บทที่ 2

ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

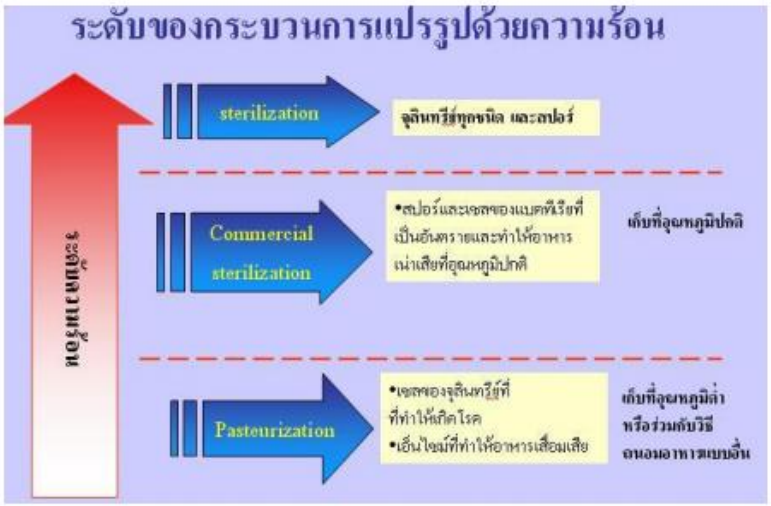
2.1 มะม่วงหาวมะนาวโห่

มะม่วงหาวมะนาวโห่ เป็นพืชในตระกูล Apocynaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carissa carandas* ชื่อสามัญเรียกว่า Karanda, Carunda หรือ Christ's thorn ชื่อพื้นเมืองอื่นๆ เช่น มะนาวไม่รู้โห่ (ภาคกลาง) มะนาวโห่ (ภาคใต้) และหนามขี้แฮด (เชียงใหม่) เป็นผลไม้โบราณพื้นเมืองชนิดหนึ่งที่สามารถเก็บเกี่ยวผลได้ตลอดทั้งปี แต่จะมีผลผลิตมากในช่วงประมาณเดือนพฤษภาคม – กรกฎาคม เป็นไม้พุ่มสูงประมาณ 2 – 3 เมตร เปลือกล้าต้นมีสีน้ำตาลเข้ม ล้าต้นมีหนามแหลม ยางมีสีขาว ใบเป็นใบเดี่ยวรูปรีเกือบกลม ปลายใบเว้าเล็กน้อย โคนใบมนเว้าเข้าหาก้านใบ หลังใบและท้องใบเรียบ ใบอ่อนมีสีแดง ก้านใบสั้น ดอกออกเป็นช่อตามซอกใบใกล้ปลายยอด ผลเป็นรูปทรงกลมรี ผิวเรียบ ผลอ่อนมีสีขาวถึงชมพูอ่อน ผลแก่เป็นสีชมพู จนเป็นสีแดงเข้มเกือบดำ มีลักษณะเป็นผลเดี่ยวออกรวมกันเป็นช่อ เมล็ดแบน มี 6 เมล็ด ผลสุกน้ามารับประทานได้ และยังมีการน้าไปท้าผลิตภัณฑ์แปรรูปชนิดต่างๆ เช่น มะม่วงหาวมะนาวโห่สามรส แช่อิ่ม ลอยแก้ว น้ำพริกเผา น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ ผลิตไวน์ มะม่วงหาวมะนาวโห่ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ท้าจากใบหรือดอกมะม่วงหาวมะนาวโห่ จากการศึกษา พบว่า สารสกัดจากใบของมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยการสกัดด้วยน้ำ สามารถลดระดับน้ำตาลในหนูขาวใหญ่ (Wister rats) ได้ Begum และคณะ (2013) พบว่า สารสกัด carandino มีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง HeLa (cervical cancer), PC-3 และ 3T3 การศึกษาองค์ประกอบของสารชนิดต่างๆ ในสารสกัดเมทานอลจากใบมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบสารจำพวกสเตียรอยด์ (steroids) ไกลโคไซด์ (glycosides) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) แทนนิน (tannins) เทอร์พีนอยด์ (terpenoids) และคาร์โบไฮเดรต (carbohydrates) (Hati และคณะ, 2014) เมื่อน้าสารสกัดไปทดสอบ พบว่า สามารถลดไข้ในหนูขาวได้ (Bhaskar and Balakrishnan, 2008) เมื่อน้าใบและผลสดไปสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม (chloroform)ซึ่งเป็นตัวท้าละลายไม่มีขั้ว น้าสารสกัดที่ได้ไปสกัดต่อด้วยเอทานอล (ethanol) ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) อะซิโตน (acetone) โทลูอีน (toluene) และเอทิล อะซิเทต (ethyl acetate) พบว่า สารสกัดไดคลอโรมีเทน และโทลูอีน จากใบของมะม่วงหาวมะนาวโห่ มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Styphylococcus aureus* sp. และ *Klebsiella pneumonia* สูงกว่าการสกัดจากตัวทำละลายชนิดอื่น ส่วนสารสกัดไดคลอโรมีเทนจากผลมีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Escherichia coli* ได้สูง

ภาพที่ 2.1 มะม่วงหาวมะนาวโห่ (หนามแดง)
ที่มา : โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช (2558)

2.2 การแปรรูปด้วยความร้อน (thermal processing) (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2558)

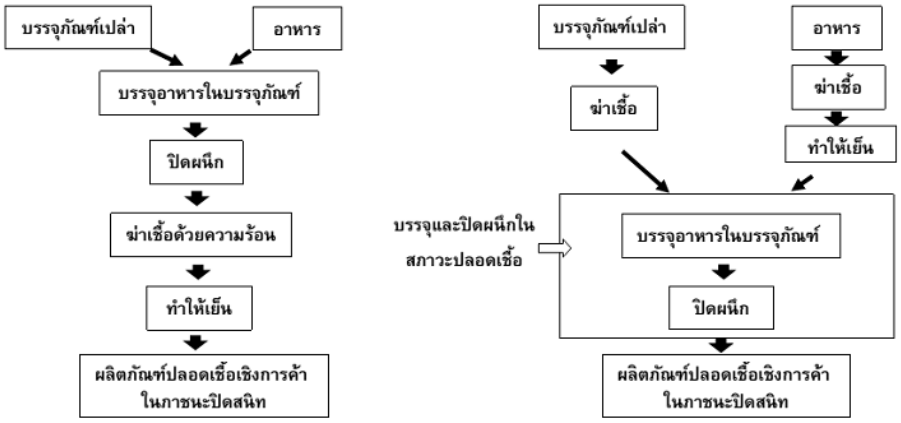
เป็นวิธีการหนึ่งในการถนอมอาหาร (food preservation) ที่ นิยมกันมาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นการใช้ความร้อนเพื่อท้าลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ (enzyme) ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมเสียโดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) สารพิษ (toxin) พยาธิ (parasite) และแมลงต่างๆ ที่ทำให้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อาหารที่ ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนซึ่งบรรจุในภาชนะปิดสนิท (hermectically sealed container) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกลับและรักษาคุณภาพของอาหาร



ภาพที่ 2.2 ระดับของการแปรรูปด้วยความร้อน
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2559)

2.2.1 การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารเป็นวิธีหนึ่งในการถนอมอาหารให้เก็บไว้ได้นานโดยความร้อนไปท้าลายจุลินทรีย์ ในอาหาร ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ บริโภคและเป็นสาเหตุให้อาหารเน่าเสีย ในขั้นตอนการผลิตจะท้าการบรรจุอาหารในภาชนะปิดสนิท แล้วท้า ให้เกิดสุญญากาศระหว่างการปิดผนึก จากนั้นจึงนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม บรรจุภัณฑ์ที่ใช้จะทำหน้าที่ป้องกันอาหารจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ภายนอก ทำให้เก็บรักษาไว้ได้นานและปลอดภัยแก่ผู้บริโภค วิธีการในการผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทมี 2 วิธี ได้ แก่ การผลิตแบบดั้งเดิมที่ใช้กันมานานแล้ว (conventional canning) และการผลิตและบรรจุแบบปลอดเชื้อ (aseptic processing and packaging) สำหรับการผลิตแบบดั้งเดิม จะบรรจุอาหารในภาชนะบรรจุแล้วท้าการปิดผนึกแน่น (hermetic sealing) จากนั้นใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อทั้งอาหารและภาชนะบรรจุไปพร้อมกัน ในกรณีของการผลิตและบรรจุแบบปลอดเชื้อจะทำการฆ่าเชื้ออาหารและภาชนะบรรจุแยกกันแล้วนำอาหารที่ฆ่าเชื้อแล้วมาบรรจุลงในภาชนะ บรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้วทำการปิดผนึกภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ ทั้งสองวิธีนี้สามารถใช้ได้กับทั้งอาหารปรับกรดและอาหารที่เป็นกรดต่ำ



ภาพที่ 2.3 การผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิท (ซ้าย) แบบดั้งเดิม (ขวา) การผลิตและบรรจุแบบปลอดเชื้อ

ที่มา : GMA Science and Education Foundation (2007)

การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้ออาหารแบ่งได้เป็น 2 วิธี แต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์ เฉพาะ ระดับความร้อนที่ใช้จึงขึ้นกับวัตถุประสงค์เหล่านั้น ดังนี้

2.2.1.1 การพาสเจอไรซ์ (pasteurization) เป็นการใช้ความร้อนในระดับที่ ไม่สูงมาก (mild heat) อุณหภูมิที่ใช้มักจะน้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส วัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรซ์สามารถแบ่งออกตามค่า pH ของอาหาร เป็น (1) อาหารที่มีค่า pH มากกว่า 4.6 และ (2) อาหารที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6

1) อาหารที่มีค่า pH มากกว่า 4.6 การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย (pathogen) ต่อผู้บริโภค จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบางส่วน อาจเหลือรอดจากการพาสเจอไรซ์ ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การถนอมอาหารแบบอื่นควบคู่ ไปด้วยเพื่อป้องกันการ

เน่าเสีย นั่นคือทำให้อยู่ภายใต้สภาวะที่การเจริญของจุลินทรีย์ ที่เหลืออยู่เป็นไปได้น้อยที่สุด การถนอมอาหารที่ใช้ควบคู่ไปกับการพาสเจอไรซ์ ได้แก่

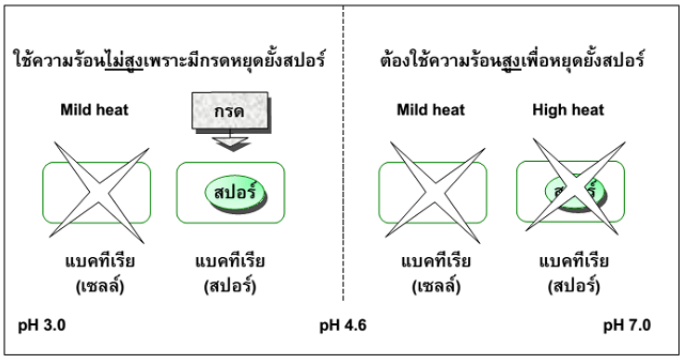
- การใช้ความเย็น (refrigeration)
- การลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เพื่อทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น การเติมน้ำตาล การเติมเกลือ เป็นต้น
- การปรับกรด (acidification) เช่น การใช้กรดเพื่อปรับค่า pH ของหน่อไม้
- การหมัก (fermentation) โดยใช้จุลินทรีย์เพื่อเปลี่ยนองค์ประกอบในอาหาร เช่น เปลี่ยนแลคโตส (lactose) หรือน้ำตาลนมไปเป็นกรดแลคติก (lactic acid) ซึ่งทำให้อาหารคงตัวมากขึ้น

การพาสเจอไรซ์อาจทำได้ดังนี้

- ใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (high temperature short time : HTST) ตัวอย่าง เช่น การพาสเจอไรซ์นมที่ อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที
- ใช้อุณหภูมิต่ำ เวลานาน (low temperature long time : LTLT) ตัวอย่าง เช่น การพาสเจอไรซ์นมที่ อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

เมื่อเปรียบเทียบทางด้านคุณภาพ โดยทั่วไปพบว่าการใช้ HTST ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีกว่า LTLT

2) อาหารที่มีค่า pH น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 การพาสเจอไรซ์ อาหารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่แล้วทำเพื่อท้าลายเซลล์ปกติ (vegetative cell) เนื่องจากเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคและต่อการงอกของสปอร์ ในกรณีของน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง เช่น มะนาว การ พาสเจอไรซ์ทำเพื่อท้าลายยีสต์หรือรา ส่วนพวกเครื่องดื่มที่ได้จากการหมัก เช่น ไวน์ หรือเบียร์ การพาสเจอไรซ์ทำเพื่อท้าลายพวกยีสต์แปลกปลอม (wild yeast) สำหรับกระบวนการฆ่าเชื้อที่ขึ้นกับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ค่า pH ของอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก สปอร์ที่มีความทนทานต่อความร้อนสูงอาจเหลือรอดจากกระบวนการฆ่าเชื้อได้ แต่เนื่องจากอาหารมีค่า pH ต่ำ สปอร์เหล่านี้จึงไม่สามารถเจริญ และทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หรือทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นที่ค่า pH 4.6 เป็นค่าความเป็นกรด – ด่างที่ ต่ำกว่าเล็กน้อยจากค่า pH ต่ำสุด (pH 4.8) ที่เชื้อคลอสตริเดียม โบทูลินัม (*Clostridium botulinum*) สามารถเจริญและสร้างสารพิษขึ้นได้จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ



ภาพที่ 2.4 ความสำคัญของความเป็นกรด - ด่างของผลิตภัณฑ์ต่อระดับการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ

ที่มา : ทิพาพร อยู่วิทยา (2558)

2.2.1.2 การสเตอริไลซ์ (sterilization) เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส มี จุดมุ่งหมายเพื่อทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย ซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนมากกว่าเซลล์ปกติ (vegetative cell) ของมันมาก จุดมุ่งหมายหลักของการสเตอริไลซ์อาหาร คือ การทำให้จุลินทรีย์และสปอร์ของมันไม่สามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้สภาวะปกติที่ใช้ในการเก็บรักษา หมายความว่าอาจมีจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเหลือรอดอยู่บ้างในอาหาร (พวกที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคต้องถูกทำลายหมด) แต่ สภาวะแวดล้อมทำให้มันไม่สามารถเจริญขึ้นได้ เรียกการให้ความร้อนกับอาหารโดยใช้หลักการนี้ว่า “การฆ่าเชื้อแบบเชิงการค้า” (commercial sterilization) โดยทั่วไปอาหารที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อแบบเชิงการค้าจะอยู่ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (hermetically sealed containers) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนขึ้นอีกหลังการฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ตามหลักการผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทจะต้องท้า ให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ใน ระดับต่ำมาก ดังนั้นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน (obligate aerobes) จึงไม่สามารถเจริญและท้าให้ อาหารเน่าเสีย หรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้สปอร์ของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนมีความทนทานต่อความร้อนน้อยกว่าสปอร์ของพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน (facultative หรือ obligate anaerobes) สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำสภาพที่ ไม่มี อากาศในกระป๋องจึงเป็นสภาวะที่ เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการเจริญและสร้างสารพิษของ *C. botulinum* ดังนั้นการทำลายสปอร์ของแบคทีเรียนี้จึงเป็นเป้าหมายหลักของการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้ แบคทีเรียตัวนี้มีหลายสายพันธุ์ที่สามารถสร้างสารพิษได้ แต่สปอร์ที่ทนทานต่อความร้อนได้มากที่สุดเป็นชนิด A และ B สารพิษที่สร้างขึ้นเป็นอันตรายมาก (เพียง 10 –6 กรัม ก็สามารถฆ่าคนได้) แต่สามารถทำลายได้โดยใช้ความร้อนชื้นที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

2.3 กระบวนการผลิตน้ำผักและน้ำผลไม้บรรจุในภาชนะปิดสนิท (กุลพร พุทธมี และคณะ, 2554)

น้ำผักและน้ำผลไม้พร้อมดื่ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผักและน้ำผลไม้แท้ ที่อาจมีการปรุงแต่งด้วยน้ำตาล เกลือ กรด สารเพิ่มความหนืด สีและกลิ่นสังเคราะห์ การผลิตน้ำผักและน้ำผลไม้เป็นการแยกส่วนของเหลวในผักและผลไม้ พร้อมกับสารประกอบที่ให้กลิ่น รส รวมทั้งสารอาหารที่ละลายได้ในของเหลวนั้นออกจากผักและผลไม้ คุณภาพของน้ำผักและน้ำผลไม้ที่ดีจะต้องมีลักษณะที่เหมือนผักผลไม้สด ทั้งในแง่ของกลิ่นรส สารอาหาร วิตามินและเกลือแร่ต่างๆ ที่ต้องยังคงเหมือนเดิมหรือมีความใกล้เคียง ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำผักและน้ำผลไม้ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

2.3.1 ขั้นตอนการสกัดของเหลว

ขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อแยกของเหลว รวมไปถึงสารละลายอาหารที่ละลายได้ที่มีอยู่ในผักและผลไม้ น้ำผักและผลไม้ที่สกัดใหม่ๆ ยังคงมีเอนไซม์แขวนลอยหลายชนิด ล้วนแล้วแต่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนั้นในขั้นตอนการสกัดนี้ จึงต้องเลือกวิธีที่ให้น้ำผักผลไม้ในปริมาณมากและมีองค์ประกอบของสารที่มีคุณค่าครบถ้วน ซึ่งวิธีการสกัดมี 2 วิธี คือ วิธีทางกล (mechanical extraction) โดยใช้แรงไปทำให้เซลล์เนื้อผลไม้ฉีกขาดและให้ส่วนของน้ำผักผลไม้ไหลซึมออกมาพร้อม

สารอาหาร กลิ่นและรส และวิธีทางชีวภาพ (biological extraction) ซึ่งจะใช้สารชีวภาพ เช่น เอนไซม์ไปย่อยสลายเซลล์เนื้อผักผลไม้ให้มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะปลดปล่อยของเหลวที่มีส่วนของสารอาหาร กลิ่นและรสของผักและผลไม้นั้นๆ

2.3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นการทำให้น้ำผักและผลไม้ที่สกัดได้ มี ลักษณะคุณภาพตามความต้องการขึ้นกับชนิดของน้ำผักและผลไม้ แบ่งออกเป็น การปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ อาทิเช่น การทำน้ำผักผลไม้ชนิดใส หรือการทำน้ำผักผลไม้แบบขุ่น และการปรับคุณภาพด้านรสชาติ เช่น รสเปรี้ยว รสหวาน และการเสริมรสหรือเน้นรสชาติน้ำผลไม้

2.3.3 ขั้นตอนการให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

การให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บของน้ำผักและผลไม้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

- การให้ความร้อนก่อนบรรจุในภาชนะปิดสนิท สำหรับน้ำผลไม้ที่มีค่า pH ต่ำกว่า 3.5 สามารถฆ่าเชื้อได้ที่อุณหภูมิ 70 – 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที เรียกว่า ระบบพาสเจอไรซ์แบบเร็ว อุณหภูมิสูง (HTST-pasteurization) หรือที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ระบบพาสเจอไรซ์แบบช้า อุณหภูมิต่ำ (LTLT-pasteurization) จากนั้นบรรจุในภาชนะสะอาด ขณะที่น้ำผักผลไม้ยังร้อนอยู่ที่อุณหภูมิการบรรจุประมาณ 60 องศาเซลเซียส แล้วให้ความเย็นทันที โดย น้ำเย็นต้องมีอุณหภูมิไม่ เกิน 10 องศาเซลเซียส เพื่อหยุดปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ที่หลงเหลือจากกระบวนการให้ความร้อน ทั้งนี้ในขั้นตอนการบรรจุต้องทำด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ
- การให้ความร้อนหลังการบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท วิธีนี้นิยมใช้กับ น้ำผักผลไม้ที่บรรจุในกระป๋องเคลือบแลกเกอร์ ซึ่งจะบรรจุน้ำผักผลไม้ที่เตรียมไว้ในกระป๋อง โดยเว้นช่องว่างเหนือกระป๋องตามสัดส่วนขนาดกระป๋อง จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการไล่อากาศ แล้วปิดฝากระป๋อง หลังจากนั้นจึงนำไปฆ่าเชื้อ ซึ่งระยะเวลาในการฆ่าเชื้อขึ้นกับคุณสมบัติของน้ำผักผลไม้นั้นๆ เช่น ถ้าน้ำผลไม้ที่มีสภาพเป็นกรดหรือมีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 สามารถใช้ความร้อนที่อุณหภูมิน้ำเดือดปกติ 100 องศาเซลเซียส ในการฆ่าเชื้อได้ แต่ถ้าน้ำผักหรือผลไม้ที่มีสภาพเป็นกรดต่ำหรือมีค่า pH สูงกว่า 4.6 ต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิร้อนสูงถึง 116 – 121 องศาเซลเซียส ในการฆ่าเชื้อ

2.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) (เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม, 2554)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารปริมาณน้อยที่สามารถป้องกันหรือชะลอการ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของอนุมูลอิสระได้ (Halliwell, 2009) สารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ยับยั้งการสร้าง อนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ (Sies, 1991) สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารประกอบที่ทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในเซลล์ (Chattopadhyay *et a.l*, 2010) โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระสามารถพบได้ในธรรมชาติจากสารหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลลิค (phenolic

compounds) สารประกอบไนโตรเจน (nitrogen compounds) และแคโรทีนอยด์ (catotinoid) (Velioglu *et al*., 1998) บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระคือ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆของมนุษย์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในอาหาร ปัจจุบันองค์กรที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหาร และยา ได้พยายามพัฒนาสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติ เช่น สาหร่ายทะเล แบคทีเรีย เชื้อรา และพืชชั้นสูง (Chattopadhyay *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตาม ในภาวะปกติร่างกายของคนเรา จะมีการป้องกันการสะสมสารอนุมูลอิสระอยู่แล้วซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และส่วนที่สองคือ กลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากวิตามินเอ ซี อี หรือ เบต้าแคโรทีน (β-carotinoid) รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นพฤษเคมีที่สามารถพบได้ในพืชผักและผลไม้ เพื่อเข้าไปช่วยเสริมสร้างระบบการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น (Shapoval and Gromovaia, 2003) ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย เช่น เอนไซม์คะตะเลส (catalase), กลูตาไธโอนเพอรอกซิเดส (glutathione peroxidase) และซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) หรือสารประกอบ/โปรตีนบางอย่าง เช่น อัลบูมิน (albumin), บิลิรูบิน (bilirubin), เซอรูโลพลาสมิน (ceruloplasmin), กลูตาไธโอน (glutathione), ทรานสเฟอริน (transferrin), ยูบิควินอล (ubiquinol) และยูเรต (urate) เป็นต้น สารเหล่านี้มี หน้าที่ คอยควบคุมอนุมูลอิสระต่าง ๆ ให้อยู่ ในระดับพอเหมาะ แต่ ถ้าเมื่อใดที่มีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในปริมาณมากเกินกว่าที่ ระบบป้องกันจะยับยั้งได้หมด จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า “oxidative stress” ขึ้น ภายใต้สภาวะดังกล่าวอนุมูลอิสระจะทำอันตรายต่ออวัยวะและเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งถ้าสะสมมากๆ อาจนำไปสู่ความผิดปกติหรือพยาธิสภาพหลายอย่าง

2.4.1 แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่ได้มาจากพืชผัก เครื่องเทศ องุ่น และสมุนไพรได้รับความสนใจ และศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากกระแสเรื่องความปลอดภัยของสารสกัดจากธรรมชาติ สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดได้แก่

2.4.1.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) สารประกอบฟีนอลิคสังเคราะห์ 5 ชนิดได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3- butylate hydroxyanisole, BHT (butylated hydroxytoluene) และ tertiary butylhydroquinone เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่ มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหา ด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yang *et al.*, 2000; Pokorny *et al.,* 2001)

2.4.1.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (natural antioxidants) สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากความเชื่อ มั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ พบได้ทั้งในจุลชีพ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ ไม่ ให้คุณค่าทางโภชนาการ (nonnutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิค โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (functional group) เหล่านี้มี

บทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ โดยการให้อนุมูล $H^{\bullet}$ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอล ที่มี โครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล $OH^{\bullet}$ ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชั่น คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno *et al.,* 2000) สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล ซึ่งพบในพืชพรรณธรรมชาตินานาชนิด สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีทั้งในห้องปฏิบัติการ (in vitro) และในสิ่งมีชีวิต

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รุ่งทิวา และคณะ (2551) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ พาสเจอร์ไรส์พร้อมดื่ม 25 เปอร์เซ็นต์ และศึกษาผลของความร้อนต่อการยอมรับด้านประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่า น้ำคั้นมีค่า pH เท่ากับ 2.8 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 8 องศาบริกซ์ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 38. 439 มก./100 มล. เมื่อน้ามาผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์พบว่าอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เวลา 1 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังจากการบรรจุในขวดแก้วโปร่งแสงขนาด 150 มล. ปิดผนึกด้วยจุกยางและฝาเกลียว เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่าระยะเวลาส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ผลของการให้ความร้อนแต่ ละระดับ (65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15นาที และที่ 80, 85 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที) ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสใน ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความใส และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

กุลพร และ วริศชนม์ (2553) ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เข้มข้นและน้ำที่เหมาะสม ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสม โดยศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพ ผลการวิจัยพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ พร้อมดื่มที่มีอัตราส่วนของฐานน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มากที่ สุด มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ ในระดับ 6.78 ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของฐานน้ำตาลที่เหมาะสม พบว่าน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ความเข้มข้นของน้ำตาล 14 องศาบริกซ์ ได้รับการยอมรับมากที่สุดโดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับ 7.43 จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 14 องศาบริกซ์ ค่า pH เท่ากับ 2.87 ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก เท่ากับ ร้อยละ 2.33 ปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 12.5 มก. ต่อ 100 มล. และมีค่า L* เท่ากับ 35.26 ค่า a* เท่ากับ 40.76 และค่า b* เท่ากับ 20.46 ตามลำดับ

กุลพร และคณะ (2554) ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่และน้ำผลไม้ให้กลิ่น (สละ มะปี๊ด สับปะรด และส้มเขียวหวาน) พบว่าผู้บริโภคชอบน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ผสมน้ำสละในอัตราส่วน 90:10 (v/v) น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ผสมน้ำมะปี๊ดในอัตราส่วน 98:2 (v/v) น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ผสมน้ำสับปะรดในอัตราส่วน 90:10 และน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ผสมน้ำ

ส้มเขียวหวานในอัตราส่วน 85:15 (v/v) มากที่สุด จากนั้นนำมาศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ผสมน้ำสับปะรดในอัตราส่วน 90:10 (v/v) มากที่สุด และเมื่อเก็บรักษาน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ผสมน้ำสับปะรดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความเป็นกรดด่างมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่า L* และค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a* ปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยวิตามินซีเริ่มต้นมีค่า เท่ากับ 39.27 มก./100 มล. และลดลงเหลือ 6.73 มก./ 100 มล. ทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ยังอยู่ ในระดับปานกลาง เช่นเดียวกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 0 วัน