บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวกับหน่อไม้
2. การบวนการผลิตหน่อไม้บรรจุถุงนึ่ง
3. วิธีการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน
4. ภาชนะพลาสติกบรรจุอาการและการปนเปื้อน
5. สารเมลามีน และสารตะกั่ว
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์หน่อไม้บรรจุถุงพลาสติก โดยใช้วิธีการถนอมอาหารแบบนึ่งด้วยความร้อนจากไอน้ำ

1. ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวกับหน่อไม้

หน่อไม้เป็นส่วนลำต้นอ่อนของไม้ไผ่ การเก็บเกี่ยวจะกระทำเมื่อ หน่อไม้มีความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร หรือ มีอายุประมาณ 2 สัปดาห์ หน่อไม้เป็นที่นิยมในการบริโภคของประชากรชาวเอเชีย และมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หน่อไม้ต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามรสชาติและเนื้อสัมผัสยังไม่ดีเท่าหน่อไม้สด (Ferrelly, 1984) พันธุ์หน่อไม้ในประเทศไทยที่สามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารได้มีหลายชนิด และที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูป ได้แก่ ไผ่ตง (Dendocatamus asper, D.giganreus) ไผ่บง (Bambussa tuda) ไผ่รวก (Thyrostachys siamensis) ซึ่งหน่อไม้เหล่านี้มีช่วงในการออกหน่อเพียงปีละ 5-6 เดือนในช่วงฤดูฝน โดยเฉลี่ยแล้วในหนึ่งปีจะทำการผลิตได้เพียง 2 เดือนเท่านั้น คือในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ผลผลิตออกสู่ตลาดมาก (นิรัชรา เต็มกุศลวงศ์, 2540) ในบทนี้ขอกล่าวถึงเฉพาะหน่อไม้ไผ่รวก และคุณค่าทางโภชนาการของหน่อไม้ไผ่รวก ดังนี้

1.1 หน่อไม้ไผ่รวก

หน่อไม้ไผ่รวก *(Thyrostachys siamensis)* เป็นพวกที่เติบโตเองตามธรรมชาติ ซึ่งมีทั่วไปในประเทศไทยยกเว้นทางตอนใต้ของประเทศแหล่งผลิตหลักของหน่อไม้อยู่ใน

ภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย ทั้งนี้ลักษณะของหน่อไม้จะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิอากาศและการเจริญเติบโตกองโภชนาการ (กรมอนามัย,2530)

1.1.1 ชื่อพันธุ์ไม้ ไผ่รวก

1.1.2 ชื่อพื้นเมือง ตีโย ไผ่รวก ไม้รวก รวก (ภาคกลาง) ว่าบอบอ แวปั่ง (กะเหรี่ยง แม่ฮ่องสอน) แวบ้าง (กะเหรี่ยง เชียงใหม่) สะลอม (ชาน แม่ฮ่องสอน) ฮวก (ภาคเหนือ)

1.1.3 ชื่อวิทยาศาสตร์Thysostachys siamensis Gamble และมีชื่อพ้องทางพฤกษศาสตร์ คือ Bambosa siamensis Kutz และ B. Regia Thoms.

1.1.4 ชื่อวงศ์ Gramineae

1.1.5 การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ เป็นไม้ไผ่ที่พบอยู่ในบริเวณทางประเทศพม่า และประเทศไทย ขึ้นในที่แห้งแล้งได้ ชอบดินระบายน้ำดี ในประเทศไทยพบขึ้นอยู่ทั้งทางภาคเหนือภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกบางส่วนลักษณะทางวนวัฒนวิทยา เป็นไผ่ที่มีความสวยงาม ขึ้นเป็นกอแน่น ลำสูง 7-15 เมตร ลำตรง เปลา มีกิ่งเรียวเล็ก ๆ ตอนปลาย ๆ ลำส่วนมากจะโต ที่เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-6 เซนติเมตร ค่อนข้างเรียบ มีวงใต้ข้อสีขาว ธรรมดากาบจะหุ้มลำอยู่นาน ลำมีสีเขียวอมเทา ปล้องจะยาว 15-30 เซนติเมตร โดยปกติเนื้อจะหนา กาบหุ้มลำ ยาวประมาณ 22-28เซนติเมตร กว้างประมาณ 11-20 เซนติเมตร กาบมักจะติดต้นอยู่นาน สีมักจะเป็นสีฟาง บาง อ่อน ด้านหลังจะปกคลุมด้วยขนอ่อนสีขาว มีร่องเป็นแนวเล็ก ๆ สอบน้อย ๆขึ้นไปหาปลาย ซึ่งเป็นภาพที่ตัดเป็นลูกคลื่น ครีบกาบมีรูปสามเหลี่ยมอาจจะเห็นไม่ชัดก็ได้หรือเล็กมาก กระจังกาบมีเล็กน้อย และหยักไม่สม่ำเสมอ มีขนละเอียดเล็กน้อย ใบยอดกาบยาวประมาณ10-12 เซนติเมตร เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมแหลม ยาว และแคบ ขอบงอโค้งเข้าใบ รูปใบเป็น Linearlanceolate ปลายใบเรียวแหลม โคนใบป้าน หรือเกือบกลม ยาว 7-22 เซนติเมตร กว้าง0.5-1.5 เซนติเมตร ท้องใบมีขน เส้นกลางใบข้างบนแบน เส้นลายใบ 4-6 เส้น ขอบใบสาก และคมก้านใบสั้น 0.5 เซนติเมตร ครีบใบเล็ก ขอบใบมีหนามเล็ก ๆ สองสามอัน กาบใบแคบไม่มีขนนอกจากตามขอบ ๆ อาจจะมีขนอ่อน

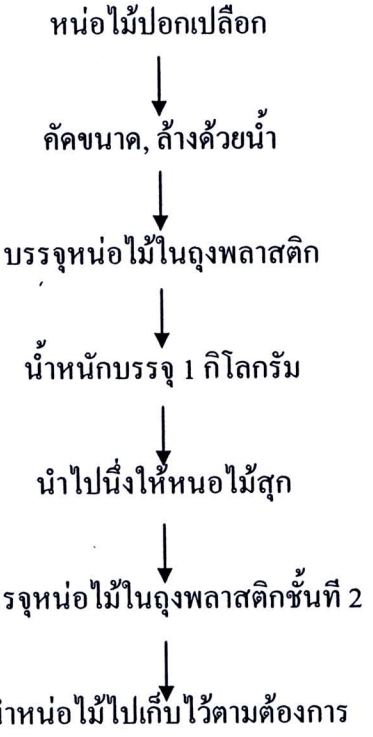
1.1.6 ส่วนที่นำมาใช้เป็นอาหาร หน่อ กินได้ เมื่อต้มหลายครั้ง หรือต้มใส่ใบย่านางด้วย จะทำให้หน่อไม้ไผ่รวก มีรสชาติดีขึ้น และเป็นที่นิยมกัน นอกจากนั้นเมื่อปอกทำความสะอาดหน่อแล้ว

2. หลักการผลิตหน่อไม้บรรจุถุงพลาสติกนึ่งของภูมิปัญญาชาวบ้าน

เนื่องจากหน่อไม้ของไทยมีช่วงในการออกหน่อเพียงปีละ 5-6 เดือนในฤดูฝนเท่านั้น จึงมีการเก็บรักษาหน่อไม้ให้สามารถนำมาบริโภคได้ตลอดทั้งปี โดยการแปรรูปเป็นหน่อไม้บรรจุ

ปี๊บ หน่อไม้ต้มบรรจุกระป๋องหรือขวดแก้ว การผลิตจะมีลักษณะเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดเล็กนอกจากนี้ยังมีการผลิตในระดับครัวเรือน โดยโรงงานแปรรูปจะตั้งอยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ

วิธีการผลิตหน่อไม้บรรจุถุง หลังจากการเก็บเกี่ยวหน่อไม้สดจะนำมาตัดแต่ง จึงนำมาล้างให้สะอาด โดยน้ำหนักบรรจุประมาณ 1 กิโลกรัม หลังจากนั้นจึงนำมาบรรจุถุงพลาสติก มัดบริเวณปากถุง เมื่อเตรียมผลิตภัณฑ์เสร็จแล้ว นำมานึ่งให้หน่อไม้อ่อนตัวประมาณ 30-40 นาที และนำหน่อไม้มาบรรจุถุงพลาสติกอีกชั้นแล้วจึงเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อลดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำหน่อไม้บรรจุถุงนึ่ง

2.1 เกณฑ์คุณภาพของหน่อไม้ในภาชนะบรรจุ

การผลิตหน่อไม้ในภาชนะบรรจุ นับว่าเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่สำคัญอย่างหนึ่งในรูปของผลิตภัณฑ์แปรรูป เพื่อใช้สำหรับการบริโภคภายในประเทศได้ตลอดปี และสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก ปัจจุบันมีแนวโน้มการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี ดังนั้นเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภค และเพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้ ทางสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงได้มีประกาศกำหนด มาตรฐานหน่อไม้ในภาชนะบรรจุ (มอก. 920-2533) ขึ้น ดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์คุณภาพของหน่อไม้ในภาชนะบรรจุ

1. ขอบข่าย/นิยาม	1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ไม่ครอบคลุมถึงหน่อไม้เปรี้ยว 2. เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหน่อของต้นไผ่ที่บริโภคได้ เช่น ไผ่ตง ไผ่บง ไผ่รวก ที่คัดเลือกตัดแต่งแล้ว สารที่ใช้บรรจุและอาจมีวัตถุเจือปนอาหาร รวมบรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุ และผ่านกรรมวิธีให้ความร้อนเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโต หรือการขยายพันธ์ของจุลินทรีย์
2. ภาชนะบรรจุ	ได้แก่ กระป๋อง ปี๊บ ขวดแก้ว ถุงพลาสติก หรือภาชนะอื่นที่สามารถปิดสนิท กันอากาศเข้าออกได้
3. แบบ	แบ่งตามลักษณะของชิ้นหน่อไม้ได้เป็น 8 แบบ คือ แบบทั้งหน่อ แบบครึ่งหน่อ แบบยอด แบบเนื้อ แบบแผ่นบาง แบบลูกเต๋า แบบเส้น แบบชิ้นคละ
4. ลักษณะทั่วไป	- หน่อไม้ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องเป็นหน่อไม้จากต้นไผ่ชนิดเดียวกัน และมีแบบตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก - เป็นหน่อไม้อ่อน ไม่มีเส้นใยแข็ง และไม่เปื่อยยุ่ย - มีสีเหลืองอ่อนหรือสีเหลืองตามธรรมชาติ มีกลิ่นรสเฉพาะของหน่อไม้ที่ผ่านกรรมวิธี และปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหมัก รสเปรี้ยวที่ไม่ได้เกิดจากกระบวนการผลิต - สารที่ใช้บรรจุต้องใส ปราศจากตะกอน
5. สิ่งแปลกปลอม	ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม
6. ความเป็นกรด-ด่าง	ต้องไม่ต่ำกว่า 4.0
7. วัตถุเจือปนอาหาร	ให้ใช้สารปรับความเป็นกรด-ด่าง ดังต่อไปนี้ ได้ในปริมาณที่เหมาะสมตามกรรมวิธีการทำที่ถูกต้อง ได้แก่ กรดซิตริก กรดแอซิติก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดฟูมาริก กรดแลกติก
8. สารปนเปื้อน	1. ตะกั่ว (เฉพาะกรณีที่ภาชนะบรรจุทำด้วยโลหะ)ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
9. คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา	1. เมื่อทดสอบโดยการบ่ม (Incubation Test) แล้ว ภาชนะบรรจุต้องไม่บวม หรือมีลักษณะอื่นที่แสดงว่ามีก๊าซเกิดขึ้นภายใน สี กลิ่น และลักษณะของหน่อไม้ในภาชนะบรรจุนั้นต้องไม่มีลักษณะผิดปกติ 2. ต้องไม่มีจุลินทรีย์แฟลตซาวร์ (Flat sour) ชนิดเทอร์โมฟิลิก ชนิดมีโซฟิลิก และเทอร์โมฟิลิกแอนแอโรบ (Thermophilic anaerobe)

(นิรัชรา เต็มกุศลวงศ์, 2540)

3. หลักการถนอมอาหารด้วยความร้อน

การใช้ความร้อนกับอาหารมีหลายวิธี แต่ละวิธีมีจุดมุ่งหมายจำเพาะลงไป ดังนั้นระดับความมากน้อยของความร้อนที่ใช้จึงขึ้นกับวัตถุประสงค์เหล่านั้น กระบวนการให้ความร้อนกับอาหารอาจแบ่งออกได้เป็นวิธีการต่างๆ (ทิพาพร, 2549) ได้แก่ การลวก การพาสเจอไรซ์ และการสเตอริไรซ์ ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะ 2 วิธี ได้แก่การนึ่งก่อนบรรจุถุง และการบรรจุถุงนึ่ง และมีกระบวนการถนอมอาหาร ดังนี้

3.1 การลวก (Blanching)

ในการผลิตอาหารกระป๋อง การลวกผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือ

- เพื่อกำจัดก๊าซออกจากเนื้อเยื่อ (Tissue gas)
- เพื่อทำความสะอาด
- เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์นิ่มง่ายต่อการบรรจุ
- เพื่อกระตุ้น หรือ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

โดยทั่วๆ ไปสำหรับอาหารกระป๋อง ผลิตภัณฑ์จะได้รับความร้อนจากกระบวนการมากพอที่จะยับยั้ง เอนไซม์ ดังนั้นการยับยั้งเอนไซม์จึงไม่จำเป็นที่จะต้องเป็นจุดมุ่งหมายแรกเริ่มของการลวก เป้าหมายที่สำคัญของการลวกจึงเป็นการกำจัดก๊าซและการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ก่อนการบรรจุ เพราะมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณออกซิเจนสุดท้ายในกระป๋อง ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษา ถ้าสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายทั้งสองข้อนี้ได้ จะได้สุญญากาศในกระป๋องสูง นั่นก็คือมีปริมาณก๊าซในผลิตภัณฑ์ต่ำ

3.2 การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)

เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นบางส่วนในอาหารจึง จำเป็นต้องดูแลเก็บรักษาไว้ภายใต้สภาวะ ที่จะทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นไปได้น้อยที่สุดโดยทั่วไปจุดมุ่งหมาย เริ่มแรกของการพาสเจอไรซ์คือเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค(Pathogenic microorganisms) เช่นในนม ส่วนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย บางส่วนสามารถอยู่รอดจากการให้ความร้อนแบบนี้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้การถนอมอาหารแบบอื่นควบคู่ไปด้วย เพื่อป้องกันการเน่าเสีย ในบางกรณี เช่น เบียร์ การพาสเจอ-ไรซ์ทำเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย การถนอมอาหารแบบอื่นที่ใช้ควบคู่ไปกับการพาสแจอไรซ์มีดังนี้

การใช้ความเย็น (Refrigeration)

การใช้สารเคมี (Chemical additives) เพื่อทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

การบรรจุหีบห่อ (Packaging) เช่น การรักษาสภาพไร้อากาศในขวดเบียร์

การหมัก (Fermentation) โดยใช้จุลินทรีย์เพื่อเปลี่ยนองค์ประกอบในอาหาร เช่น เปลี่ยนแลกโตส (Lactose) ไปเป็นกรดแลคติก (Lactic acid)

การให้ความร้อนกับอาหารไม่เพียงขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์เท่านั้น แต่ขึ้นกับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ด้วย โดยทั่วไปอาหารที่อยู่ในสภาพปลอดเชื้อแบบเชิงการค้าจะอยู่ในภาชนะที่ปิดแน่น (Hermetically sealed containers) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนขึ้นอีก นอกจากนี้ตามหลักการผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทแบบนี้จะมีปริมาณออกซิเจนเหลืออยู่ในระดับต่ำมาก ดังนั้นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจน จึงไม่สามารถเจริญเติบโต และทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้สปอร์ของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนมีความทนทานต่อความร้อนน้อยกว่าสปอร์ของพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Facultative)

สำหรับกระบวนการฆ่าเชื้อที่ขึ้นกับจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน ค่า pH ของอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก สปอร์ที่มีความทนทานต่อความร้อนสูงอาจเหลือรอดจากกระบวนการฆ่าเชื้อได้ แต่เนื่องจากอาหารมีค่า pH ต่ำ สปอร์เหล่านี้จึงไม่สามารถเจริญและทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพหรือทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้น ในแง่ของการออกแบบกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน แบ่งอาหารออกตามค่า pH ได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- อาหารที่มีความเป็นกรดสูง มีค่า pH ต่ำกว่า 3.7
- อาหารที่เป็นกรด มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.7 และ 4.5
- อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ มีค่า pH สูงกว่า 4.5

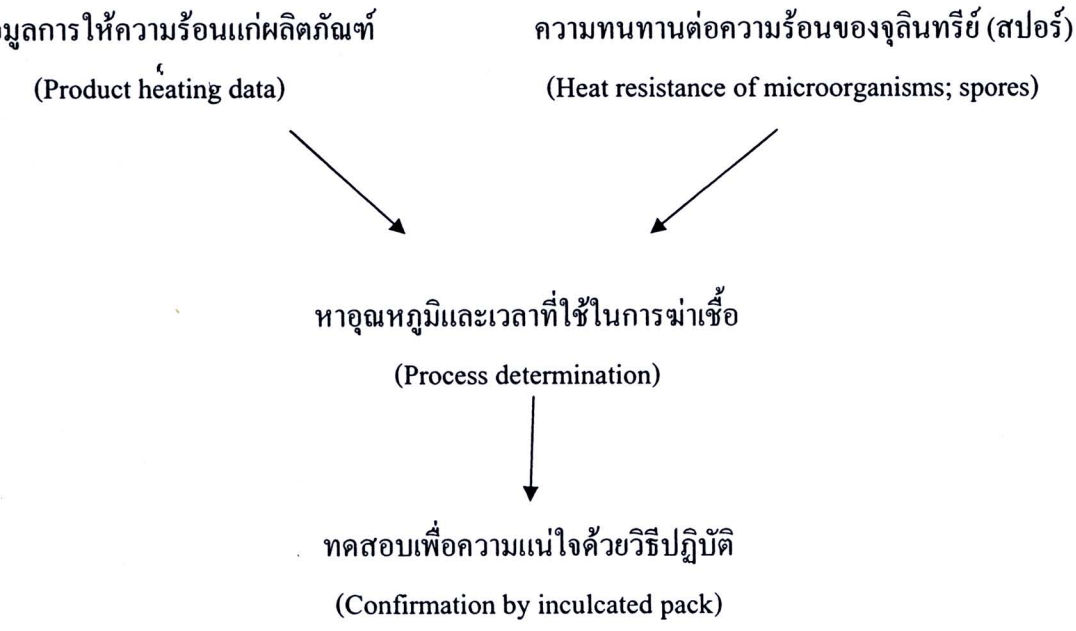
เนื่องจากมีแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ไม่สามารถเจริญได้ที่ pH ต่ำกว่า 3.7 กระบวนการให้ความร้อนที่ใช้สำหรับพวกอาหารที่มีความเป็นกรดสูงโดยทั่วๆ ไปจึงใช้เพื่อยับยั้งพวกยีสต์และรา pH 4.5 เป็นค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำกว่าเล็กน้อยจากค่า pH ที่แบคทีเรีย *C. botulinum* สามารถเจริญเติบโตได้และ สร้างสารพิษขึ้น จึงต้องมีการระมัดระวังเป็นอย่างพิเศษ

สำหรับอาหารที่เป็นกรด กระบวนการให้ความร้อนมักจะมุ่งมาที่การทำลายพวกแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนแต่สามารถเจริญได้ในสภาวะไร้อากาศ (Facultative anaerobes) เช่น *Bacillus coagulans* (B.thermoacidurans) ความจริงแล้วมีแบคทีเรียที่เจริญได้เฉพาะในสภาวะไร้อากาศเท่านั้น (obligate anaerobes) ซึ่งมีหลายตัวที่สำคัญในการทำให้อาหารเน่าเสีย แต่พวกนี้มีความทนทานต่อความร้อนน้อยกว่าพวก Bacillus สำหรับมะเขือเทศ และผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศ การทำลาย *B. coagulans* เป็นจุดมุ่งหมายหลักของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2549)

3.3 การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนขึ้นกับ 2 ปัจจัย คือ

3.3.1 ต้องทราบความทนทานต่อความร้อน (Heat resistance) ของจุลินทรีย์ (ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการทำลายจุลินทรีย์) ในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

3.3.2. ต้องหาอัตราการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ (Heat penetration) ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยนี้ นำมาใช้ในการคำนวณหากรรมวิธีการผลิตที่กำหนด



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนในการหากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2549)

3.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลจุลินทรีย์ต่อความทนทานความร้อน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ที่สำคัญๆ มีดังนี้

3.4.1 pH ของอาหาร

pH เป็นปัจจัยแรกที่ต้องคำนึงถึงในกระบวนการฆ่าเชื้ออาหาร ทั้งนี้เพราะ pH มีผลโดยตรงต่อกระบวนการให้ความร้อนและความสามารถในการเจริญของจุลินทรีย์ ปกติจุลินทรีย์จะต้านทานความร้อนได้มากที่สุด เมื่อเจริญอยู่ในสภาพที่มีค่า pH ที่เหมาะสม สามารถแบ่งอาหารตามสภาพความเป็นกรด-ด่างได้ 2 กลุ่ม ซึ่ง pH มีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญและการทำลายจุลินทรีย์ ทั้งยังเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งบอกถึง ความต้านทานต่อความร้อนของแบคทีเรีย แบคทีเรียที่อยู่ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (มีค่าpH ต่ำ) จะทนความร้อนได้น้อยกว่า

พวกที่อยู่ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (มีค่า pH สูง) สปอร์ของ *C.botulinum* ไม่เจริญเติบโตในอาหารกระป๋องที่มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 ดังนั้น กระบวนการแปรรูปอาหารกระป๋องที่มีpH ต่ำกว่า

4.6 จึงไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมาก

3.4.2 ชนิดของจุลินทรีย์

แบคทีเรียแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ชนิดที่สร้างสปอร์ และชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ ในสภาพพักตัว (ระยะสปอร์) เป็นสภาพที่ยากต่อการทำลายและเป็นปัญหาสำหรับอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง สปอร์นี้เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจะงอกและเจริญต่อไปได้ โดยทั่วไปสปอร์มีความต้านทานต่อ สภาวะแวดล้อมที่ไมเหมาะสมได้ดีมาก เช่น ทนต่อการต้มที่อุณหภูมิน้ำเดือด ได้นานกว่า 16 ชั่วโมง ในขณะที่เซลล์ของแบคทีเรียชนิดเดียวกันนี้จะถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิน้ำเดือด

3.4.3 การแทรกผ่านความร้อนเข้าไปในอาหาร (Heat penetration)

ในการฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท ความร้อนผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุได้เร็วช้าต่างกันขึ้นกับลักษณะการถ่ายเทความร้อนของอาหารแต่ละชนิด ในอาหารเหลว การถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการพาความร้อน (Convection) ซึ่งเกิดได้รวดเร็วกว่าในอาหารแข็ง (Solid food) ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนเป็นแบบการนำความร้อน (Conduction) ดังนั้นเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารเหลวจึงสั้นกว่าเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาหารในภาชนะบรรจุเกิดไม่เท่ากันทุกจุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาจุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุด การศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลการแทรกผ่านของความร้อน ทำได้โดยวัดอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดของอาหารภายในภาชนะบรรจุที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาขณะฆ่าเชื้อในเครื่องฆ่าเชื้อ

4. ภาชนะบรรจุอาหารและการปนเปื้อน

4.1 ภาชนะบรรจุ การใช้ภาชนะบรรจุอาหารสำหรับบริโภคนั้นเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับธุรกิจการผลิตอาหารเพื่อจำหน่าย เหตุผลต่างๆในการใช้ภาชนะบรรจุอาหารนั้นก็เพื่อ การถนอมอาหารไม่ให้เสื่อมสภาพ ความสะดวกในการจัดจำหน่ายและการขนส่ง และที่สำคัญที่สุดต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเป็นสำคัญ จะเห็นได้ว่าจากการคำนึงถึงความปลอดภัยที่ประชาชนควรได้รับภาครัฐโดยกระทรวงสาธารณสุขซึ่งทำหน้าที่กำกับดูแล และกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุ การใช้ภาชนะบรรจุและการห้ามมิให้ใช้สิ่งใดเป็นภาชนะบรรจุอาหาร ได้ออกเป็นประกาศกระทรวงสาธารณสุข เพื่อควบคุมให้ผู้ผลิตปฏิบัติตามให้ได้คุณภาพตามที่กฎหมายกำหนดและเพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค

คำนิยามของ “ ภาชนะบรรจุ ” ตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 (ลงวันที่ 13 พฤษภาคม2522) หมายความว่า วัตถุที่ใช้บรรจุอาหารไม่ว่าด้วยการใส่หรือห่อหรือด้วยวิธีใดๆ และ

ได้มีการปรับปรุงคำนิยามเพิ่มเติมในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 92 (พ.ศ. 2528) เป็นวัตถุที่ใช้บรรจุอาหารไม่ว่าด้วยการใส่หรือห่อหรือด้วยวิธีใดๆ และให้หมายความรวมถึงฝาหรือจุกด้วย (ภาชนะบรรจุอาหารในกฎหมายไทย, 2553)

4.2 พลาสติก หมายถึง สารประกอบอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้น ใช้แทนวัสดุธรรมชาติ บางชนิดเมื่อเย็นจะแข็งตัว เมื่อถูกความร้อนก็อ่อนตัว บางชนิดก็แข็งตัวถาวร มีหลายชนิด เช่น ไนล่อน ยางเทียม ใช้ทำสิ่งต่างๆ เช่น เสื้อผ้า พาหนะ ส่วนประกอบของเรือ หรือ รถยนต์

พลาสติกเป็นสารสังเคราะห์วิทยาศาสตร์ สังเคราะห์มาจากเซลลูโลส (Cellulos) ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำมันดิบ ยางไม้ เซลลูโลสประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโต์รเจน และ คลอรีน นำมาสังเคราะห์โดยขบวนการ "โพลิเมอร์ไรเซชั่น" ก็จะได้พลาสติก พลาสติกแบ่งตามลักษณะ ของการทนความร้อนได้ 2 ประเภท คือ

4.2.1 เทอร์โมพลาสติก (Therinoplastic) เป็นชนิดที่ถูกความร้อนแล้วจะหลอมตัว กลายเป็นของเหลวได้ พลาสติกชนิดนี้ มีโครงสร้างเป็นสายยาง ทำให้ทนต่อแรงดึงได้สูง

4.2.2 โพลิธีน (Polythene) เป็นพลาสติกอ่อน สีขาวขุ่น อ่อนตัวได้ราคาไม่แพง ใช้ในท้องตลาดมากที่สุด เป็นฉนวนไฟฟ้า น้ำหนักเบาทำจากก๊าซเอธิลีน เช่น ถุงบรรจุอาหาร ตุ๊กตาเด็กเล่น ฟิล์ม ถาดทำน้ำแข็ง เป็นต้น

4.2.3 โพลิไวนีล คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) หรือ P.V.C. ทำจากอะเซทีลีนกับกรดเกลือ โดยขบวนการโพลีเมอไรเซชั่น คุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถเป่าด้วยลมร้อน ให้ติดกันได้ทนต่อกรด แอลกอฮอล์ และพวกอัลคาไล P.V.C. มีทั้งแข็งและอ่อน ใช้ทำฉนวนหุ้มสายไฟ เสื้อกันฝน กระเบื้องยาง เบาะเก้าอี้ ข้อเสียของ P.V.C. คือ ไม่ทนต่อความร้อน และแสงแดด

4.3.4 โพลิสไตลีน (Polysthylene) เป็นพลาสติกมีความใสเหมือนแก้ว ไม่มีสี และสามารถย้อมสีได้ เปราะมีคุณสมบัติทน กรด ด่าง และเกลือ ละลายได้ดีในเบนซินและตัวทำละลายพวกออแกนนิค ผิวเป็นรอยขีดข่วนได้ง่าย ใช้ทำโฟม ไม้บรรทัด แปรงสีฟัน เป็นต้น

4.2.5 โพลิโปรไบลีน (Polypropylene) ทำจากก๊าซโปรเทน ใช้ทำถุงพลาสติกร้อน เชือกมัดของ กล่องแบตเตอรี่

4.2.6 ไนล่อน (Nylon) เป็นโพลิเมอร์ที่สมบรูณ์แบบที่สุด ทนต่อด่าง กรด อินทรีย์และสารละลายอินทรีย์ได้ดี แต่ไม่ทนต่อกรดแสงแดด และความร้อน ใช้ทำผ้าร่ม ผ้าชนิดต่างๆ โดยผสมกับฝ้าย อวน ใบเรือ เชือก เป็นต้น

4.3 เทอร์โมเซตติง (Thermosetting Plastic) เป็นพลาสติก ที่ถูกความร้อนแล้วไม่อ่อนตัว ได้แก่

4.3.1 ฟีโนล - เฟอร์มาดีไฮน์ เรซิน (Phenolformaldehyde resin) รู้จักกันดีในนามเบเคไลท์ (Bekelite) เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง Phonol กับ formoldehyde ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนคุณสมบัติ คือ แข็งทนต่อความร้อนใช้ทำฉนวนไฟฟ้า ตู้ วิทยุ อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

4.3.2 ยูเรีย - ฟอร์มาดีไฮด์เรซิน (Urea Formaldyhile Resin) เป็นปฏิกิริยาระหว่าง formaldyhile กับ Urea เป็นพลาสติกที่แตกง่ายมีสีขาวใส สามารถย้อมเป็นสีต่างๆ ได้ ไม่ทนต่อกรด ด่าง และแรงกระแทก ใช้ทำกาวไม้อัด ทำปุ่มจับด้ามเครื่องมือ เป็นต้น

4.3.3 เมลามีน - ฟอร์มาดีไฮด์ เรซิน (Malamin Formaldyhile Resin) เป็นปฏิกิริยาระหว่าง formaldyhide กับ Malamine ทนต่อความร้อนได้ถึง 250 องศาเซียลเซส ทนต่อสารละลาย และแรงกระแทก และรอยขีดข่วนต่างๆ ส่วนใหญ่ใช้ทำพลาสติกอย่างดีราคาแพง ฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น

4.4 ถุงพลาสติก

วัตถุดิบหลักในการผลิตถุงพลาสติกคือเม็ดพลาสติก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปลายจากอุตสาหกรรม ปิโตรเคมี โดยแหล่งที่มาของเม็ดพลาสติกมี 2 แหล่งคือ จากในประเทศ มีผู้ผลิตรายใหญ่ ได้แก่ บริษัทบางกอกโพลีเอทธิลีน (BPE) บริษัทไทยโพลีเอทธิลีน (TPE) และบริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมีกัลไทย จำกัด(มหาชน) หรือ TPI โดยแต่ละรายมีกำลังการผลิตไม่แตกต่างกันมากนักและนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น สิงคโปร์ มาเลเซีย เยอรมัน และสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ พลาสติกแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติและการใช้งานแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การใช้งานถุงพลาสติก จำแนกตามชนิดพลาสติก

ชนิดพลาสติก	คุณสมบัติ	ความหนา	การใช้งาน
LDPE ($0.924g/cm^3$)	อ่อน ยืดได้มาก	7-30 m (แผ่นฟิล์ม) 20-120 m (แผ่นฟิล์ม)	แผ่นฟิล์มใสมากใช้ห่อสิ่งของ, แผ่นฟิล์มที่หดตัวได้
LDPE ($0.922g/cm^3$)	อ่อน ความแข็งกระด่างสูง	40-100 m ทั้งถุงและแผ่นฟิล์ม	ถุงใส่ของ ถุงใส่ขยะ
LDPE ($0.918g/cm^3$)	อ่อน ความแข็งกระด้างและความเหนียวสูง	100-300 m ทั้งถุงและแผ่นฟิล์ม	ถุงใส่ของหนัก เช่น ผักผลไม้, แผ่นฟิล์มที่หดตัวได้
HDPE	ความกระด้างและความเหนียวสูง คุณสมบัติคล้ายกระดาษ	8-100 m ทั้งถุงและแผ่นฟิล์ม	แผ่นฟิล์มที่ใช้รับแรงกระแทกถุงใส่ของ, แผ่นฟิล์มห่อของ
PP	ความแข็งกระด้างเหนียวสูง	8-60 m ทั้งถุงและแผ่นฟิล์ม	แผ่นฟิล์มใสและเบามากไว้ห่อของ
PA 11 และ 12	เหนียวทนความร้อน	20-80 m ถุงพลาสติก	ห่อไส้กรอก
EPS	อ่อนเป็นฉนวนความร้อนได้ดี	20-3000 m	Wall Paper ภาชนะที่ทนการกระแทก การโยน

ที่มา: กัลยา อุบลทิพย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

โดยทั่วไปสามารถจำแนกประเภทถุงพลาสติกตามลักษณะการใช้งานออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

4.4.1 ถุงพลาสติกเย็น เป็นถุงที่ใช้บรรจุสิ่งของที่มีอุณหภูมิปกติหรือมีความเย็น ผลิตจากเม็ดพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน (Polyethylene: PE) ซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันของเหลวซึมผ่านเข้าออก

4.4.2 ถุงพลาสติกร้อน เป็นถุงที่ใช้บรรจุอาหารและของร้อน ผลิตจากเม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) มีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงถึง 110 องศาเซลเซียส

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

4.4.3 ถุงพลาสติกชนิดมีหูหิ้ว เป็นถุงที่ใช้บรรจุสิ่งของทั่วไป ไม่เหมาะกับการใช้บรรจุอาหารและของร้อน ผลิตจากเม็ดพลาสติกชนิดโพลีเอทธิลีน (Polyethylene: PE) โดยส่วนใหญ่มักนำพลาสติกที่ใช้แล้วมาหลอมละลายใหม่ (Recycle) มาผสมด้วย

4.4.4 ลามิเนต เป็นถุงพลาสติกที่เกิดจากการนำแผ่นพลาสติกต่างชนิดมาประกบกัน ใช้บรรจุอาหารเพื่อเก็บถนอมไว้เป็นเวลานานโดยไม่ให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงไป แบ่งได้อีกหลายชนิด ได้แก่

4.4.4.1 ถุงพลาสติกที่ต้มได้ ทำจากแผ่นประกบของแผ่นโพลีเอสเตอร์และแผ่นโพลีเอธีลีน

4.4.4.2 ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุอาหารแบบสุญญากาศทำจากแผ่นประกบของแผ่นไนลอน (Nylon-6) และแผ่นโพลีเอธิลีน

4.4.4.3 ถุงพลาสติกที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารแห้ง ทำจากแผ่นประกบของแผ่นอลูมิเนียมและแผ่นไวนิลอะซิเตท (Vinyl Acetate)

4.4.4.4 ถุงพลาสติกที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารที่ทำให้แห้งโดยวิธีเยือกแข็งแบบสูญญากาศ (Freeze Drying) ทำจากแผ่นไมลาร์ (Milar) แผ่นอลูมิเนียมบาง และแผ่นโพลีเอธิลีน

4.4.4.5 ถุงพลาสติกชนิดต้มในน้ำเดือดและทำให้เป็นสุญญากาศได้ ทำจากแผ่นโพลีเอธิลีน เคลือบด้วยซารานประกบแผ่นโพลีเอสเตอร์ ใช้กับอาหารที่ไม่ต้องการสัมผัสอากาศ และใช้ถุงอุ่นอาหารได้โดยไม่ต้องถ่ายใส่ภาชนะอื่นก่อน

4.4.4.6 ถุงพลาสติกชนิดกันแสงสว่าง ความชื้น และก๊าซ ทำจากแผ่นโพลีเอธิลีนประกบกับแผ่นอลูมิเนียมบาง และแผ่นโพลีเอธิลีน รวมเป็น 3 ชั้น ใช้บรรจุอาหารสำเร็จรูปพวกซุปแห้งหรืออาหารผงอื่นๆ

4.5 ประเภทของพลาสติกและอันตรายต่อสุขภาพ

เม็ดพลาสติกที่ใช้มากในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 4 ประเภทคือ โพลีเอธิลีน (Polyethylene - PE) โพลีโพรพิลีน (Polypropylene - PP) โพลีสไตรีน (Polystyrene - PS) และโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride - PVC) โดยเม็ดพลาสติกแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันในด้านคุณสมบัติ การใช้และการบริโภค ดังนี้

4.5.1 โพลีเอธิลีน (Polyethylene – PE) เป็นเม็ดพลาสติกที่มีคุณสมบัติแข็งแรง เหนียว ทนทาน ป้องกันความชื้นมิให้ผ่านเข้าออกได้ แต่ให้ก๊าซต่างๆ ซึมผ่านได้ ทนกรดและด่างอ่อน ไม่ทนน้ำมันและไขมัน โดยเฉพาะน้ำมันก๊าซและน้ำมันเบนซิน มีน้ำหนักเบาความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.93 ในรูปแผ่นบาง สามารถพับงอได้ดี มีความยืดตัวได้สูง ฉีกขาดยาก เป็นฉนวนไฟฟ้าดีมาก

ไม่สามารถทนความร้อนสูง แต่ทนความเย็นได้ถึง –100 องศาฟาเรนไฮต์ เม็ดพลาสติก PE แบ่งได้ตามเกรดเป็น 3 ชนิดคือ

4.5.1.1 โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low-Density Polyethylene - LDPE) ใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์และหีบห่อ เช่น กระสอบ ถุงเย็น ซองใส่ของ ตลอดจนเป็นวัตถุดิบผลิตของเล่นเด็กพลาสติกและฉนวนหุ้มสายไฟ เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ทำวัสดุเคลือบผิว (Coating Or Lamination) และใช้กับงานขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกโดยการเป่า (Blow Molding) เช่น ขวดพลาสติก คุณสมบัติเด่นของบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดนี้คือ มีความเหนียวและคงทน

4.5.1.2 โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High-Density Polyethylene - HDPE) ใช้กับงานเป่าขึ้นรูป (Blow Molding) โดยใช้ทำเป็นขวดพลาสติกและภาชนะบรรจุประเภทต่างๆ ที่ต้องทนต่อแรงดันและต้องมีแรงต้านทานสูง นอกจากนี้ยังใช้ในงานด้านการฉีดขึ้นรูป (Injection) เช่น ผลิตของเล่นเด็ก และเครื่องใช้ต่างๆภายในบ้าน ตลอดจนใช้ทำแผ่นฟิล์ม เชือก ฉนวนหุ้มสายไฟ ท่อ และรางน้ำ ทั้งนี้ ท่อที่ทำจาก HDPE สามารถใช้แทนท่อที่ทำจากพีวีซี เนื่องจากมีความทนทานใกล้เคียงกันแต่มีราคาถูกกว่า

4.5.1.3 โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low-Density Polyethylene - LLDPE) เป็นวัสดุใช้ผสมกับLDPEเพื่อเพิ่มความเหนียวให้กับตัวผลิตภัณฑ์

4.5.2. โพลีโพรพิลีน (Polypropylene - PP) เป็นเม็ดพลาสติกที่มีคุณสมบัติคล้ายโพลีเอธิลีน ยอมให้แสงผ่านได้ดี สามารถมองเห็นอาหารที่บรรจุอยู่ภายในได้ ทนความร้อนได้สูงกว่า PE ถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์ รับแรงดึงได้ถึง 100,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีความเหนียวทนทานกว่า ในประเทศไทยใช้เม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีนเป่าเป็นถุงบรรจุเอนกประสงค์ ทั้งถุงร้อนและถุงเย็น รวมทั้งทำเป็นเชือก กระสอบ พื้นพรม สนามหญ้าเทียม ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องใช้ภายในบ้าน เป็นต้น

โพลีเอทิลีนและโพรพิลีนเป็นก๊าซ อาจแทนที่ออกซิเจนทำให้ขาดอากาศหายใจ โลหะอินทรีย์ที่ใช้เร่งปฏิกริยาเป็นสารที่ทำให้เกิดการระคายเคืองอย่างแรง

4.5.3 โพลีสไตรีน (Polystyrene - PS) เป็นเม็ดพลาสติกที่เปราะ แตกหักง่าย ไม่สามารถทนต่อแรงกระแทกได้ แต่มีลักษณะโปร่งใส ทนกรด ทนด่าง กันการซึมของน้ำได้ดี ส่วนใหญ่ใช้ผลิตเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้า ตลับเทป กล่องบรรจุอาหาร และของใช้พลาสติกประจำวันทั่วไปที่ไม่ต้องการความทนทานมาก เป็นต้น

คลอไรด์ (Polyvinyl Chloride - PVC) เป็นเม็ดพลาสติกที่มีคุณสมบัติแข็ง ทนต่อไขมัน ยืดหยุ่นได้ดี ใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์และวัสดุก่อสร้าง เช่น ข้อต่อ บานประตู ท่อ พลาสติกแผ่น วัสดุปูพื้น ฉนวนหุ้มสายไฟ และอะไหล่รถยนต์ เป็นต้น

4.5.4 ปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรม ก็คือ ปัญหาภาชนะบรรจุอาหารที่ทำจากพลาสติก เนื่องจากยุคนี้เป็นยุคการใช้พลาสติกจนคล้ายจะเกิดความฟุ่มเฟือยในการใช้พลาสติกเสียด้วยซ้ำ เช่น การนำพลาสติกมาใช้ห่ออาหารแทนใบตอง หรือกระทงใบตอง โดยทั่วไปแล้วพลาสติกเป็นวัสดุที่ดีมีความแข็งแรง ความเหนียว และยืดหยุ่นสูง อีกทั้งมีความเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาเคมี และค่อนข้างทนต่อการถูกละลายด้วยสารเคมีอื่นๆ แต่ข้อเสียของพลาสติกที่อาจเกิดขึ้นได้ ก็คือ การที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ของพลาสติกมีแนวโน้มที่จะแตกตัวอยู่เสมอเมื่อได้รับพลังงานต่างๆ เช่น ความร้อน และในบางกระบวนการผลิตนั้น การนำเอาตัวทำละลายทั้งหมดออกจากผลิตภัณฑ์นั้นทำได้ยาก

ปัญหาอีกประการที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหาร ก็คือ การมีสารตกค้างอยู่บนผิวหน้าพลาสติก เช่น

- สารกันการออกซิไดส์ (Antioxidant)
- สีที่ใช้ใส่หรือเคลือบพลาสติก
- สารช่วยในการผลิตพลาสติก
- สารดูดซับแสงอัลตราไวโอเลต เช่น ไดออกทิลทาเลต
- สารลดการเกิดไฟฟ้าสถิต
- สารเสริมความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ในกรณีที่พลาสติกเป็นโพลีเมอร์ที่ทำจากวัตถุดิบโมโนเมอร์ เช่น การทำโพลีไวนีลคลอไรด์ จากแก๊สไวนีลคลอไรด์นั้น จะต้องระวังการตกค้างของสารตั้งต้นในรูปโมโนเมอร์เสมอ เนื่องจากมีการพบว่าแก๊สที่เป็นโมโนเมอร์ในการผลิตพลาสติกนั้น ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้

ในการนี้ โรงงานผลิตอาหารจะต้องเลือกใช้พลาสติกที่เหมาะสมและเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องภาชนะบรรจุอาหารออกโดยคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พลาสติกนั้นจะได้รับการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบคุณภาพของเนื้อพลาสติกว่าจะมีสารพิษอยู่เกินมาตรฐานสากลหรือไม่ และการตรวจสอบการแพร่กระจายของสารเจือปนในพลาสติกเมื่อมีการนำไปใช้ใส่ในอาหาร โดยพลาสติกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติตามกำหนดที่แตกต่างกัน แล้วแต่กรรมวิธีการผลิตและวัตถุดิบที่ใช้

นอกจากนี้คุณภาพหรือเกรดของพลาสติกก็เป็นสิ่งสำคัญ ที่จะเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความปลอดภัยของภาชนะ ทั้งนี้เพราะปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับพลาสติกนั้น มักเป็นในด้านการนำพลาสติกที่ไม่ใช่สำหรับการใช้ทำภาชนะใส่อาหาร มาทำเป็นภาชนะใส่อาหาร จึงทำให้ไม่สามารถทนความร้อนหรือกรดด่างได้ดีเท่าที่ควร และรวมถึงปริมาณสารตกค้างด้วย

การทดสอบสารปนเปื้อนของภาชนะบรรจุภัณฑ์ และการทดสอบสารต้องห้ามในชิ้นส่วนพลาสติก โดยเน้นการวิเคราะห์สารอินทรีย์ในระดับโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูง ด้านสหภาพยุโรป (EU) ได้กำหนดระเบียบ RoHS จำกัดปริมาณสาร 6 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท โครเมียม สารประกอบโบรมีนในกลุ่มโพลีโบรมิเนตเทตไบฟีนิล (Polybrominated Biphenyls: PBBs) สารประกอบกลุ่มโพลีโบรมิเนตเทตไดฟีนิลอีเธอร์ (Polybrominated Diphenyl Ethers: PBDEs) ในผลิตภัณฑ์ไว้ไม่เกิน 1,000 พีพีเอ็ม หรือ 1,000 ส่วนในล้านส่วน และปริมาณแคดเมียมได้ถูกจำกัดไว้ไม่เกิน 100 พีพีเอ็ม หรือ 100 ส่วนในล้านส่วน สารในกลุ่ม PBBs และ PBDEs เป็นสารหน่วงการติดไฟต้องห้ามในพลาสติก เนื่องจากเป็นสารอันตรายที่มีความเสถียรสูงมาก

- โพลิสไตรีน เมื่อทำให้ร้อนจะปล่อยสไตรีนโมโนเมอร์ออกมา คนงานอาจได้รับสไตรีนโมโนเมอร์ในขั้นตอนการผสม เทและการดูแลรักษาอุปกรณ์

- สไตรีนที่ความเข้มข้นสูง จะระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ การสัมผัสสไตรีนที่ผิวหนังจะทำให้ผิวหนังแห้ง เมื่อได้รับสไตรีนจะมีอาการมึนงง การทำงานของร่างกายไม่ประสานกัน เมื่อได้รับเป็นเวลานานจะทำให้ตับ ระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลายได้รับอันตราย สไตรีนอาจทำอันตรายต่อโครโมโซมได้

- อะคริโลไนไตร เมื่อเป็นของเหลวจะสามารถติดไฟหรือระเบิดได้ เป็นก๊าซก็จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา และผิวหนัง ปวดศีรษะ เมื่อยล้า และคลื่นไส้

- อะคริโลไนไตร สามารถทำให้ร่างกาย ขาดออกซิเจนได้ เช่นเดียวกับไฮโดรเจนไซยาไนด์ การได้รับอะคริโลไนไตรสามารถรักษาได้ด้วยเอมิลไนเตรท หรือโซเดียมไทโอซัลเฟต

- การเฝ้าระวังการได้รับสไตรีนในคนงาน ควรมีการตรวจหากรดเฟนนิลไกลออกซิลิก และกรดแมนเดลลิก (phenylglyoxylic and mandelic acid) ในปัสสาวะ หรือสไตรีนในเลือดหรือในลมหายใจ

4.6 การปนเปื้อนจากบรรจุภัณฑ์อาหาร

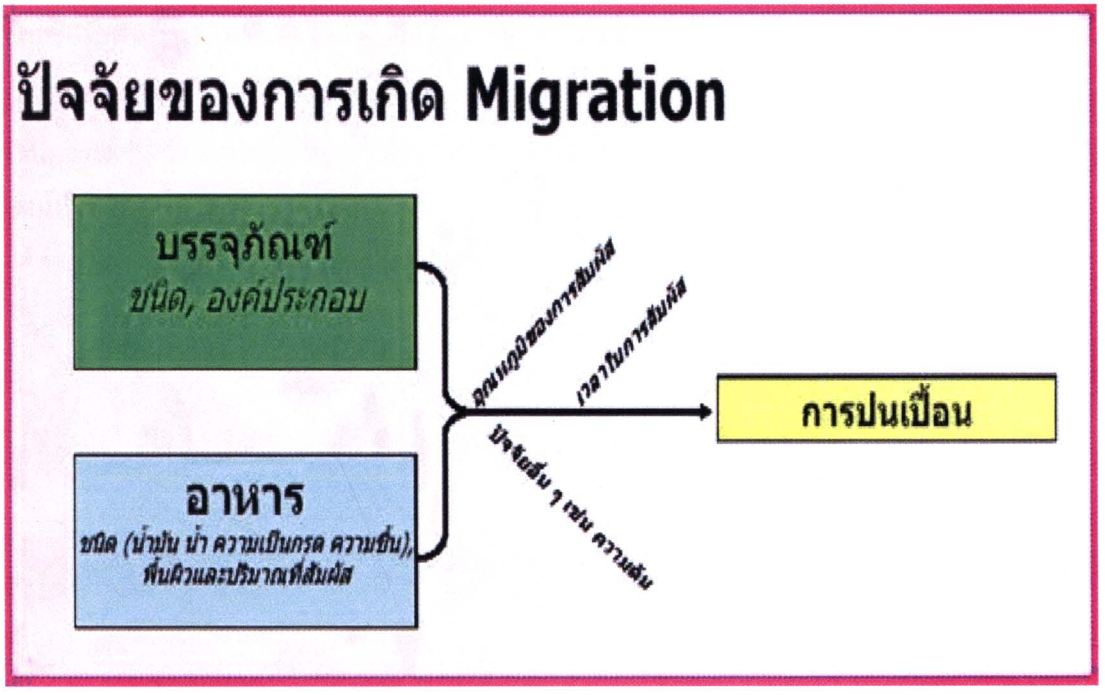
บรรจุภัณฑ์อาหารจะยังคงความสำคัญตลอดไปตราบเท่าที่มนุษย์ยังคงต้องบริโภคอาหาร การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ด้อยคุณภาพหรือไม่เหมาะสมกับชนิดของอาหารอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารและเครื่องดื่มมีคุณสมบัติเท่าเทียมกับตัวทำละลายที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางเคมี เช่น อาหารที่มีองค์ประกอบเป็นกรดสามารถออกซิไดซ์โลหะได้ องค์ประกอบที่เป็นไขมันจะทำให้บรรจุภัณฑ์พลาสติกบวมและขับองค์ประกอบบางชนิดออกมาสู่อาหาร เป็นต้น นอกจากนั้นสารตั้งต้นที่เป็นองค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์ก็อาจแพร่ออกมาและมีปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่น ๆ หรือมีปฏิกิริยากับองค์ประกอบอาหาร จึงสรุปได้ว่าเมื่ออาหารสัมผัสกับบรรจุภัณฑ์จะมีการปนเปื้อนเกิดขึ้นเสมอไม่มากก็น้อย การปนเปื้อนอาจเกิดขึ้นได้จากมอนอเมอร์ (Monomer) สารตัวช่วยปฏิกิริยา (Auxiliary) การแตกสลายทางเคมี (Degradation) ของ

สายพอลิเมอร์ในสภาวะที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกเช่น อุณหภูมิ แรงเค้น แรงเครียด และสารเคมีอื่นๆ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์สัมผัสโดยตรงกับอาหารจึงอาจเกิดปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพและทางเคมีกับอาหารหรือสิ่งแวดล้อมได้ (บรรจุภัณฑ์พลาสติก, 2553)

ถุงร้อน ทำจากเม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (Polypropylene, PP) มีลักษณะใสมากกระด้างกว่าถุงเย็น ไม่ยืดหยุ่น สามารถบรรจุของร้อนและอาหารที่มีไขมัน ทนความร้อนได้ถึง 100-120 องศาเซลเซียส และถุงร้อนทำจากเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE) ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) มีลักษณะบาง ขุ่น ถ้าหากได้รับความร้อนเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการปนเปื้อนจากภาชนะบรรจุอาหารได้ การทดสอบวัสดุบรรจุอาหาร แบ่งเป็น

Material test คือ ทดสอบเพื่อดูในตัวเนื้อวัสดุที่ทำบรรจุภัณฑ์นั้นๆ เช่น ดู ตะกั่ว แคดเมียม โลหะหนักต่างๆ

Migration test คือ ทดสอบเพื่อดูการแพร่กระจายของสาร การเคลื่อนย้ายของสารจากภาชนะบรรจุภัณฑ์ลงสู่อาหาร



ภาพที่ 3 ปัจจัยด้านการปนเปื้อนจากภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร

ที่มา: โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เพื่อประเมินการปนเปื้อนจากบรรจุภัณฑ์อาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2551)

ปฏิสัมพัทธ์ระหว่างอาหารและบรรจุภัณฑ์นี้อาจแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทคือ

4.6.1 ไมเกรชัน (Migration) หมายถึงการเคลื่อนย้ายของสารจากบรรจุภัณฑ์หรือวัสดุสัมผัสอาหารลงสู่อาหารโดยตรง

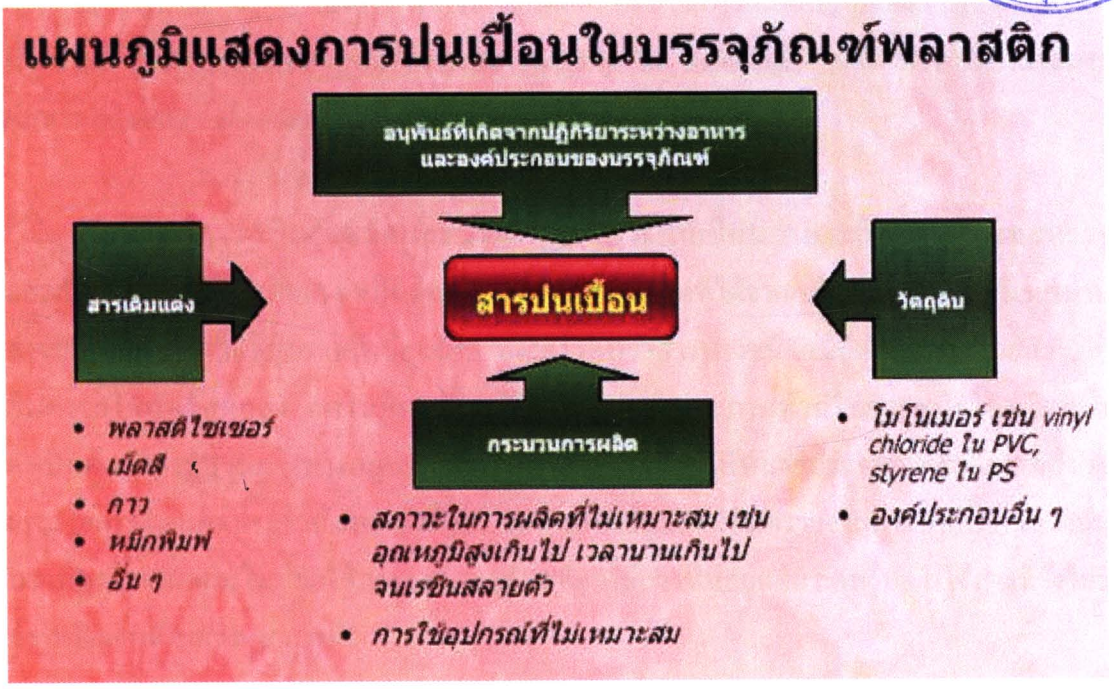
4.6.2 Scalping หมายถึง เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายของสารจากอาหารไปสู่บรรจุภัณฑ์หรือวัสดุสัมผัสอาหาร ซึ่งตรงข้ามกับไมเกรชัน

4.6.3 Egress permeation หมายถึงการเคลื่อนย้ายขององค์ประกอบอาหารจากภายในออกสู่ภายนอกโดยการซึมผ่านบรรจุภัณฑ์

4.6.4 Ingress permeation หมายถึงการเคลื่อนย้ายของสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่อาหารภายในบรรจุภัณฑ์โดยการซึมผ่านบรรจุภัณฑ์

ปฏิสัมพัทธ์ระหว่างอาหารและบรรจุภัณฑ์นั้นอาจมีทั้งผลดีและผลเสียต่อคุณภาพของอาหารเนื่องจากสารเหล่านี้มิได้เป็นส่วนหนึ่งของสายพอลิเมอร์ และเนื่องจากมีขนาดเล็กจึงสามารถแพร่กระจายและเคลื่อนย้ายออกมาจากพอลิเมอร์ได้โดยง่าย การปนเปื้อนโดยทั่วไปซับซ้อนและไม่สามารถตรวจพบได้โดยง่าย สารเคมีหลายชนิดที่เป็นองค์ประกอบหรือที่ใช้ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์มีอันตรายทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมกลไกการเคลื่อนย้าย (Migration) ของสารเคมีเหล่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เวลาในการสัมผัส พื้นที่ของการสัมผัส ชนิดและองค์ประกอบของอาหาร เป็นต้น

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 4 การปนเปื้อนของภาชนะพลาสติกภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร

ที่มา: โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์เพื่อประเมินการปนเปื้อนจากบรรจุภัณฑ์อาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2551)

การเคลื่อนย้ายของสารเคมีอธิบายได้ตามกระบวนการแพร่ (Diffusion process) ซึ่งเกิดจากการถ่ายโอนของสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำการเคลื่อนย้ายที่เกิดขึ้นในบรรจุภัณฑ์อาหารเป็นผลมาจากอันตรกิริยา (Interaction) ของส่วนประกอบในอาหารกับบรรจุภัณฑ์อาหาร

การแพร่ของสารเป็นฟังก์ชันกับ เวลา อุณหภูมิ ความหนาของวัสดุ ปริมาณสารเคมีในวัสดุ สัมประสิทธิ์การแบ่งส่วน (Partition coefficient) และสัมประสิทธิ์การแจกแจง (Distribution coefficient)

การไมเกรทของสารต่าง ๆ จากบรรจุภัณฑ์จะเกิดขึ้นเสมอและอาจก่อให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารลดลงหรือมีอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นรัฐบาลของหลายประเทศจึงได้กำหนดกฎหมายและข้อบังคับต่าง ๆ ในการควบคุมชนิดและปริมาณของสารที่เคลื่อนย้ายออกจากบรรจุภัณฑ์เข้าสู่อาหาร การควบคุมการเคลื่อนย้ายนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

Overall migration (OM) เป็นการพิจารณาสารทั้งหมดที่มีการเคลื่อนย้ายมาสู่อาหาร โดยทั่วไปไม่สนใจชนิดของสารเหล่านี้ ดังนั้นผลรวมจึงเป็นทั้งสารมีพิษและสารไม่มีพิษ

Specific migration (SM) เป็นการพิจารณาชนิดและปริมาณการเคลื่อนย้ายของสารเฉพาะเท่านั้น ซึ่งระบุเป็นปริมาณทั้งหมดของมอนอเมอร์ (Quantity of monomer, QM) หรือปริมาณเฉพาะต่อสาร (Specific migration limit, SML)

4.7 สารปนเปื้อนอาหารที่มาจากภาชนะบรรจุ

การกำหนดชนิดและปริมาณของสารปนเปื้อนอาหารที่มาจากภาชนะบรรจุและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค จำเป็นต้องมีหลักฐานและข้อมูลที่ได้จากการทดลองวิจัยที่ใช้เวลานาน ค่าจ่ายสูงและเป็นงานที่ยุ่งยากซับซ้อนมาก บางครั้งพบว่าสารบางชนิดแม้มีผลทดลองยืนยันว่าเป็นอันตรายในสัตว์ทดลอง แต่ไม่มีการห้ามใช้ เพราะการประกาศห้ามใช้สารชนิดใดชนิดหนึ่งจำเป็นต้องมีกระบวนการทางกฎหมายที่ใช้เวลายาวนาน ทำให้หลายประเทศใช้กลไกทางสังคมแทนโยการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคทราบข้อมูลและอันตรายจากสารปนเปื้อนเหล่านั้นมากที่สุด การตัดสินใจเลือกใช้ภาชนะบรรจุต้องเลือกใช้สารที่ปลอดภัย ลดหรือเลิกใช้สารที่ยังไม่มีความชัดเจนด้านความปลอดภัย

4.7.1 ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ (Vinyl Choride Monomer หรือ VCM) กรณีการเสียชีวิตของคนงานในโรงงานผลิต PVC ที่เมือง Louisville มลรัฐ Kentucky เมื่อปี ค.ศ. 1974 ด้วยโรคมะเร็งในตับ ทำให้มีการค้นคว้าหาสาเหตุของโรค จนกระทั่งได้ข้อมูลยืนยันว่าเกิดจาก VCM ซึ่งมาจากการสลายตัวของ PVC จึงมีการออกกฎบังคับให้ควบคุมปริมาณ VCM ให้มีได้ไม่เกิน 1 พีพีเอ็ม ใน PVC และไม่เกิน 0.01 พีพีเอ็ม ในอาหารPVC เป็นพลาสติกที่มีการใช้มาก เช่น ฟิล์มยืดห่ออาหาร ถาดบรรจุอาหารทั่วไป ขวดบรรจุน้ำมัน และไขมัน เป็นต้น PVC สลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน และจะให้ VCM ออกมาปนเปื้อนอาหา ที่บรรจุ การสลายตัวนี้อาจเกิดตั้งแต่การผลิต ระหว่างการเก็บและการใช้งาน และจะเกิดอย่างต่อเนื่อง

4.7.2 สไตรีนมอนอเมอร์ (Styrene Monomer)

สไตรีนมอนอเมอร์ เป็นสารเริ่มต้นในการผลิตพอลิสไตรีน (Polystyrene หรือ PS) ที่นิยมใช้กันมากในการบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม มีทั้งภาชนะแบบใส และภาชนะโฟม สไตรีนมอนอเมอร์มีฤทธิ์ในการกดระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดความผิดปกติทางระบบประสาทและสภาพจิตใจ และมีผลต่อการทำงานของตับ ได้มีการทดสอบตรวจหาปริมาณของสไตรีนมอนอเมอร์ปนเปื้อนอาหาร โดยใช้สารละลายตัวแทนอาหารเอทานอล 8 % พบว่าการใช้ถ้วยโฟมตรวจพบ 27 ppb และแก้ว PS ใส ตรวจพบ 151 ppb นอกจากนี้ สไตรีนมอนอเมอร์จะมีผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของอาหาร เช่น อาหารมีกลิ่นพลาสติก เป็นต้น

4.7.3 ไดออกซิน (Dioxin)

ไดออกซินเป็นชื่อสามัญของสารประกอบพวก Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) และ Polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) เป็นสารพิษมีอันตรายรุนแรงต่อมนุษย์และสัตว์ เป็นสารก่อมะเร็งในหนูทดลอง มีแหล่งกำเนิดสำคัญจากกระบวนการฟอกสีเยื่อกระดาษด้วยสารคลอรีนการเผาขยะที่มีองค์ประกอบของ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และคลอไรด์ และจากควันท่อไอเสียรถยนต์ มีการตรวจพบไดออกซินในกล่องกระดาษบรรจุเครื่องดื่มและนม และพบว่ากระดาษที่ผลิตจากเยื่อเก่า (Recycled pulp) จะมีไดออกซินมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบไดออกซินในกระดาษกรองกาแฟ สำหรับกระดาษเคลือบ PE พบว่าไดออกซินในภาชนะบรรจุกระดาษสามารถเคลื่อนย้ายเข้ามาปนเปื้อนใน PE ได้ ทำให้เป็นข้อมูลยืนยันว่าไดออกซินในภาชนะบรรจุกระดาษสามารถเคลื่อนย้ายเข้ามาปนเปื้อนอาหารได้ แม้จะไม่ได้สัมผัสอาหารโดยตรง US – FDA ได้กำหนดค่า VSD หรือ Virtually Safe Dose ของไดออกซินที่ทำให้มีอัตราความเสี่ยง 1 ในล้าน ที่อาจเป็นโรคมะเร็งไว้ที่ 0.0576×10^{-12} กรัม / กิโลกรัมน้ำหนักร่างกาย

5. สารเมลามีน

เมลามีน (*melamine*) เป็นศัพท์ภาษาเยอรมันประกอบด้วยคำที่เป็นชื่อสารเคมี 2 คำ คือ *melam* อันเป็นสารที่ได้จากการกลั่น Ammonium thiocvanate และ *amine* เมลามีนเป็นสารอินทรีย์เคมีที่ Justus von Liebig นักเคมีชาวเยอรมันสังเคราะห์ขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1834 หรือ175 ปีมาแล้วจากการเปลี่ยนแปลง Calcium Cyamide เป็น Dicyamide ละลายได้เป็นแอมโมเนียแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์และเมลามีน มีสูตรเคมี $C_3H_6N_6$ สำหรับโครงสร้างทางเคมีประกอบด้วย 1 เบนซินริง และมี NH_2 group 3 ตัว แต่ในปัจจุบันการผลิตเมลามีนใช้ยูเรียเป็นวัตถุดิบโดยยูเรีย [6(NH_2)2CO] แตกตัวได้เป็นเมลามีน (C3H6N6) แอมโมเนีย (NH_3) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เมลามีนเดี่ยว ๆ เป็นพิษต่ำ ไม่เป็นพิษต่อสารก่อพันธุกรรมเมลามีนถูกใช้ในอุตสาหกรรมโดยผสมกับฟอร์มัลดีไฮด์ได้เมลามีนเรซินเป็น พลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยความร้อน ทนทานใช้ทำผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ภาชนะใส่อาหาร สารทำความสะอาดหมึกพิมพ์ กาว น้ำยาดับเพลิงในปี พ.ศ. 2547 ได้มีรายงานเมลามีนปนเปื้อนในอาหารสัตว์ทำให้สุนัขและแมวจำนวนมากในสหรัฐอเมริกาล้มป่วยและเสียชีวิตจากไตวายเช่นเดียวกับปี พ.ศ.2550 จนองค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกาสั่งเก็บอาหารสัตว์ร้อยกว่าชนิดจากจีน และผลการตรวจสัตว์ที่ตายพบผลึกเมลามีนไซยานูเรตในไต สำหรับประเทศไทยมีรายงานสุกรให้ความร้อนป่วยด้วยอาการซูบผอม ไตวายเสียชีวิตจากอาหารที่มีเมลามีนปนเปื้อนเมื่อปลายเดือนมิถุนายนพ.ศ. 2550 โดยผลการตรวจตัวอย่างอาหารด้วย Mass spectrometry พบสารเมลามีนเป็นตะกอนสีขาว นอกจากนี้เมื่อปลายปี พ.ศ. 2551 มีรายงานทารกจีน

ป่วยเกือบ 60,000 รายเนื่องจาก ดื่มนมปนเปื้อนเมลามีน โดยป่วยด้วยภาวะไตวายถึง 150 ราย เป็นนิ่วในไต 59 รายและเสียชีวิต4 รายอาการของทารกที่ป่วยจากการกินนมปนเปื้อนเมลามีน ได้แก่ ร้องไห้และมีก้อนแข็งออกมาขณะปัสสาวะ อาจอาเจียน ม่านตาหดตัวไตวายเฉียบพลัน ความดันโลหิตสูง บวมน้ำปวดเมื่อถูกบริเวณไตในประเทศจีนได้มีรายงานว่าการเติมเมลามีนในนมเกิดจากผู้ผลิตน้ำนมดิบเติมน้ำในน้ำนมจึงต้องเติมเมลามีนเพื่อให้ผลตรวจวิเคราะห์ของบริษัทที่ใช้น้ำนมดิบผลิตนมผงและอาหารเข้าใจผิดว่ามีปริมาณโปรตีนตามมาตรฐานนอกจากรายงานการปนเปื้อนเมลามีนในนมผงสำหรับทารกแล้วยังพบการปนเปื้อนของสารนี้ในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้นมเป็นส่วนประกอบ เช่น โยเกิร์ต คุกกี้ ช็อกโกแลต กาแฟกระป๋อง (นันทิยา ตัณฑชุณห์, 2550)

5.1 ลักษณะของเมลามีน

เมลามีนเป็นผงสีขาวคล้ายนมผง ละลายน้ำได้น้อย มีมวลสาร (Molar mass) 126.12 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 1,574 กิโลกรัมต่อลูกบาทศ์เมตร จุดหลอมเหลว 350 องศาเซลเซียสหรือ 662 องศาฟาเรนไฮต์ ละลายในน้ำที่ 20องศาเซลเซียสได้ 3.1 กรัมต่อลิตร เมื่อผสมน้ำได้สาร Colloid ดูคล้ายนมสด เป็นสารในกระบวนการสร้างและสลาย (Metabolite)ของ Cyromazine ซึ่งเป็นยาฆ่าแมลงชนิดหนึ่งที่เมื่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมกินหรือพืชดูดซึมเข้าไปสาร Cyromazine จะเปลี่ยนเป็นเมลามีนได้ จึงมีโอกาสตกค้างในอาหารแต่ปริมาณที่ตกค้างไม่เกินค่าเกณฑ์ความปลอดภัยเมลามีนไม่สันดาป (Metabolize) ในร่างกายแต่ขับถ่ายออกทางปัสสาวะมีค่าครึ่งชีวิต (Half life) 3 ชั่วโมง เมลามีนมีไนโตรเจนถึงร้อยละ 66 คิดเป็นปริมาณโปรตีนร้อยละ 417 จัดเป็น Non-protein nitrogen(NPN)ลักษณะดังกล่าวบ่งชี้ว่าเป็นเมลามีนที่มี คุณภาพเมลามีนที่คุณภาพดีใช้ทำเมลามีนเรซินรวมกับฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ได้พลาสติกชนิดทนความร้อน (Thermosettingplastic) ซึ่งไม่สามารถหลอมกลับมาใช้ใหม่ได้เหมือน Thermoplastic ใช้ทำพลาสติกทนความร้อนเครื่องครัว จานชามถุงพลาสติก พลาสติกห่ออาหาร ส่วนเศษที่เหลือหรือเมลามีนคุณภาพต่ำใช้ทำของใช้อื่น ๆ ที่มีราคาถูก เกิดอนุพันธ์ของเมลามีนหลายชนิดเรียก Melamine analogue ประกอบด้วย Ammeline, Ammelide, Cyanuricacid ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดวัสดุบุผิวหน้าเคาน์เตอร์ (Formica)น้ำยาดับเพลิง หมึกพิมพ์สีเหลืองกระดานขาวที่ลบได้ กาว ฉนวนไฟฟ้าและเก็บเสียง ผสมคอนกรีตทนแรงสูงยาฆ่าแมลง รวมถึงใช้ทำปุ๋ยด้วยแต่ใช้ในช่วงปีพ.ศ. 2495-2510 เท่านั้นเพราะว่าสลายให้ไนโตรเจนช้าจึงเลิกใช้ นอกจากนี้อนุพันธ์เมลามีนที่มีสารหนูใช้เป็นยารักษาโรค African trypanosomisis จะเห็นว่าเมลามีนเป็นสารที่ใช้ในชีวิตประจำวันอย่างต่อเนื่องเมลามีนที่รู้จักกันในชีวิตประจำวันเป็นพลาสติกที่ใช้ทำภาชนะใส่อาหารซึ่งหากทำจากเมลามีนคุณภาพดีก็สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยหากใช้อย่างถูกวิธี คือ ห้ามใช้ใส่อุ่นหรือประกอบอาหารในไมโครเวฟเพราะเมื่อถูกความร้อนสูงจะให้สารฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง

เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ แต่เนื่องจากเมลามีนมีปริมาณไนโตรเจนถึงร้อยละ 66 อีกทั้งเป็นผงสีขาวจึงถูกนำไปใช้ปนปลอมในอาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์นมเพื่อให้ผ่านมาตรฐานการตรวจเข้าใจผิดว่าเป็นโปรตีนในการตรวจด้วยวิธีที่วัดปริมาณไนโตรเจนไม่ใช่ตรวจวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยตรง ทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงและคนจากพิษของเมลามีน

5.2 อันตรายของเมลามีน

ตัวเมลามีนเดี่ยว ๆ มีความเป็นพิษต่ำมาก ไม่เป็นพิษต่อสารก่อพันธุกรรม แต่เมื่อให้ในปริมาณสูง ก็ทำให้เกิดมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะในหนูทดลอง เนื่องจากเมลามีนทำให้เกิดก้อนนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ ตัวก้อนนิ่วที่เกิดขึ้นก่อให้เกิดการระคายเคืองในกระเพาะปัสสาวะอยู่ตลอดเวลา กระตุ้นให้เกิดก้อนมะเร็งตัวเมลามีนเองไม่ได้ทำให้เกิดมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะโดยตรง แต่ก็ถือเป็นตัวการทางอ้อม แต่ถ้าเมลามีนเกิดไปเจอกับกรดไซยานูริก (Cyanuric acid) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ผลิตจากยูเรียเช่นเดียวกับเมลามีน และอาจมีการปนเปื้อนมากับ เมลามีน หรือมีการผสมไปกับอาหารหรืออาหารสัตว์เพื่อเพิ่มโปรตีน ก็จะเกิดผลึกเมลามีนไซยานูเรต (Melamine cyanurate) ซึ่งเป็นผลึกที่ไม่ละลายน้ำ ส่งผลให้เกิดนิ่วในไต ก้อนผลึกเล็ก ๆ จะอุดตันท่อในไต ทำให้ไม่สามารถผลิตปัสสาวะได้ ส่งผลให้ไตวายและทำให้เสียชีวิตได้ ในบางโอกาส เมลามีนยังก่อให้เกิดมะเร็งในสัตว์ แต่ยังไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะระบุว่าก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งในคน แม้ยังไม่เคยมีการศึกษาโดยตรงในคน แต่การศึกษาในสัตว์ทดลองก็พอจะคาดการณ์ถึงอันตรายต่อสุขภาพได้เช่นกัน

อาการที่อาจบอกได้ว่าได้รับพิษจากเมลามีน คือ อาการระคายเคือง มีเลือดในปัสสาวะ ปัสสาวะไม่ออกหรือออกน้อย อาการไตอักเสบ ความดันโลหิตสูง

สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา มีการกำหนดค่าปนเปื้อนสูงสุดที่ร่างกายได้รับต่อวันโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หรือ Tolerable Daily Intake (TDI) โดยสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ที่ 0.63 มก.ต่อ น้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม ขณะที่สหภาพยุโรปกำหนดไว้ที่ 0.50 มก.ต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัมดังนั้น ถ้าเรามีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม เราต้องได้รับเมลามีน 25 มก.ต่อวันถึงจะเป็นอันตราย

ในกรณีศึกษาเกี่ยวกับพิษของเมลามีนในคนพบว่าเมื่อสูดดมหรือสัมผัสสารพิษนี้ทำให้ระคายเคืองเกิดโพรงจมูกอักเสบ ตาและผิวหนังอักเสบ เมลามีนไม่มีพิษในปริมาณน้อย แต่ถูกย่อยสลายด้วยน้ำ (Hydrolyse) ในร่างกายเกิดกรดCyanuric แล้วเมลามีนจับกับกรด Cyanuric ได้ผลึกสารประกอบเชิงซ้อน Melamine cyanurateสีเหลืองที่ไม่ละลายน้ำแต่ตกตะกอนในไต ทำให้เกิดนิ่วในไต ไตวาย เสียชีวิตนอกจากนี้ผลึกเมลามีนอาจทำปฏิกิริยากับสารก่อนิ่วอื่น ๆ ที่มีในปัสสาวะของคนทั่วไปอยู่แล้ว เช่น แคลเซียมออกซาเลต กรดยูริก หรือฟอสเฟต เกิดผลึกเชิงซ้อน

ที่มีขนาดโตขึ้นอย่างรวดเร็วได้4สำหรับปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เมลามีนเป็นพิษต่อไตง่ายขึ้นมี 4 ปัจจัย ปัจจัยแรกได้แก่ปริมาณเมลามีนที่ได้รับ อันดับต่อมาคือความเข้มข้นของปัสสาวะถ้าเข้มข้นสูง เช่น ร่างกายขาดน้ำทำให้เมลามีนตกตะกอนได้ง่ายขึ้นในปัสสาวะดังนั้นถ้าดื่มน้ำมากก็ทำให้ปัสสาวะใส และเจือจางอาจช่วยชะลอการตกผลึกของเมลามีนในปัสสาวะ ปัจจัยที่สามคือถ้าปัสสาวะมีปริมาณสารก่อนิ่วอื่น ๆ เช่นแคลเซียมออกซาเลตเป็นจำนวนมากก็อาจเร่งให้เกิดผลึกเชิงซ้อนและกลายเป็นโรคนิ่วในไตเร็วขึ้น ปัจจัยสุดท้ายคือความต่อเนื่องของการได้รับสารเมลามีนสู่ร่างกาย เช่น เด็กทารกที่ได้รับต่อเนื่องทุกวันย่อมมีโอกาสเกิดนิ่วในไตได้ง่ายกว่าเด็กโต หรือผู้ใหญ่ที่ไม่ได้ดื่มนมผงแต่ดื่มนมโคสดที่ไม่มีสารเมลามีนปนเปื้อน หรือกินผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนมเนยเพียงเป็นครั้งคราว นอกจากนี้ประชาชนไทยและทารกที่มีภูมิลำเนาในภาคเหนือและ

หน่วยงานภาครัฐได้พิจารณาเกี่ยวกับเกณฑ์ความปลอดภัยของปริมาณเมลามีนในอาหารหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป (European Food Authority: EFSA) กำหนดค่าสูงสุดในการบริโภคเมลามีนโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อวันของคนและสัตว์ (tolerable daily intake: TDI) ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ส่วนองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (US FDA) กำหนดค่า TDI ของเมลามีน 0.63 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (รวมถึงนมสำหรับทารก) แต่ต่อมาลดเป็น0.063 มิลลิกรัมต่อวัน และองค์การอนามัยแคนาดา (Health Canada) กำหนดค่า TDI ของเมลามีน 0.35 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนองค์การอนามัยโลกกำหนดค่า TDIของเมลามีน 0.2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1กิโลกรัม2 สำหรับเกณฑ์ความปลอดภัยของปริมาณสารเมลามีนในอาหารตามกฎหมายไทยกำหนดให้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1กิโลกรัมสำหรับนมผงทุกชนิด และไม่เกิน 2.5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมสำหรับอาหารที่มีนมหรือองค์ประกอบของนมเป็นส่วนผสมตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป (นันทิยา ตัณฑชุณห์, 2550)

จากการศึกษาในปี ค.ศ. 1953 พบอันตรายของเมลามีนในสัตว์เลี้ยงในกรณีที่ให้สุนัขกินอาหารที่มีเมลามีนร้อยละ 3 เป็นเวลา 1 ปีโดยพบว่าปัสสาวะมีความถ่วงจำเพาะลดลง ปริมาณปัสสาวะเพิ่มขึ้น พบผลึกเมลามีน โปรตีนและเลือดในปัสสาวะการทดลองในหนูขาวใหญ่ในปี ค.ศ. 1984 เมื่อให้หนูกินอาหารที่ผสมเมลามีน 2-18 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าหนูมีนิ่วที่กระเพาะปัสสาวะและในระยะยาวมีนิ่วที่ไต ไตวายและมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ เนื่องจากเมลามีนรวมกับกรด Cyanuric ซึ่งเป็นสารเคมีที่ผลิตจากยูเรียเช่นเดียวกับเมลามีนทำให้เกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะแล้วระคายเคืองกระตุ้นให้เกิดมะเร็ง และผลึก Melamine cyanurate นี้ไม่ละลายน้ำทำให้เกิดนิ่วในไตได้อีกทั้งก้อนผลึกสีขาวที่เกิดที่ไตทำให้ปัสสาวะสีขาวขุ่น มีโปรตีนและเลือดขับออกทางปัสสาวะทำให้ไตวายและเสียชีวิต ส่วนผลของเมลามีน ในสัตว์เลี้ยงนั้นอาการ

ที่พบในหมูคือซูบผอมอุจจาระแข็งเป็นเม็ด ปัสสาวะมีกลิ่นเหม็นรุนแรงผิวหนังอาจเป็นมะเร็ง หากได้รับในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตอย่างเฉียบพลันจากไตวาย เมื่อผ่าซากพบไตแข็งมีสีเหลือง ผิวเป็นเม็ดน้อยหน่าสำหรับอาการในไก่พบว่าไตโตกว่าปกติ 3-4 เท่าอุ้งเท้าไก่เน่าเพราะมูลที่ขับถ่ายออกมาเหนียวมากส่วนในปลาไร้เกล็ด เช่น ปลาดุกทำให้ผิวสีดำ ตับและไตมีขนาดใหญ่และตายในที่สุด3 ข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าเมลามีนเป็นพิษทั้งในสัตว์เลี้ยงและสัตว์ทดลองการศึกษาพิษของเมลามีน พิษของกรด Cyanuric และพิษของเมลามีนร่วมกับกรด Cyanuric โดยการทดลองในแมวเริ่มจากการให้ เมลามีนในอาหารแมว 2 ตัวในปริมาณร้อยละ0.5 และร้อยละ 1 ตามลำดับ แล้วผสมกรด Cyanuric ในอาหารแก่แมวตัวหนึ่งในปริมาณร้อยละ0.2 แล้วเพิ่มเป็นร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 ในระยะเวลา 10 วัน ส่วนแมวอีกตัวหนึ่งเริ่มจากไม่ให้สารใดแล้วให้เมลามีนร่วมกับกรด Cyanuric ในอาหารเริ่มจากร้อยละ 0.2 แล้วเพิ่มเป็นร้อยละ0.5 และร้อยละ 1 จากการทดลองนี้ได้ผลว่าแมวที่ได้รับเมลามีนร่วมกับกรด Cyanuric เกิดอาการไตวายเฉียบพลันใน 48 ชั่วโมง ตรวจพบผลึกในท่อไตฝอย เนื้อไตบวมมากและมีเลือดออก(Severerenal interstitial edema & Hemorrhage) ขณะที่แมวที่ได้รับเมลามีนหรือกรด Cyanuric อย่างใดอย่างหนึ่งไม่พบความผิดปกติของไต การเปลี่ยนแปลงในไตตามลักษณะดังกล่าวได้มีรายงานไว้ในสุนัขที่กินอาหารที่มีเมลามีนปนเปื้อนนอกจากนี้การทดลองในหนูขาวใหญ่พบว่าเมื่อได้รับเมลามีนมากกว่า 63 มก./กก./วันเป็นเวลา 13 สัปดาห์ทำให้เกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ การทดลองในสัตว์ฟันแทะ (Rodent) พบอุบัติการของการเกิดนิ่วในตัวผู้มากกว่าตัวเมียและอุบัติการนี้ยังแตกต่างกันระหว่างสัตว์แต่ละชนิดซึ่งเชื่อว่าเนื่องจากความแตกต่างในการดูดซึมการกระจาย การสันดาปและการขับเมลามีนออกจากร่างกาย (Toxicokinetic) การศึกษาในสัตว์ทดลองส่วนใหญ่ไม่พบพิษต่อไตดังเช่นการศึกษาหนึ่งซึ่งศึกษาในหนูขาวใหญ่และสุนัขพบว่าเมลามีนในปริมาณสูงมีผลขับปัสสาวะโดยไม่มีพิษต่อไต แต่พบการเกิดมะเร็งกระเพาะปัสสาวะในหนูขาวใหญ่ตัวผู้ที่ได้รับเมลามีนในอาหาร 225มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อวันเป็นเวลา 103 สัปดาห์โดยไม่พบการเกิดมะเร็งนี้ในหนูขาวใหญ่ตัวเมียและหนู (Mice) ทั้งตัวผู้และ ตัวเมียที่ได้รับเมลามีนในขนาดและระยะเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ดีองค์การอนามัยโลกได้สรุปว่ามีหลักฐานเพียงพอจากการศึกษาในสัตว์ทดลองว่าเมลามีนเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ในสัตว์อันเป็นผลจากการทำให้มีนิ่วในกระเพาะปัสสาวะแต่ยังไม่พบหลักฐานการเป็นสารก่อมะเร็งในคนและยังไม่มีข้อมูลชัดเจนในคนว่าได้รับเมลามีนมากน้อยเพียงใดจึงจะเกิดโรคนิ่วในไต

5.3 การปฏิบัติตัวเมื่อสงสัยกินอาหารที่อาจปนเปื้อนด้วยสารเมลามีน

การปฏิบัติตัวอันดับแรกคือการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นมและผลิตภัณฑ์ที่มีนมเป็นส่วนประกอบให้ปลอดภัยโดยเมื่อเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารให้ดูฉลากซึ่งแสดงสถานที่ผลิต

ดูเครื่องหมาย อย. ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ขององค์การอาหารและยาดูภาชนะที่บรรจุว่าเรียบร้อย สะอาด ไม่บุบ ไม่มีรอยรั่วหรือฉีกขาด การจัดวางสินค้าไม่วางรวมกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นอันตรายและเก็บในอุณหภูมิที่เหมาะสม ไม่ซื้อนมผงที่แบ่งขายและผลิตภัณฑ์ที่ลักลอบนำเข้ามาจำหน่ายสำหรับอาการระคายเคืองที่ผิวหนังควรล้างด้วยน้ำสะอาด ถ้ามีอาการแพ้ให้ทาด้วยยาสเตียรอยด์ชนิดไม่แรงมาก แต่ถ้าอาการไม่ดีขึ้นควรปรึกษาแพทย์ ส่วนเมื่อสงสัยว่ากินอาหารที่มีเมลามีนปนเปื้อนโดยสังเกตอาการที่แสดงว่าอาจได้รับพิษจากเมลามีน ได้แก่ อาการระคายเคืองปัสสาวะมีเลือดปน ปัสสาวะไม่ออกหรือออกน้อย ไตอักเสบ ความดันโลหิตสูง ให้ดื่มน้ำเปล่าหรือน้ำผลไม้ให้มากกว่า 10-15 แก้วต่อวันเพื่อให้ปัสสาวะใสและเจือจางอันอาจช่วยชะลอการตกผลึกของเมลามีนในปัสสาวะ และ/หรือกินผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เช่น ส้ม สับปะรด ให้มากกว่า 4 ส่วน คือ 40 ชิ้นคำต่อวันถ้าไม่มีข้อห้ามอื่นทางการแพทย์ เพราะสาร Citrate ในผลไม้จะช่วยยับยั้ง ผลึกนิ่วไม่ให้โตขึ้น นอกจากนี้ให้สังเกตอาการที่อาจเกี่ยวเนื่องกับโรคนิ่วในไตหรือนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะ ได้แก่ อาการปวดเอวหรือปวดหลังด้านข้าง โดยเฉพาะปวดขัดหรือปวดร้าวเริ่มจากเอวลงล่าง ปัสสาวะขุ่นหรือสีแดง หรือตรวจ ปัสสาวะพบเม็ดเลือดแดง แต่อาการเหล่านี้ยังอาจเกิดจากโรคอื่นได้ อีกทั้งผู้ป่วยระยะเริ่มแรกมักไม่มีอาการ อย่างไรก็ดีเมื่อมีอาการที่อาจเกี่ยวเนื่องกับโรคนิ่วในไตควรไปปรึกษาแพทย์

นอกจากนี้ในผู้ประกอบการเลี้ยงสัตว์หากสงสัยว่าสัตว์เลี้ยงมีอาการจากการกินอาหารที่มีเมลามีนปนเปื้อน การแก้ไขในเบื้องต้นคือหยุดใช้อาหารสัตว์ที่สงสัยปนเปื้อน ส่งตัวอย่างอาหารเพื่อตรวจสอบว่ามีสารใดปนเปื้อน ให้การรักษาตามอาการและป้องกันโรคแทรกซ้อนผสมยาปฏิชีวนะที่ออกฤทธิ์กว้างคือ Amoxicillin ในอาหาร เสริมยาบำรุงประเภทกรดอะมิโนและวิตามินบีสิบสองในอาหาร และอาจผสมผงถ่าน ดูดซับพิษในอาหาร นอกเหนือจากการปฏิบัติตัวเมื่อสงสัยกินอาหารที่ปนเปื้อนเมลามีนรวมถึง การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นมและผลิตภัณฑ์ที่มี นมเป็นส่วนประกอบให้ปลอดภัยแล้ว เมลามีนที่รู้จักในชีวิตประจำวันคือใช้ทำภาชนะใส่อาหารจึงพึงรู้วิธีใช้ภาชนะเมลามีนให้ปลอดภัย (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2552)

5.4 การปนเปื้อนและปนปลอมของเมลามีนในอาหาร

การปนเปื้อนของเมลามีนในอาหารมีรายงานการปนเปื้อนในอาหารสัตว์ที่ทำให้สัตว์เลี้ยงจำนวนมากป่วยและเสียชีวิตจากไตวายในปี พ.ศ. 2547 และ2550 เกิดพิษทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรังโดยเฉพาะในรูปเกลือ Melamine cyanurate เกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ กระเพาะปัสสาวะ ไต และไตวายในสุนัขและสุกรโดยสัตว์มีอาการซูบผอม อาเจียน ปัสสาวะมาก มียูเรียคั่งในเลือด (Azotemia) และระดับฟอสเฟตในเลือดสูง(Hyperphosphatemia) แต่ระดับเอนไซม์ของตับในเลือดปกติในการระบาดใหญ่ทั้งสองครั้ง โดยไตมีสีเหลืองสด (ไตวาย) ผลตรวจทางพยาธิ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

วิทยาพบผลึกสีน้ำตาลเกาะติดในท่อไตฝอย (Diffusecrystal like fill in tubule) เนื้อไตอักเสบรุนแรง (Severe chronic diffuse interstitial nephritis) และมีพังผืด (Fibrotic change) อีกทั้งตรวจพบเมลามีนและกรด Cyanuric ในไต ซึ่งภาวะไตวายในสัตว์จากอาหารสัตว์ในปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2550 มีอาการทางคลินิก จุลพยาธิวิทยาและการตรวจพบสารพิษคือเมลามีนเหมือนกันแสดงว่าเกิดจากสาเหตุเดียวกันโดยอาหารสัตว์เหล่านั้นมีส่วนประกอบเป็นโปรตีนข้าวสาลี (Gluten) ที่นำเข้าจากจีนที่ผู้ขายจีนใช้ชื่อว่าไบโอโปรตีนหมายถึงโปรตีนเทียมผลการวิเคราะห์อาหารสัตว์ (Gluten) ด้วยวิธีแยกองค์ประกอบของสาร (High performanceliquid chromatography: HPLC) และวิธี Mass spectometry พบสารประกอบ Triazine ได้แก่เมลามีนและ Cyanuric acid เป็นส่วนใหญ่พบ Ammeline, Ammelide, Ureidomelamine, Methlmelamineปริมาณไม่มาก จึงสรุปว่า Glutenในอาหารสัตว์มีเมลามีนและCcyanuric acid ซึ่งเป็นผลึกที่ไม่ละลายน้ำไปอุดตันท่อไตทำให้ไตวายเมื่อสัตว์เลี้ยง เช่น วัวกินอาหารสัตว์ที่มีเมลามีนผสมก็จะผลิตน้ำนมที่มีโปรตีนในน้ำนมต่ำกว่าร้อยละ 3 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่โรงงานนมจะรับซื้อคนเลี้ยงวัวในจีนก็เติมเมลามีนในน้ำนมเพื่อให้ผลการตรวจมีปริมาณไนโตรเจนซึ่งใช้ตรวจแทน ปริมาณโปรตีนสูงถึงเกณฑ์มาตรฐานและมีรายงานพบเมลามีนปะปนในอาหารสัตว์ อาทิปลาป่น รำสกัดโปรตีนจากพืช โปรตีนจากวุ้นเส้นทำให้สัตว์ในสวนสัตว์ของจีนเป็นโรคไต ในกรณีดังกล่าวเป็นสิ่งที่ต้องสนใจอย่างยิ่งเพราะประเทศไทยซื้อผลิตภัณฑ์เหล่านี้จากจีนย่อมเกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมปศุสัตว์อย่างแน่นอน

รัฐบาลจีนได้ยอมรับการปนเปื้อนของเมลามีนในผลิตภัณฑ์นมตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2551โดยผลิตภัณฑ์นมของบริษัทจีน 22 บริษัท เป็นนมผงมากกว่า 70 ชนิด มีผลิตภัณฑ์ถึง 109 ผลิตภัณฑ์ที่มีเมลามีนปนเปื้อน โดยเฉพาะบริษัท Sanlu ซึ่งตรวจพบเมลามีนในตัวอย่างทั้ง11 ตัวอย่างที่ส่งตรวจ ส่งผลให้ต้องทำลายผลิตภัณฑ์นม 2.76 ตันในโกดังและต้องเรียกคืนผลิตภัณฑ์นมผงที่ใช้เลี้ยงทารกถึง 700 ตัน ทำให้พ่อแม่ชาวจีนจากแผ่นดินใหญ่ไปซื้อนมผงที่ฮ่องกงจำนวนมาก นอกจากนี้ได้มีเหตุการณ์ทารกเสียชีวิต 13 คนเมื่อปี พ.ศ. 2547 เนื่องจากได้รับนมที่มีคุณภาพต่ำ

ข้อมูลดังกล่าวพอจะสรุปได้ว่าการผลิตอาหารสำเร็จรูปบริษัทผู้ผลิตได้ใส่สารอาหารโปรตีนผสมเพื่อให้มีปริมาณสารอาหารโปรตีนเพียงพอตามเกณฑ์มาตรฐาน ถ้าบริษัทผู้ผลิตต้องการลดต้นทุนการผลิตและเอาเปรียบลูกค้าก็นำสารอื่นที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงแต่ราคาถูกเช่น Gluten ที่สกัดจากข้าวสาลีซึ่งมีเมลามีนปนเปื้อนมาปนปลอม (Adulterate) ในอาหารสัตว์เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์เข้าใจผิดว่ามีปริมาณโปรตีนสูง นอกจากนี้ดิน น้ำ พืช ผัก เนื้อสัตว์ก็มีโอกาสปนเปื้อนเมลามีนไม่ใช่เฉพาะผลิตภัณฑ์นมหากการปลูกพืชที่เป็นอาหารสัตว์ได้ผสมเมลามีนลงในดินเพื่อเพิ่มโปรตีนและเร่งการเจริญเติบโต

5.5 การตรวจหาเมลามีนในอาหาร

เนื่องจากเมลามีนถูกปนเปื้อนตลอดสายการผลิตอาหาร หน่วยงานที่รับผิดชอบจึงต้องพิจารณาตรวจหาเมลามีนในอาหารทั้งที่โดยปกติไม่ได้ตรวจนอกจากในด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการใช้ภาชนะพลาสติกและการปนเปื้อนจากยาฆ่าแมลง อาจเนื่องจากความเป็นพิษต่ำโดยระดับปริมาณสารพิษที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 (LD50) (กฤษฎา และ พรรณวดี, 2552) ของเมลามีนคือ 3,248 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับเกลือแกงที่มีค่า LD50 เท่ากับ 3,000 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 2 และราคาค่าตรวจแพง การตรวจมี 7 วิธี ได้แก่ วิธี Enzyme immunoassay วิธีแยกองค์ประกอบของสาร (High performance liquid chromatography: HPLC) ใช้เวลาตรวจประมาณ1 ถึง 2 ชั่วโมง วิธี High Performance Liquidchromatography with Diode Array Detection (HPLCDAD) วิธี Mass spectometry (MS) ซึ่งใช้เวลาตรวจประมาณ 10 ถึง 20 นาทีวิธี Ultraperformance liquid chromatography with tandem Mass spectrometry (UPLC-MS) วิธีที่นิยมใช้ทดสอบเบื้องต้น ทางการค้าคือ ชุดทดสอบเมลามีนของอาจารย์เยาวมาลย์ ค้าเจริญ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (Melamine plate kit) ซึ่งสามารถตรวจพบเมลามีนที่ระดับ 0.2 มก./มล. วิธีสุดท้ายเป็นการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์นั้นผู้ตรวจต้องผ่านการฝึกอบรมและต้องมีความชำนาญโดยจะเห็นสารเมลามีนเป็นผลึกแววววาวสีแตกต่างกัน มักมีสีเหลืองหรือขาว

สหรัฐอเมริกา และ WHO International Food Safety Authorities Network (INNFOSAN) (US.FDA, 2009) ได้กำหนดวิธีการวิเคราะห์เมลามีนในอาหารและอาหารสัตว์ไว้ดังนี้

5.5.1 LC-MS/MS ปัจจุบันเป็นวิธีที่น่าเชื่อถือมากที่สุด เป็นวิธีที่สามารถหาเมลามีนและอนุพันธ์ของ เมลามีนในอาหารทุกชนิด มีความไวและความจำเพาะสูง สามารถวิเคราะห์หาปริมาณเมลามีนได้ในระดับ 25-200 ppb ขึ้นกับชนิดของอาหาร

5.5.2 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay เป็นวิธีที่สามารถใช้หาปริมาณเมลามีนในผลิตภัณฑ์ บางประเภท เช่น นม นมผง โปรตีนจากแป้งข้าวสาลี สามารถวิเคราะห์หาปริมาณเมลามีนได้ในระดับ 0.1 -10 พีพีเอ็ม ขึ้นกับชนิดของอาหาร

5.5.3 GC-MS เป็นวิธีที่สามารถหาเมลามีนและอนุพันธ์ของเมลามีนได้ในอาหารตัวอย่างทุกชนิด และสามารถวิเคราะห์หาปริมาณเมลามีนได้ในระดับ 2 พีพีเอ็ม

5.5.4 HPLC-UV เป็นวิธีที่สามารถใช้หาปริมาณเมลามีนในผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น เนื้อสัตว์ นม นมผง โปรตีนจากแป้งข้าวสาลี และอาหารสัตว์ สามารถวิเคราะห์หาปริมาณเมลามีนได้ในระดับ 25 ppb-100 พีพีเอ็ม ขึ้นกับชนิดของอาหาร

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบตรวจสอบโดยตรงจากกล้องจุลทรรศน์ (โดยผู้ตรวจต้องมีความชำนาญและฝึกอบรมการตรวจสอบคุณภาพอาหารด้วยกล้องจุลทรรศน์มาก่อน) ซึ่งใช้ทดสอบการปนเปื้อนของ เมลามีนในอาหารสัตว์และโปรตีนจากแป้งข้าวสาลี โดยจะเห็นเป็นคริสตัลแววววาวแต่วิธีนี้ไม่สามารถบอกถึงปริมาณของเมลามีนได้

สำหรับประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการหลายแห่งที่สามารถตรวจสอบการปนเปื้อนของ เมลามีนในอาหารได้โดยใช้วิธีการ Chromatography โดยหน่วยงานที่ได้รับมอบหมายให้ทำการตรวจสอบสารเมลามีนในอาหารในขณะนี้ คือ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาร่วมกับกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานที่รับตรวจสอบเมลามีนในอาหาร เช่น ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, บริษัท เอส จี เอส (ประเทศไทย) จำกัด, บริษัท ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร จำกัด เป็นต้น

มาตรฐานสารเมลามีนที่ปนเปื้อนในอาหาร ตามมาตรฐาน ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเรื่อง กำหนดเงื่อนไขอาหารที่ตรวจพบสารเมลามีนและสารในกลุ่มเมลามีน (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2552)

5.6 วิธีการทดสอบสารเมลามีน โดยชุดทดสอบสารเมลามีน ของอาจารย์เยาวมาลย์ ค้าเจริญ มหาวิทยาลัยขอนแก่น(เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, 2551)

5.6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เมลามีน

5.6.1.1 เครื่องชั่งอย่างละเอียด (Analytical balance)

5.6.1.2 เครื่องย่อยอาหาร

5.6.1.3 เครื่องปั่น

5.6.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เมลามีน

5.6.2.1 หลอดแก้วทดลอง (Test Tube)

5.6.2.2 ปิเปต(Measuring Pipette)

5.6.2.3 กระบอกตวง (Cylinder)

5.6.2.4 จานหลุม

5.6.2.5 น้ำกลั่น

5.6.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

5.6.3.1 ชุดทดสอบสารเมลามีน ของ อาจารย์เยาวมาลย์ ค้าเจริญ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

5.6.4 ขั้นตอนการทดสอบสารเมลามีน

5.6.4.1 เตรียมและตวงสารละลาย standard Melamine โดยการหยดสารละลายในน้ำกลั่นจำนวน 2-3หยด น้ำกลั่น 1 ml และหยดชุดทดสอบ จำนวน 2-3 หยด จะได้สีเป็นสีของสารละลาย standard Melamine

5.6.4.2 นำเนื้อหน่อไม้ในส่วนที่ต้องการมาปอกแยกผิวและเนื้อแล้วสับให้ละเอียดแล้วนำไปปั่น ชั่งตัวอย่าง ปริมาณ 10 กรัม ใส่ถาดหลุมที่ 1 ทดสอบด้วยสาร ทดสอบเมลามีน จำนวน 1 -2 หยด แล้วเทียบสีกับสารละลาย standard Melamine

5.6.4.3 นำตัวอย่างหน่อไม้จากการปั่น ปริมาณ 10 กรัม ใส่ถุงพลาสติกเต็มน้ำกลั่น นำเข้าเครื่องตีอาหาร ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างหน่อไม้ ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่ 1 แล้วเต็มน้ำกลั่น 8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (ทำการเจือจาง 2 : 10)

5.6.4.4 ปิเปตตัวอย่างหน่อไม้ที่ละลายในน้ำกลั่นจากข้อ 3 ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เทลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่น ปริมาณ 8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (ทำการเจือจาง 2 : 100)

5.6.4.5 ปิเปตตัวอย่างอาหารที่ละลายในบัพเฟอร์จากข้อ 4 ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เทลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่น ปริมาณ 8 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (ทำการเจือจาง 2 : 1000)

5.6.4.6 เทียบสีกับสารละลาย standard Melamine ที่ อัตราส่วน2, 2:10, 2:100, 2:1000

5.6.5 การรายงานผลการตรวจวิเคราะห์

5.6.5.1 หาปรากฏสีแดงแสดงว่าพบสารเมลามีนในตัวอย่าง

5.6.5.2 เทียบสีกับสารละลาย standard Melamine ที่ อัตราส่วน1:1000 จะวัดการปนเปื้อนได้ความเข้มข้นของการปนเปื้อนสารเมลามันมีปริมาณ 2 ppm

5.6.6 การแปลผลการทดลอง

จากความเข้มข้นของการปนเปื้อนสารเมลามีน เมื่อเทียบสีกับสารละลาย standard Melamine ที่ อัตราส่วน1:1000 จะวัดการปนเปื้อนได้ความเข้าข้นของการปนเปื้อนปริมาณ 2 ppm ในการทดลองอัตราส่วน 2 : 1000 จะได้ค่าการปนเปื้อนสารเมลามีน ความเข้มข้นในช่วง 4 ppm มีการปนเปื้อนในตัวอย่างมากกว่า 2.5 ppm แสดงว่า ไม่ได้มาตรฐาน

Positive ที่ 2 ml แสดงว่า มีการปนเปื้อนสารเมลามีนในเบื้องต้น หรือ 0.00

Positive ที่ 2: 10 แสดงว่ามีการปนเปื้อนที่ความเข้มข้นของสารเมลามีน 0.04 ppm

Positive ที่ 2:100 แสดงว่ามีการปนเปื้อนที่ความเข้มข้นของสารเมลามีน 0.4 ppm

Positive ที่ 2:100 0แสดงว่ามีการปนเปื้อนที่ความเข้มข้นของสารเมลามีน 4 ppm
เมื่อทดสอบ Positive ที่ 2: 1000 แสดงว่า มีการปนเปื้อนสารเมลามีนที่ไม่ได้มาตรฐาน

6. สารตะกั่ว

ตะกั่วเป็นโลหะอ่อน สีเทาเงินหรือแกมน้ำเงิน มีจุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส แต่ในการเชื่อมบัดกรี ใช้ผสมกับดีบุก ทำให้จุดหลอมเหลวลดลงเหลือ 200 องศาเซลเซียส พบได้ทั่วไปทั้งในดิน หิน น้ำ พืช,และอากาศ โดยเฉลี่ยในหินจะมีตะกั่วอยู่ 13 มิลลิกรัมต่อหิน 1 กิโลกรัม (13 พีพีเอ็ม) เช่น ในหินอัคนีพบประมาณ 10 - 20 พีพีเอ็ม ในหินตะกอนพบประมาณ 10 - 70 พีพีเอ็ม แร่ที่มีตะกั่วผสมอยู่ได้แก่ แร่กาลีนา (Galena, Pbs) แร่เซอรัสไซท์ (Cerrussite, $PbCO_3$) แร่อะไนลีไซท์ (Anylesite, $PbSO_4$) ในดินพบคล้ายในหิน คือประมาณ 5 - 25 มิลลิกรัม ต่อดิน 1 กิโลกรัม (5-25 พีพีเอ็ม) ในน้ำ โดยเฉพาะน้ำบาดาล พบในอนุภาคขนาดเล็ก ประมาณ 1-60 พีพีเอ็ม ในทะเลสาบ และแม่น้ำ พบประมาณ 1-10 พีพีเอ็ม แต่ในน้ำทะเลพบตะกั่วน้อยกว่าน้ำจืด โดยพบ 0.08 - 0.04 พีพีเอ็ม ในอากาศบริเวณห่างไกลชุมชนพบประมาณ 0.0006 ไมโครกรัม ต่ออากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.) แต่บริเวณชุมชนพบมากถึง 0.001 ไมโครกรัมต่ออากาศ 1 ลบ.ม. ในพืชโดยทั่วไปพืชขนาดใหญ่พบประมาณ 1.0 พีพีเอ็ม (ของเนื้อไม้แห้ง) ในพืชผัก พบประมาณ 0.1 - 1.0 พีพีเอ็ม (ของพืชแห้ง)

การผลิตภาชนะพลาสติก ทำโดยนำเม็ดพลาสติกมาผสมกับวัตถุบางชนิด เพื่อช่วยให้เนื้อพลาสติกมีความคงตัวหรืออ่อนตัว เหมาะสมต่อการนำภาชนะไปใช้งาน และอาจเติมสีเพื่อให้เกิดความสวยงาม หากการผลิตไม่คัดเลือกเม็ดพลาสติกที่มีคุณภาพ และไม่ควบคุมวิธีการผลิตให้ดีแล้ว อาจทำให้มีวัตถุดิบจากเม็ดพลาสติกที่เรียกว่า มอนอเมอร์ และวัตถุที่ผสมในการผลิตสี และโลหะบางชนิด ละลายออกมาปนเปื้อนอาหารได้

6.1 การดูดซึมของสารตะกั่ว

สารตะกั่วสามรถเข้าสู่ร่างกายได้หลายวิธีทั้งทางเดินอาหารและทางเดินหายใจ ร่างกายจะสามารถดูดซึมสารตะกั่วจากทางเดินอาหารได้ร้อยละ 11 ในผู้ใหญ่แต่สำหรับเด็กจะดูดซึมได้ร้อยละ 30-75 จะเห็นได้ว่าหากมีสารตะกั่วในอาหารทางเดินอาหารของเด็กจะดูดซึมได้ดีมาก เด็กที่ขาดอาหาร ขาดธาตุเหล็ก ขาดธาตุแคลเซียม หรืออาหารมันๆจะเพิ่มการดูดซึมสารตะกั่ว ส่วนทางเดินหายใจร่างกายจะสามารถดูดซึมได้ร้อยละ 50 ทางผิวหนังจะดูดซึมสารตะกั่วได้น้อย โลหะเป็นสารที่พบอยู่ทั่วไปทุกแห่งหนการปนเปื้อนของโลหะในอาหารของมนุษย์ มีสาเหตุที่มาสำคัญ 3ประการ คือ

6.1.1 จากธรรมชาติ คือในดิน น้ำ อากาศ พืชและสัตว์ ตามวงจรธรรมชาติ

6.1.2 จากของเสียทางอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นโรงงานผลิตสารเคมี ถลุงโลหะ หล่อหรือผสมโลหะ ฯลฯ โลหะที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมจะมีทั้งก๊าซ ของเหลว และของแข็ง

6.1.3 จากกระบวนการผลิตอาหาร เช่น การสัมผัสระหว่างอาหารกับเครื่องจักรและอุปการณ์ระหว่างผลิต และโลหะจากภาชนะบรรจุอาหาร

6.2 การเข้าสู่ร่างกายของตะกั่ว ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง ได้แก่

6.2.1 ทางปากโดยการรับประทานอาหาร เครื่องดื่ม หรือยาที่มีตะกั่วปนเปื้อนอยู่การใช้เครื่องใช้หรือภาชนะต่างๆที่ปนเปื้อนตะกั่ว และการอมเครื่องใช้ต่างๆที่มีตะกั่วปนเปื้อน รวมถึงการสัมผัสเครื่องใช้ที่มีตะกั่วปนเปื้อนและไม้ล้างมือก่อนรับประทานอาหาร

6.2.2 ทางจมูก โดยการหายใจเอาควัน ไอระเหย ฝุ่นละอองตะกั่วที่มีอยู่ในอากาศเข้าสู่ปอด

6.2.3 ทางผิวหนัง โดยการสัมผัสกับสินค้าอุปโภคบริโภคที่มีสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วเจือปนเท่านั้น เช่น การล้างมือด้วยน้ำมันเบนซินหรือเมื่อน้ำมันเบนซินหกใส่ผิวหนัง จะทำให้ตะกั่วซึมผ่านผิวหนังและเขาสู่ระบบไหลเวียนเลือดของร่างกาย

6.3 พิษของสารตะกั่ว ตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ก่อให้เกิดความเป็นพิษได้2 ลักษณะ ได้แก่

6.3.1 ความเป็นพิษเฉียบพลัน ผู้ได้รับตะกั่วจะรู้สึกฝืดคอ มีกลิ่นโลหะในปาก กระหายน้ำ คอแห้ง ปวดแสบหน้าท้องคลื่นไส้ อาเจียน อาเจียนอาจมีลักษณะขาวขุ่นจากเลดคลอไรด์ ผู้ได้รับตะกั่วต่อวันมากจะมีอาการท้องร่วง และส่วนน้อยท้องผูก อุจจาระมีเลือดหรือมี สีดำอันเนื่องมาจากเลดซัลไฟด์ ผู้ได้รับตะกั่วบางรายอาจเกิดอาการช็อก กล้ามเนื้อกระตุก อ่อนเพลีย เป็นตะคริว โดยเฉพาะที่ขาทั้งสองข้าง หรือมีอาการของระบบประสาทส่วนกลาง เช่น ปวดศรีษะ นอนไม่หลับ หรืออาจมีอาการผิดปกติที่ไร้สาเหตุ เช่นรู้สึกชา ซึมเศร้า ถึงขั้นโคม่าและเสียชีวิตในที่สุดอาการที่รองลงไป ได้แก่ภาวะไตเสื่อม ทำให้ปัสสาวะน้อยลงกว่าปกติมีอัลบูมิน และมีเมือกในปัสสาวะ เจ็บไต นอกจากนี้จะมีการสลายตัวของเม็ดเลือดแดง อาจทำให้เสียชีวิตได้ภายใน 2-3 วัน

6.3.2 ความเป็นพิษเรื้อรัง

พิษเรื้อรังของตะกั่ว คือ ค่อยๆแสดงอาการออกมา ภายหลังจากได้รับสารตะกั่วทีละน้อย เข้าสู่ของเหลว ในร่างกาย และ ค่อยๆสะสม ในร่างกาย จนถึงระยะเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นปี จึงแสดงอาการ ส่วนมาก เกิดกับบุคคลที่มีอาชีพที่สัมผัสกับตะกั่ว ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าทางใด จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ไปจับกับเม็ดเลือดแดง แทนที่เหล็ก (Fe+2) ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็น ในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมี

ผลให้ ปริมาณเหล็กในน้ำเหลือง เพิ่มขึ้นผิดปกติ ตะกั่วบางส่วน ไปสะสมในกระดูก ตะกั่ว (Pb+2) จะเข้าไปแทนที่ แคลเซียม (Ca+2) ซึ่งเป็นโลหะ ที่จำเป็นในการสร้างกระดูก และฟัน ทำให้มีอาการปวดตามข้อ กระดูกผุ และหักง่าย ถ้าไปสะสมที่รากฟัน ทำให้เห็นสีม่วง หรือสีดำบริเวณเหงือก บางครั้งเรียกว่า เส้นตะกั่ว (Lead line) ฟันหลุดได้ง่าย มีผู้วิจัย พบว่าตะกั่ว สามารถเกาะกับกระดูกในร่างกาย ได้นานถึง 32 ปี และยังสะสมในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาท และสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้

อาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น เบื่ออาหาร ท้องผูก เป็นตะคริวที่หน้าท้อง

อาการทางระบบประสาท เช่น ข้อมือตก เป็นอัมพาต ไม่มีแรง แต่ยังคงมีความรู้สึก

อาการทางสมองหรือเยื่อหุ้มสมองอักเสบ อาการนี้พบน้อยในผู้ใหญ่ส่วนมากมักจะ เกิดขึ้นกับเด็ก เช่นเด็กที่กำลังร่าเริงว่องไว อยู่ดีๆ ก็หมดสตินานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จากสถิติผู้ป่วยที่มีอาการทางสมองบางรายเสียชีวิต ประมาณร้อยละ 25 ของผู้รอดชีวิตอาจมีอาการทางประสาทอย่างถาวร

6.3.2.1 ผลกระทบที่มีต่อผู้ใหญ่

1) อาการทางระบบทางเดินอาหารที่พบบ่อย ได้แก่เบื่ออาหาร คลื่นไส้อาเจียน ท้องผูก บางรายท้องเสียและปวดท้อง อย่างรุนแรง (เรียกว่า “โคลิก”)

2) อาการทางระบบประสาทที่พบบ่อย ได้แก่กล้ามเนื้อแขนขาไม้มีแรง ปวดตามกล้ามเนื้อและ ข้อต่อต่างๆกล้ามเนื้อเป็นอัมพาต

3) อาการทางโลหิตที่พบบ่อย ได้แก่เลือดจางซีดขาว อ่อนเพลีย ปวดศรีษะ มึนงง ตัวและ ตาเหลือง

6.3.2.2 ผลกระทบที่มีต่อเด็ก

1) ระบบประสาท – ตะกั่วจะทำลายระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย ซึ่งเด็กอายุน้อย ระบบประสาทจะถูกทำ ลายมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้น จึงเป็นอันตรายต่อเด็กเล็กเป็นอย่างยิ่ง

2) ระบบปัสสาวะ – ทำลายไตและทำให้ที่กรองปัสสาวะฝ่อลีบ

3) ระบบเลือด – ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกง่าย และขัดขวางการสร้างฮีมทำให้ซีดและ โลหิตจาง

4) ระบบทางเดินอาหาร – ทำให้ปวดท้องและเกร็งกล้ามเนื้อท้อง

5) การเจริญเติบโต – ในกรณีที่มีตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 25 ไมโครกรัมใน ในเลือด 1 เดซิลิตร จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเด็ก ทำให้เด็กเจริญเติบโตไม่สมกับอายุ

ตารางที่ 3 มาตรฐานกฎหมายคุณภาพอาหารที่มีสารปนเปื้อนอาหาร จากภาพชนะบรรจุ

กฎหมาย	สารปนเปื้อน	ข้อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้
ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 295 (พ.ศ.2548)เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุพลาสติก การใช้ภาชนะบรรจุพลาสติกและการห้ามใช้วัตถุใดเป็นภาชนะบรรจุอาหาร	โลหะหนัก (คำนวณเป็นตะกั่ว)	1 มิลลิกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย
ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน	สารตะกั่ว	1 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม

ที่มา: ภาชนะบรรจุอาหารในกฎหมายไทย. (2553) อ้างเมื่อ 1 กรกฎาคม 2553. จาก: www.dss.go.th/dssweb/starticles/files/sti_12_2550-package.pdf

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2535) ได้ศึกษาภาชนะโพลิเอทิลีนและโพลิโพรพิลีนสำหรับบรรจุอาหาร โดยได้เก็บตัวอย่างพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนและโพลิโพรพิลีนรูปร่างลักษณะและสีต่าง ๆ กันรวม 119 ตัวอย่าง วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างพลาสติกมาสกัดด้วยน้ำมันที่ร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่า มีสีละลายออกมาเมื่อสกัดด้วยน้ำมันร้อนจากตัวอย่าง ถุงพลาสติกชนิดหูหิ้ว 12 ตัวอย่าง พลาสติกแผ่นบางและ ถุงพลาสติก 1 ตัวอย่าง จานและชามพลาสติก 3 ตัวอย่าง กล่องพลาสติก 13 ตัวอย่าง ถ้วย ถัง และขวดพลาสติก 6 ตัวอย่าง ถังพลาสติก 13 ตัวอย่าง ส่วนขวดพลาสติกผ่านการทดสอบทุกตัวอย่าง ตัวอย่างที่มีสีละลายออกมาส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างที่มีสี เช่น สีชมพู สีเขียว สีฟ้า สีเหลือง สีแดง สีส้ม สีน้ำเงิน ส่วนตัวอย่างที่มีสีอ่อนๆ และไม่มีสี ไม่มีสีละลายออกมาเมื่อสกัดด้วยน้ำมันร้อน

ภัทรานี เลิศพัฒนคม (2538) การศึกษาปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนลงในอาหารจากภาชนะที่ใช้ในการทำอาหารให้สุกด้วยเตาไมโครเวฟ โดยวิเคราะห์หาปริมาณ ตะกั่วที่ปนเปื้อนลงในอาหารตามวิธีวิเคราะห์ของ Association Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วจากภาชนะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0065 - 0.0365 พีพีเอ็ม. โดยภาชนะพลาสติกภายในประเทศมีปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วมากที่สุดทั้งจาก วิธีการตุ๋นและผัด ทั้งนี้ปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนลงในอาหารจากภาชนะทุกชนิดมีปริมาณต่ำกว่าที่กำหนดให้ มีได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

นภาพร พินิจ (2540) ศึกษาปริมาณตะกั่ว ซึ่งละลายออกมาจากภาชนะเซรามิกส์ที่บรรจุอาหารจานเดียว ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยว และราดหน้า การศึกษา ครั้งนี้วัดปริมาณตะกั่วด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการวิจัยปรากฏว่าปริมาณตะกั่วที่ละลายออกมาจากภาชนะเซรามิกส์และตรวจพบในก๋วยเตี๋ยวในชามกลม มีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาหารที่ อุณหภูมิต่ำและพีเอชต่ำ (พีเอช 3.5-4.0) เมื่อใช้เวลานาน 20 นาที และที่อุณหภูมิสูง พีเอชต่ำ (พีเอช 3.5-4.0) ปริมาณตะกั่วสูงเกินมาตรฐานในทุกช่วงเวลา แต่เมื่อใช้เวลานานขึ้นเป็น 20 นาที ปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานที่ ช่วงพีเอช 3.5-5.0 และทุกช่วงเวลา แต่เมื่อเวลานาน เป็น 20 นาที ตะกั่วที่ตรวจพบเกินมาตรฐานที่ช่วงพีเอช 5.0-5.5 ด้วย สำหรับปริมาณตะกั่วที่ค่าพีเอชอื่นๆ ทั้ง อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำในทุกช่วงเวลาไม่เกินมาตรฐาน ส่วนปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในราดหน้าในจานกลมนั้นปรากฏว่า ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง ในช่วงพีเอช 4.5-6.0 และทุกช่วงเวลานั้น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นที่อุณหภูมิต่ำ ที่พีเอชต่ำ (4.0-4.5) และเวลานาน 20 นาที และที่ อุณหภูมิสูง พีเอช 4.0-4.5 เวลานาน 10 และ 15 นาที และพีเอช 4.5-5.0 เวลานาน 15 และ 20 นาทีมีปริมาณ ตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน จากการใช้ค่าสถิติทดสอบสมมุติฐานพบว่า พีเอชของ อาหารจานเดียวมีผลต่อการละลายของตะกั่วจากภาชนะเซรามิกส์ ทุกประเภท ส่วนอุณหภูมินั้นพบว่าอุณหภูมิของอาหารจานเดียวมี ผลต่อปริมาณตะกั่วที่ละลายออกมาจากภาชนะเซรามิกส์ชนิด

ปราณี วิเศษ (2540) ได้ทำการศึกษาความปลอดภัยของภาชนะพลาสติก โพลิเอธิลีน โพลิโพรพิลีน และเมลามีน ในการนำไปใช้บรรจุอาหาร วิเคราะห์ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 1247-2537 และใช้เกฑณ์มาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111 (2531) ทำการสุ่มตรวจ ภาชนะพลาสติกจำนวนตัวอย่าง 53 ตัวอย่าง พบว่า พลาสติกโพลีโพรลิเอธิลีน 26 ตัวอย่าง โพลิโพรพิลีน 22 ตัวอย่าง และเมลามีน 53 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ พลาสติกโพลีโพรลิเอธิลีน 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 15.4 ส่วนภาชนะ โพลิโพรพิลีน และเมลามีน ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ภาวนาฏ เสมตรสุต (2540) การศึกษาชนิดและความปลอดภัยของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารและผลิตภัณฑ์การเกษตร เพื่อวิเคระห์คุณภาพในภาชนะบรรจุอาหารอาหาร พลาสติกชนิด

โพลีพรอพิลีน 119 ตัวอย่าง พบว่า สำหรับสารที่ละลายออกมา (Migration test) ที่ศึกษาวิเคราะห์ คือ ฟีนอล, ฟอร์มัลดีไฮน์, โปรแตสเซียมเพอร์มังกาเนต ที่ใช้ทำปฏิกิริยา โลหะหนัก ได้วิเคราะห์คุณภาพของเนื้อพลาสติก(Material test) คือ ตะกั่ว แคดเมียม Volatilc substances และ Styrene monomer ปริมาณของสารตกค้างในเนื้อพลาสติก และ ปริมาณของสารที่ละลายออกมาในทุกตัวอย่างที่ศึกษา อยู่ในระดับได้เกณฑ์มาตรฐานในประกาศกระทรวงสาธารณะสุข ฉบับที่ 92 (พ.ศ. 2528)

กาญจนา วิวัฒน์เจริญและอุมา บริบูรณ์ (2541) ศึกษาคุณลักษณะความปลอดภัยของกระติกน้ำพลาสติก เด็กนักเรียน จำนวน 30 ตัวอย่าง วิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วจากพลาสติก และสารตะกั่วในน้ำกระติกน้ำแข็ง โดยใช้เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรมิเตอร์ (Infrared Spectrometer) และเครื่องอะตอมมิคแอบซอพชั่น สเปคโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrometer) พบว่า กระติกน้ำพลาสติก พลาสติกโพลิพิลีน (PP) กระติกน้ำพลาสติกทั้ง 30 ตัวอย่าง ก็มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (พ.ศ.2531) จึงไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากพลาสติกส่วนใหญ่ เมื่อได้รับความร้อนจะหลอมตัว และส่งกลิ่นออกมา จึงไม่ควรนำกระติกน้ำพลาสติก ไปวางไว้บริเวณที่มีแดดส่อง หรือบริเวณที่มีความร้อน เพราะจะทำให้น้ำมีกลิ่นของพลาสติก

วรกัญญา วิสิทธิ์ศาสตร์ (2542) การศึกษาแนวโน้มการถ่ายเทสารจากฟิล์มพลาสติกที่สัมผัสอาหาร กรณีศึกษา : ฟิล์มยืดห่ออาหาร โดยวิธีการ ศึกษาฟิมล์ยืดห่ออาหารจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดที่จัดหามาได้ 8 ตัวอย่างและตัวอย่างจากประเทศญี่ปุ่น 1 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ฟิล์มยืดทุกตัวอย่างมีความหนา 0.01 มม. เมื่อทดสอบหาชนิดของพลาสติกโดยวิธี Flame test และโดยการวิเคราะห์สเปกตรัมของ FTIR พบว่าฟิล์มยืด 9 ตัวอย่างนี้ผลิตจากพลาสติกที่แตกต่างกัน แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ (1) LLDPE ได้แก่ Best wrap และ Clean wrap (2) PVC ได้แก่ Fresh Wrap, Fit Wrap, Good Wrap, M Wrap และ Riken Wrap และ (3) PVDC ได้แก่ Glad Wrap และ Saran Wrap การหาค่าปริมาณสารที่มีแนวโน้มถ่ายเทจากฟิล์มยืดไปสู่อาหาร โดยวิธีสกัด Ultrasonication extraction ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกก่อนจะนำมากำหนดเป็นวิธีทดสอบมาตรฐานต่อไป เนื่องจากผลการสกัดยังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลของวิธี Rapid extraction test สารที่สกัดได้จากฟิล์มยืด LLDPE และ PVDC มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของ EU ที่กำหนดค่า Global migration ไว้ที่ 10 mg/squaredm ในขณะที่ฟิล์มยืด PVC ทุกตัวอย่าง จะมีปริมาณสารที่สกัดได้สูงกว่ามาตรฐานของ EU ดังกล่าว จากการวิเคราะห์หาชนิดของสารที่สกัดได้โดยเครื่อง H-NMR พบว่าสารที่ถ่ายเทจากฟิล์มยืด LLDPE เป็นสารพวกมอนอเมอร์และโอลิโกเมอร์ที่แตกตัวจากสายโซ่พอลิเมอร์และบางส่วนถูกออกซิไดส์ สารที่สกัดได้จากฟิล์มยืด PVC ส่วนใหญ่

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

เป็นพลาสติไซเซอร์พวก Adipate ยกเว้นฟิล์ม Fresh wrap พบว่าพลาสติไซเซอร์เป็นพวก Phthalate สำหรับฟิล์มยืด PVDC พบว่าสารที่สกัดได้เป็นพลาสติไซเซอร์พวก Adipate

ปราณี วิเศษ (2543)ทำการศึกษาทดลองถึงความปลอดภัยในการนำถุงพลาสติกมาใช้บรรจุอาหารตามสภาวะที่ใช้ในชีวิตประจำวันมี 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 นำถุงพลาสติกมาบรรจุอาหารขณะร้อน วิธีที่ 2 นำถุงพลาสติกที่บรรจุอาหารขณะร้อน ปล่อยไว้จนอาหารเย็นแล้วนำไปอุ่นด้วยเตาอบไมโครเวฟ โดยได้ศึกษาทดลองถึงความปลอดภัยทางด้านคุณภาพการแพร่กระจาย ของปริมาณสารที่ละลายออกมาจากพลาสติก เมื่อใช้สารละลายที่เป็นตัวแทนอาหารชนิดต่าง ๆ คือ น้ำ สารละลายกรดอะซิติก ร้อยละ 4 แอลกอฮอล์ร้อยละ 20 และนอร์แมลเฮปเทน โดยใช้เกณฑ์กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111 (พ.ศ. 2531) ใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.656-2529 นำถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนบรรจุอาหารถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยเฉพาะอาหารที่มีไขมัน มีปริมาณสารสกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮปเทน 7.00-11.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร แต่เมื่อนำถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีนไปบรรจุอาหารที่มีไขมันขณะร้อนหรือนำไปอุ่นด้วยเตาไมโครเวฟพบว่าปริมาณสารที่สกัดได้ด้วยนอร์แมลเฮปเทนจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 45.0-92.0 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร แสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่อการปนเปื้อนจากภาชนะบรรจุอาหาร

อรสา เลิศโภวณิชย์ (2543) ศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของสารตะกั่วจากภาชนะพลาสติกเมื่อใช้กับเตาไมโครเวฟ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการละลายของสารตะกั่วจากภาชนะพลาสติก เมื่อใช้กับเตา ไมโครเวฟ จำนวน 243 ตัวอย่าง ในการทดลองนี้มีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา 4 ปัจจัยคือ พีเอชของสาร สกัด ระดับความร้อนของสารสกัด ระยะเวลาการสกัดและจำนวนครั้งในการสกัด พีเอชของสารสกัด มี 3 ค่า คือ 3.5 4.5 และ 6.5 โดยใช้กรดอะซิติกเป็นสารสกัดแทนอาหาร แต่ละครั้งของการสกัดจะมี ค่าพีเอชของสารสกัด 3 ค่า ระดับความร้อน 3 ระดับ คือ ระดับ 3 ระดับ 6 และระดับ 9 และกำหนด ระยะเวลาการสกัด คือ 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารตะกั่วโดยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัย 3 ตัว มีอิทธิพลต่อปริมาณการละลายของสารตะกั่วจาก ภาชนะพลาสติกเมื่อใช้กับเตาไมโครเวฟ ปัจจัยลำดับแรก คือ พีเอชของสารสกัด ปัจจัยลำดับที่ 2 และ 3 คือ ระดับความร้อนของการสกัดและระยะเวลาการสกัด ตามลำดับซึ่งปริมาณการละลายของ สารตะกั่วเพิ่มขึ้น เมื่อ ระดับความร้อนของการสกัดสูงขึ้น หรือระยะเวลา การสกัดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) ในทุกปัจจัยปริมาณการละลายของ สารตะกั่วมีค่าต่ำกว่าประกาศของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 111 (1 mg/l) ดังนั้นประชาชนควรจะตระหนักถึง การละลายของ สารตะกั่วจากภาชนะพลาสติกเมื่อใช้กับเตาไมโครเวฟ เพื่อที่ว่าประชาชนจะได้มีความปลอดภัย และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

อรุณ พุ่มเจริญ (2545) ศึกษาผลของการประกอบอาหารที่มีต่อระดับของตะกั่วและแคดเมียมในผักและปริมาณการบริโภคต่อวัน เข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยทางห่วงโซ่อาหารก่อให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพ ระดับของตะกั่ว และการศึกษาระดับของตะกั่วและแคดเมียมในผักสดที่มีความแตกต่างในพื้นที่ การจำหน่ายและ ผลของการประกอบอาหารต่อระดับของตะกั่วและแคดเมียมในผักตลอดจนศึกษาถึงปริมาณ การบริโภคต่อวัน การวิเคราะห์ระดับของตะกั่วและแคดเมียมโดย Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry (GFAAS) ในผักกระเฉด ผักบุ้งไทย ผักบุ้งจีนและ ผักกาดขาวปลีจากปากคลองตลาด ตลาดบางนา ตลาดสี่มุมเมืองและตลาดไทพบว่ามีการสะสม ของตะกั่วและแคดเมียมในผักทั้งสี่ชนิดที่ทำการศึกษาโดยผักกระเฉด ผักบุ้งจีนและผักกาดขาวปลีจากตลาดสี่มุมเมืองมีระดับของตะกั่วสูงสุด นอกจากนี้ผักกระเฉดและผักบุ้งไทยจากตลาดสี่มุมเมืองถูกพบว่ามีระดับของแคดเมียมสูงสุดด้วย ผักจากปากคลองตลาดได้แก่ ผักบุ้งจีนและผักกาดขาวปลีมีระดับของตะกั่วต่ำสุดและผักบุ้งไทยมีระดับของแคดเมียมต่ำสุด การศึกษาผลของการประกอบอาหารพบว่าไม่ว่าจะเป็นการลวก การต้มและการผัดล้วนมีผลในการ ลดระดับของตะกั่วและแคดเมียมทั้งสิ้น (ระดับนัยสำคัญ 0.05) วิธีที่ได้ผลที่สุด ได้แก่การต้ม (89 - 100%) ปริมาณการบริโภคต่อวันของตะกั่วและแคดเมียมพบ 0.68 ไมโครกรัมต่อวันและ 1.25 ไมโครกรัมต่อวันตามลำดับ ค่าเหล่านี้อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำเมื่อ คิดเทียบกับค่า TDI โดยพบค่าของตะกั่ว 0.16% และค่าของแคดเมียม 1.76-2.19% ของค่า TDI

สุมาลี ทั่งพิทยกุล (2545) การศึกษาเรื่องคุณภาพและความปลอดภัยของภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร พบว่า การวิเคราะห์คุณภาพของภาชนะพลาสติกเพื่อความปลอดภัยในการใช้บรรจุอาหารได้ตรวจวิเคราะห์ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร 165 ตัวอย่าง พบว่า ภาชนะพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน 21 ตัวอย่าง พบสารตกค้างที่ระเหยได้ในนอร์มัลเฮปเทน 5 ตัวอย่าง ไม่ผ่านมาตรฐาน 4 ตัวอย่าง จากตัวอย่างที่วิเคราะห์ 21 ตัวอย่าง โดยพบโลหะหนัก 25-50 มิลลิกรัม สารตกค้างจากสารที่ระเหยได้ในนอร์มัลเฮปเทน 47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จากผลการตรวจวิเคราะห์สรุปได้ว่ามีภาชนะพลาสติกชนิดโพลิเอทธิลีนไม่ผ่านมาตรฐาน 21 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 26.2 ภาชนะพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีนไม่ผ่านมาตรฐาน 13 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 21.7

ทองใบ บุญยศ (2546) ได้ทำการศึกษาปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลของกรดซิตริกเข้าสู่เนื้อหน่อไม้ในระหว่างกระบวนการปรับกรด โดยนำหน่อไม้ที่ผ่านการลวกแล้วมาแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่มากเกินพอ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.65 น้ำหนักต่อน้ำหนัก นาน 8 ชั่วโมง โดยทำการศึกษาที่ 4 ระดับอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้อง 27 องศาเซลเซียส, 50 องศาเซลเซียส, 85 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส และหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ประสิทธิผลของกรดซิตริกที่แต่ละสภาวะการทดลอง โดยใช้การแช่เป็นระบบช่วงเวลา พบว่าเมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้น ปริมาณ

กรดซิตริกที่แพร่เข้าสู่เนื้อหน่อไม้เพิ่มตามกัน นอกจากนี้เมื่ออุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้นอัตราการถ่ายโอนมวลก็จะสูงขึ้น

กาญจนา อุดม (2549) ศึกษาและออกแบบกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หน่อไม้ปรับกรดบรรจุถุงสำหรับการประยุกต์ใช้ในระดับวิสาหกิจชุมชน โดยใช้วิธีการถนอมอาหารแบบผสมผสานหรือเฮอร์เดิลเทคโนโลยี โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการศึกษาเพื่อลดความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผลร่วมของกรดซิตริก (ร้อยละ 0.3-0.5 น้ำหนัก/น้ำหนัก) และโซเดียมคลอไรด์(ร้อยละ 0.1-0.5 น้ำหนัก/น้ำหนัก) พบว่ามีสารละลาย 3 ส่วนผสมที่ให้ค่า pH ที่ต้องการ จึงนำมาทำการศึกษาถึงผลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของหน่อไม้ 4 ประการ ได้แก่ pH, ร้อยละของกรด, เนื้อสัมผัสในรูปของความแน่นเนื้อ และสี และ อุณหภูมิเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เวลาในการฆ่าเชื้อ 20 นาทีนับจากอุณหภูมิน้ำในหม้อฆ่าเชื้อเดือดหลังใส่ผลิตภัณฑ์ลงไปแล้ว (เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่จุดร้อนช้าสุดได้รับความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที) หลังการบ่มผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่อุณหภูมิ 37องศาเซลเซียส 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 อาทิตย์ และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 1องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 อาทิตย์ ไม่พบการบวมของถุงตัวอย่าง และไม่พบความแตกต่างของสีกลิ่น ลักษณะที่ผิดปกติอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30องศาเซลเซียส 1องศาเซลเซียส)

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ (2549) ศึกษาการถ่ายเทสารจากภาชนะบรรจุพลาสติกที่ใช้ดองมะม่วง พบว่าการตรวจวิเคราะห์หาสารทั้งหมดที่ถ่ายเทจากภาชนะที่ใช้ดองมะม่วงตามที่ระบุว่าเป็นถัง HDPE ขนาดความจุ 150-200 ลิตร สีฟ้าและสีน้ำเงิน ที่ระยะเวลาการใช้งาน 0 - 4 เดือน และ 2 ถึง 5 ปี พบว่าคุณสมบัติของเนื้อพลาสติกเป็นพอลีเอทีลีน ตรวจไม่พบตะกั่วในเนื้อพลาสติกจากถังดอง และการหาสารทั้งหมดที่ถ่ายเทจากถังดองมะม่วงที่พบมีปริมาณน้อยมาก ต่ำกว่าเกณฑ์ปริมาณสูงสุดที่ให้มีได้ตามเกณฑ์คุณภาพหรือมาตรฐานของเนื้อพลาสติก และคุณภาพหรือมาตรฐานการแพร่กระจายของภาชนะบรรจุพลาสติก ตามบัญชีหมายเลข 1 ท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (พ.ศ. 2531) อาจกล่าวได้ว่าถังดองที่ใช้ดองมะม่วงยังมีคุณภาพที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารได้โดยเฉพาะผลไม้ที่มีเปลือก เพราะสารสกัดในตัวทำละลายต่างๆที่พบอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากตามมาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ และไม่พบการถ่ายเทของสีในสารสกัดจากถังดอง เป็นไปตามข้อกำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 111 (พ.ศ. 2531) เรื่องกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะบรรจุพลาสติก การใช้ภาชนะบรรจุพลาสติก และการห้ามใช้วัตถุใดเป็นภาชนะบรรจุอาหาร สิ่งที่ควรศึกษาต่อไป คือต้องศึกษาปริมาณและชนิดของสารที่ถ่ายเทจากถังดองมะม่วงเพิ่มเติม และอาจตรวจวิเคราะห์เนื้อมะม่วงดองด้วย เพื่อทำให้ผู้ผลิตมีความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยของผู้บริโภค

ทอง บุญยศ (2550) ศึกษาความปลอดภัยของขวดพลาสติกชนิดขาวขุ่นที่ใช้บรรจุน้ำบริโภคภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท โดยการเก็บตัวอย่างชนิดขาวขุ่น จำนวน 10 ตัวอย่าง ที่ผลิตขวดพลาสติกจำนวน 5 ตัวอย่าง จำนวน 5 ราย จากผู้ผลิตน้ำดื่มจำนวน 7 ราย โดยใช้เกณฑ์ มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 295) พบว่า คุณภาพของขวดพลาสติกชนิดขาวขุ่นที่ใช้บรรจุน้ำบริโภคภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ได้เกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด

สวามินี มวลแขกุลและคณะ (2550) การศึกษากรรมวิธีการผลิตหน่อไม้ดองบรรจุถุงสุญญากาศ ทำการศึกษาสูตรการทำหน่อไม้ดองเปรี้ยวที่กลุ่มเกษตรกรจังหวัดกาญจนบุรีได้ทำการดองโดยใช้เกลือร้อยละ 1 มีการเก็บผลคุณภาพค่าสี เนื้อสัมผัส ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดแลคติกทุกๆ 2 วันเป็นระยะเวลา 20 วันศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พบว่า ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้ 6 เดือนในอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในค่าคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์หน่อไม้ดองบรรจุถุงสุญญากาศมีค่าสี L*=88.80, a*=1.90 และ b*=15.54 ค่าเนื้อสัมผัสเท่ากับ 378.31 N ปริมาณความชื้นโปรตีน ไขมันคาร์โบไฮเดรต เถ้า และใยอาหาร เท่ากับร้อยละ 88.37, 1.38, 0.27, 5.13, 3.57 และ 1.28 ตามลำดับ และค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 3.2 ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์-รา

นันทินา เที่ยงธรรม (2550) ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต การบรรจุและการเก็บรักษา เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตหน่อไม้ในภาชนะบรรจุให้มีมาตรฐาน ตามสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยทำการศึกษาทั้งหมด 28 สิ่งทดลอง คือ หน่อไม้ในภาชนะบรรจุที่ไม่ผ่านการลดความชื้น โดยการใช้ถุง 2 ชนิดคือ ถุงสุญญากาศและถุงหนาทนความร้อน หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เพื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี พบว่า หน่อไม้ในภาชนะบรรจุที่ไม่ผ่านการลดความชื้น และบรรจุในถุงสุญญากาศ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นสภาวะที่เหมาะสม โดยมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์(มอก. 920) หน่อไม้ในภาชนะบรรจุของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม คือหน่อไม้มีสีเหลืองออกขาว มีกลิ่นรสที่มีลักษณะเฉพาะของหน่อไม้ ไม่พบแบคทีเรียแฟลตซาวร์ และแอนแอโรบิก มีอายุการเก็บรักษานาน 90 วัน

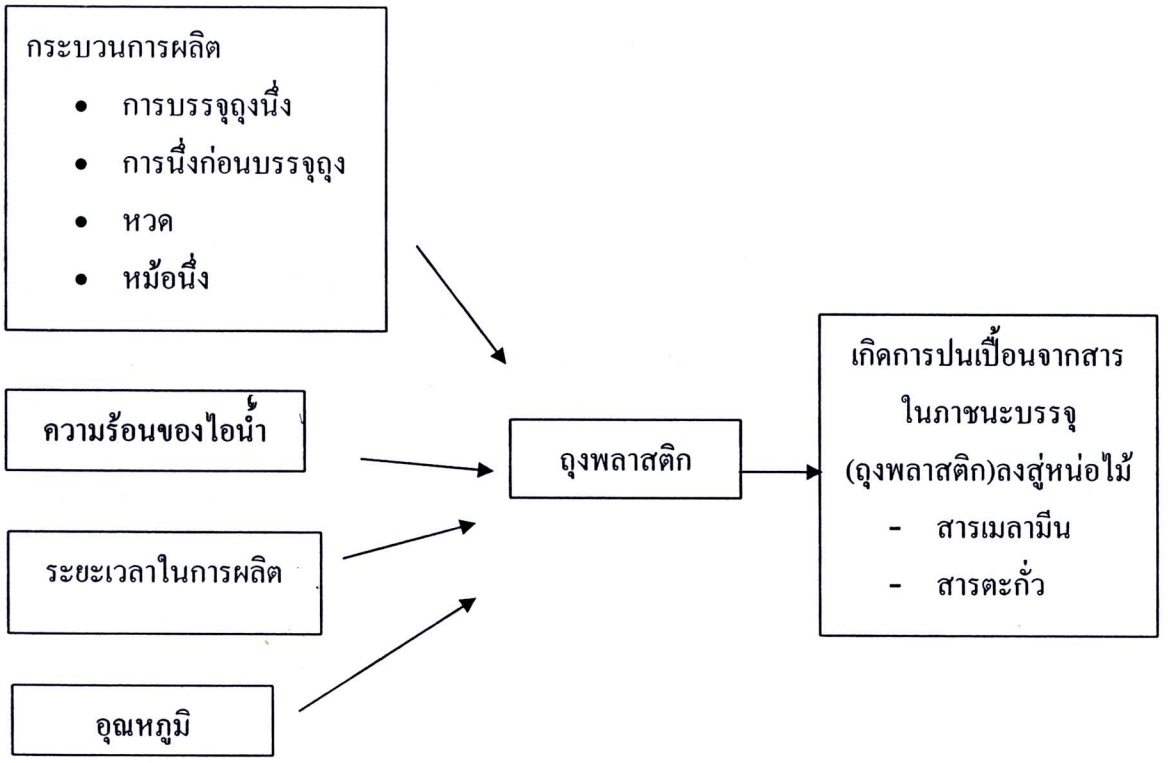
ปราณี วิเศษ (2551) ศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในภาชนะพลาสติกบรรจุอาหาร โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภาชนะพลาสติก ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 95 องศาเซลเซียส ภาชนะพลาสติก 3 แบบ จำนวน แบบละ 12 ตัวอย่าง พบว่า อุณหภูมิและสีมีผลต่อการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในภาชนะบรรจุทุกประเภท ส่วนลักษณะของภาชนะพลาสติกไม่มีผลต่อการปนเปื้อน

ชุมาพร รถสีดาและกรรนิการ ฉัตรสันติประภา (2552) ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารบรรจุกล่องโฟมโพลิสไตรีน พบว่า เพื่อประเมินความเสี่ยงต่ออันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการนำภาชนะบรรจุอาหารชนิดโฟมโพลิสไตรีนมาใช้บรรจุอาหาร นักวิจัยจึงศึกษาปริมาณสไตรีนโมโนเมอร์และสไตรีนออกไซด์ที่เคลื่อนย้ายออกจากภาชนะบรรจุอาหารในสถานการณ์ที่แตกต่างกันในเครื่องปรุงอาหาร 8 ชนิดและอาหาร 5 ชนิดและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID แล้วคำนวณระดับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นทั้งชนิดความเสี่ยงที่มีระดับกั้นของสารที่ก่อพิษ (Threshold toxicity) และชนิดความเสี่ยงแบบไม่มีระดับกั้นของปริมาณสารที่ก่อพิษ (Non-threshold toxicity) และพบว่าค่า Margin of safety จาก สไตรีนโมโนเมอร์อยู่ระหว่าง 58.05 ถึง 289.15 (อ้างอิงค่าวามปลอดภัย = 0.2 mg/kg-day, U.S.EPA 1994) ซึ่งมีค่าสูงมากและความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากสไตรีนออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.40×10^{-6} ถึง 1.22×10^{-5} ซึ่งเป็นความเสี่ยงค่อนข้างสูงดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงโอกาสเกิดอันตราย ประชาชนจึงสมควรหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารบรรจุกล่องโฟมเท่าที่จะสามารถหลีกเลี่ยงได้

Livingstone (1980) พบว่า *C. botulinum* จะแสดงความสามารถในการทนต่อความร้อนได้สูงที่สุดที่ค่าpH ระหว่าง 6.3-6.9 ในส่วนของสปอร์ของ *Bacillus subtilis* จะแสดงความสามารถในการทนต่อความร้อนที่สูงที่สุดที่ค่า pH ระหว่าง 6.8-7.6 นอกจากนั้น ยังพบว่า pH จะมีผลต่ออัตราการทำลายของเซลล์อย่างมีนัยสำคัญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 121.1 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้การเติมกรด (Acidification) จึงมีความสำคัญต่อการป้องกันการเจริญของ *C. botulinum*

David Melzer (2551) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไบฟีนอล เอ หรือ บีพีเอ (Biphenol A: BPA) สารอันตรายจากพลาสติก ที่สะสมสะสมในร่างกาย กับสถานะของสุขภาพในประชากรกลุ่มตัวอย่าง พบผู้ป่วยโรคหัวใจและเบาหวานส่วนใหญ่ มีสารดังกล่าวเจือปนอยู่ในปัสสาวะมากกว่าคนทั่วไป ในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 18-74 ปี ว่ามีสาร BPA เจือปนอยู่ในปัสสาวะ โดยใช้ข้อมูลจากเนชันแนล เฮลธ์ แอนด์ นูทริชันแนล เอ็กแซมิเนชัน เซอร์เวย์ (National Health and Nutritional Examination Survey: NHANES) ในช่วงปี 2546-2547 รวมทั้งสิ้น 1,455 คน พบว่า ในกลุ่มคนที่มีรายงานว่าป่วยเป็นโรคหัวใจและเบาหวาน จะมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของ BPA สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีรายงานว่าป่วยด้วยโรคดังกล่าว โดยพบว่าค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้น BPA ที่เพิ่มขึ้นราว 39% ในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานและอาการทางด้านโรคหัวใจ เมื่อแบ่งค่าความเข้มข้นของ BPA เป็น 4 ส่วน พบว่ากลุ่มตัวอย่าง 1 ใน 4 ที่มีความเข้มข้นของ BPA ในปัสสาวะสูงที่สุด มีระดับความเข้มข้นของ BPA ในปัสสาวะสูงกว่าประชากรอีก 1 ใน 4 ที่มี BPA ต่ำสุด ราว 3 เท่า ในกรณีของโรคหัวใจ และ 2.4 เท่า

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 5 กรอบแนวคิด