บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 HURDLE TECHNOLOGY

กระบวนการแปรรูปอาหารในปัจจุบันสามารถทำให้อาหารเก็บไว้ได้เป็นเวลานานมากขึ้นกว่าในอดีต ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวอาจมีการใช้ความร้อนสูงหรือใช้วิธีการที่รุนแรงในการทำลายจุลินทรีย์หรือเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร แต่บางครั้งอาหารที่ผ่านกระบวนการเหล่านั้นอาจสูญเสียคุณค่าทางอาหาร รสชาติ หรือมีคุณภาพที่ลดลงจากเดิม จึงได้มีการนำ Hurdle Technology มาใช้เพื่อการถนอมอาหาร โดยอาศัยหลักการควบคุมสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียให้สมดุลกัน โดยอาศัยปัจจัยที่สามารถควบคุมหลายอย่างมาใช้ควบคุมดังตารางที่ 2.1 ซึ่งมีปัจจัยที่นำมาใช้ควบคุมสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียหลายปัจจัยด้วยกัน แต่ในการนำมาใช้งานจะนำมาใช้ร่วมกันเกิดเป็นอุปสรรคต่อเชื้อจุลินทรีย์ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตหรือสร้างสารพิษได้ อีกทั้งยังทำให้อาหารสามารถคงคุณค่าทางอาหารและทางประสาทสัมผัสได้ดีอีกด้วย ผลของเฮอร์เดิลเทคโนโลยีสามารถจำแนกได้ดังนี้ (Leistner and Gould, 2002)

1. เฮอร์เดิลทางกายภาพ (physical hurdles) ได้แก่ กระบวนการใช้ความร้อน การฉายรังสี อุณหภูมิในการเก็บรักษา การใช้คลื่นพลังงาน เช่น ไมโครเวฟ การใช้บรรจุภัณฑ์ การบรรจุแบบปลอดเชื้อ เป็นต้น

2. เฮอร์เดิลทางเคมีฟิสิกส์ (physicochemical hurdles) ได้แก่ water activity, pH, redox potential, การใช้เกลือต่างๆ การใช้กรดอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เครื่องเทศ และสมุนไพร เป็นต้น

3. เฮอร์เดิลทางชีวภาพ (microbiologically derived hurdles) ได้แก่ การใช้จุลินทรีย์เติบโตแข่งขันกัน bacteriocins, antimycotics, antibiotic เป็นต้น

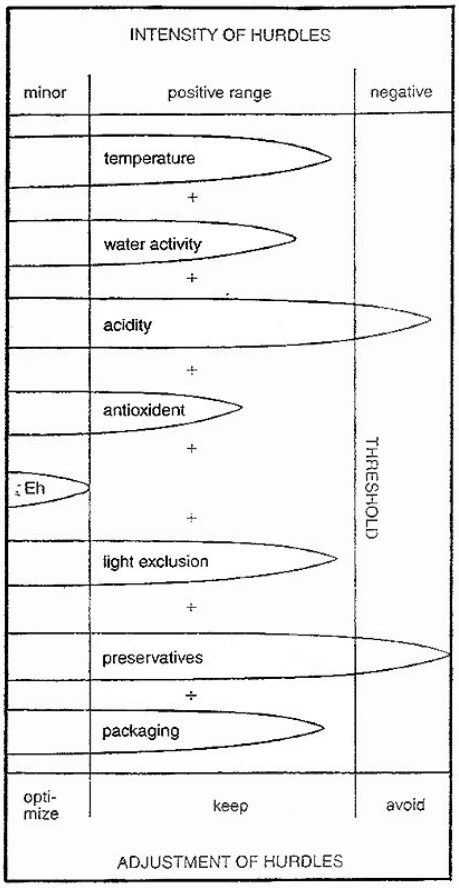
4. เฮอร์เดิลร่วม (miscellaneous hurdles) เป็นการใช้เฮอร์เดิลร่วมกัน เช่น การใช้สารฆ่าเชื้อร่วมกับการดัดแปลงบรรยากาศ การใช้ไคโตซานทำเป็นฟิล์มเคลือบอาหาร

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยควบคุมที่ใช้ใน Hurdle Technology

Symbol	Parameter	Application
F	High temperature	Heating
T	Low temperature	Chilling, freezing
a_w	Reduce water activity	Drying, curing, conserving
pH	Increased acidity	Acid addition or formation
Eh	Reduced redox potential	Removal of oxygen addition of ascorbate, etc
Pres.	Preservatives	Sorbate, sulfite, nitrite, etc
c.f.	Competitive flora	Microbial fermentation

ที่มา : Leistner and Gould, 2002

ปัจจัยเฮอร์เดิลที่ใช้ในผลิตภัณฑ์มีหลายปัจจัยซึ่งแต่ละปัจจัยมีผลต่อการควบคุมปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน บางปัจจัยหากใช้ในความเข้มข้นที่สูงก็จะสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ เช่น การใช้สารกันเสียแต่ในการใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้หรือการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงมากในการฆ่าเชื้อจนปริมาณของเชื้ออยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค แต่ความร้อนสูงทำให้เสียคุณลักษณะที่ดีของอาหารไป ดังนั้นในกระบวนการควรจะต้องใช้หลายปัจจัยมาช่วยส่งเสริมกันทำให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ได้โดยที่อาหารยังมีความปลอดภัยและยังคงลักษณะที่ดีของอาหารไว้ได้อีกด้วย สำหรับความรุนแรงของปัจจัยของเฮอร์เดิลเทคโนโลยีแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงความรุนแรงของปัจจัยในกระบวนการเฮอร์เดิล

ที่มา : Leistner, 2002

2.1.1 ตัวอย่างการใช้เฮอร์เดิลเทคโนโลยีในการเก็บรักษาอาหาร

ธงชัย (2546) ศึกษาการเก็บรักษาก๋วยเตี๋ยวสดโดยใช้ การปรับค่าความเป็นกรดด่างด้วยกรด 4 ชนิดคือ ซิตริก อะซิติก แลกติก และ กลูโคโนเดลต้าแลคโตน ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ พบว่า เมื่อนำเส้นก๋วยเตี๋ยวสดปรับความเป็นกรดด่างด้วยกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 1 แล้วบรรจุในถุงโพลีโพรไพลีนในสภาวะบรรยากาศ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12°C สามารถเก็บรักษาเส้นก๋วยเตี๋ยวสดได้เป็นระยะเวลา 2 เดือน

Meyer และคณะ (2001) ศึกษาการใช้เก็บรักษาเส้นอุด้ง โดยใช้กรดแลกติกความเข้มข้นร้อยละ 1.6 ปรับความเป็นกรด-ด่างโดยแช่เส้นอุด้ง 150 วินาทีให้เส้นมีความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.9-4.0 นำเส้นที่ได้บรรจุใส่ถุงเติมน้ำมันปาล์มแล้วปิดถุงให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 97°C เป็นเวลา 20 นาที ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าเส้นที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากเส้นสด

2.2 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ส่วนผสมปรุงแต่งอาหารไทย

ผลิตภัณฑ์ส่วนผสมปรุงแต่งอาหารไทย หมายถึง ส่วนผสมของวัตถุดิบหลายชนิด ใช้เพื่อผสมกับอาหารเพื่อให้ได้รสชาติของอาหารที่ต้องการ ในที่นี้ผลิตภัณฑ์ส่วนผสมปรุงแต่งอาหารไทยที่ทำมีจุดประสงค์ให้ได้อาหารที่มีรสชาติที่ค่อนข้างเปรี้ยว เค็ม หวานและเผ็ด โดยส่วนประกอบที่สำคัญจะประกอบด้วย มะขามเปียก น้ำปลา น้ำตาล และพริก

2.2.1 พริก

พริกเป็นพืชที่อยู่ในสกุล *Capsicum* มีการเพาะปลูกกันทั่วไปในที่มีภูมิอากาศอบอุ่นและอากาศร้อน เช่น อินเดีย อเมริกันเขตร้อน ไทย พม่า พริกประกอบด้วยสารเผ็ดร้อน (นิจศิริ, 2534) ตั้งแต่ 0.1-1 SU.(scovilk heat unit) สารที่ให้รสเผ็ดร้อนคือ capsaicin, dihydrocapsaicin, nordihydrocap saicin, homocapcaicin และ homodihydrocap saicin สารที่มีรสเผ็ดนี้อยู่ในบริเวณไส้ (dissapiment) ของผลไม่ใช่อยู่ที่เม็ด สารประกอบนี้เรียกรวมว่า capsaicinoids นอกจากนี้พริกยังประกอบด้วย เส้นใย แคลเซี่ยม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินB1 วิตามินB2 วิตามินA วิตามินC โดยเฉพาะ วิตามินA และวิตามินC พบในปริมาณที่สูงอีกด้วย สำหรับสาร capsaicin มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ยารักษาโรค ในอเมริกามีจำหน่ายในชื่อ Cayenne สำหรับฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร capsaicin ยังมีคุณสมบัติลดความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ หัวไหล่ แขน บั้นเอว และส่วนต่างๆของร่างกาย และมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายทั้งที่เป็นโลชันและครีม (Thaxtra-P capsaicin) แต่การใช้ในปริมาณที่มากเกินไปอาจมีผลกระทบต่อการหยุดชะงักการทำงานของกล้ามเนื้อ USFDA กำหนดให้ใช้สาร capsaicin ได้ที่ความเข้มข้น 0.75% สำหรับเป็นยารักษาโรค สำหรับในประเทศไทย ใช้ในยาพื้นบ้าน เป็นยาขับลม ขับปัสสาวะ ขับเหงื่อ ช่วยในการเจริญอาหาร ใช้ผสมขี้ผึ้งเพื่อทาถูนวด แก้อาการปวดเมื่อย ทำให้มีเลือดมาเลี้ยงบริเวณที่ทามากขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

Careaga และคณะ (2003) ได้การศึกษาคุณสมบัติการต่อต้านเชื้อ *Salmonella* Typhimurium และ *Pseudomonas aeruginosa* ที่อยู่ในเนื้อวัวจากสาร capsaicin ที่สกัดมาจากพริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum)* พบว่าค่า MLC (minimum lethal concentration) สำหรับเชื้อ *S.* Typhimurium มีค่าเท่ากับ 1.5 ml/100 gของเนื้อ ในขณะที่เชื้อ *P. aeruginosa* ต้องใช้ 3ml/100 gของเนื้อ

Dorantes และคณะ (2000) ทำการศึกษาสารสกัดจาก *Capsicum annum* ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคพบว่าสารที่สกัดจากพริกสามารถยับยั้งเชื้อ *Listeria monocytogenes* ได้มากที่สุด ตามมาด้วย *Bacillus cereus, Staphylococcus aureus* และ *S.* Typhimurium แต่จากการแยกสารประกอบที่ได้จากสารที่สกัดจาก *C. annum* พบว่าในจำนวนสารที่แยกออกมาได้ คือ α-cumaric

acid, m-courmaric acid, Trans-cinnamic acid, capsaicin และ dihydrocapsaicin มีเพียง m-courmaric acid และ Trans-cinnamic acid เท่านั้นที่มีผลต่อการยับยั้งเชื้อทั้ง 4 ชนิดที่กล่าวมา

2.2.2 กระเทียม

กระเทียมเป็นพืชล้มลุก สูง 40-80 ซม. มีหัวใต้ดิน แบ่งเป็นกลีบเล็กๆได้หลายกลีบ แต่ละกลีบมีใบแห้งๆหุ้มไว้ในลักษณะแคบยาว กว้าง 1-2.5 ซม. ยาว 30-60 ซม. ปลายแหลม ดอกช่อแทงจากลำต้นใต้ดิน ดอกย่อยมีขนาดเล็ก กลีบดอกมี 6 อันสีชมพู มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* Linn. กระเทียมสดมีน้ำมัน (garlic oil) อยู่ประมาณร้อยละ 0.1-0.36 สารอินทรีย์และกัมมะถันหลายชนิด (นิจศิริ, 2534) คือ alliin (S-allyl-l-cysteine sulfoxide) และ S-methyl-l-cysteine sulfoxide น้ำย่อยหลายชนิดคือ alliinase, peroxidase, และ myroxinase โปรตีน แร่ธาตุ วิตามินB1 วิตามินB2 ไนอะซิน ในปัจจุบันการนำกระเทียมมาใช้งานหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นกระเทียมสด กระเทียมผงหรือสกัดออกมาในรูปของน้ำมัน โดยกระเทียมมีสรรพคุณเป็นยาขับลมในลำไส้ บรรเทาอาการท้องอืด แก้ไอ ปวดฟัน ปวดหู กระเทียมสดบดให้แหลกนำมาใช้รักษาโรคกลากเกลื้อนได้อีกด้วย *Allium plants* (Lee และคณะ 2004) โดยเฉพาะกระเทียมมีฤทธิ์ในการต่อต้านแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคและรา ได้แก่ *Helicobacter pylori, Staph. aureus, Escherichia coli, B. cereus, Clostridium botulinum, C. perfringens* และ *Aspergillus spp.*

อดิศร (2542) ศึกษาผลของน้ำสกัดกระเทียมต่อการยับยั้งเชื้อ *Staph. aureus* และ *S.* Anatum โดยเติมน้ำกระเทียมสกัดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ในปริมาณ 1 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่เติมน้ำสกัดกระเทียมที่มีความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งและทำลายเชื้อโรคอาหารเป็นพิษทั้งสองสายพันธุ์ที่ทำการศึกษาได้เร็วกว่าที่มีความเข้มข้นต่ำ และเชื้อ *S.* Anatum จะถูกยับยั้งและทำลายได้เร็วกว่า *Staph. aureus*

Lee และคณะ (2004) ทำการศึกษาสารที่สกัดมาจาก *Allium odorum* L. จาก 3 แหล่งได้แก่ flower stem, soft leek และ green leek และทำการเปรียบเทียบกับสารที่สกัดจาก *A. sativum* (garlic) และ *A. fistulosum* (welsh onion) ถึงผลของการยับยั้ง *Campylobacter strains* ที่แยกออกมาจากไก่ พบว่าสารที่สกัดจากกระเทียมสามารถยับยั้ง *Campylobacter strains* ได้โดยมีค่า MIC (minimum inhibitory concentration) อยู่ที่ 4-5 mg/ml

Yin and Tsao (1999) ทำการศึกษาสารสกัดจาก *Allium* plants 7 ชนิด ได้แก่ garlic, bakeri garlic, Chinese leek, Chinese chive, scallion, onion blub และ shallot blub ในการยับยั้งเชื้อ *A. niger, A. flavus* และ *A. fumigatus* พบว่าสารสกัดจาก garlic blub มีผลในการยับยั้งเชื้อ *Aspergillus species* ได้ดีที่สุด ตามมาด้วยสารสกัดจาก Chinese leek

Cellini และคณะ(1996) ทำการศึกษาสมบัติของสารสกัดจากกระเทียมสด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร คือ *Helicobacter pylori* พบว่าสารสกัดจากกระเทียมที่ความเข้มข้นระหว่าง 2-5 mg/ml สามารถต้านการเจริญของแบคทีเรียดังกล่าวได้ ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งแบคทีเรียนี้ได้ร้อยละ 90 (minimum inhibitory concentration – MIC) อยู่ที่ 5mg/ml ส่วนระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (minimum bactericidal concentration - MBC)นี้มีค่าเป็น 2 เท่าของ MIC และสารที่สกัดออกมาเมื่อนำไปผ่านความร้อนแล้วประสิทธิภาพในการยับยั้งจะลดลง 2-4 เท่า

2.2.3 มะขามเปียก

มะขาม *(Tamarindus indica* Linn).เป็นไม้ยืนต้น (นิรนาม 2546) ขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ แตกกิ่งก้านสาขามากเปลือกต้นไม่มีหนาม เปลือกขรุขระและหนา สีน้ำตาลอ่อน ใบเป็นใบประกอบ ใบเล็กจะออกตามก้านใบเป็นคู่ ประมาณ 10-18 คู่ ใบย่อยเป็นรูปขอบขนานปลายใบและโคนใบมน กว้าง 2.5 มิลลิเมตร กลีบดอกเป็นสีเหลืองและมีจุดประสีแดงอยู่กลางดอก ผลเป็นฝักยาวรูปร่างยาวหรือโค้ง ยาว 3-20 ซม.กว้าง 1-2 ซม.ฝักอ่อนมีเปลือกสีเขียว อมเทาน้ำตาลเกรียม เนื้อในติดกับเปลือกเมื่อแก่ ฝักเปลี่ยนเป็นเปลือกแข็ง กรอบหักง่าย สีน้ำตาล เนื้อในกลายเป็นสีน้ำตาลเข้ม เนื้อมะขามมีรสเปรี้ยวและหวาน แก่น สรรพคุณกล่อมเสมหะและโลหิต ใบมะขามแก่ รสเปรี้ยวฝาด สรรพคุณขับ (ล้าง) เสมหะในลำไส้ แก้บิด แก้ไอ ใบมะขามต้มรวมกับหัวหอมแดง 2-3 หัว โกรกศีรษะเด็ก ในเวลาเช้ามืด แก้หวัดคัดจมูกได้ เมื่อเนื้อในของฝักมะขามแก่ รสเปรี้ยวจัด แก้ท้องผูก แก้ไอ ขับเสมหะ ลดความร้อนในร่างกาย แก้กระหายน้ำ เนื้อมะขามรวมกับเกลือ และข่า เป็นยาขับเลือด ขับลมแก้สันนิบาต หน้าเพลิง และเนื้อมะขามผสมกับปูนแดง นำมาทาฝีได้ และคนไทยยังใช้น้ำมะขามเปียกเป็นยาล้างเลือดที่ตกค้างภายในของสตรีหลังคลอดใหม่ๆ หลังจากรกออกมาแล้ว โดยใช้น้ำมะขามเปียกคั้นเป็นน้ำข้นๆ ผสมเกลือ เล็กน้อยรับประทาน 1 ชามใหญ่ เมล็ดแก่ รสมัน ช่วยขับพยาธิไส้เดือน เปลือกของต้นมะขาม รสฝาด สรรพคุณฝาดสมานแผล ส่วนประกอบของฝักมะขามแห้งที่วิเคราะห์ได้แสดงดังตารางที่ 2.2

มะขามเปียก(ทวีศักดิ์, 2540) เป็นมะขามเปรี้ยวแก่จัด แกะเปลือกออกเหลือแต่เนื้อในใช้ปรุงเป็นน้ำพริกมะขามเปียก น้ำพริกปลาย่าง น้ำพริกเผา น้ำพริกตาแดง นอกจากจะใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำพริกแล้ว ยังใช้น้ำเพื่อปรุงอาหารประเภทต้มยำ ส้มตำ รวมทั้งน้ำพริกหลนต่างๆ ในการใช้มะขามเปียกจะต้องเลือกมะขามเปียกที่ใหม่สด สีน้ำตาลจะออกไปทางแดง ไม่ควรมะขามที่มีสีดำจะทำให้น้ำพริกมีสีเพี้ยนไม่น่ารับประทาน มะขามเปียกที่ดีควรมีรสหวานอมเปรี้ยวนิดๆจะทำให้น้ำพริกรสกลมกล่อม

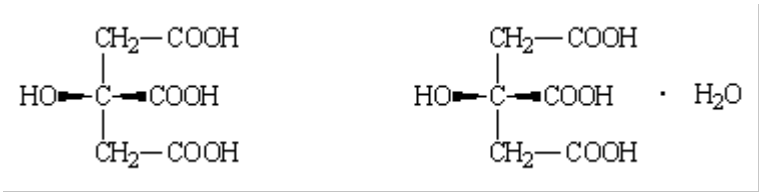
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบที่วิเคราะห์ได้ในฝักมะขามแห้ง

Constituent	Percentage
Moisture	15.00-30.00
Proteins	2.00-8.79
Fat/oil/lipid, crude	0.50-2.53
Carbohydrates, total	56.70-70.70
Fibre, crude	2.20-18.30
Tartaric acid, total	8.00-18.00
Reducing sugars	25.00-45.00
Total ash	2.10-2.90
Pectin	2.00-4.00
Cellulosic residue	19.40
Albuminoids	3.00-4.00
Total available carbohydrates	41.77
Alcohol insoluble sugars	22.70
Water insoluble sugars	20.50
Non-reducing sugars	16.52
Total sugars	41.20
Starch	5.70
Tannin, (mg)	600.00
Ascorbic acid, (mg)	3.00-9.00
b-carotene equivalent (mg)	10.00-60.00
Thiamine (mg)	0.18-0.22
Roboflavin (mg)	0.07-0.09
Niacin (mg)	0.60

ที่มา : Meillon (1974); Duke (1981); Ishola และคณะ (1990)

2.2.4 กรดซิตริก

กรดซิตริก หมายถึง กรด 2-hydroxy-1,2,3 propane tricarboxylic ละลายน้ำได้ดีมาก ลักษณะโดยทั่วไปเป็นผลึกใสไม่มีสีหรือเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น แบ่งได้ 2 ชนิด คือ กรดซิตริกโมโนไฮเดรต ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) และกรดซิตริกแอนไฮดรัส ($C_6H_8O_7$) (มอก. 464-2544) การผลิตกรดซิตริกทำโดยการหมักสารละลายน้ำตาลด้วยราหรือการสกัดจากน้ำเลมอนและน้ำมะนาว และจากส่วนที่เหลือจากการทำสับปะรดกระป๋อง ซิตริกเป็นกรดที่มีรสฝาดแหลม ใช้เป็น acidulant ในเครื่องดื่ม ผลไม้ และเครื่องดื่มอัดก๊าซที่ระดับ 0.25-0.4% เนยแข็งที่ 3-4% และเจลลี่ ใช้เป็น antioxidant ในมันฝรั่งสำเร็จรูป, wheat chip และแท่งมันฝรั่ง (potato sticks) เพื่อป้องกันการเสียโดยดักจับอิออนโลหะใช้ร่วมกับ antioxidant ในกระบวนการของผลไม้สดแช่แข็งเพื่อป้องกันการเปลี่ยนสี (กล้าณรงค์, 2545) สำหรับโครงสร้างทางเคมีของกรดซิตริกแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างของกรดซิตริก

ที่มา : JECFA (1999)

การใช้กรดซิตริกในอาหารมีผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ Beelman และคณะ (1989) ใช้สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปรับกรดของน้ำที่ใช้ลวกเห็ดให้มีความเป็นกรด-ด่างที่ 3.5 พบว่าสามารถลดจำนวนเชื้อของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียลงได้

2.2.5 เกลือ

เกลือ (มอก.2086-2544) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบไปด้วย โซเดียมคลอไรด์ เป็นส่วนสำคัญเหมาะสำหรับใช้บริโภค มีลักษณะเป็นผงหรือผลึกละเอียดสีขาว ได้จากน้ำทะเล เกลือหินจากใต้ดิน หรือจากน้ำเกลือธรรมชาติและผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์

ผลของเกลือต่ออาหาร เกลือที่เติมลงในอาหารจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มขึ้นและมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการเติมเกลือมีผลทำให้เกิดแรงดันออสโมติกเกิดการดึงน้ำออกจากอาหาร เป็นผลทำให้ค่า a_w ต่ำลงทำให้ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด

ของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย สำหรับค่า a_w ที่ลดลงจะแปรผันตามปริมาณของเกลือที่เติมลงในอาหารโดยปริมาณเกลือมากขึ้นค่า a_w ก็จะลดลงมากขึ้นด้วยดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่า a_w ของสารละลายเกลือที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ค่า a_w	NaCl g/100g H_2O
0.995	0.88
0.99	1.75
0.98	3.57
0.96	7.01
0.95	8.82
0.94	10.34
0.92	13.50
0.90	16.54
0.88	19.40
0.86	22.21
0.85	23.55
0.84	24.19
0.82	27.29
0.80	31.10
0.78	32.55
0.76	35.06
0.75	36.06

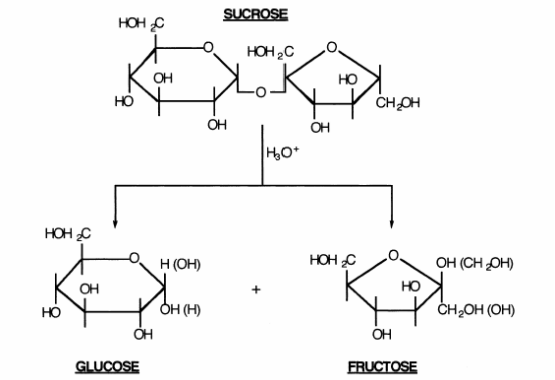
ที่มา : ดัดแปลงจาก Robinson and Stokes (1959)

นอกจากนี้ผลของเกลือต่ออาหารอาจกล่าวได้ดังนี้ (วราวุฒิ, 2538) เกลือจะเกิดการแตกตัวเป็นประจุคลอไรด์ซึ่งทำให้เกิดผลร้ายต่อจุลินทรีย์ เกลือทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำหรือความชื้นลดลง เกลือทำให้เซลล์ถูกกระทบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ง่าย เกลือทำให้เกิดผลกระทบต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการย่อยสลายโปรตีน อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของเกลือในการต่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและอุณหภูมิเป็นสำคัญ

ระดับความเข้มข้นของเกลือในอาหารมีผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Casey and Condon, 2002) ศึกษาผลของการใช้เกลือร่วมกับกรดในการต้านทานเชื้อ *E. coli* พบว่าเมื่อเติมเกลือ 4%ลงไปในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ที่ทำการปรับ pH ด้วยกรดแลคติกแล้วมีผลทำให้ความต้านทานต่อกรดของเชื้อเมื่อเวลาผ่านไปมีเพิ่มขึ้น

2.2.6 น้ำตาลทราย

น้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวานที่นิยมใช้กันมากที่สุด ที่เห็นโดยทั่วไปคือใช้เป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์ต่างๆ อีกทั้งยังใช้ในการถนอมอาหารมานานอีกด้วย เช่น การแช่อิ่ม การเชื่อม น้ำตาลทรายผลิตได้จากอ้อยและหัวบีท เมื่อละลายจะมีบางส่วนแตกตัวเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรักโตสได้ เมื่อน้ำตาลละลายน้ำจะทำให้คุณสมบัติของอาหารเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความหนืดเพิ่มขึ้น จุดเดือดสูงขึ้น ลดค่า a_w ในการทำแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด น้ำตาลจะช่วยในการเกิด เจลของเพคติน น้ำตาลอินเวิร์ทเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครสโดยการใช้กรดอินทรีย์ กรดอนินทรีย์ เอนไซม์ หรือการใช้กรดร่วมกับเอนไซม์ น้ำตาลอินเวิร์ทมีลักษณะเป็นน้ำเชื่อมข้นเหนียว ใช้มากในอุตสาหกรรมทำแยม เยลลี่ มาร์มาเลด แช่อิ่ม และใช้ทำขนมหวานทั่วไป เพื่อช่วยลดการตกผลึกของซูโครส น้ำตาลอินเวิร์ทมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส การเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวิร์ทแสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวิร์ท

ที่มา : Moreau และคณะ (2000)

2.2.7 น้ำปลา

น้ำปลา (มอก.3-2526) หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการหมักปลา หรือส่วนของปลากับเกลือ หรือกากปลาที่เหลือจากการหมักกับน้ำเกลือตามกรรมวิธีทำน้ำปลา

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 203 (พ.ศ. 2543) น้ำปลา หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวรสเค็มใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหาร แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังต่อไปนี้

(1) น้ำปลาแท้ หมายความว่า น้ำปลาที่ได้จากการหมัก หรือย่อยปลา หรือส่วนของปลา หรือกากของปลาที่เหลือจากการหมัก ตามกรรมวิธีการผลิตน้ำปลา

(2) น้ำปลาที่ทำจากสัตว์อื่น หมายความว่า น้ำปลาที่ได้จากการหมัก หรือย่อยสัตว์อื่นซึ่งมิใช่ปลา หรือส่วนของสัตว์อื่นหรือกากของสัตว์อื่นที่เหลือจากการหมักตามกรรมวิธีการผลิตน้ำปลา และให้หมายความรวมถึงน้ำปลาที่ทำจากสัตว์อื่นที่มีน้ำปลาแท้ผสมอยู่ด้วย

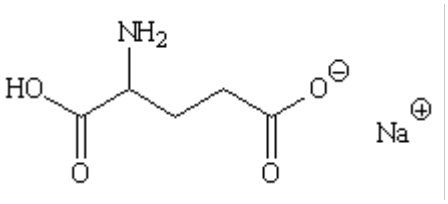
(3) น้ำปลาผสม หมายความว่า น้ำปลาตาม (1) หรือ (2) ที่มีสิ่งอื่นที่ไม่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคเจือปน หรือเจือจาง หรือปรุงแต่งกลิ่นรส ทั้งนี้ หมายความรวมถึงน้ำปลาตาม (1) (2) หรือ (3) ที่ได้ระเหยน้ำออกด้วย

น้ำปลา (วรรณวิบูลย์, 2543) ทำจากปลาต่างๆทั้งปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็มปลาที่นิยมใช้ คือ ปลาสร้อย ปลาไส้ตัน ปลากะตัก ปลาแมว เป็นต้น กรรมวิธีการทำไม่ยุ่งยาก แต่ใช้เวลานานมากกว่า 6 เดือน โดยนำปลามาหมักเกลือโดยสัดส่วน ปลา:เกลือ เท่ากับ 3:1 คลุกปลากับเกลือ และวางปลาสลับกับชั้นของเกลือจนเต็มบ่อหมัก ชั้นบนโรยเกลือจนเต็มบ่อหมัก โปรตีนจะเกิดการสลายตัว ทำให้ได้ของเหลวใสสีเหลืองแยกจากเนื้อปลา น้ำใสนี้แยกด้วยการกรองจะได้น้ำปลา

2.2.8 ผงชูรส

ผงชูรส (มอก.14-2525) หมายถึง โมโนโซเดียม แอล-กลูตาเมท หรือ เอ็ม เอส จี (monosodium L-glutamate or MSG) เกลือโซเดียมของกรดแอล-กลูตามิก ซึ่งมีน้ำผลึกอยู่ 1 โมเลกุล มีสูตรทางเคมีเป็น $C_5H_8NNaO_4 \cdot H_2O$ น้ำหนักโมเลกุล 187.13 มีลักษณะเป็นผลึกหรือผงผลึกสีขาว ปราศจากกลิ่น และมีรสเฉพาะตัว เป็นวัตถุที่ใช้ปรุงแต่งรสอาหาร

ผงชูรส (กล้าณรงค์, 2545) สามารถเสริมกลิ่นรสและทำให้กลิ่นรสแรงขึ้น แต่ไม่ได้เสริมกลิ่นรสของมันเอง ผลิตจากกระบวนการผลิตของ molasses ใช้ที่ระดับ 0.1-1% ในเนื้อสัตว์ ซุป และซอส สำหรับโครงสร้างทางเคมีของผงชูรสแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของผงชูรส

ที่มา : JECFA (1987)

2.2.9 Lime oil (Julia,1992)

เป็น essential oil ที่สกัดมาจาก *Citrus aurantifolia* เป็นไม้ขนาดเล็ก กิ่งอ่อน มีหนาม ใบเป็นรูปวงรีสีเขียวอ่อน ดอกสีขาว ผลมีสีเขียวอ่อน การสกัดทำได้โดยใช้การบีบอัดส่วนของเปลือกของผลที่ยังไม่สุก หรือโดยการใช้การสกัดด้วยไอน้ำจากผลทั้งลูกที่เหลือจากอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ตัวของน้ำมันมีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนมีกลิ่น หอมหวานสดชื่นของผลไม้จำพวกมะนาวและส้ม Lime oil ถูกนำมาใช้ในการบำบัดด้วยกลิ่น (aromatherapy) โดยมีผลทำให้เสริมการไหลเวียนของโลหิต กระตุ้นการเจริญอาหาร ทำให้สดชื่นกระปรี้กระเปร่า ช่วยเจริญอาหารและช่วยลดไข้ได้อีกด้วย

2.3 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Davies and Labuza, 2000)

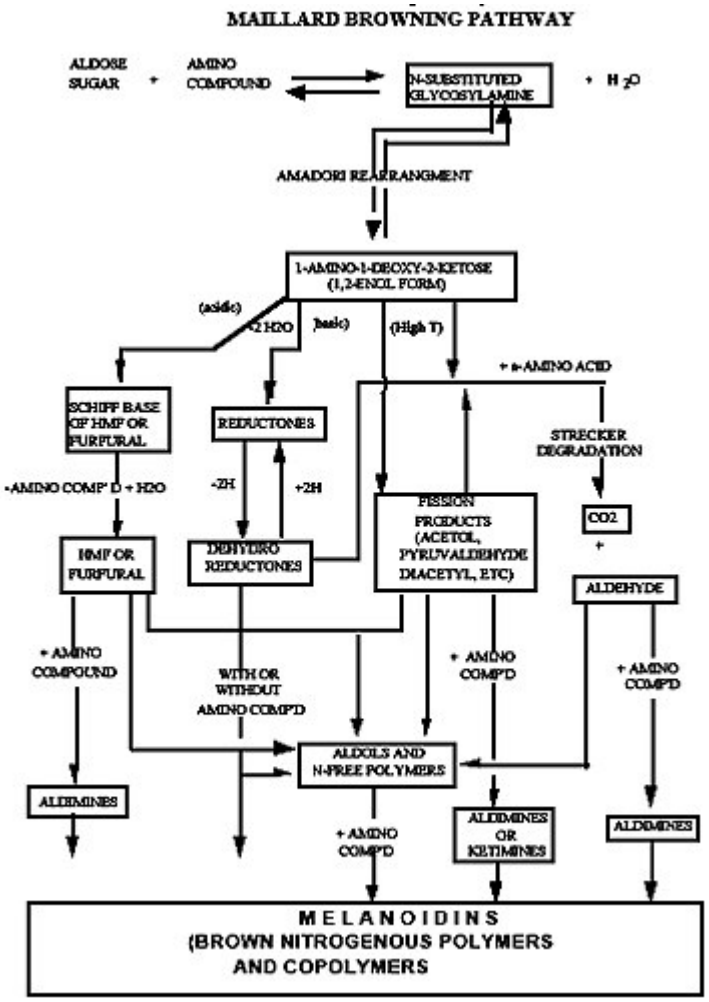
ปฏิกิริยาเมลลาร์ดจัดเป็นปฏิกิริยาประเภท non-enzymatic browning ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อผลิตภัณฑ์อย่างหลากหลาย (Davies) ไม่ว่าจะเป็นในด้านของ รสชาติ กลิ่นรส และสี ปฏิกิริยาเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง สารประกอบคาร์โบไฮเดรต เช่น sucrose, dextrose, fructose, high fructose corn syrup, corn starch และ maltodextrin กับ amino acids เช่น กรดอะมิโนอิสระที่พบในน้ำผลไม้ ทำให้เกิดเป็นสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ปฏิกริยาเมลลาร์ดคอนข้างซับซ้อนโดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนแรก เกิดจากความสัมพันธ์ระว่างปฏิกิริยาของ sugar-amine condensation และ Amadori rearrangement ในขั้นตอนนี้ยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาล

ขั้นตอนที่สอง เกิดจากความสัมพันธ์ระว่างปฏิกิริยาของ sugar dehydration and fragmentation กับ amino acid degradation ผ่านปฏิกิริยาของ Strecker ซึ่งจะเกิดในการใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการผลิต ที่จุดสิ้นสุดของปฏิกิริยาจะเป็นการเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส

ขั้นตอนที่สาม เกิดการรวมตัวของ heterocyclic nitrogen compounds ทำให้เกิดการ

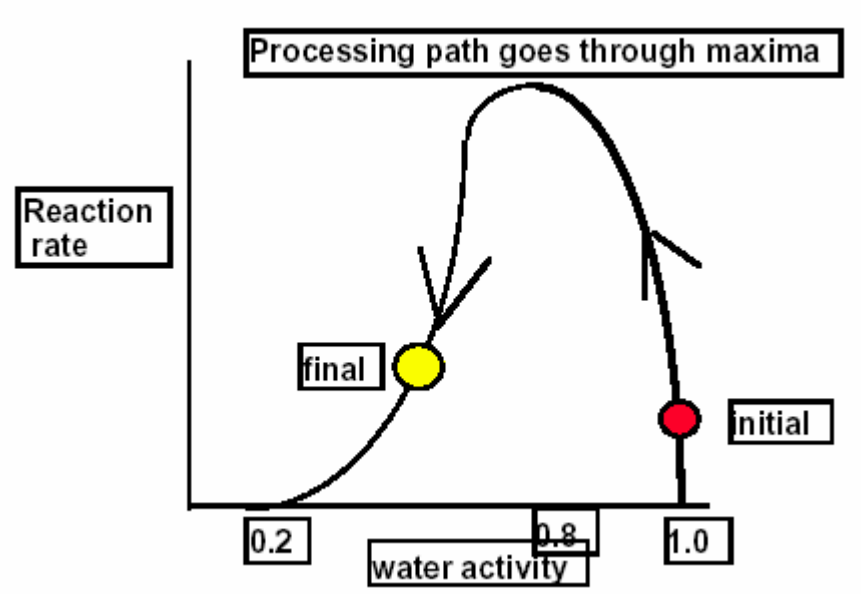
เปลี่ยนแปลงของสีเกิดเป็นสีน้ำตาลในขั้นตอนนี้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยาเมลลาร์ด แสดงดังภาพที่ 2.5 อย่างไรก็ตามการศึกษาปฏิกิริยาเมลลาร์ดขั้นสุดท้ายยังมีอยู่ไม่มากนัก (Wedzicha and Kabuto, 1992) สีที่ปรากฏขึ้นเกิดจากการรวมตัวของสารประกอบ polymeric เรียกว่า melanoidins โดยเกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวกันของ amadori product และ/หรือ กับ dicarbonyls เช่น deoxyosuloses กับ amino acids



ภาพที่2.5 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hodge (1953)

ปัจจัยของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีหลายปัจจัย เช่น ชนิดของ amine ทั้งนี้ชนิดของ amine จะแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาเช่น ไข่ เจลาติน อัตราส่วนระหว่าง reducing sugar กับ amino acid มีผลต่อปฏิกิริยาโดยการเพิ่มความเข้มข้น amino acid มีผลทำให้เกิดการ browning ได้มากกว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ reducing sugar การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์โดยการให้ความร้อนสูงแก่ผลิตภัณฑ์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยามากกว่าการให้ความร้อนที่ต่ำกว่าเมื่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านความร้อนสูงจะมีอัตราการเกิดสีน้ำตาลที่สูงกว่า ปริมาณน้ำในอาหารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยจากภาพที่ 2.6 ในการเริ่มต้นของการผลิตลูกกวาดมีปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์สูงเมื่อผ่านกระบวนการทำให้แห้งอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดจากด้านขวาไปด้านซ้าย การเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อมีปริมาณความชื้นที่ 30 % (Wolfrom และคณะ, 1953) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับช่วงของค่า a_w ที่ 0.6-0.8



ภาพที่ 2.6 อิทธิพลของ water activity ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด
ที่มา : Davies and Labuza (2000)

ผลของ pH ต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ดโดยปกติค่า pH ที่เหมาะสม (optimum) ในการเกิดปฏิกิริยาจะอยู่ที่ pH 7 ขึ้นไปแต่การเกิดปฏิกิริยาจะเกิดได้ตั้งแต่ช่วง pH 3-9 โดยที่ pH ต่ำกว่า 3 และสูงกว่า 9 จะทำให้การแข่งขันจาก nonenzymatic browning ของปฏิกิริยาชนิดอื่น

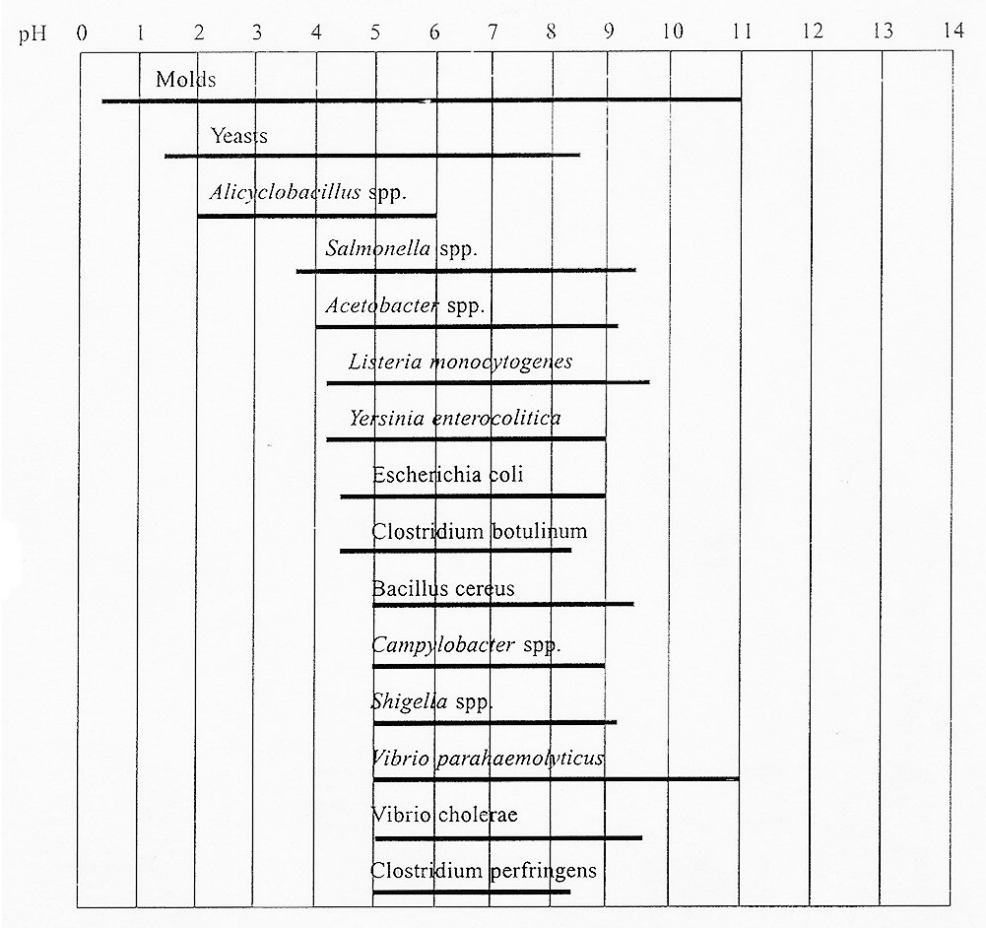
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร

2.4.1 pH

ค่า pH เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเจริญและการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อและอาหาร (ธีรพร, 2546) ค่า pH เป็นค่าที่บอกความเป็นกรด-ด่างหรือเป็นกลางในปฏิกิริยาเคมี เมื่อน้ำบริสุทธิ์ถูกทำให้แตกตัวเป็นอิออนจะได้ H^+ และ OH^- ในสารละลายที่มีอิออนของ H^+ และ OH^- ปริมาณที่เท่ากันจะมีฤทธิ์เป็นกลาง ถ้ามี H^+ มากกว่าจะมีฤทธิ์เป็นกรด และถ้า OH^- มากกว่าจะมีฤทธิ์เป็นด่าง ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะมีค่า pH ประมาณ 7.0 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อเมตาบอลิซึม ที่บริเวณเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์จะไม่ยอมให้ H^+ และ OH^- ผ่านเข้าออกแต่จะมีกลไกปั๊ม H^+ ออกนอกเซลล์ การที่จุลินทรีย์อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีค่า pH สูงหรือต่ำกว่าค่า pH ที่เหมาสมต่อการเจริญอาจทำให้มีผลต่อเอนไซม์เพอร์มีเอส (permeases) ที่ใช้ในการนำสารอาหารรวมทั้งอิออนที่จำเป็นเข้าสู่เซลล์ การสร้างเอนไซม์ที่หลั่งออกภายนอกเซลล์และมีผลต่อการสร้าง ATP ในแบคทีเรีย ถ้าเซลล์จุลินทรีย์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีค่า pH สูงมากจะทำให้เซลล์เมมเบรนถูกทำลายทำให้ H^+ และ OH^- เข้าสู่ภายในเซลล์จนเป็นผลทำให้เอนไซม์ถูกทำลายและเซลล์ตายในที่สุด การแตกตัวของกรดอ่อนขึ้นอยู่กับค่า pH ดังสมการ

$$R\text{-}COOH \ <-------> \ RCOO^- + H^+$$

ในสภาวะที่เป็นกรดซึ่งมี H^+ อยู่มากพบว่าสมดุลจะเลื่อนจากขวาไปซ้ายปริมาณของกรดอ่อนที่แตกตัวที่ pH หนึ่งๆเรียกว่าค่า pK และที่ pH ซึ่งกรดแตกตัวไปร้อยละ 50 เรียกว่า pK_a พวกกรดที่ไม่แตกตัวจะสามารถละลายในไขมันและเคลื่อนที่ผ่านเซลล์เมมเบรนได้ ขณะที่อิออนที่แตกตัวไม่สามารถผ่านได้ หมายความว่ายิ่งมีสภาพความเป็นกรดมากขึ้นเท่าไร กรดในภาพที่ไม่แตกตัวจะสามารถเข้าสู่เซลล์ได้มากขึ้นเท่านั้น ขณะที่ภายในเซลล์ กรดที่ไม่แตกตัวจะสามารถแตกตัวภายใต้สภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย เซลล์จะปั๊ม H^+ ที่เกินออกมาภายนอกแต่ในที่สุดแล้วค่า pH ภายในเซลล์จะลดลงและมีผลต่อเอนไซม์และกรดนิวคลีอิก ทำให้เซลล์ตาย ตัวอย่างกรดอ่อนที่ใช้ เช่น กรดไฮโปคลอรัส (hypochlorous acid) เป็นต้น ผลของกรดอ่อนต่อเซลล์จุลินทรีย์จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ความเข้มข้นของกรดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และทำให้เซลล์ตายนั้น จะมีผลน้อยลงถ้าอุณหภูมิลดต่ำลง ความแรงของกรดต่างๆที่ให้ผลยับยั้งจุลินทรีย์เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ โพรพิโอนิก (propionic) อะซิติก (acetic) แลกติก (lactic) ซิตริก (citric) ฟอสฟอริก (phosphoric) และ ไฮโดรคลอลิก (hydrochloric) สำหรับค่า pH ที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ แสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ค่า pH ที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ

ที่มา : Leistner and Gould (2002)

2.4.2 Water activity

ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ เรียกว่า water activity (a_w) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนระหว่างความดันไอของสารละลายต่อความดันไอของน้ำ (ธีรพร, 2546) ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 0 ^{o}C มีค่า 4.679 mmHg และที่ 25 ^{o}C ความดันไอเพิ่มขึ้นเป็น 23.8 mmHg การคำนวณค่า a_w ของอาหารสามารถคำนวณได้จากความดันไอของอาหาร(vapor pressure of food) หารด้วยความดันไอของน้ำ (vapor pressure of water) ที่อุณหภูมิเดียวกัน (วราวุฒิ, 2538)

a_w = vapor pressure of food / (vapor pressure of water

= Equilibrium relative humidity (ERH) / 100

อาหารที่มีค่า a_w ต่ำไม่จำเป็นต้องมีความชื้นต่ำไปด้วยแต่จะขึ้นอยู่กับสมดุลของการเคลื่อนย้ายน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารกับความชื้นในบรรยากาศที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร สารบางชนิดในส่วนประกอบของอาหารจะรวมตัวกับน้ำในอาหารมีผลทำให้น้ำอิสระลดลงหรือค่า a_w ลดลงนั่นเอง (สุมณฑาและคณะ, 2543) การลดค่า a_w ทำได้โดยการเติมสารดูดความชื้น (humactant) เช่น น้ำตาล เกลือ น้ำผึ้ง และกัมต่างๆ

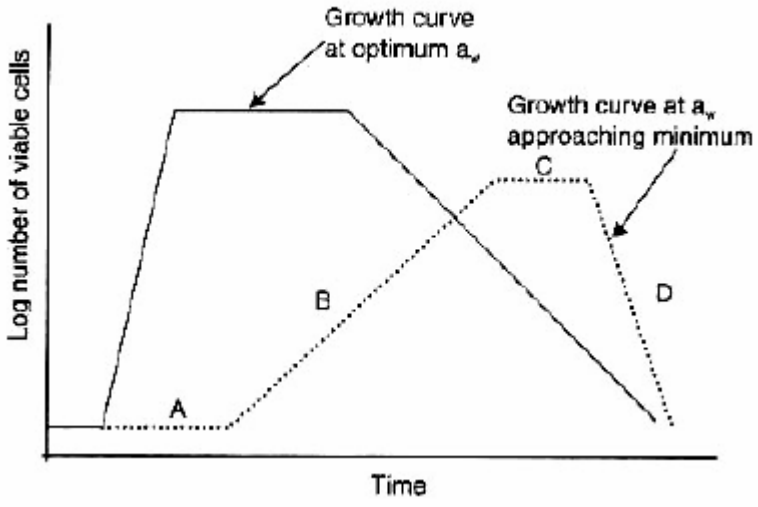
ผลของ a_w ต่อจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของจุลินทรีย์ โดยทั่วไปค่า a_w ที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์จะมีค่าเข้าใกล้ 1 (ธีรพร, 2546) ซึ่งนอกจากมีปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้แล้ว ยังต้องมีสารอาหารที่พอเพียงต่อการเจริญ ค่า a_w ต่ำสุดของจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่า a_w ต่ำสุดของที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดสามารถเจริญได้

Organism	Minimum a_w
Proteolytic *Clostridium botulinum* A B	0.94
Non-proteolytic *Clostridium botulinum* B E F	0.975
E. coli	0.93
Salmonella	0.93
Listeria monocytogenes	0.94
Clostridium perfringens	0.93
Vibrio parahaemolyticus	0.94
Staphylococcus aureus	0.86
Yersinia enterocolitica	0.98
Campylobacter jejuni	0.98
Bacillus cereus	0.91

ที่มา : ดัดแปลงจาก Garbutt (1997)

อย่างไรก็ตาม พบว่าถ้าในอาหารมีค่า a_w ต่ำกว่าค่า a_w ต่ำที่สุด (minimum) ของจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ จุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญในอาหารนั้นได้ (วราวุฒิ, 2538) แต่ถ้าอาหารนั้นมีค่า a_w ที่ต่ำกว่าค่า a_w ที่เหมาะสม (optimum) ในการเจริญของจุลินทรีย์ จะทำให้จุลินทรีย์เจริญในช่วง lag phase ที่ยาวนานกว่าปกติและอัตราการเจริญช้าลงกว่าเดิม ภาพที่ 2.8 แสดงการเจริญของจุลินทรีย์เมื่อค่า a_w ลดลง



ภาพที่ 2.8 การเจริญของจุลินทรีย์เมื่อค่า a_w ลดลง

ที่มา : Garbutt (1997)

ค่า water activity มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร การควบคุมค่า a_w จึงมีความสำคัญในการรักษาคุณภาพของอาหาร แต่ทั้งนี้แม้ว่าจะควบคุมค่า a_w ทำให้สามารถควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ แต่อาหารก็ยังมีโอกาสเสื่อมเสียได้จากปัจจัยอื่นได้อีก เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีของผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี

2.5 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ส่วนผสมปรุงแต่งที่มีความเป็นกรดนี้ ประกอบไปด้วยวัตถุดิบหลายชนิดแต่ที่สำคัญคือ วัตถุดิบที่เป็นของสด คือ พริก กระเทียม และมะขาม ซึ่งมีโอกาสที่จะมีแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อนได้สูง โดยจากการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพทางจุลินทรีย์ของน้ำพริกสำเร็จรูปของสิริพร และคณะ (2536) ในส่วนของวัตถุดิบของน้ำพริก ได้แก่ หัวหอม กระเทียม กุ้งแห้ง และพริกแห้ง มีปริมาณจุลินทรีย์ค่อนข้างสูงมีค่า TPC อยู่ในช่วง 1.9×10^4-6.0×10^7 cfu/g โดยในตัวอย่างที่กล่าวมาพบ *Staph. aureus* และ *B. cereus* ทั้งนี้พริกแห้งมีปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนมากที่สุด โดยพบ *E. coli* แต่ไม่พบ *Salmonella spp.* และมีปริมาณ *C. perfringens* ปนเปื้อนสูงสุด

Limyati และJuniar (1998) ทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ในยาพื้นบ้านของประเทศอินโดนีเซียที่มีชื่อว่า Jamu Gendong ซึ่งในตัวยานี้มีกระเทียม และมะขามเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งด้วย จากการศึกษาพบว่า หัวของกระเทียม มีปริมาณของ TPC ที่สูงโดยอยู่ในช่วง 1.2×10^1-1.5×10^5 cfu/g มีปริมาณโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง 0-4.3×10^4 cfu/g มียีสต์และราอยู่ในช่วง 0-$4.\times10^2$ cfu/g

และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ฝักมะขามมีปริมาณของ TPC อยู่ในช่วง 5.0-6.3×10^3 cfu/g มีปริมาณโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง 0-2.3×10^2 cfu/g และมียีสต์และราอยู่ในช่วง 0-3.×10^5 cfu/g และไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

2.6 บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา

ภาชนะบรรจุเป็นสิ่งที่ทำหน้าที่รักษาคุณภาพของอาหารหลังการแปรรูป โดยช่วยป้องกันปัจจัยต่างๆที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียทั้งในด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ เช่น ความชื้น แสง การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากสัตว์พาหะเช่น แมลง ช่วยป้องกันผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่งอีกด้วยอีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

อลูมิเนียมและอลูมิเนียมฟอยล์ (วุฒิชัย, 2535) กล่าวถึงคุณสมบัติของอลูมิเนียมฟอยล์ดังนี้

1. เป็นวัสดุที่มีความสะอาดหลังผ่านการให้ความร้อนแล้ว และเชื้อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้

2. ไม่เป็นพิษและปลอดภัยเมื่อนำไปใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารยาและเครื่องสำอาง

3. ไม่มีกลิ่น และรส

4. อลูมิเนียมฟอยล์ที่มีความหนาตั้งแต่ 0.001 นิ้วขึ้นไปจะมีคุณสมบัติในการป้องกันการไหลผ่านของตัวกลางต่างๆ

5. อลูมิเนียมฟอยล์สามารถปะทาบติดหรือผนึกหรือเคลือบกับวัสดุชนิดอื่นได้จะสามารถอุดรูพรุน (pinholes) ที่เกิดขึ้นในอลูมิเนียมฟอยล์ได้ดี

6. อลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีการระเหยกลายเป็นไอ

7. อลูมิเนียมฟอยล์สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำและไขมันได้ดี

8. อลูมิเนียมฟอยล์สามารถทำให้ร้อนหรือปล่อยให้เย็นตัวได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับการใช้งานอลูมิเนียมฟอยล์จะนิยมใช้ร่วมกับวัสดุอื่นเพื่อเสริมประสิทธิภาพในการใช้งานโดยอาจเรียกว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (flexible package) ประกอบไปด้วยวัสดุ (วราทิพย์, 2545) เช่น พลาสติก อลูมิเนียม วัสดุเชื่อมประสานตั้งแต่ 4 ชนิดขึ้นไป มีน้ำหนักเบา ใช้สำหรับบรรจุอาหารและสามารถทนความร้อนและความดันในระหว่างการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับกระป๋องและขวดแก้ว อีกทั้งสามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้นานตั้งแต่ 6 เดือนถึง 2 ปี สำหรับการเลือกใช้งานต้องดูความเหมาะสมของตัวผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตเป็นหลัก