บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งพื้นที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ การปลูกมะม่วงหิมพานต์ของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 168,892 ไร่ ในปี พ.ศ. 2526 เป็น 385,926 ไร่ในปี พ.ศ. 2532 แต่ปริมาณและมูลค่าการส่งออกได้ลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 เป็นต้นมา เนื่องจากปัญหามะม่วงหิมพานต์ให้ผลผลิตน้อย จนปี พ.ศ. 2546 เหลือพื้นที่ปลูกเพียง 143,750 ไร่ ผลผลิตที่ได้จะขายเป็นเมล็ดทั้งเปลือกและเมล็ดเอาเปลือกออก ตลาดหลักที่นำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จากไทย ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ เป็นต้น เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ส่งออกในปี พ.ศ. 2542, 2543, 2544 และ 2546 มีปริมาณ 75, 239, 771 และ 688 ตัน คิดเป็นมูลค่า 14, 32, 43 และ116 ล้านบาท ตามลำดับ (สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ, 2546)

มะม่วงหิมพานต์นั้นเป็นพืชอเนกประสงค์สามารถนำส่วนต่างๆของต้นมาใช้ประโยชน์ได้มากมายทั้งด้านการบริโภค การแพทย์และอุตสาหกรรม ตั้งแต่ ราก ลำต้น เปลือก ใบ ยอดอ่อน ผลจริง ผลปลอม น้ำมันจากเปลือกผล เยื่อหุ้มเมล็ดในและเมล็ดใน (Mandal, 1992) แต่มีเพียง 2 ส่วนเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดคือเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์และน้ำมันจากเปลือกของเมล็ด ในส่วนของเมล็ดในนั้นส่วนใหญ่นิยมนำมารับประทานเป็นของขบเคี้ยว หรือใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารต่างๆ ส่วนประกอบของเมล็ดใน 100 ส่วน ประกอบด้วยโปรตีน 21% คาร์โบไฮเดรต 22% ไขมัน 47% ฟอสฟอรัส 0.45% แคลเซียม 0.05% ส่วนที่เหลือเป็นวิตามินต่างๆ เช่น เค ซึ่งมีอยู่สูง (Dismore *et al*., 2003) เอ บี และอี เป็นต้น ซึ่งให้คุณค่าทางอาหารเกือบเท่า ไข่ นม และเนื้อ (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532)

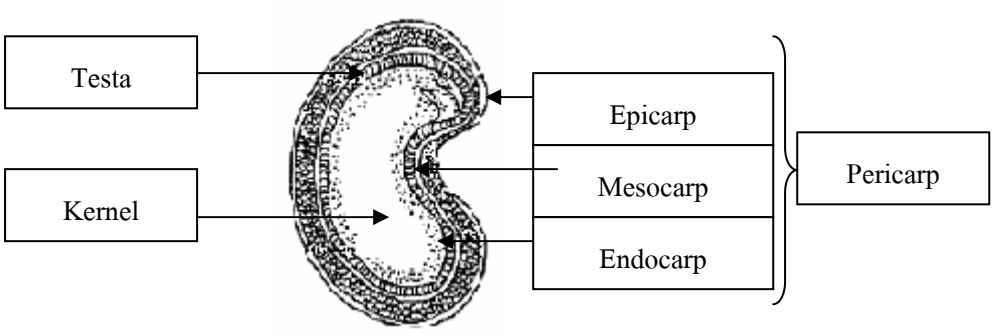
ปัจจุบันมีการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในรูปแบบต่างๆเพื่อเป็นของขบเคี้ยวหรืออาหาร เช่น เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทอด คั่ว อบเกลือหรืออบเนย เป็นต้น การผลิตผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์บรรจุกระป๋องก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งสำหรับผู้บริโภค ซึ่งเพิ่มความสะดวกในการบริโภค เก็บรักษาได้นาน และ สามารถผลิตในเชิงอุตสาหกรรมต่อไปได้ในอนาคต

การตรวจเอกสาร

1. ประวัติความเป็นมาและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะม่วงหิมพานต์

มะม่วงหิมพานต์ (cashew nut) เป็นต้นไม้ป่าพื้นเมืองทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศบราซิล ต่อมาได้นำมาปลูกขยายพันธุ์แพร่หลายในอเมริกาใต้ตอนเหนือ อเมริกากลาง แอฟริกาใต้ และเข้ามายังเอเชียทางประเทศอินเดียในศตวรรษที่ 16 โดยพ่อค้าชาวโปรตุเกส สำหรับประเทศไทยนั้นมีการนำมะม่วงหิมพานต์เข้ามาเมื่อ พ.ศ. 2444 โดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) มาปลูกที่จังหวัดตรัง ต่อมาจึงได้ขยายพันธุ์ไปปลูกทั่วทุกภาคจนถึงปัจจุบัน (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532)

มะม่วงหิมพานต์ เป็นไม้ผลยืนต้นในตระกูล Anacardiaceae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Anacardium occidentale* L. มีชื่อสามัญคือ Cashew หรือ Cashew nut .(Ohler, 1988) มีชื่อภาษาไทยอย่างเป็นทางการว่า มะม่วงหิมพานต์ ส่วนภาษาท้องถิ่น โดยเฉพาะภาคใต้นั้นแตกต่างกันตามพื้นที่ เช่น ยาร่วง เล็ดล่อ ท้ายล่อ หัวครก ยาโหย ยาห้อย กระแตแหล และกาหยี เป็นต้น เจริญเติบโตได้ดีในระหว่างเส้นรุ้งที่ 20 องศาเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร ในประเทศที่มีอากาศร้อนและฝนตกชุก เป็นพืชยืนต้นที่ปลูกง่ายในทุกสภาพดิน ทนแล้งได้ดี (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532) มีลักษณะของทรงพุ่มกว้าง กระจายทั่วไปและมีการแตกกิ่งก้านสม่ำเสมอ ขนาดทรงพุ่มประมาณ 6-12 เมตร สูงประมาณ 10-12 เมตร ระบบรากลึกและแผ่กว้าง (Morton, 2006) เป็นไม้เนื้ออ่อนเปลือกหนา สีน้ำตาลเทา ใบหนาเป็นรูปไข่ ขนาดของใบยาวประมาณ 10.16-20.32 เซนติเมตร กว้าง 5.08-10.16 เซนติเมตร เส้นใบเรียงตัวสลับกัน ดอกเกิดเป็นช่อที่ปลายกิ่ง ส่วนใหญ่อยู่รอบนอกของทรงพุ่ม ช่อดอกยาว 15.24-25.40 เซนติเมตร ประกอบด้วยช่อดอกย่อย 8-11 ช่อ ในแต่ละช่อมีทั้งดอกตัวผู้ ดอกตัวเมียและดอกกะเทย เฉลี่ยประมาณ 300 ดอก และอยู่ปลายช่อเป็นส่วนใหญ่ ดอกกะเทยหรือดอกสมบูรณ์เพศที่ได้รับการผสมแล้วจะให้ผลปลอม (swallen peduncle) ซึ่งแท้จริงแล้วคือฐานรองดอก (receptacle) ขนาดและสีของผลปลอมจะแตกต่างในแต่ละพันธุ์ ส่วนผลที่แท้จริงคือเมล็ด ซึ่งห้อยอยู่ใต้ส่วนก้านเมล็ด (ธงชัย เนมขุนทด, 2539) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะและโครงสร้างเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

Figure 1 Characteristics and structure of cashew nut

ที่มา : ดัดแปลงจาก Russel (1979)

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ มีรูปร่างคล้ายไต (Kidney-shaped) เป็นส่วนของผลแท้ซึ่งติดอยู่กับผลปลอม เมล็ดจะประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (exocarp) คล้ายหนังสัตว์ชั้นในคล้ายฟองน้ำ (spongy mesocarp) มีน้ำมันอยู่ภายในเรียกว่า น้ำมันเปลือกเมล็ด Cashew nut shell liquid, CNSL มีปริมาณที่แตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ ซึ่งเป็นของเหลว สีน้ำตาลคล้ำเหนียวข้นไม่ละลายน้ำ มีชื่อทางการค้าว่า CNSL มีความเป็นกรดซึ่งประกอบด้วยกรดอนาคาร์ดิค (Anacardic acid) 90% และ คาร์ดอล (Cardol) 10% (United States Department of Agricultural, 2000) เมื่อถูกผิวหนังจะปวดแสบร้อนและกัดเป็นแผลเป็นสารพิษต่อมนุษย์และสามารถทำให้ผิวหนังพุพองและเปื่อยได้ เมื่อถูกความร้อนสูงจะระเหยและมีกลิ่นฉุนจัด สามารถกัดเยื่อจมูกและตา ถัดมาคือเยื่อหุ้มเมล็ดใน (testa) มีลักษณะย่นๆ สีน้ำตาลแดงจนถึงม่วง และส่วนในสุดคือเมล็ดใน (kernel) มีลักษณะสีขาวนวล (สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ, 2546)

ในภาคใต้นิยมปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์ของเกาะพยาม จากจังหวัดระนอง พันธุ์ TCI-9 และ TCI-19 จากเกาะยาว จังหวัดพังงา ในขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพันธุ์อินทร์สมิทซึ่งมีรูปร่างเมล็ดที่แบนยาว น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 5.0 กรัม จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น พันธุ์ศิริชัย 25 เมล็ดมีความยาว 4.3 เซนติเมตร กว้าง 2.6 เซนติเมตร หนา 1.6-2.0 เซนติเมตร ของบริษัทมาบุญครองศิริชัยมะม่วงหิมพานต์ จำกัด ส่วนพันธุ์ที่หน่วยงานราชการคัดเลือกและเป็นพันธุ์ที่รับรองแล้ว คือพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 เมล็ดมีความยาว 3-3.3 เซนติเมตร กว้าง 2.2-2.5 เซนติเมตร หนา 1.5-1.9 เซนติเมตร เปลือกเมล็ดหนา 0.32 เซนติเมตร น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 6.29 กรัม คุณภาพอยู่ในชั้นที่ 3 ของตลาดโลก และพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 เมล็ดมีความยาว 3.2-3.5 เซนติเมตร กว้าง 2.2-2.9 เซนติเมตร หนา 1.8-2.3 เซนติเมตร เปลือกเมล็ดหนา 0.38 เซนติเมตร น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 7.20 กรัม คุณภาพอยู่ในชั้นที่ 3 ของตลาดโลกของกรมวิชาการเกษตร (สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ, 2546)

การปลูกนั้นจะปลูกในต้นฤดูฝน ประมาณเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม หรือเดือนสิงหาคมถึงกันยายน (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532) ส่วนการเก็บเกี่ยว มะม่วงหิมพานต์จะให้ผลผลิตเมื่ออายุ 2-3 ปี ช่วงที่ช่อดอกจะเริ่มออกอยู่ระหว่างเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ขึ้นอยู่กับพันธุ์ การเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม มะม่วงหิมพานต์จะสุกไม่พร้อมกันต้องเข้าเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 5 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ การเก็บเกี่ยวจะเก็บเมล็ดโดยปลิดผลปลอมออก (ธงชัย เนมขุนทด, 2539)

2. การใช้ประโยชน์ของมะม่วงหิมพานต์

ในการนำเมล็ดมาใช้ประโยชน์ ส่วนต่างๆของเมล็ดสามารถนำเอามาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

2.1 ส่วนของผล ได้แก่

2.1.1 เมล็ด

เมื่อนำเมล็ดมากะเทาะเปลือกออก จะได้เมล็ดเนื้อในซึ่งเมื่อนำไปคั่วหรืออบแล้วสามารถใช้เป็นอาหารขบเคี้ยวหรือทำอาหารคาวหวานได้ เมล็ดเนื้อในนั้นมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะโปรตีนสูงใกล้เคียงกับเนื้อ นม และไข่ อีกทั้งโปรตีนที่ได้ก็สามารถย่อยได้ง่ายและดีกว่าที่ได้จากพืชตระกูลถั่วทั่วๆไป (Felter and Lloyd, 1998) ซึ่งเมล็ดในของมะม่วงหิมพานต์มีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารประกอบที่เป็นประโยชน์ในเมล็ดในของมะม่วงหิมพานต์

Table 1 Benefit compositions of cashew nuts

Compositions		Amount
Moisture content	5.9	% of cashew nuts weight
Protein	21.0	% of cashew nuts weight
Fat	47.0	% of cashew nuts weight
Carbohydrate	22.3	% of cashew nuts weight
Calcium	0.55	% of cashew nuts weight
Phosphorous	0.45	% of cashew nuts weight
Iron	5.0	Milligrams
Vitamin A	322.0	I.U.
Vitamin B	1111.0	Milligrams
Vitamin E	46.0	Milligrams
Other mineral	2.4	% of cashew nuts weight

ที่มา : ดัดแปลงจาก วิทยา บุญชูคำ (2547)

2.1.2 น้ำมันเมล็ด

เมื่อนำเมล็ดมาสกัดน้ำมัน จะได้น้ำมันที่มีลักษณะสีเหลืองอ่อน ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมการทำช็อกโกแลต เนยเทียมมาการีน น้ำมันสลัด เป็นต้น (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532)

2.1.3 เปลือกหุ้มเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดใน

เมื่อนำมาสกัดจะได้กรดน้ำมัน ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า CNSL มีความเป็นกรด สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมสี และอื่นๆมากกว่า 400 ชนิด เช่น สีทาบ้าน ผ้าเบรก ผ้าคลัชรถยนต์ ฉนวนสายไฟ เป็นต้น (Johnson, 1973) นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เช่นรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อน โรคเท้าช้าง วัณโรค

ผิวหนัง โรคหูด ตาปลา และโรคเท้าแตก ใช้ลอกหน้าที่มีการตกกระ เป็นต้น (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532)

2.1.4 ผลปลอม

รับประทานเป็นอาหารทั้งผลอ่อนและผลสุก ส่วนที่เป็นน้ำภายในผลยังมีคุณสมบัติเป็นยาแก้โรคกระเพาะ แก้อาเจียน ใช้กลั้วแก้เจ็บคอ เป็นยาขับปัสสาวะ ขับเหงื่อ และต้านกามโรค สามารถนำมาทำเป็นไวน์และเหล้าซึ่งช่วยรักษาโรคบิดเรื้อรัง โรคประสาทพิการ โรคปวดตามข้อ เป็นต้น ผลสดตากแห้งนั้นใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532)

2.2 ส่วนของลำต้น ได้แก่

2.2.1 เปลือกลำต้น

เปลือกลำต้นของมะม่วงหิมพานต์จะมียางสีน้ำตาลใส เมื่อสกัดออกมาแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ยางนี้จะจับตัวกันแข็งเป็นสีน้ำตาลแกมดำ ใช้ในการฟอกหนัง สีย้อมแหอวน เป็นน้ำประสานในการบัดกรีโลหะ ทำกาว ใช้ทำยาต่างๆ เปลือกใช้เป็นยาแก้ปวดเนื่องจากฝีรำมะนาด แก้ปวดฟัน ส่วนใหญ่ใช้เป็นยาต้มแก้ท้องร่วง ใช้กลั้วคอล้างปาก ใช้รักษาโรคเบาจืด โรคผิวหนังพุพอง และกามโรคชนิดเข้าข้อ ใช้ทำเป็นยาดองเพื่อลดความดันโลหิต รักษาไข้มาลาเรีย เป็นต้น (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532)

2.2.2 ใบและยอดอ่อน

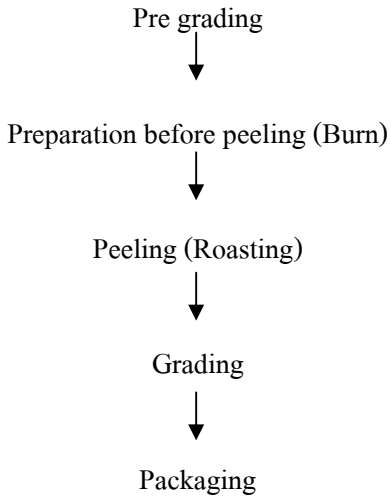
ใบนำมาทำปุ๋ยหมัก ยอดอ่อนนำมารับประทานสด หรือใช้ปรุงอาหารต่างๆ

2.2.3 ราก

มียางเช่นเดียวกับในลำต้น และใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับยางในลำต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นยาสมานแผล แก้โรคท้องร่วงได้ (ชูศักดิ์ แสงธรรม, 2532)

3. การแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่ออุตสาหกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีหลายขั้นตอนประกอบด้วยการคัดขนาด การเตรียมเมล็ดก่อนการกะเทาะ การกะเทาะเมล็ด การอบเมล็ด การคัดขนาด และการบรรจุหีบห่อ เพื่อนำส่วนที่เป็นเมล็ดในของมะม่วงหิมพานต์ไปผลิตและทำการแปรรูปเป็นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ชนิดต่างๆ หรือประกอบเป็นส่วนประกอบของอาหาร ในขั้นตอนพื้นฐานในการแปรรูปนั้น ต้องอาศัยความชำนาญและเครื่องจักรที่ดี โดยเฉพาะในการกะเทาะเมล็ด โดยจะเป็นส่วนที่ต้องอาศัยแรงงานคนบวกกับเครื่องจักร เพื่อให้ได้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการผลิตขั้นตอนต่อไป ดังภาพที่ 2 (ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ, 2532)



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

Figure 2 Cashew nuts processing

ที่มา : ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ (2532)

การคัดขนาดของเมล็ดในของมะม่วงหิมพานต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นจะแบ่งชั้นคุณภาพเป็น 24 ชั้นคุณภาพ รหัสชั้นคุณภาพและชื่อทางการค้าจะแตกต่างกันไปตามชั้นคุณภาพโดยพิจารณาจาก ชนิด จำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม และลักษณะเมล็ด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิด ชั้นคุณภาพ รหัสชั้นคุณภาพ จำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมและชื่อทางการค้าของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

Table 2 Type, Quality class, Code of quality class, Amount of nuts per kilogram and Commercial name of cashew nuts follow the Thai Industrial Standard Institute.

Type	Quality class	Code of quality class	Amount of nuts per kilogram	Commercial name
	Extra	W 180	265 – 395	Wholes
	1	W 210	440 – 465	
	2	W 240	485 – 530	
	3	W 280	575 – 620	
	4	W 320	660 – 706	
	5	W 400	770 – 880	
	6	W 450	880 – 990	
	7	W 500	990 -1100	
Wholes	8	SW		Scorched Wholes
	9	SSW or SWIA		Scorched wholes second or Scorched wholes IA
	10	Dessert		Scorched wholes fourth or Scorched wholes IA

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Table 2 (Continue)

Type	Quality class	Code of quality class	Amount of nuts per kilogram	Commercial name
Butts	11	B		Butts
	12	S		Splits
	13	LWP		Large white pieces
	14	SWP		Small white pieces
	15	BB		Baby bits
	16	SB		Scorched butts
	17	SS		Scorched splits
	18	SP		Scorched pieces
	19	SSP		Scorched small pieces
	20	SPS		Scorched pieces seconds or Scorched pieces IA
	21	DP		Dessert pieces
	22	DSP		Dessert small pieces
	23	DB		Dessert butts
	24	DS		Dessert splits

ที่มา : ดัดแปลงจาก สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2541)

ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ (2532) รายงานการวิจัยที่เกี่ยวกับการแปรรูปเมล็ดเนื้อในมะม่วงหิมพานต์เพื่ออุตสาหกรรมโดยการผลิตเป็นขนมขบเคี้ยว 4 ชนิดคือ ทอด เคลือบช็อกโกแลต เคลือบน้ำตาลทราย เคลือบน้ำตาลมะพร้าว และอบเนย บรรจุซองอลูมิเนียมเคลือบกระดาษขาว ทดลองโดยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ปรากฏว่าเมล็ดเนื้อในมะม่วงหิมพานต์อบเนย ได้รับการยอมรับสูงสุด รองลงมาคือ ทอด เคลือบช็อกโกแลต เคลือบน้ำตาลทราย และเคลือบน้ำตาลมะพร้าว ได้รับการยอมรับต่ำสุด

Arogba (1999) ได้ศึกษาองค์ประกอบของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง พบว่ามีองค์ประกอบของ ไขมัน 51% โปรตีน 36 % คาร์โบไฮเดรต 3.4 % เถ้า 0.3 % และความชื้นเท่ากับ 9.3%

Ozdemir และคณะ (2001(a)) วิเคราะห์การเกิดสีน้ำตาลภายในของเมล็ดเฮเซลนัทที่ทำการคั่วและโดยการดูผลของค่า Water activity ที่มีผลทำให้เกิดสีน้ำตาลภายในของเมล็ดเฮเซลนัทในระหว่างการคั่ว พบว่าเมื่อค่า Water activity เพิ่มขึ้น (ค่าที่ศึกษาอยู่ในช่วง 0.29-0.83) ค่าการเกิดสีน้ำตาลภายในของเมล็ดเฮเซลนัทลดลง เมล็ดที่ภายในมีสีดำนั้นจะให้ค่าน้ำตาลทั้งหมดและ ซูโครส ที่สูงกว่าเมล็ดที่มีสีน้ำตาลอ่อน ตำแหน่งที่อยู่ตรงกลางเมล็ดจะให้ค่าน้ำตาลทั้งหมดและ ซูโครส ที่สูงกว่าตำแหน่งภายนอก เอนไซม์ Polyphenoloxidase ไม่เกิดการทำงานเมื่อคั่วเมล็ดที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสที่ 16 และ 30 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลภายในเมล็ดระหว่างการคั่วนั้นเป็นเพราะปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นมาภายหลังนั่นก็คือการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ที่เกิดขึ้นมาภายในตำแหน่งกลางของเมล็ด

Ozdemir และคณะ (2001(b)) ทดลองเรื่องผลของการคั่วเมล็ดเฮเซลนัท 2 ชนิด คือ Akcakoca hazelnuts และ Giresun hazelnuts ต่อคุณภาพทางคุณค่าอาหาร โดยคั่วที่อุณหภูมิสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญขององค์ประกอบของวิตามิน ซึ่งได้แก่ไทอะมีน (มีค่าลดลงกว่า 50% ทั้ง 2 ชนิด) และไรโบฟลาวิน (มีค่าลดลง 30% และ 18% ตามลำดับ) ค่าของเปอร์ออกไซด์และกรดไขมัน (ลดลงน้อยกว่าร้อยละ 6 ทั้ง 2 ชนิด)

กมลรัตน์ ครุธาโรจน์ (2546) พัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องผสมธัญพืชและถั่วบรรจุกระป๋อง เริ่มจากการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับน้ำหนักรวมของวัตถุดิบที่บรรจุในกระป๋อง ผันแปรปริมาณน้ำ จาก 80-130 กรัม ต่อน้ำหนักรวมของวัตถุดิบ 100 กรัม โดยทำการทดสอบทาง

ประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับตามความชอบ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมเท่ากับ 100 ต่อ 100 จากนั้นทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์คือ ลูกเดือย ถั่วลันเตา ถั่วลิสง และงา มาหาปริมาณที่เหมาะสม ได้สูตรผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมคือ ข้าวกล้อง 44.55% ข้าวโพด 6.50% ลูกเดือย 3.04% ถั่วลันเตา 9.73% ถั่วลิสง 26.09% และงา 10.09% ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีองค์ประกอบทางเคมีคือ ความชื้น 58.15% โปรตีน 18.46% ไขมัน 12.79% เส้นใยอาหาร 1.31% เถ้า 2.04% ฟอสฟอรัส 154.1 มิลลิกรัม วิตามินบี 20.037 มิลลิกรัม และไนอะซิน 4.90 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม ผลจากการการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคโดยวิธี Home use test จำนวน 212 คน พบว่าได้รับคะแนนความชอบในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ได้แก่ 6.77±1.07 6.66±1.24 6.79±1.21 7.05±1.26 6.84±1.37 และ 6.99±1.11 คะแนน ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์คิดเป็น 93.4% และหากมีการวางจำหน่ายในท้องตลาด ผู้บริโภคเต็มใจที่จะซื้อ 72.6%

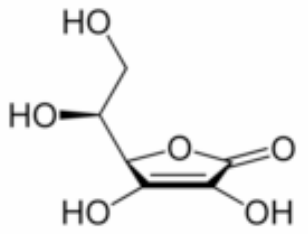
4. วัตถุเจือปนใน อาหาร (Food Additive)

วัตถุเจือปนอาหารหมายถึง สารใดๆซึ่งปกติไม่ได้ใช้เป็นอาหาร และมิได้ใช้เป็นส่วนประกอบหลักของอาหาร อาจมีคุณค่าทางโภชนาการหรือไม่ก็ตาม เป็นสารที่เติมลงในอาหารโดยตั้งใจเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านเทคโนโลยีในการผลิต การแปรรูป การปฏิบัติ การถนอม การบรรจุ บรรจุภัณฑ์ การขนส่งและเก็บรักษาอาหาร ซึ่งตัวของสารเองหรือผลพลอยได้ของสารนั้นมีผลหรืออาจมีผลต่ออาหาร (โดยทางตรงหรือทางอ้อม) ในการเป็นส่วนประกอบของอาหารหรือมีผลต่อคุณลักษณะของอาหาร แต่ไม่รวมถึงสารปนเปื้อน หรือสารที่เติมลงในอาหารเพื่อรักษาหรือปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการ (นฤมล คงทน และสุนทรีย์ เกตุคง, 2544) การใช้ประโยชน์ของวัตถุเจือปนอาหารได้แก่ ยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้อาหารน่าบริโภค ช่วยในกระบวนการแปรรูป เพื่อคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เป็นต้น

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 เรื่องวัตถุเจือปนในอาหารได้กำหนดให้กรดหลายชนิดใช้แต่งเติมในอาหารและบริโภคได้ เช่น กรดซิตริก กรดฟูมาริก กรดฟอสฟอริก กรดมาลิก กรดแลกติก กรดอะซิติกแกลเซียล กรดอัลจิริก กรดแอล-ตาร์ตาริก กรดแอสคอร์บิก กรดไอโซแอสคอร์บิก สำหรับกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดโปรปิโอนิก ใช้แต่งเติมในอาหารได้เช่นกันแต่ใช้เป็นวัตถุกันเสีย (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2531)

กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) L-ascorbic acid หรือวิตามินซี มีชื่อทางเคมีคือ 2-oxo-L-threo-hexono-1,4-lactone-2,3-enediol หรือ (*R*)-3,4-dihydroxy-5-((*S*)-1,2-

dihydroxyethyl)furan-2(5*H*)-one ($C_6H_8O_6$) (Davies *et al*., 1992) เป็นสารที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง โครงสร้างประกอบด้วย Steriochemical isomer อีก 3 ชนิดแต่มีไอโซเมอร์เพียงชนิดเดียวที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารคือ D-isoascorbic acid (ภาพที่ 3) เพื่อป้องกันความสับสนจึงเรียกว่า D-araboascorbic acid หรือ Erythorbic acid ส่วน Sodium-isoascorbic acid เรียกว่า Sodium Erythorbate การใช้ประโยชน์ของกรดแอสคอร์บิกในกระบวนการแปรรูปผลไม้เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล เพื่อเสริมคุณภาพทางคุณค่าอาหารของผลิตภัณฑ์ ป้องกันการทำลายกลิ่นรส ป้องกันสีซีด เช่น การใช้กรดแอสคอร์บิกในช่วงการลวกผลไม้เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสี กลิ่นรส รสชาติและเนื้อสัมผัส ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ออกซิเดส และไฮโดรเลสเพื่อป้องกันการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ในวัตถุดิบ การเติมกรดแอสคอร์บิกระหว่างกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้แห้ง ผลไม้แช่แข็ง และผลไม้กระป๋อง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น การลวกอาจทำได้โดยการเติมกรดแอสคอร์บิกในน้ำลวก หรือการแช่ผลไม้ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกเป็นเวลาหลายนาทีที่อุณหภูมิห้อง หลังจากการลวกด้วยวิธีปกติ (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2539)



ภาพที่ 3 โครงสร้างของกรดแอสคอร์บิก

Figure 3 Structure of ascorbic acid

ที่มา : Davies *et al*. (1992)

Whisler และ Daniel (1990) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์อาหารอาจเกิดจากปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ใช้เอนไซม์ซึ่งมีสาเหตุมาจากปฏิกริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากการทำปฏิกริยาของหมู่อะมิโนโปรตีนกับหมู่คาร์บอนิลที่เป็นอิสระของน้ำตาล ทำให้เกิดสารประกอบชนิดต่างๆ เช่น ไฮดรอกซีเมทธิลเฟอร์ฟิวรัล (Hydroxymethyfurfural) เฟอร์ฟิวรัล (furfural) และสารเหล่านี้เกิดปฏิกิริยาต่อไปกลายเป็นสารสีน้ำตาลของเมลานอยดิน และการออกซิเดชั่นของกรดแอสคอร์บิก ในสภาวะที่มีออกซิเจนหลงเหลืออยู่ในกระป๋อง กรดแอสคอร์บิกถูกออกซิไดซ์เป็นกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งต่อมาถูกไฮโดรไลซ์

เป็นสารประกอบพวก 2,3 Diketone ascorbic acid α-keto-glunoic acid และสลายตัวต่อไปเป็นสารประกอบเฟอร์ฟิวราล ซึ่งในสภาวะที่มีกรดจะรวมตัวกับอัลดีไฮด์หรือคีโตน หรือกรดอะมิโนกลายเป็นสารประกอบสีน้ำตาล

Tatum และคณะ (1990) ศึกษาเรื่องของ degradation products จากกรดแอสคอร์บิกโดยละลายในน้ำและให้ความร้อนเป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำมาแยกส่วนประกอบต่างๆ ด้วยวิธี Gas Liquid Chromatography : GLC โดยสามารถแยก ส่วนประกอบของ Furan ได้ 10 ชนิด Lactone ได้ 2 ชนิด Acid ได้ 3 ชนิด และ 3-Hydroxy-2-Pyrone จากผลนั้นพบว่ามีส่วนประกอบอยู่ถึง 8 ชนิด ที่เป็น nonenzymic browning products ซึ่งพบได้ใน ส้มที่ถูกดึงน้ำออกไป (ส้มแห้ง) และผง grapefruit

Yuan และ Chen (1998) ศึกษาเรื่อง degradation ของกรดแอสคอร์บิกในสารละลายที่เป็นของเหลว โดยใช้วิธี High Performance liquid Chromatography : HPLC ซึ่งในการทดลองได้ศึกษาที่ pH แตกต่างกัน โดยการละลายกรดแอสคอร์บิกในน้ำและให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จาก degradation คือ Furfural, 2-Furoic acid และ 3-Hydroxy-2-Pyrone และสารประกอบที่ยังไม่มีการตรวจสอบ ในสารละลายที่เป็นกรด กรดแอสคอร์บิกถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็น 2-Furoic acid และ 3-Hydroxy-2-Pyrone ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ส่วนที่อยู่ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนนั้นกรดแอสคอร์บิกมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็น Furfural ภายใต้สภาวะที่มีค่า pH ต่ำ Furfural , 2-Furoic acid และ 3-Hydroxy-2-Pyrone ปรากฏขึ้นทั้ง 3 รูปแบบ แต่ตัวที่เด่นที่สุดที่ค่า pH ต่ำมากที่สุด (เช่น ค่า pH เท่ากับ 1) คือ Furfural ในสารละลายที่เป็นด่าง ค่า pH เท่ากับ 10 พบว่าส่วนประกอบที่ไม่ทราบชื่อเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดจาก Degradation ของกรดแอสคอร์บิก และพบ Furfural , 2-Furoic acid และ 3-Hydroxy-2-Pyrone น้อยมาก จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ค่า pH ที่มีค่าน้อย และสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนนั้นเป็นตัวการหลักที่ทำให้เกิด Degradation ของ กรดแอสคอร์บิกไปเป็น Furfural

Priestly (2007) ได้ศึกษาและรวบรวมเรื่องเกี่ยวกับ Furfural ที่มีผลต่อการเกิดพิษ (Toxicity) ทั้งแบบเฉียบพลันและในระยะยาว พบว่าจากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์นั้น Furfural ในปริมาณหนึ่ง สามารถทำให้เกิดพิษได้ พิษแบบเฉียบพลันนั้นคือ ทำให้ระคายเคือง มีน้ำมูกไหล ปอดเกิดการคั่งของเลือด เลือดไหลไม่หยุด ส่วนผลในระยะยาวนั้นพบว่า ทำให้เนื้อเยื่อของหลอดไตถูกทำลาย โลหิตจาง และโรค Leukopenia เป็นต้น ดังเช่น การให้ Furfural แก่หนู ทางปาก ปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว ทำให้เกิดพิษเฉียบพลันได้ แต่ถ้าให้ 127 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว จะทำให้ตายได้ การให้ทางเนื้อเยื่อผิวหนังกับกระต่ายที่ มากกว่า 310 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว ทำให้ตายได้ การให้กับหนูแฮมสเตอร์โดยการสูดควันที่ระดับ

2,500 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวทำให้ตายได้ และการให้ทางปากกับสัตว์ปีกในปริมาณที่มากกว่า 98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว จะทำให้ตายได้ เป็นต้น

5. กระบวนการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนสูง (Processing by Heat Sterilization)

การถนอมอาหารแบบสเตอริไลซ์เซชั่น (sterilization) เป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูงและเวลาที่นานเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์และการทำงานของเอนไซม์ (มาลัย บุญรัตนกรกิจ, 2535) เป็นผลทำให้อาหารที่ผ่านการสเตอริไลซ์มีอายุการเก็บรักษานานอย่างน้อย 6 เดือน (วิไล รังสาดทอง, 2545) ภาชนะที่เหมาะสมกับประเภทของอาหารถนอมด้วยการฆ่าเชื้อที่มีความร้อนสูงนั้นได้แก่ กระป๋อง ขวดแก้ว และบรรจุภัณฑ์ที่สามารถยืดหยุ่นได้ (Flexible package) เช่น Retort Pouch เป็นต้น (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

5.1 บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับประเภทของอาหารถนอมด้วยการฆ่าเชื้อที่มีความร้อนสูง มีดังนี้

5.1.1 บรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋อง

โลหะสามารถสามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ความชื้นและแสงได้ 100 % แข็งแรง ทนทานต่อการพับงอ นำไปฆ่าเชื้อได้ง่าย สามารถพับขึ้นรูปได้ตามต้องการรวมทั้งสามารถออกแบบกราฟฟิกให้ดึงดูดความสนใจได้ดี สร้างจุดเด่นให้แก่สินค้ามีความแปลกใหม่ แต่มีน้ำหนักมาก กระป๋องโลหะที่นิยมใช้คือ แบบ 3 ชิ้น ซึ่งทำการผลิตโดยใช้โลหะ 3 ชิ้น ประกอบด้วย ฝากระป๋อง 2 ชิ้น และตัวกระป๋องที่นำมาเชื่อมติดกันเป็นกระป๋อง โดยทำเป็นตะขอเกี่ยวกันหรือการเชื่อมด้วยกาว หรือการบัดกรีเชื่อมด้วยไฟฟ้า สำหรับกระป๋องอะลูมิเนียมไม่สามารถบัดกรีและเชื่อมได้ กระป๋องโลหะ 3 ชิ้นจึงใช้เฉพาะกับเหล็กเท่านั้น วัสดุที่ใช้เชื่อมตัวกระป๋องและฝากระป๋องเป็นกาว สกุลเดียวกับไนลอน เรียกว่า Compound ซึ่งจะถูกอัดไว้ใต้ขอบของตัวฝากระป๋องก่อนแล้วและตัว Compound นี่เองเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดที่ทำให้การม้วนพับของกระป๋องและฝากระป๋อง (curl) แบบตะเข็บคู่ (double seam) สมบูรณ์และไม่มีการรั่วซึม (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

5.1.1.1 วัสดุที่ใช้ทำกระป๋องบรรจุอาหาร

กระป๋องที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มี 3 ประเภทคือ

- กระป๋องเคลือบดีบุก (Plain can) ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก เหมาะสำหรับบรรจุผักและผลไม้ที่มีสีอ่อน มีความเป็นกรดต่ำ (pH สูงกว่า 4.5) มีโปรตีนต่ำ เช่น ลิ้นจี่ ลำไย เงาะ แห้ว สับปะรด ถ้าบรรจุในกระป๋องเคลือบดีบุก จะมีรสชาติดีกว่าบรรจุในกระป๋องเคลือบแล็คเกอร์ เพราะกรดในผลไม้เมื่อทำปฏิกิริยากับดีบุกจะทำให้อาหารมีกลิ่นรสเฉพาะ

- กระป๋องเคลือบแล็คเกอร์ (Lacquered can) ทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกหรือแผ่นเหล็กเคลือบโครเมียม หรืออลูมิเนียม แล้วเคลือบแล็คเกอร์ที่ผิวอีกชั้น เพื่อป้องกันคุณภาพของอาหารไม่ให้เสียไป เหมาะสำหรับบรรจุอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ปลาที่มีสารประกอบกำมะถันสูง อาหารที่มีกรดค่อนข้างสูง รวมทั้งอาหารที่มีการเติมสารฟอกสีพวกเมตาไบซัลไฟต์ เมื่อกำมะถันทำปฏิกิริยากับดีบุกที่เคลือบกระป๋อง จะทำให้เกิดรอยดำ ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นอันตราย แต่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงควรใช้กระป๋องเคลือบแล็คเกอร์

- กระป๋องอลูมิเนียม (Aluminium can) มีคุณสมบัติทนทานต่อการกัดกร่อนของกรด มีน้ำหนักเบา ใช้บรรจุอาหารพวกปลากระป๋อง นมผง เป็นต้น (ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท และ ก่อเกียรติ วิริยะกิจพัฒนา, 2537)

5.1.1.2 ขนาดของกระป๋องและรูปแบบกระป๋องที่นิยมใช้

คุณสมบัติเด่นของกระป๋อง คือมีลักษณะที่ค่อนข้างจะเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก การเรียกมิติจะเรียกตัวเลขชุดแรกเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของกระป๋องภายนอกตรงบริเวณตะเข็บคู่ และตัวเลขชุดต่อไปเป็นความสูงทั้งหมดของตัวกระป๋อง วัดจากขอบหนึ่งถึงขอบอีกด้านหนึ่ง ในกรณีที่วัดเป็นนิ้วกระป๋องขนาด 307 X 113 คือกระป๋องที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง $3^{7/16}$ นิ้ว และมีความสูงเป็น $1^{13/16}$ นิ้ว เมื่อวัดเป็นมิลลิเมตร ตามมาตรฐานขององค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) จะปัดเศษตัวเลขเป็นหน่วยมิลลิเมตรเต็ม 2 หน่วย ดังนั้นกระป๋องขนาด 307 X 113 ดังกล่าวมาแล้ว เมื่อกำหนดตาม ISO จะเป็น 84 X 46 มิลลิเมตร ในกรณีที่เป็นกระป๋องสี่เหลี่ยม ตัวเลข 2 ชุดแรกจะเป็นความยาวและความกว้าง และตัวเลขชุดสุดท้ายจะเป็นความสูงของกระป๋อง

5.1.2 บรรจุภัณฑ์ประเภทขวดแก้ว

แก้วเป็นวัสดุที่เฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยาเคมีมากที่สุด และทนต่อการกัดกร่อน หรือปราศจากปฏิกิริยาเคมีของอาหารจึงทำให้รสชาติของอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ความใสและเป็นประกายของแก้วช่วยให้มองเห็นผลิตภัณฑ์และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ยอมรับได้ดี ด้วยความแข็งแรงของแก้ว รูปทรงและปริมาตรของแก้วจะไม่เปลี่ยนแม้จะบรรจุด้วยแบบสุญญากาศหรือความดัน บรรจุภัณฑ์แก้วสามารถบรรจุอาหารขณะที่ร้อนหรือผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงได้ แต่ข้อด้อยของแก้ว คือน้ำหนักที่มาก (2.5 กรัม / ลบ.ซม.) และแตกง่าย แม้ว่าจะเฉื่อยต่อปฏิกิริยาทั่วๆไป แต่โซเดียมและไอออนชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในแก้วยังสามารถแยกตัวออกมาจากแก้วผสมกับอาหารที่บรรจุภายในได้ ด้วยเหตุนี้จึงแยกประเภทของแก้วเป็นแบบที่ 1 2 และ 3 แปรตามความเฉื่อยในการทำปฏิกิริยา ดังนี้

- แก้วแบบที่ 1 แก้วที่มี Borosilicate จะมีการแยกตัวน้อยที่สุด ข้อเสียของแก้วแบบนี้คือต้องผลิตที่จุดหลอมเหลวสูงถึง 1,750 °C ซึ่งทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง และมีความเฉื่อยมากที่สุด
- แก้วแบบที่ 2 มีส่วนผสมของโซดาไลม์ คล้ายกับแก้วแบบที่ 3 แต่มีซัลเฟตเป็นส่วนประกอบ อบที่อุณหภูมิ 500 °C เพื่อลดสภาพความเป็นกรดด่างบริเวณผิวหน้าของผิวแก้ว
- แก้วแบบที่ 3 เป็นแก้วธรรมดาที่ใช้กันทั่วไปและมีการแยกตัวออกมาได้บ้าง

5.1.3 บรรจุภัณฑ์ที่สามารถยืดหยุ่นได้ (Flexible package)

พลาสติกเป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก คุณประโยชน์ของพลาสติกคือ มีน้ำหนักเบา ป้องกันการซึมผ่านของอากาศและก๊าซได้ระดับหนึ่ง สามารถต่อต้านการทำลายของแบคทีเรียและเชื้อรา มีคุณสมบัติหลายอย่างที่สามารถเลือกใช้งานได้เหมาะสม พลาสติกบางชนิดยังเป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกด้วย พลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารนั้นมีอยู่หลายประเภท แต่พลาสติกที่ใช้กับประเภทของอาหารที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงนั้นได้แก่ พลาสติกประเภท PP (Polypropylene) ซึ่งรู้จักกันในนามของถุงร้อน ด้วยคุณสมบัติเด่นของ PP ซึ่งมีความใสและป้องกันความชื้นได้ดี มากกว่าครึ่งหนึ่งของ PP ที่นิยมใช้กันจะเป็นรูปของฟิล์ม อย่างไรก็ตามการป้องกันอากาศซึมผ่านของ PP ยังไม่ดีเท่าพลาสติกบางชนิด เนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิสั้นทำให้ PP เชื่อมติดได้ยาก โดยเฉพาะฟิล์มประเภท OPP ที่มีการจัดเรียงโมเลกุลในทิศทางเดียวกันจะไม่สามารถเชื่อมติดได้เลย คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของ PP คือ มีจุดหลอมเหลวสูงสามารถทำให้สามารถใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารสำหรับบรรจุอาหารขณะร้อน (Hot-Fill) การใช้งานของ PP กับผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่

- ใช้บรรจุอาหารร้อน เช่นถุงร้อน (ชนิดใส)

- ใช้บรรจุอาหารที่ต้องใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยที่ PP จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัสดุที่ใช้ผลิตซองประเภทนี้ ซึ่งนิยมเรียกว่า Retort Pouch โครงสร้างพื้นฐานเป็นฟิล์มเคลือบของ PET (Polyethylene terephthalate) เคลือบกับเปลวอะลูมิเนียมและ CPP ซองนี้จะสามารถใช้แทนกระป๋องโลหะได้ บางครั้งจึงเรียกว่า Flexible can ซึ่งถุงชนิดนี้จะใช้ปริมาณวัสดุบรรจุภัณฑ์ต่อหน่วยสินค้าน้อยจึงเป็นการสนองตอบต่อการรณรงค์ลดปริมาณขยะ ง่ายต่อการขนส่งและเคลื่อนย้าย ไม่เปลืองพื้นที่ในการขนส่งและเก็บรักษา จึงช่วยลดค่าขนส่งได้ ช่วยถนอมคุณค่าได้ดีกว่าอาหารกระป๋อง แต่มีราคาแพง

- ใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้

- ใช้ทำซองบรรจุอาหารแห้ง เช่น บะหมี่สำเร็จรูป และอาหารที่มีไขมัน อายุการเก็บรักษาไม่ สูง เช่น คุกกี้ ถั่วทอด เป็นต้น

-ใช้ทำกล่องอาหาร ลัง ถาดและตะกร้า

(ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

5.2 การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Process Establishment)

สำหรับอาหารที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อโดยความร้อนสูงประเภทกรดต่ำ (low acid canned foods : LACF) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH value) สูงกว่า 4.6 ได้แก่ เนื้อวัว ปลา นม เป็ด ไก่ เนื้อปู ไข่ หอยนางรม มี pH ประมาณ 7.0 คอร์นบีฟ ถั่วลิมา เมล็ด ผักต่างๆ ถั่วลันเตา แครอท หัวบีท หน่อไม้ฝรั่ง มี pH ประมาณ 6.0 ซุปมะเขือเทศ มี pH ประมาณ 5.0 เป็นต้น (วิไล รังสาดทอง, 2545) ซึ่งสภาพธรรมชาติของอาหารประเภทนี้มีความเหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ประเภททนร้อน (Thermophiles) ซึ่งสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 $^{\circ}$C Mesophiles เป็นพวกที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35 $^{\circ}$C และแบคทีเรียพวกที่เจริญได้โดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งจะมีการสร้างเอนไซม์ย่อยสลายอาหารให้เกิดมีกลิ่นเหม็นและเน่าเสีย (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2538) และสามารถสร้างสปอร์เมื่อเกิดภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญ ดังนั้นจึงต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงที่ 116-121 $^{\circ}$C (240-250 $^{\circ}$F) และระยะเวลาเหมาะสมในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์แบบการฆ่าเชื้อทางการค้า (Commercial sterilization) ซึ่งนอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภคแล้วยังจะช่วยรักษาคุณภาพลักษณะที่ดีและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ด้วยในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องโดยเฉพาะอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ (Fennema, 1985) การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะเกี่ยวข้องกับความ

ปลอดภัยของผู้บริโภคโดยตรง ดังนั้นผู้ที่ทำงานทางด้านนี้จำเป็นที่จะต้องทราบเทคนิคพื้นฐาน ปัจจัยที่สำคัญที่ต้องควบคุมในการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนนั้น เพื่อที่จะได้สามารถทราบถึงสภาวะในการทำงานตามกระบวนการที่ต้องการ (วิวัธน์ ปฐมโยธิน, 2535)

5.2.1 อัตราการแทรกผ่านของความร้อน (Rate of heat penetration)

ความร้อนจะถ่ายเทจากไอน้ำหรือน้ำผ่านภาชนะเข้าสู่อาหาร ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยทั่วไปจะสูงมากและไม่ใช่ปัจจัยที่จำกัดการถ่ายเทความร้อน แต่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการแทรกผ่านของความร้อนไปสู่อาหารมีดังนี้คือ องค์ประกอบและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ค่า pH ค่า water activity น้ำหนักบรรจุ ขนาดชิ้นอาหารหรือที่เรียกว่า cut และการเรียงตัวของอาหาร ความข้นหนืดของอาหาร การดูดคืนน้ำ วัตถุกันเสีย อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุ การเตรียมวัตถุดิบ ช่องว่างเหนืออาหารในกระป๋อง อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารก่อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ ขนาดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ รูปร่างของบรรจุภัณฑ์ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ การเรียงกระป๋องในเครื่องฆ่าเชื้อ ตำแหน่งของกระป๋องในเครื่องฆ่าเชื้อ อุณหภูมิและความดันของอากาศหรือน้ำเย็น การดูแลกระป๋องหลังปิดฝาแล้ว เวลาที่ใช้กว่าเครื่องฆ่าเชื้อ เป็นต้น (วิไล รังสาดทอง, 2545)

5.2.2 การส่งผ่านความร้อนเข้าไปในภาชนะ

หลังจากที่อาหารถูกปิดสนิทในภาชนะ แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อความดันไอโดยการใช้ไอน้ำเป็นแหล่งของพลังงานความร้อน ความร้อนจะถ่ายเทจากไอน้ำไปยังกระป๋อง ซึ่งในขั้นนี้ก็จะเกิดการส่งผ่านความร้อนขึ้น (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2529) วิธีการส่งผ่านนั้นสามารถทำได้ 4 วิธีคือ

- การถ่ายเทความร้อนแบบการนำความร้อน

เป็นการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหารกระป๋อง โดยความร้อนจะผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลหนึ่ง ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนี้จะได้รับความร้อนช้าและส่วนมากจะมีความหนืดสูง

- การถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน

ความร้อนจะถูกพาเข้าไปในอาหารกระป๋องโดยโมเลกุลของสารละลายที่สามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระ และเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น อาหารในน้ำเกลือ

- การถ่ายเทความร้อนแบบการแผ่รังสี

จะเป็นลักษณะการถ่ายเทพลังงานความร้อน เช่น แสง จากกฎข้อที่ 2 ของอุณหพลศาสตร์กล่าวว่า พลังงานความร้อนจะไหลไปในทิศทางเดียวกัน คือจากส่วนที่ร้อนไปสู่ส่วนที่เย็นจนในที่สุดจะเกิดความสมดุล จากวิธีการส่งผ่านความร้อนดังกล่าวจึงทำให้เกิดจุดที่ความร้อนเข้าถึงช้าที่สุด ซึ่งจะเกิดในที่ต่างๆกันขึ้นกับวิธีการส่งผ่านความร้อน

- การถ่ายเทความร้อนแบบผสม

อาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืด ซึ่งในช่วงแรกของการให้ความร้อนจะเป็นแบบการพา และเมื่อให้ความร้อนต่อไป อาหารจะข้นหนืดมากขึ้นจนเปลี่ยนเป็นแบบการนำ จะได้กราฟลักษณะพิเศษที่เรียกว่า Broken heating curve คือจะไม่เป็นเส้นตรงตลอดแนวแต่จะเป็นเส้นที่มีการเปลี่ยน Slope เหมือนกับเส้นตรง 2 เส้นที่มีความชันต่างกันมาต่อกัน อาหารพวกนี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ หรือผลิตภัณฑ์ที่บรรจุชิ้นใหญ่ๆในของเหลว เช่น ชิ้นผักใหญ่ๆในน้ำเกลือ จุดที่ร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ประมาณกึ่งกลางระหว่างจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (จุดกึ่งกลาง) และแบบการพา (ทิพาพร อยู่วิทยา, 2536)

5.3 การฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal processing)

ในการฆ่าเชื้ออาหารด้วยความร้อนนั้นจะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น ค่า pH ค่า Water activity น้ำหนักบรรจุ ขนาดอาหาร ความข้นหนืด ชนิดของจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโต อัตราส่วนของของแข็งต่อของเหลวที่บรรจุ การเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารก่อนเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ ขนาดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ ชนิดของบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งการกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อให้การฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุนั้นสามารถมีประสิทธิภาพที่ดีและเก็บรักษาอาหารได้ยาวนาน ซึ่งมีค่าค่าหนึ่งที่มีการนำมากำหนดใช้ในกระบวนการผลิตอาหารที่ต้องฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนสูง นั่นก็คือค่า F_0 หมายถึงระยะเวลาเป็นนาที ที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด ปัจจัยที่มีผลต่อค่า F_0 ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในวัตถุดิบ จำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเตรียมอาหาร คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและอุณหภูมิในการเก็บรักษา (วิไล รังสาดทอง, 2545)

ค่า F_0 ของอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดด่างและคาร์โบไฮเดรตต่างกัน ดังตารางที่ 3 และค่า F_0 จะเปลี่ยนไปตามชนิดของอาหารต่างๆดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่า F_0 ของอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดด่างและคาร์โบไฮเดรตต่างกัน

Table 3 F_0 values of canned food at the differences of pH values and Carbohydrates

pH of the product before sterilization	F_0 (Minutes) Carbohydrates in canned vegetables food, %		
	3-6	9-12	>15
4.5 to 5.0	0.5	1.0	2.0
5.0 to 6.0	3.0	4.5	6.0
> 6.0	4.0	6.0	8.0

ที่มา : Alstrand และ Ecklund, (1952 อ้างโดย วิไล รังสาดทอง, 2545)

ตารางที่ 4 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดที่มีการใช้ทั่วไป

Table 4 F_0 values of some general food products

Food product	Size of can	F_0
Children food	202 X 308	3-5
Bean in tomato sauces	All size	4-6
Pea in salt solution	307 X 409 or smaller	6
	307 X 409 to 603 X 700	6-8
Carrot	All size	3-4
Soybean in salt solution	307 X 409 or smaller	4-6
Mushroom in salt solution	300 X 410	8-10
Meat in gravy juice	All size	12-15
Sausage in oil	300 X 410 and smaller	4-6
Sausage in salt solution	300 X 410 and smaller	3-4
Meat curry with vegetables	300 X 410 and smaller	8-12
Pieces of chicken in salt solution	401 X 411 to 603 X 700	15-18
Fish in tomato sauces	300 X 410 and smaller	10
Tomato soup	All size	3
Pet food	300 X 410	15-18
Corn soup	307 X 409	5-6
Asparagus	All size	2-4
Baby corn in salt solution	307 X 409	9

ที่มา : Alstrand และ Ecklund, (1952 อ้างโดย วิไล รังสาดทอง, 2545)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์บรรจุกระป๋อง
2. ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปในผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์บรรจุกระป๋อง
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์บรรจุกระป๋อง ในระหว่างการเก็บรักษา