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน เช่น อาหาร

ประเภทโปรตีน อาหารประเภทแป้ง อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น (ชมภู่ ยิ้มโต, 2550, หน้า 16)

1.2 วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity ; a_w)

น้ำอิสระเป็นน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างของอาหาร อาจมีการเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหารบ้างแต่แรงเกาะตัวไม่แข็งแรงมากนัก มีคุณสมบัติเหมือนน้ำปกติสามารถเป็นตัวทำละลายได้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี และจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีพได้ อย่างไรก็ตามน้ำส่วนนี้บางส่วนยังคงมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันกับน้ำอิสระในธรรมชาติ อาหารต่างชนิดกันมีความชื้นเท่ากันไม่จำเป็นต้องมีน้ำอิสระเท่ากัน ถ้าอาหารมีน้ำอิสระมากจะเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538 หน้า 7)

คำจำกัดความของ water activity (a_w) คือ อัตราส่วนระหว่างความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 156)

a_w = Pw/Po = ERH/100 (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538, หน้า 7)

เมื่อ a_w = ค่าน้ำในอาหาร

Pw = ค่าความดันไอของอาหาร

Po = ค่าความดันไอของน้ำบริสุทธิ์

ERH = ค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล

ตาราง 2 ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้

ชนิดของจุลินทรีย์	ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้
แบคทีเรีย	0.91
ยีสต์	0.88
รา	0.80
แบคทีเรียที่ชอบความเข้มข้นของเกลือสูง (halophilic bacteria)	0.75
แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrophilic bacteria)	0.75
ยีสต์ที่ชอบความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (osmophilic yeast)	0.61
ราที่ชอบสภาพแห้งแล้ง (xerophilic mold)	0.61

ที่มา: ชมภู่ ยิ้มโต (2550)

1.3 อุณหภูมิ

จุลินทรีย์ทุกชนิดจะชะงักการเจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมแต่ยังคงมีชีวิตอยู่ อาหารที่เก็บที่อุณหภูมิสูงจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำที่อุณหภูมิสูงจุลินทรีย์เจริญได้มากกว่าและมีการเจริญสูงกว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และทางชีวเคมีจะสูงกว่า 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส

1.4 ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร

จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับการเจริญแตกต่างกัน เซลล์ของจุลินทรีย์ได้รับผลกระทบโดยตรงจากความเป็นกรด-ด่างของอาหาร เพราะจุลินทรีย์ไม่สามารถปรับความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์ของตัวเองได้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเป็นตัวกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่จะสามารถเจริญได้ในอาหารนั้น ๆ ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เพียงแต่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น ยังมีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา การให้ความร้อน การทำแห้ง และกระบวนการแปรรูปอื่น ๆ อีกด้วย (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 52)

ตาราง 3 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์	pH		
	ต่ำสุด	เหมาะสม	สูงสุด
แบคทีเรีย	4.5	6.5-7.5	9.0
Escherichia coli	4.3-4.4	6.0-8.0	9.0-9.1
Staphylococcus aureus	4.0-4.7	-	9.5-9.8
ยีสต์	1.5-3.5	4.0-6.5	8.0-8.5
รา	1.5-3.5	4.5-6.8	8.0-11.0

ที่มา: วิไล รังสาดทอง (2546)

1.5 ปริมาณออกซิเจน

อากาศหรือออกซิเจนรอบ ๆ อาหารจะมีอิทธิพลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหาร ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้

2. การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางเคมี

2.1 สาเหตุทางเคมีที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง

อาหารที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ ซึ่งเอนไซม์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของอาหาร เอนไซม์เป็นสารอินทรีย์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในอาหาร เอนไซม์จะทำให้อาหารเกิดการย่อยสลายตัวเอง เช่น ย่อยน้ำตาล โปรตีน และไขมัน เป็นต้น สำหรับเอนไซม์ในเนื้อสัตว์จะทำให้เนื้อสัตว์นิ่ม และสูญเสียเนื้อสัมผัส และถ้าปล่อยให้เอนไซม์ย่อยสลายต่อไปเรื่อย ๆ อาหารจะเกิดการเน่าเสีย และมีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น

2.2 สาเหตุทางเคมีที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง

เมื่ออาหารได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำ ทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียการละลาย คุณค่าทางโภชนาการลดลง ทำให้อาหารเกิดเป็นสีน้ำตาล และกลิ่นรสเปลี่ยนไป เกิดรสขม ความเข้มของสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรียกว่าเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (ชมพู่ ยิ้มโต, 2550, หน้า 4) ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร และโลหะพวกทองแดง เหล็ก และสังกะสี ที่ปนเปื้อนในอาหาร ตลอดจนระยะเวลาที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ, 2548, หน้า 84-85)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3. การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางกายภาพ

การเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ส่วนมากมักเกิดจากการขนส่ง ถ่ายเทวัตถุดิบโดยไม่ถูกวิธี การป้องกันทำได้โดยระมัดระวังในการขนส่ง และควบคุมกระบวนการผลิตอย่างถูกต้อง (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ, 2548, หน้า 85) ในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อต่าง ๆ ที่ทำเค็มตากแห้ง ได้แก่ เนื้อเค็ม ปลาเค็ม เป็นต้น การเสื่อมเสียอาจจะเกิดในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา เช่น นก หรือสัตว์ขนาดเล็ก แมลงต่าง ๆ มากัดกินเจาะไช ทำให้ผลิตภัณฑ์พรุนเป็นโพรงเสีย บางครั้งอาจมีน้ำมัน หรือฝุ่นละอองปนเปื้อน ทำให้เกิดอันตรายถ้าบริโภคเข้าไป การเก็บรักษาและใช้บรรจุภัณฑ์ที่ดีก็จะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องมาจากสาเหตุดังกล่าวได้ (ศรวณีย์ รอดเที่ยง, 2542)

วัตถุกันเสีย

การศึกษาเพื่อค้นหาวิธีการถนอมอาหารที่เหมาะสมนั้นได้เริ่มมีมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว เนื่องจากบางครั้งอาหารที่มีอยู่ไม่สามารถบริโภคให้หมดในคราวเดียวได้ หรือบางครั้งอาจต้องการเก็บอาหารนั้นไว้บริโภคนอกฤดูกาล หรือต้องการส่งไปจำหน่ายยังท้องถิ่นอื่น ฉะนั้นเพื่อสามารถเก็บอาหารได้เป็นระยะเวลานาน และสามารถส่งไปขายในเขตท้องที่อื่นโดยอาหารไม่เน่าเสีย จึงได้มีการเก็บถนอมอาหารโดยการอาศัยกรรมวิธีการแปรรูปอาหารต่าง ๆ กรรมวิธีการแปรรูปที่ใช้อาจเป็นกรรมวิธีที่ใช้ความร้อน ความเย็น รังสี หรือการทำแห้ง เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดไม่เหมาะสมที่จะเก็บถนอมด้วยวิธีการดังกล่าว วัตถุกันเสียจึงก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546, หน้า 13)

การใช้วัตถุกันเสียเป็นวัตถุเจือปนอาหาร

การใช้วัตถุกันเสียเป็นวัตถุเจือปนอาหาร เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการเน่าเสียของอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์ เนื่องจากการเน่าเสียของอาหารส่วนใหญ่มักจะเกิดจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร อาหารนั้นนอกจากจะเป็นอาหารสำหรับมนุษย์แล้ว ในขณะเดียวกันก็เป็นอาหารตามธรรมชาติของจุลินทรีย์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารครบมีความชื้น และความเป็นกรด-ด่างพอเหมาะ ฉะนั้นการใช้วัตถุกันเสียในอาหารจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการชะงักการเจริญเติบโต หรือทำลายจุลินทรีย์เหล่านั้น เพื่อช่วยให้สามารถเก็บอาหารได้นานขึ้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546, หน้า 13)

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย

วัตถุกันเสียชนิดต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพดีเพียงใดจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 20 ม.ค. 2554
เลขทะเบียน 235893
เลขเรียกหนังสือ

1. ความเข้มข้นของวัตถุกันเสีย

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของวัตถุกันเสียที่ใช้คือ ถ้ามีการเพิ่มปริมาณของวัตถุกันเสียที่ใช้มากขึ้น ประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์จะมีมากขึ้นด้วย แต่สำหรับปริมาณของวัตถุกันเสียที่มีการอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายนั้นจะใช้ได้สูงถึงระดับหนึ่งเท่านั้น และส่วนใหญ่ก็เป็นปริมาณพอที่จะชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้น เพราะถ้าหากใช้ปริมาณสูงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

2. ชนิด จำนวน อายุ และประวัติของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในอาหาร

2.1 ชนิดของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการทนต่อวัตถุกันเสียได้แตกต่างกันออกไป บางชนิดต้องใช้วัตถุกันเสียปริมาณมากจึงจะยับยั้ง หรือทำลายได้ แต่บางชนิดการใช้วัตถุกันเสียในปริมาณเล็กน้อยก็สามารถทำลายได้แล้ว

2.2 จำนวนจุลินทรีย์

จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในอาหาร เป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดปริมาณของวัตถุกันเสียที่จะใช้ เพราะถ้าหากมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมามาก ปริมาณวัตถุกันเสียที่จะใช้เพื่อช่วยชะลอการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์จะต้องมากตามไปด้วย แต่ในทางปฏิบัติแล้วควรหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบที่สกปรก หรือมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมามาก ทั้งนี้เพื่อจะได้ลดปริมาณของวัตถุกันเสียที่จะต้องใช้ลง

2.3 อายุของจุลินทรีย์

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะแบ่งออกเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงอายุจะมีความแข็งแรงไม่เท่ากัน ฉะนั้นปริมาณวัตถุกันเสียที่จะต้องใช้เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุจึงไม่เท่ากัน เช่น จุลินทรีย์ที่มีอายุอยู่ในช่วง log phase จะต้องใช้ปริมาณของวัตถุกันเสียมากกว่าจุลินทรีย์ที่มีอายุอยู่ในช่วง lag phase และ stationary phase เป็นต้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อายุอยู่ในช่วง log phase จะมีความแข็งแรงกว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ในช่วง lag phase และ stationary phase

2.4 ประวัติของจุลินทรีย์

ประวัติของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหารจะมีผลต่อปริมาณของวัตถุกันเสียที่จะใช้ด้วย เช่น การใช้ยาปฏิชีวนะบางชนิดในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ที่จะต้องมีการใช้ในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากจุลินทรีย์เกิดการดื้อยา เป็นต้น

3. อุณหภูมิ

ในการแปรรูปอาหารอุณหภูมิจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิในขณะใส่วัตถุกันเสียลงในอาหารหรืออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างรอจำหน่าย เนื่องจากวัตถุกันเสียแต่ละชนิดที่ใช้จะมีคุณสมบัติในการคงทนต่ออุณหภูมิได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการเลือกชนิดของวัตถุกันเสียที่จะใช้จึงต้องพิจารณาควบคู่ไปกับอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปอาหารด้วย (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546, หน้า 16-20)

กรด (acid)

กรดเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมอาหารหลายประการ กรดที่เติมลงในอาหารนั้นนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณกรดแล้วยังมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีขึ้น

การใช้กรดในอุตสาหกรรมอาหาร

กรดเริ่มเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมอาหารเป็นเวลานับพันปี นับตั้งแต่ที่มนุษย์รู้จักใช้รสเปรี้ยวในการปรุงอาหาร สารที่ให้รสเปรี้ยวที่เป็นกรดอินทรีย์ตามธรรมชาติและใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารนั้น ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดแลคติก และกรดมาลิค เป็นต้น

ประโยชน์ของการใช้กรดในอุตสาหกรรมอาหาร

1. ควบคุมความเป็นกรด-ด่าง

ในกระบวนการหมักต่าง ๆ จะต้องมีการควบคุมความเป็นกรด-ด่างให้คงที่ จึงจะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณตามที่ต้องการออกมาอย่างสม่ำเสมอตลอดกระบวนการผลิต

2. เพิ่มความเป็นกรด

ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูงจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า ฉะนั้นการเพิ่มปริมาณกรดในอาหารเพื่อช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้ต่ำลงจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดเวลาในการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารลง

3. ช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์

สปอร์ของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่พบว่าจะสามารถต้านทานความร้อนได้ดี ดังนั้นในระหว่างการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนนั้นอาจมีสปอร์เพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถถูกทำลาย ส่วนที่เหลืออาจสามารถเจริญเติบโตได้ถ้าหากมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในระหว่างการเก็บอาหารนั้น แต่ถ้าอาหารนั้นมีปริมาณกรดในปริมาณที่สูงพอสปอร์ที่ปนเปื้อนมาจะไม่สามารถงอก

ได้ เนื่องจากกรดที่ใส่ในอาหารจะช่วยทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ซึ่งเท่ากับเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร และเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคด้วย

4. ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

ในการทำผักและผลไม้แห้งมีการนำวัตถุดิบผักและผลไม้ที่ตัดแต่งมาจุ่มในสารละลายกรดนำไปทำแห้ง กรดที่ใช้นี้จะช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้น

5. ทำหน้าที่เป็นสารจับโลหะ

สำหรับกรณีที่วัตถุดิบมีโลหะปนเปื้อนมา หรือมีโลหะเป็นองค์ประกอบ จึงได้มีการใช้กรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรดซิตริกหรือกรดฟอสฟอริก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะช่วยทำปฏิกิริยากับโลหะต่าง ๆ

6. ช่วยปรับปรุงกลิ่นรสของอาหาร

การที่เติมกรดลงไปในอาหารสามารถช่วยเพิ่มกลิ่นรสและรสของอาหารได้นั้น เนื่องจากกรดที่เติมลงไปในอาหารจะไปมีผลต่อปุ่มประสาทรับความรู้สึกในลิ้นทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงกลิ่น และรสของกรดที่เติมลงไป กรดที่ใช้ในอาหารส่วนใหญ่จะให้รสเปรี้ยว ความรู้สึกในรสเปรี้ยวจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงความเป็นกรด-ด่าง เกลือ และน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารนั้นด้วย (ศิวาพร ศิวเวชช, 2544, หน้า 175-178)

ผลของกรดอินทรีย์ในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์

ในกล้ามเนื้อของสัตว์ทั่วไปเมื่อผ่านภาวะการเกร็งตัวไปแล้วจะมีกรดแลคติกอยู่ในกล้ามเนื้อประมาณร้อยละ 0.9 กรดจะมีผลต่อกลิ่นรส และอายุการเก็บรักษาของเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ในอาหารหมักดองต่าง ๆ ยังใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียในการผลิตกรดแลคติกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา (Smulders, 1995)

การใช้กรดอินทรีย์เพื่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

1. ค่า pH หรือ ความเป็นกรด – ด่างที่ใช้
2. ประสิทธิภาพการแตกตัวของกรด
3. ความจำเพาะในโมเลกุลของกรด

Smulders (1995) กล่าวว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดใน 3 ปัจจัยคือ ค่า pH ที่ลดลง ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรด ที่แตกตัวให้ประจุเป็นสำคัญ นอกจากนี้ภายใต้สภาวะเดียวกันของค่า pH การแตกตัวของกรดยังมีความแตกต่างกันในชนิดของกรด ผลกระทบอย่างจำเพาะเจาะจงของกรด (specific effect) มีความสัมพันธ์กันคือ

1. อำนาจในการแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ของกรด

2. ส่วนของเซลล์ที่สัมผัสกับกรด

3. ธรรมชาติทางเคมี ของสารที่สัมผัส

สิ่งที่น่าสนใจ คือ อำนาจในการแทรกผ่านของกรดเข้าในเซลล์และส่วนของเซลล์ที่สัมผัสกับกรด โดยธรรมชาติของกรดแล้วเป็นสารที่มีขั้วต่างกัน ซึ่งกรดจะไปสัมผัสต่อผิวหน้าเนื้อ และจุลินทรีย์ที่อยู่บนผิวหน้าของปลา

ผลของกรดต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์

กรดที่ผลิตจาก แบคทีเรีย ยีสต์ หรือรา ไม่ได้รบกวนกิจกรรมทางชีววิทยา แต่อาจรบกวนเมตาบอลิซึม (Leuck, 1980) กรดซึ่งไปลดค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร จะไปยืดระยะพักตัวของจุลินทรีย์ (lag phase) ให้ยาวขึ้น และส่งผลให้จุลินทรีย์ตายลง เวลาในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดและความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของอาหาร

แม้ว่าการใช้กรดจะมีผลเล็กน้อยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้กรดร่วมกับเกลือของสารกันเสียชนิดอื่น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งและการทำลายจุลินทรีย์ได้มากขึ้น Ingram, et al. (1988) ได้อธิบายถึงหน้าที่ของกรด ในการลดค่าความเป็นกรด-ด่างและยืดอายุการเก็บ ขึ้นอยู่กับการไม่แตกตัวของกรด กรดที่ไม่แตกตัวให้ประจุจะแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ และขัดขวางกระบวนการเมตาบอลิซึม และลดกระบวนการทางชีววิทยาของเซลล์ทำให้สภาวะค่าความเป็นกรด-ด่าง ในเซลล์เปลี่ยนไป ผลในการยับยั้งขึ้นอยู่กับโมเลกุลของกรดที่ไม่แตกตัวในปริมาณเหมาะสม ซึ่งไปลดค่าความเป็นกรด-ด่าง กรดอินทรีย์ส่วนมากจะมีผลในการลดการปนเปื้อนเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.5 อย่างไรก็ตามการใช้กรดซอร์บิก (sorbic acid) ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.0 ก็ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าร้อยละ 50 ได้แก่ *Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans*

กรดอะซิติก (acetic acid)

กรดอะซิติกหรือกรดเอทาโนอิก (ethanoic acid) เป็นกรดที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส หรือผลึก มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว รวมตัวกับน้ำหรือแอลกอฮอล์หรืออีเทอร์ได้ดี กรดอะซิติกเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำส้มสายชู ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้น้ำส้มสายชูกันมาก สำหรับวัตถุประสงค์ในการใช้ส่วนใหญ่เพื่อเป็นสารให้กลิ่นรส หรือเพื่อเน้นกลิ่นรส หรือเพื่อเพิ่มความเป็นกรดในอาหาร ช่วยควบคุมความเป็นกรด-ด่าง หรือช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร ผลิตภัณฑ์

อาหารที่มีการใช้น้ำส้มสายชูมาก ได้แก่ น้ำสลัดชนิดต่าง ๆ ซอสชนิดต่าง ๆ รวมถึงผักดองชนิดต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เป็นต้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2544, หน้า 201)

การใช้กรดอะซิติกในผลิตภัณฑ์อาหาร

กรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชูที่ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร และในการถนอมอาหารมักใช้กัน 2 รูปแบบ คือ ใช้ในรูปของน้ำส้มสายชูเข้มข้นร้อยละ 5-10 และใช้ในรูปของสารละลายกรดอะซิติกสังเคราะห์เข้มข้นร้อยละ 25-80 (เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว, 2546) ในการใช้กรดอะซิติกในการถนอมอาหารนั้นเนื่องมาจากกรดอะซิติกจะให้กลิ่นรสเฉพาะตัวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ศิวาพร ศิวเวชช, 2544, หน้า 79)

ในผลิตภัณฑ์ประมงมีการนำกรดอะซิติกมาใช้เป็นส่วนประกอบ เช่น marinated fish (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546) จะเห็นได้ว่ากรดอะซิติกนอกจากจะใช้เป็นวัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสแล้ว ยังช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้ด้วย ในผลิตภัณฑ์เนื้อและผลิตภัณฑ์ปลา กรดอะซิติก นอกจากจะช่วยทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคและอาหารเน่าเสียแล้วยังช่วยยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษของ *Clostridium botulinum* (Ito, et al., 1976) ในอุตสาหกรรมไก่สดมีการนำกรดอะซิติกมาใช้ในน้ำที่ใช้ลวกสามารถลดปริมาณของ *Salmonella newport, Salmonella typhimurium* และ *Campylobacter jejuni* ลงได้ 5-10 เท่า (Okrend, et al., 1986)

ประสิทธิภาพของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญหรือทำลายจุลินทรีย์จะสูงที่ความเป็นกรด-ด่างของอาหารต่ำๆ จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราได้ดีกว่ายีสต์ (Branen, et al.,1990) กรดอะซิติกยับยั้งการเจริญและทำลายจุลินทรีย์ได้โดยการแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ และทำให้โปรตีนที่ผนังเซลล์เกิดการแปรสภาพ หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการแทรกซึมของกรดอะซิติกจะสูงมากถ้าอยู่ในรูปที่เป็นกรดไม่แตกตัวเพราะสามารถละลายไขมันได้ดีมาก ความสามารถของกรดอะซิติกในการยับยั้งจุลินทรีย์นั้นจะแปรเปลี่ยนไปตามผลิตภัณฑ์อาหาร สิ่งแวดล้อม และชนิดของจุลินทรีย์ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2524, หน้า 86)

Woolford (1975) ทำการศึกษาผลของการยับยั้งจุลินทรีย์โดยใช้กรดอะซิติก พบว่า *Bacillus spp., Clostridium spp.* และแบคทีเรียแกรมลบสามารถถูกยับยั้งได้ที่ pH 6 และสามารถยับยั้ง *Bacillus spp.* แบคทีเรียแกรมลบได้มากกว่า Lactic acid bacteria, *Clostridium* และแบคทีเรียแกรมบวก ที่ pH 5 สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่า Lactic acid bacteria ยีสต์ และรา

Levine and Fellers (1993) ศึกษาความเข้มข้นของกรดอะซิติกในการยับยั้งจุลินทรีย์ พบว่า *Staphylococcus aureus* ถูกยับยั้งที่ pH 5, *Bacillus cereus* และ *Salmonella* ถูกยับยั้งที่ pH 4.9, *Aspergillus niger* ถูกยับยั้งที่ pH 4.1 และ *Saccharomyces cerevisiae* ถูกยับยั้งที่ pH 3.9 โดยที่กรดอะซิติกสามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้ร้อยละ 90 และ 95 ภายใน 12 ชั่วโมง ที่ pH 5.2 และ 5.0 ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 จะยับยั้ง *Pseudonas aeruginosa* ได้ร้อยละ 99 ภายใน 1 ชั่วโมง

Kirby, et al. (1937) รายงานว่ากรดอะซิติกที่ pH 3.5 มีผลต่อราของขนมปัง *Aspergillus niger* และ *Rhizopus nigricans* ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.8-1.0 ที่ pH 3.5 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Penicillium glaucum* ได้

ในสหรัฐอเมริกากรดอะซิติกจัดอยู่ใน GRAS มีคุณสมบัติในการละลายไขมัน Dickson (1992) รายงานว่าการใช้กรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 2 ในเนื้อที่มีไขมันสูงจะช่วยลดจำนวน *Salmonella typhimurium* แต่ไม่มีผลในเนื้อที่มีไขมันต่ำ และกรดสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ร้อยละ 90 ในขณะที่ Anderson (1984) พบว่ากรดอะซิติกสามารถซึมผ่านผนังกั้นเซลล์และซึมเข้าสู่เซลล์ภายใน ทำให้โปรตีนที่อยู่ภายในเซลล์เกิดการเสียสภาวะ โดยพบว่าความเข้มข้นร้อยละ 1-3 สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในลำไส้ได้

เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว (2546) ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของปลานิลเค็มที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส ผลที่ได้คือ ปลานิลที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกสามารถเก็บได้นานกว่าปลานิลที่ไม่ได้จุ่มกรด 2 วัน

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ (2551) ศึกษาผลของอุณหภูมิ (55 และ 60 องศาเซลเซียส) และเวลาในการอบ (4, 8, 12, 16, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง) และความเข้มข้นของกรดอะซิติก (ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาช่อนแดดเดียว พบว่า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง เหมาะสมที่สุด และการใช้กรดอะซิติกสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้น ซึ่งความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีโดยยังคงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ (2552) ศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยวิธีการจุ่มที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกที่สภาวะปกติ พบว่า พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดและไม่ใช้กรดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ

S. aureus เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยไม่พบ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการศึกษาสรุปได้ว่า ปลาซ่อนแดดเดียวที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกมีอายุการเก็บรักษา 16 วัน ส่วนปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ได้จุ่มกรดอะซิติกมีอายุการเก็บรักษา 12 วัน

วีนา กอบเจริญธรรม วราวุฒิ ครูส่ง และอรอนงค์ อดิศัยภารดี (2546) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้น้ำส้มสายชูในการยืดอายุการเก็บรักษา ในการศึกษาเบื้องต้นพบว่าน้ำส้มสายชูให้ผลในการยับยั้งเชื้อที่ก่อโรคได้ โดยที่ความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Vibrio* sp. เท่ากับร้อยละ 2.0, 1.6 และ 1.0 ตามลำดับ

ศรวณีย์ รอดเที่ยง (2542) ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกในการยืดอายุการเก็บรักษาปลาเค็มแห้ง ในการผลิตปลาเค็มโดยใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 20 ผสมกับน้ำส้มสายชูร้อยละ 4.5 เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 6 เดือนในขณะที่ปลาเค็มที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มสายชูเก็บได้เพียง 3.5 เดือน

Branen, et al. (1989) ศึกษาความสามารถของกรดอะซิติกในการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ที่ความเป็นกรด-เบส 4, 5 และ 6 พบว่าที่ความเป็นกรด-เบส 6 กรดอะซิติกสามารถยับยั้ง *Bacillus,Clostridium* และแบคทีเรียแกรมลบได้มากกว่า lactic acid bacteria ยีสต์ รา และแบคทีเรียแกรมบวก แต่เมื่อความเป็นกรด-ด่างลดลงเหลือ 5.0 พบว่าแบคทีเรียแกรมบวกจะถูกยับยั้งมากกว่า lacticacid bacteria ยีสต์ และรา และที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 ความเข้มข้นของกรดแอซิติกที่ต้องการในการยับยั้งจะลดลง

Benja-arporn, et al. (1993) ทดลองยืดอายุการเก็บรักษาอาหารทะเลด้วยกรดอะซิติกโดยจุ่มตัวอย่างลงในกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 2 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส นาน 36 วัน สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นร้อยละ 12.5 และ 5 เมื่อพิจารณาปริมาณ Trimethylamine (TMA) พบว่าตัวอย่างที่ไม่จุ่มกรดอะซิติก ระดับของ TMA เพิ่มสูงถึง 45 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม เมื่อพิจารณาการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใช้กรดอะซิติกร้อยละ 5 นาน 7 นาทีไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมโดยพบว่ามีกลิ่นเปรี้ยวในตัวอย่างแต่ผู้บริโภคยังยอมรับได้

Khalid (2007a) ทำศึกษาผลของการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของชิ้นปลาแซลมอนแช่เย็นโดยใช้เกลือของกรดอินทรีย์ 3 ชนิดคือ โซเดียมอะซิเตท โซเดียมซิเตรท และโซเดียมแลคเตท ทำการทดลองโดยนำชิ้นปลาแซลมอนจุ่มในสารละลาย จากการทดลองพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงขึ้นอยู่กับชนิดเกลือของกรดที่แตกต่างกันคือ โซเดียมอะซิเตทจะลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้

มากกว่าโซเดียมแลคเตท และโซเดียมซิเตรท ตามลำดับ และในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิเคราะห์จากค่า PV และค่า TBA พบว่าการใช้โซเดียมซิเตรทสามารถลดค่า PV และค่า TBA ได้มากกว่าโซเดียมอะซิเตท และโซเดียมแลคเตท ตามลำดับ ในการใช้เกลือของกรดอินทรีย์สามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาแซลมอนแช่เย็นได้นานกว่าตัวอย่างควบคุม คือ จุ่มในน้ำกลั่น 4-7 วัน

Ponce De Leon et al. (1993) ได้ทดลองหาความเป็นไปได้ในการใช้กรดอินทรีย์ในการควบคุมแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในปลาโดยใช้กรดอะซิติกและกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02-0.05 และดูผลต่อ *Pseudomonas sp.* และ *Moraxella sp.* พบว่าแบคทีเรียทั้งสองชนิดถูกยับยั้งได้โดยกรดทั้งสองชนิด โดยที่กรดอะซิติกมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์มากกว่ากรดซิตริก

กรดซิตริก (citric acid)

กรดซิตริก (Citric acid, Citro, Hydrocerola, 2-Hydroxytricarballylic acid) หมายถึงกรดผลไม้ ซึ่งมีอยู่ในผลไม้เช่น ส้ม มะนาว หรือบางครั้งเรียกว่า กรดมะนาว มีสูตรโมเลกุล คือ $C_6H_8O_7$ มีลักษณะเป็นผลึกใสไม่มีสี อาจเป็นผงหยาบหรือละเอียดก็ได้ ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดี มีความเป็นพิษต่ำ และให้กลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์ กรดซิตริกถูกใช้เป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหลายชนิดอย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่มทั้งที่อัดและไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำผลไม้ ลูกกวาด ยา และเครื่องสำอางต่างๆ ปริมาณการใช้กรดซิตริก ร้อยละ 70 จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (food and beverage industry) เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ช่วยเพิ่มกลิ่นรส และป้องกันการเปลี่ยนสี และปริมาณการใช้กรดซิตริก ร้อยละ 18 ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ป้องกันการเหม็นหืนในไขมันและน้ำมัน เป็นต้น (เยาวลักษณ์ รัตนพรวารีสกุล, 2539)

เยาวลักษณ์ รัตนพรวารีสกุล (2539) ทำการศึกษาผลของกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากุ้งแห้ง โดยการนำกุ้งสดมาจุ่มในกรดซิตริก 20 นาที ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 พบว่าในแต่ระดับความเข้มข้นมีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่มีคุณภาพดีกว่ากุ้งที่ไม่ได้จุ่มกรดซิตริก หลังจากนั้นทำการเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่ากุ้งแห้งที่จุ่มกรดซิตริกมีอายุการเก็บรักษานานกว่า 14 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งแห้งที่ไม่จุ่มกรดซิตริก

Dobal, et al. (2004) ศึกษาผลของอาหารที่มีกรดเป็นองค์ประกอบโดยการใส่เชื้อ *Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* ในเนื้อแกะและเนื้อแพะเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยการนำเนื้อแกะและเนื้อแพะมาล้าง

ด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นตัวควบคุม แล้วทำการใส่เชื้อทั้ง 4 ชนิดเข้าไปหลังจากนั้นนำมาสเปรย์ด้วยกรดแลคติก ร้อยละ 2.0 และกรดซิตริก ร้อยละ1.5 ร่วมกับกรดโพรไพโอนิก ร้อยละ 1.5 จากการทดลองพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงประมาณ 0.52 และ 1.16 log ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงในด้านสีและกลิ่น ซึ่งในการใช้กรดเพียงตัวเดียวหรือการใช้กรด 2 ตัวมารวมกันสามารถช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา ช่วยในการปรับปรุงทางด้านประสาทสัมผัส และในด้านจุลินทรีย์ที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อ

กรดแลคติก (lactic acid)

กรดแลคติก เป็นกรดที่นำมาใช้ในอาหาร พบตามธรรมชาติในนมเปรี้ยว กะหล่ำปลีดอง ผักดองชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังพบในเลือดและกล้ามเนื้อของสัตว์ โดยทั่วไปกรดแลคติกมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ง่าย เป็นของเหลวข้น มีกลิ่นกรด นิยมใช้เพื่อควบคุมความเป็นกรด-ด่างของอาหารหรือช่วยเพิ่มกลิ่นรสของอาหาร ใช้เป็นวัตถุกันเสียที่สามารถยับยั้งการเจริญและทำลายจุลินทรีย์ได้หลายชนิด และสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้อย่างดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5 แต่ไม่มีผลต่อการเจริญของยีสต์และรา กรดแลคติกจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นวัตถุกันเสียที่สำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารหมักต่างๆ โดยสร้างจากแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lacticacid bacteria) (Gardner and Flett, 1952)

กรดแลคติกเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในอาหารทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองและอาหารต่างๆ เพื่อเป็นตัวให้กลิ่นรส และมีผลทางด้านการถนอมอาหาร ปริมาณกรดแลคติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมีทั้งที่ผลิตได้จากกระบวนการหมักและกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี การใช้กรดแลคติกในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ มีการใช้เพื่อลดการปนเปื้อนในเนื้อวัว เป็ด ไก่ และซากหมูในโรงฆ่าสัตว์จะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์พวก *Salmonella* spp. ได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับการล้างด้วยคลอรีน

กรดแลคติกในทางการค้า มี 3 ประเภท คือ (Smulders, 1995)

1. Pure dry form เป็นกรดแลคติกบริสุทธิ์ (2-hydroxy propionic acid) ลักษณะเป็นผงสีขาว มีจุดหลอมเหลว 18 องศาเซลเซียส ถึง 26 องศาเซลเซียส โดยปกติจะอยู่ในรูปสารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

2. Edible grade เป็นกรดแลคติกที่ใช้กับอาหาร ลักษณะเป็นของเหลวสีค่อนข้างเหลือง มีความเข้มข้นร้อยละ 50 ถึง 86

3. Pharmaceutical grade เป็นกรดแลคติกที่ใช้ทางการแพทย์ มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสี มีความเข้มข้นร้อยละ 80 ถึง 90

การใช้กรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อาหาร

การใช้กรดแลคติกในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ได้รับการยอมรับมากขึ้น เนื่องจากเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ และได้รับการรับรองความปลอดภัยในการใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหารในประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้กรดแลคติกมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ มีรสชาติแต่ไม่กลบกลิ่นรสอื่น ๆ เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร มีความเป็นพิษต่ำ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่มีสารตกค้าง และมีผลในการทำลายและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Smulders, 1995) กรดแลคติกมีผลในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทันทีและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทนกรด การทำงานของกรดแลคติกเริ่มจากกรดแลคติกจะรวมตัวกับน้ำบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์อาหาร และซึมเข้าไปในเซลล์ จากนั้นรวมกับเซลล์เป็นเวลา 10-60 นาที แล้วแยกออกมา การเข้าไปรวมตัวกับเซลล์จะทำให้เซลล์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Eklund, 1989) เกิดกระบวนการทางเคมียับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Ingram, 1988)

ปวีนา น้อยทัพ และคณะ (2553) ศึกษาการประยุกต์ใช้กรดแลคติกเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในปลาช่อน่แดดเดียว โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (MIC) ของกรดแลคติกที่มีต่อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* คือ ร้อยละ 2.0-2.4 และ 2.0-2.3 ตามลำดับ จากนั้นจึงศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแลคติกเมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียวโดยวิธีการจุ่มที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น แต่จะได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสน้อยลง ซึ่งความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 2 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียวที่แช่กรดแลคติก ร้อยละ 2 มีอายุการเก็บรักษา 2 วัน ในขณะที่ปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้ใช้กรดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วัน ที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส

พาขวัญ ทองรักษ์ (2546) ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาปลาทับทิมแล่ แช่เย็นโดยวิธีการจุ่มน้ำร้อน และกรดแลคติก โดยใช้อุณหภูมิที่ 55, 75 และ 95 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายกรดแลคติก ร้อยละ 1 และ 2 ระยะเวลาในการจุ่มสารละลายที่ 2, 5 และ 10 วินาที พบว่าชิ้นปลาที่จุ่มในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 2 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลาในการจุ่ม 10 วินาที มีการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ช้าที่สุด มีคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุดเกือบทุกคุณลักษณะ

Gill and Badoni (2004) ศึกษาผลของกรดเปอร์ออกซีอะซิติก โซเดียมคลอไรท์ และกรดแลคติก ต่อเนื้อวัวแช่เย็น โดยใช้การสเปรย์ ซึ่งตัวอย่างควบคุมสเปรย์ด้วยน้ำกลั่น พบว่าการใช้กรดแลคติกร้อยละ 4.0 สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าสารละลายชนิดอื่นเนื่องจากใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูงที่สุด

Ingram (1988) รายงานว่า การจุ่มเนื้อปลาในสารละลายกรดแลคติกสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ดี โดยการนำเนื้อปลาจุ่มในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้น 1.77 และ 2.55% (v/v) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลากลุ่มที่ไม่ใช้สารละลายกรดแลคติก

Kim (1995) รายงานว่าการนำเนื้อปลาจุ่มในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับเชื้อแบคทีเรียแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 1-5 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีการลดลงของแบคทีเรียแกรมลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และสามารถเก็บเนื้อปลาได้นานถึง 9 วัน นอกจากนี้เนื้อปลาที่จุ่มในสารละลายกรดแลคติกร่วมกับเชื้อแบคทีเรียแลคติกจะให้ผลในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบได้ดีกว่าการใช้สารละลายกรดแลคติกอย่างเดียว ถึงแม้ว่ากรดแลคติกจะสามารถควบคุมแบคทีเรียแกรมลบได้เป็นอย่างดี

Naveena, et al. (2006) ศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อโดยการใช้กรดแลคติก น้ำมันกานพลู และวิตามินซี พบว่าเนื้อที่ทำการจุ่มกรดเพียงชนิดเดียวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

Sundar and Zhang (2006) ศึกษาผลของกรดแลคติกที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมู โดยทำการสเปรย์สารละลายกรดแลคติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 4 และ 6 นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ทุก ๆ 4, 8 และ 12 วัน พบว่าที่ความเข้มข้น และระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นจะทำให้สีจางลงและยังลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

บรรจุภัณฑ์อาหาร

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์มีดังนี้ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, หน้า 9)

1. การทำหน้าที่บรรจุใส่ ได้แก่ ใส่-ห่อสินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด นับ
2. การทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครอง ได้แก่ ป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูป แตกหัก ไหลซึม
3. การทำหน้าที่รักษาคุณภาพอาหาร ได้แก่ การใช้วัสดุที่ป้องกันอากาศซึมผ่าน ป้องกันแสง ป้องกันก๊าซเฉื่อยที่ฉีดเข้าไปชะลอปฏิกิริยาชีวภาพ ป้องกันความชื้นจากภายนอก

4. การทำหน้าที่ขนส่ง ได้แก่ กล่องลูกฟูก ลังพลาสติกซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหน่วยเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้าไปยังแหล่งผลิตหรือแหล่งขาย

5. การวางจำหน่าย คือ การนำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ภายในวางจำหน่ายได้โดยไม่จำเป็นต้องให้เห็นสินค้า

6. การรักษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่

6.1 ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายในกระบวนการผลิตจะไม่ใช้สารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

6.2 นำบรรจุภัณฑ์เวียนใช้ใหม่หรือใช้ประโยชน์อื่นได้ เช่น ขวดเหล้า แก้วใส่แยมเป็นต้น

6.3 หมุนเวียนกลับมาผลิตใหม่ คือ นำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปหลอมหรือย่อยสลายเป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์หรือสินค้าอื่นต่อไป

7. ทำหน้าที่ส่งเสริมการขายเพราะบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตัวเอง รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้เฉพาะสากล

8. ทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางด้านโภชนาการ ส่วนประกอบของอาหาร วันที่ผลิต วันหมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายเลขทะเบียนหรือเลขอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

9. ทำให้ตั้งราคาขายได้สูงขึ้นเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่สินค้า สร้างความนิยมในสินค้า หรือเรียกว่าสินค้าแบรนด์เนม (brandname)

10. การเพิ่มปริมาณการขายด้วยการรวมหน่วยปลีกในบรรจุภัณฑ์อีกชั้นหนึ่ง

11. ให้ความถูกต้องรวดเร็วในการขาย โดยการพิมพ์บาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ทำให้พนักงานคิดเงินไม่จำเป็นต้องอ่านป้ายราคาบนบรรจุภัณฑ์ แต่ให้เครื่องอ่านบาร์โค้ดทำหน้าที่แทนทำได้รวดเร็วขึ้น และถูกต้อง

บรรจุภัณฑ์พลาสติก

ในปัจจุบันนี้มีพลาสติกที่ใช้กันอยู่เป็นหลายร้อยจำพวก และแต่ละพวกยังจำแนกตามน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่น พลาสติกแต่ละประเภทยังสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติโดยการทำปฏิกิริยากับพลาสติกที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE)

โพลิเอทิลีน (polyethylene-PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูกที่สุด สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ PE ผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) ของก๊าซเอทิลีน (ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิโดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (metal catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้ PE ที่ได้ออกมามีความหนาแน่นแตกต่างกัน PE แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามความหนาแน่น คือ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, หน้า 60-64)

1. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (medium density polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941-0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

LDPE เป็นพลาสติกที่ใช้มากและมีชื่อสามัญว่าถุงเย็น มักจะใช้ทำถุงฟิล์มหดและฟิล์มยืด ขวดน้ำ และฝาขวด เป็นต้น เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดปิดผนึกได้ดี โครงสร้างของ PE จะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควรแต่จุดอ่อน LDPE คือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย แต่ทนต่อกรดและด่างทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้ LDPE ยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศ เช่น ของขบเคี้ยว และของทอด เมื่อใส่ในถุงเย็นธรรมดา คุณภาพอาหารจะแปรเปลี่ยนไปเพียงเวลาไม่กี่วัน

ตัวอย่างการใช้งานของ PE ที่สำคัญมีดังนี้

1. ใช้ผลิตเป็นถุงร้อน (HDPE) และถุงเย็น (LDPE) สำหรับการใช้งานทั่วไปสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดทั่วไป ข้อสังเกตถุงร้อนที่ผลิตจาก HDPE จะมีสีขาวขุ่น

2. ใช้ห่อหรือบรรจุอาหารได้เกือบทุกชนิดโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ไม่ควรใช้ LDPE กับอาหารร้อน

3. นิยมใช้ทำถุงบรรจุขนมปัง เนื่องจาก PE ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีจึงช่วยป้องกันมิให้ขนมปังแห้ง เนื่องจากสูญเสียความชื้นออกไป นอกจากนั้นราคาของ PE ไม่สูงเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของขนมปัง

4. นิยมใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้สด เนื่องจาก PE ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดีทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจได้ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออกมาก็สามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย

5. นิยมใช้ LDPE เป็นชั้นสำหรับปิดผนึกด้วยความร้อน เนื่องจากกระดาษและแผ่นเปลวอะลูมิเนียมซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นถุง หรือซองบรรจุอาหาร

6. ฟิล์ม PE ชนิดยืดตัวได้ (stretch film) นิยมใช้ห่ออาหารสดพร้อมปรุง เนื้อสด และอาหารทั่วไป รูปแบบที่นิยมใช้คือ ใช้ถาดรองอาหารแล้วห่อด้วยฟิล์มยืดตัวได้

7. PE ไม่นิยมใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูง เช่น เนย ถั่วทอด ขนมขบเคี้ยว

การเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ ตั้งแต่เริ่มผลิตจนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการที่จะเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้งให้อยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคยอมรับได้นานที่สุด และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งควรบรรจุในภาชนะที่สามารถป้องกันการเข้าออกของแก๊สและความชื้น เนื่องจากราไม่สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จึงช่วยป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดจากสารพิษจากเชื้อรา (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2528 และ Labuza, 1982) นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์ก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการป้องกันตัวเร่งปฏิกิริยา คือ แสง ออกซิเจน และการปนเปื้อนของโลหะได้ และยังสามารถควบคุมกลิ่นเหม็นหืนได้ด้วยหากมีการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม และเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำหรือมีการใช้ antioxidants (Williams, 1976 and Fritsch & Gale, 1977) ส่วนปัจจัยที่สำคัญในการเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง คือ ค่า a_w ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ (2528) กล่าวว่าถ้าต้องการยืดอายุการเก็บให้นานขึ้นควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิในการเก็บรักษา

โดยปกติในการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จะเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้แช่เย็นควรใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็งที่ -2 ถึง -4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาปลาสดจาก 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็น 4-5 สัปดาห์ ผลของความเย็นไม่ได้ทำให้คุณภาพของปลาดีขึ้น แต่จะช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาให้นานขึ้น โดยชะลอการทำงานของจุลินทรีย์ การย่อยสลายตัวของเอนไซม์ (autolysis) และการลดการสูญเสียน้ำ

ในการจัดจำหน่ายปลาสดแช่เย็นร้านค้าปลีกมักเก็บปลาที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง จึงควรทดลองเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น เช่น อาจใช้สารเคมี การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ หรือปรับบรรยากาศ และการใช้รังสี (Shahidi and Botta, 1994)

เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว (2546) ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของปลานิลเค็มที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส บรรจุในถุงโพลิเอทิลีนโดยปิดผนึกแบบปกติและสุญญากาศ พบว่าสภาวะการบรรจุมีผลต่อคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของปลานิลเค็มก่อนทอด โดยที่ปลานิลเค็มที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสภาวะปกติ และมีอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น

พาขวัญ ทองรักษ์ (2546) ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาปลาทับทิมแล่แช่เย็นโดยวิธีการจุ่มน้ำร้อนและกรดแลคติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2- 4 องศาเซลเซียส พบว่าปลาทับทิมที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศเก็บรักษาได้นานที่สุด 30 วัน ส่วนปลาทับทิมที่เก็บในสภาวะปกติเก็บได้นาน 24 วัน ในขณะที่ปลาทับทิมที่ไม่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนและสารละลายกรดแลคติกเก็บได้เพียง 15 วัน

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ (2552) ศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว โดยวิธีการจุ่มที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 อบที่อุณหภูมิ55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกที่สภาวะปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (5±2 องศาเซลเซียส) พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิห้อง ปลาช่อนแดดเดียวที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกที่สภาวะบรรจุแบบปกติ และสภาวะสุญญากาศเก็บได้ 4 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้จุ่มกรดอะซิติกที่สภาวะบรรจุแบบปกติและสภาวะสุญญากาศเก็บได้ 2 วัน และการเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่าปลาช่อนแดดเดียวที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกที่สภาวะบรรจุแบบปกติมีอายุการเก็บรักษา 16 วัน และที่สภาวะบรรจุสุญญากาศเก็บได้ 20 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้จุ่มกรดอะซิติกมีที่สภาวะบรรจุแบบปกติมีอายุการเก็บรักษา 12 และที่สภาวะบรรจุสุญญากาศเก็บได้ 16 วัน