

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบเคลือบคาราเมล ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รายละเอียด ข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา วารสารทางวิชาการและข้อมูลทาง อินเทอร์เน็ตโดยนำเสนอตั้งหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.3 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกล้วยน้ำว้า

กล้วยจัดเป็นพันธุ์ไม้ล้มลุกขนาดใหญ่ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Musa sapientum* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae อนุกรมวิธานได้จัดจำแนกกล้วยตามลำดับ ดังนี้ (กองส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560)

Class	-	Monocotyledoneae
Order	-	Zingiberales
Family	-	Musaceae
Genus	-	Musa
Section	-	Eumusa
Species	-	spp.

พืชในตระกูล Musaceae จัดแบ่งได้ 2 สกุล ตามลักษณะของการแตกหน่อ คือ สกุล กล้วยโหนด (Ensete) ได้แก่ กล้วยที่ไม่มีการแตกกอจะขึ้นเป็นต้นเดี่ยวๆ มีอายุประมาณ 2 ปี หรือมากกว่าผล รับประทานไม่ได้เมื่อให้เมล็ดแล้วต้นจะตายไป นิยมใช้ทำแป้งหรือหรือเอาเส้นใย ส่วนอีกสกุลหนึ่งคือ สกุล กล้วยแตกกอ (Musa) ได้แก่ กล้วยที่มีปลุกกันอยู่ทั่วไป

ปัจจุบันมีการแตกกอหรือหน่อ ผลของกล้วยสามารถนำมาใช้เป็นอาหารและ รับประทานได้ในปัจจุบันนี้ทั่วโลกมีกล้วยอยู่ประมาณ 200 – 300 พันธุ์ สำหรับชนิดของกล้วยที่มีในประเทศไทยนั้นได้เก็บรวบรวมพันธุ์กล้วยและปลุกไว้ จำนวนชนิดของกล้วยแบ่งได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ (เกสร สุนทรเสรี, 2559)

1) กล้วยป่าออร์นาตา (Wild Ornate : Musa Ornata) ปลุกกันแถบภาคเหนือ นิยม เรียก กล้วยบัว กล้วยป่า

2) กล้วยป่าอะควินาตา (Wild Acuminata : Musa Acuminata) กล้วยป่าในกลุ่ม นี้มีอยู่ 5 ชนิด ได้แก่ Malaccensis microcar paseamea bankaii และ Burmanica มีแพร่หลายในประเทศไทยอาจเรียกชื่อพ้องกันว่า กล้วยทอง กล้วยแข

3) กล้วยป่าบาลบิเซียนา (Wild Balbisiana : Musa Balbis) กล้วยป่ากลุ่มนี้นิยม เรียกชื่อว่า กล้วยตานี หรืออาจเรียกชื่อพ้องว่า กล้วยพองลา กล้วยป่า

4) กล้วยในสายพันธุ์อะคิวมินาตา (Acuminate Cultivars) กล้วยที่อยู่ในกลุ่มนี้มีหลายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยเล็บมือนาง กล้วยไข่ กล้วยทองร่วง กล้วยหอม กล้วยสา กล้วยนมสาว กล้วยลาย กล้วยนาก กล้วยทองกายดำ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว กล้วยกุ่มเขียว กล้วยหอมค่อม กล้วยไข่บอง กล้วยดอกไม้

5) กล้วยลูกผสมอะคิวมินาตากับบาลบิเซียนา (Acuminate balbisiana) กล้วยที่อยู่ในกลุ่มนี้มีหลายพันธุ์ ได้แก่ กล้วยลังกา กล้วยเงิน กล้วยน้ำพัด กล้วยทองเดช กล้วยนางนวล กล้วยไข่โบราณ กล้วยน้ำ กล้วยขม กล้วยขมมาก กล้วยร้องหรี กล้วยนมหมี่ กล้วยหักมุก กล้วยปลวกนา กล้วยน้ำว่า กล้วยน้ำว่าค่อม กล้วยน้ำว่าขาว กล้วยน้ำว่าแดง กล้วยเทพรส กล้วยทิพย์ กล้วยพญา กล้วยส้ม

นอกจากนี้ยังมีการจำแนกชนิดกล้วยในประเทศไทย โดยการนับจำนวนโครโมโซม (Chromosome) จากการรวบรวมพันธุ์กล้วยทั่วประเทศทั้งหมด 330 พันธุ์ เมื่อนำมาจำแนกจะได้ประมาณ 56 สายพันธุ์ กล้วยใน Section Eumusa แบ่งออกได้เป็น กลุ่มโครโมโซม AA ได้แก่ กล้วยป่าและกล้วยปลุก ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง กล้วยทองร่วง กล้วยไล กล้วยสา กล้วยทองกาบดำ และกล้วยหอมทองสั้น กลุ่มโครโมโซม AAA ได้แก่ กล้วยนาก กล้วยครั้ง กล้วยกุ่มเขียว กล้วยหอมเขียว กล้วยหอมทอง กล้วยดอกไม้ กล้วยหอมแดง กล้วยคลองจั่น และกล้วยไข่บอง กลุ่มโครโมโซม AB ได้แก่ กล้วยอ่างช่วง หรือแดง หรือหก กลุ่มโครโมโซม AAB ได้แก่ กล้วยน้ำพัด กล้วยลังกา กล้วยร้องหรี กล้วยเงิน กล้วยนมสาว กล้วยไข่โบราณ กล้วยทองเดช กล้วยนางนวล กล้วยขม และกล้วยขมหนัก กลุ่มโครโมโซม ABB ได้แก่ กล้วยเปลือกหนา กล้วยนมหมี่หรือพม่าแหกคูก กล้วยพญา กล้วยหักมุก กล้วยส้ม และกล้วยน้ำว่า กลุ่มโครโมโซม ABBB ได้แก่ กล้วยเทพรส หรือกล้วยปลีหาย กลุ่มโครโมโซม BB ได้แก่ กล้วยตานี กล้วยหรือพองลา หรืออง และกลุ่มโครโมโซม BBB ได้แก่ กล้วยเล็บข้างกูด เกิดจากการผสมระหว่างกล้วยเทพรสกับกล้วยตานี

สำหรับลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของกล้วย คือ ลำต้นตั้งตรง เมื่อโตเต็มที่อาจมีความสูงสองถึงเก้าเมตร แต่ลำต้นที่เห็นกันนั้นแท้จริงแล้วเป็นลำต้นเทียม (Pseudo stem) ส่วนลำต้นที่แท้จริงของกล้วยจะเกิดเป็นเหง้าใต้ดิน (Corm) ลำต้นเทียมจะประกอบด้วยกาบใบที่เรียงกันอัดกันแน่น ใบเป็นใบเดี่ยวสีเขียวขนาดใหญ่ ผิวใบด้านบนเรียบเป็นมัน ท้องใบสีนวล เส้นกลางใบใหญ่และแข็ง ก้านใบยาว ดอกของกล้วยออกเป็นช่อ (Inflorescence) อยู่ที่ปลายยอด ลักษณะห้อยหัวลงมีสีแดงคล้ำ เรียกว่า ปลี (Banana Flower) เมื่อเปิดกาบปลีดูจะเห็นดอกเดี่ยวเรียงกันตั้งแต่ข้อแรกจนถึงข้อที่ 5-15 ของช่อดอกเป็นดอกตัวเมีย ส่วนปลายของช่อดอกเป็นดอกตัวผู้ ผลของกล้วยทั้งหมดบนก้านดอกรวม เรียกว่า เครือ (Bunch) ส่วนผลกล้วยแต่ละกลุ่ม แต่ละข้อ เรียกว่า หวี (Hand) แต่ละผล เรียกว่า ผลกล้วย (Finger) กล้วยเครือหนึ่งอาจจะมีจำนวนหวี 5-15 หวี และแต่ละหวีมีจำนวนผลตั้งแต่ 5-20 ผล ขนาดของผลเมื่อโตเฉลี่ยประมาณ 5-15 เซนติเมตร กว้าง 2.5-5 เซนติเมตร ผลสุกโดยทั่วไปมีเปลือกสีเหลือง แต่อาจมีสีเขียวหรือสีแดงแล้วแต่พันธุ์ (เกษร สุนทรเสรี, 2559)

2.2 กล้วยน้ำว่า

กล้วยน้ำว่า ชื่อสามัญ PisangAwak ชื่อพ้อง กล้วยน้ำว่าเหลือง กล้วยใต้ กล้วยมะลิอ่อน กล้วยอ่อน กล้วยตานี และ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Musa* (ABB group) “Kluai Nam Wa” กล้วยน้ำว่ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกและด้านในมีสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบมีสีเขียวอมชมพู ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับเป็นรูปไข่ค่อนข้างป้อมมีขนงอขึ้นปลายมน ด้านบนจะมีสีแดงอมม่วงมีนวลและด้านล่างสีแดงเข้ม ส่วนก้านดอกของตัวเมียจะตั้งตรงและมีสีขาจ สำหรับเกสรตัวผู้มีสีครีม ส่วนเกสรตัวเมียจะมีความยาวกว่าเกสรตัวผู้มาก กลีบรวมใหญ่สีชมพูอ่อนปลายสีเหลือง กลีบรวม

เต็ยวสีขาวใสมีรอยหยักที่ปลาย เครือห้อยลงเครือหนึ่ง มี 7-10 หน่อ หน่อหนึ่งมี 10-16 ผล มีเหลี่ยมก้านผลยาว มีสุกเนื้อจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนสีน้ำตาล มีรสหวาน และแกนกลางมีสีเหลือง ชมพู หรือขาว ซึ่งทำให้แบ่ง ออกเป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว ส่วนกล้วยน้ำว้าดำมีเนื้อขาวรสหวาน เปลือกมี สีม่วง และแตกลายงานเป็นสีสนิม สำหรับการเพาะปลูกจะปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย จังหวัดที่เพาะปลูก ได้แก่ เลย นครพนม หนองคาย ชุมพร ระนอง และนครราชสีมา กล้วยน้ำว้าสามารถ ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ดีกว่ากล้วยพันธุ์อื่นๆ การดูแลรักษาง่ายและการใช้ประโยชน์จากผล ต้น ใบ และดอกมากกว่ากล้วยชนิดอื่นๆ การบริโภคส่วนใหญ่เป็นแบบบริโภคผลสด แต่ก็ยังมีการแปรรูปเป็น ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น กล้วยตาก กล้วยกวน กล้วยทอด กล้วยฉาบ เป็นต้น สำหรับการส่งออกไปจำหน่าย ต่างประเทศ ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น กล้วยกระป๋องในน้ำเชื่อม กล้วยบวชชี กล้วยผสมกับผลไม้ อื่นๆ (ฟลุตสลัด) (กัลยาณี อรรถฉัตร และฉลองชัย แบบประเสริฐ, 2560)

สำหรับปริมาณส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้าดิบ และสุกในส่วนที่รับประทานได้ 100 และปริมาณส่วนประกอบของกรดอะมิโนและโปรตีนของกล้วยน้ำว้าในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม แสดง ดังตารางที่ 2.1 และ ตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ปริมาณส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้าดิบและสุกในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

สารอาหาร	กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยน้ำว้าสุก
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	100	122
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	28.7	26.1
โปรตีน (กรัม)	1.4	1.2
ไขมัน (กรัม)	0.2	0.3
วิตามินเอ (IU)	483	375
วิตามินบีหนึ่ง (มิลลิกรัม)	0.04	0.03
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม)	0.02	0.04
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	0.6	0.6
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	31	14
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	8.0	12
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	35.0	32
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.9	0.8
น้ำ (กรัม)	69.0	71.6

ที่มา: กัลยาณี อรรถฉัตร และฉลองชัย แบบประเสริฐ (2560)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณส่วนประกอบของกรดอะมิโน และโปรตีนของกล้วยน้ำว้าในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

โปรตีนและกรดอะมิโน	กล้วยน้ำว้า
โปรตีน (กรัม)	1.0
กรดอะมิโนทั้งหมด (มิลลิกรัม)	596
กรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมด (มิลลิกรัม)	261
ไอโซลิวซีน (มิลลิกรัม)	28
ลูซีน (มิลลิกรัม)	45
ไลซีน (มิลลิกรัม)	36
กรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบทั้งหมด (มิลลิกรัม)	12
เมไทโอนีน (มิลลิกรัม)	3
ซิสทีน (มิลลิกรัม)	9
กรดอะมิโนที่มีสูตรโครงสร้างเป็นวงกลม (มิลลิกรัม)	49
เฟนิลลานิน (มิลลิกรัม)	30
ไทโลซีน (มิลลิกรัม)	19
ทรีโอนีน (มิลลิกรัม)	36
ทริปโตแฟน (มิลลิกรัม)	18
วาเลิน (มิลลิกรัม)	37
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (มิลลิกรัม)	
อาร์จินีน (มิลลิกรัม)	31
ฮิสติดีน (มิลลิกรัม)	31
อะลานีน (มิลลิกรัม)	69
กรดแอสปาทิก (มิลลิกรัม)	66
ไกลซีน (มิลลิกรัม)	34
โพรลีน (มิลลิกรัม)	31
ซีรีน (มิลลิกรัม)	38

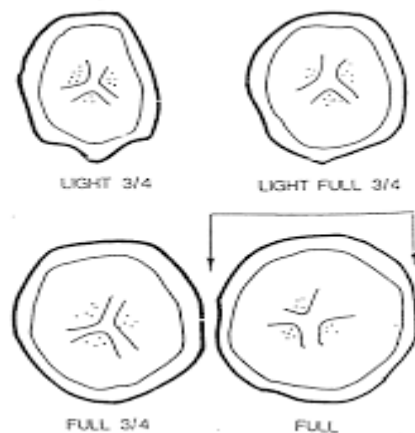
ที่มา: กัลยาณี อรรถฉัตร และฉลองชัย แบบประเสีฐ (2560)

2.4 ดัชนีการเก็บเกี่ยวกล้วย (Harvesting index)

การคำนวณอายุของผลกล้วย คัดตั้งแต่กล้วยเริ่มเป็นผลจนกระทั่งสุก โดยคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และการเก็บเกี่ยวกล้วยขึ้นกับความต้องการของตลาดเป็นสำคัญ ในกรณีที่มีการขนส่งไปยังตลาดที่ห่างไกลหรือการส่งออกที่ต้องใช้ระยะเวลาเดินทางนาน เช่น ตลาดต่างประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อผลยังมีเหลี่ยมให้เห็นอย่างชัดเจน คือยังไม่แก่เต็มที่โดยมีความแก่ประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ ในกรณี ที่ส่งต่างจังหวัดภายในประเทศที่ไกลจากแหล่งปลูก จะเก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสุกภายใน 1-2 สัปดาห์ แต่ถ้าส่งตลาดภายในจังหวัดหรือบริเวณใกล้จะเก็บเกี่ยวผลที่แก่เต็มที่ ซึ่งจะสุกภายในไม่ถึงสัปดาห์ มาตรฐานความแก่ของกล้วยในประเทศไทย ทั่วไปสังเกตจากเหลี่ยมของผลกล้วย ดังนี้ (สุธิดา อัญญาโพธิ์, 2560)

Full	หมายถึง ผลที่ไม่มีเหลี่ยม มีความแก่เต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์
Full $\frac{3}{4}$	หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

Light Full $\frac{3}{4}$ หมายถึง ผลที่มีเหลี่ยมแต่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์
 Light $\frac{3}{4}$ หมายถึง ผลที่มีขนาด $\frac{1}{2}$ ของผลที่โตเต็มที่หรือมีความแก่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.1 รูปร่างตัดตามขวางของผลกล้วย
 ที่มา: (สุธิดา อัญญาโพธิ์, 2560)

2.5 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของกล้วยน้ำว้า

การศึกษาคุณภาพของกล้วยน้ำว้าที่ระดับความแก่ 75 และ 90 เปอร์เซ็นต์ ของกล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์ พบว่ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ไส้ขาว ไส้เหลือง และไส้แดง ที่ระดับความสุก 75 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นเท่ากับ 64.28 66.32 และ 65.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อกล้วยน้ำว้ามีระยะความแก่เพิ่มขึ้น เป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้นเพิ่มเป็น 64.92 67.01 และ 66.25 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตของกล้วยลดลงเหลือ 32.75 30.76 และ 31.73 ตามลำดับ เนื่องจากในช่วงการสุกของกล้วย คุณค่าทางอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะแป้งมักจะมีปริมาณสูง ขณะที่ผลกล้วยยังดิบ แต่เมื่อผลกล้วยเริ่มสุกมากขึ้นปริมาณแป้งจะเริ่มลดลง และเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล แสดงในตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางอาหารของกล้วยน้ำว้า 3 พันธุ์

ตัวอย่าง เนื้อกล้วย 100 กรัม	อายุความ สุกกล้วย (เปอร์เซ็นต์)	ส่วนประกอบ (ต่อน้ำหนักเปียกของตัวอย่าง)					
		ความชื้น	ไขมัน	เยื่อใย	โปรตีน	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
กล้วย น้ำว้าไส้ ขาว	75	64.28	0.29	0.38	0.87	0.73	33.45
กล้วย น้ำว้าไส้ เหลือง	90	64.92	0.31	0.41	0.74	0.87	32.75
กล้วย น้ำว้าไส้ แดง	75	66.32	0.28	0.38	0.84	0.72	31.45
กล้วย น้ำว้าไส้ แดง	90	67.01	0.31	0.43	0.70	0.79	30.76
กล้วย น้ำว้าไส้ แดง	75	65.39	0.26	0.34	0.86	0.93	32.41
กล้วย น้ำว้าไส้ แดง	90	66.25	0.35	0.46	0.71	0.85	31.37

ที่มา: สุธิดา อัญญาโพธิ์ (2560)

2.6 ระยะการสุกของกล้วยน้ำว้า

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกกล้วย พบว่าเมื่อกล้วยสุกจะเปลี่ยนจากผิวสีเขียวเป็นเหลือง โดยปกติกล้วยมีสารแคโรทีนและแซนโทฟิลล์เป็นองค์ประกอบ แต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบัง ในระหว่างการสุกของกล้วยจะเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ จนกระทั่งคลอโรฟิลล์หมดไปในที่สุด จากนั้นจะปรากฏสีของแคโรทีนอยด์ให้เห็น ซึ่งชนิดของแคโรทีนอยด์ที่พบในกล้วยได้แก่ แอลฟาแคโรทีน เบต้าแคโรทีนและลูทีน ระยะการสุกของกล้วยสามารถแบ่งตามสีเปลือก ดังนี้ (วรพรรณ บัญชาจากรัตน์ วราภรณ์ สมพงษ์และสมโภช พจนพิมล, 2556)

ระยะที่ 1 เปลือกมีสีเขียว ผลแข็ง ปอกเปลือกยาก เนื้อกล้วยมีสีขาว ไม่มีการสุกและไม่มีการเปลี่ยนสี

ระยะที่ 2 เปลือกมีสีเขียว และมีสีเหลืองปนเล็กน้อย ผลแข็ง ปอกเปลือกยาก เนื้อกล้วยจะมีสีขาว และไม่มีการเปลี่ยนสี

ระยะที่ 3 เปลือกมีเขียวมากกว่าสีเหลือง เนื้อนิ่ม เนื้อกล้วยยังเป็นสีขาวและไม่มีการเปลี่ยนสี

ระยะที่ 4 เปลือกมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว เนื้อกล้วยนิ่ม เริ่มจะสามารถปอกเปลือกได้ง่าย เนื้อกล้วยมีสีเหลืองอ่อนแต่ยังไม่มีการสุก และไม่มีการเปลี่ยนสี

ระยะที่ 5 เปลือกมีสีเหลืองแต่ปลายยังเป็นสีเขียว และเริ่มมีการเปลี่ยนสี

ระยะที่ 6 เปลือกมีเหลืองทั้งผล และผลกล้วยมีเนื้อนิ่ม

ระยะที่ 7 เปลือกมีสีเหลือง เนื้อกล้วยอ่อนตัวลงมาก (สุกเต็มที่และมีการเปลี่ยนสี) และเริ่มมีจุดน้ำตาลเกิดขึ้น

ระยะที่ 8 เปลือกมีสีเหลืองและมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไปและเนื้อเริ่มอ่อนตัวมาก และมีกลิ่นกล้วยแรง)

ในช่วงการสุกของกล้วยจะมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และกายภาพต่างๆ รวมทั้งคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะแป้งซึ่งมีปริมาณมากในช่วงผลกล้วยดิบ และจะมีปริมาณลดลงเมื่อกล้วยสุกมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลมากขึ้นทำให้กล้วยมีรสหวาน สำหรับกล้วยกลุ่มโครโมโซม AA และ AAA เช่น กล้วยไข่ กล้วยหอม เป็นต้น ปริมาณแป้งจะลดลงอย่างมากเมื่อกล้วยสุก และมีปริมาณกรดตั้งแต่ดิบถึงสุกค่อนข้างต่ำ ส่วนกล้วยที่มีกลุ่มโครโมโซม ABB เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยหักมุก เป็นต้น เมื่อกล้วยดิบจะมีปริมาณแป้งอยู่มากและเมื่อกล้วยสุกจะมีปริมาณแป้งลดลงแต่ไม่มากเท่ากับกลุ่มโครโมโซม AA และ AAA การที่มีปริมาณแป้งอยู่สูงในช่วงสุกจึงทำให้กล้วยมีความเหนียวและความหนาแน่นน้อยกว่ากล้วยในกลุ่มแรก แต่มีปริมาณกรดค่อนข้างสูงจึงทำให้เมื่อสุกแล้วจะมีรสเปรี้ยวเล็กน้อย

2.7 ประโยชน์ของกล้วยน้ำว้า

ประโยชน์ของกล้วยน้ำว้ามีดังนี้ (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2555)

2.7.1 กล้วยช่วยบรรเทาโรคซึมเศร้า เนื่องจากกล้วยจะมีส่วนประกอบของ Tryptophan เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่ร่างกายสามารถจะเปลี่ยนให้เป็น Serotonin ซึ่งจะทำให้ร่างกายรู้สึกผ่อนคลาย อารมณ์ดี และมีความสุข

2.7.2 กล้วยช่วยรักษาโรคโลหิตจาง กล้วยเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีปริมาณธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบสูง ทำให้สามารถกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงและช่วยรักษาอาการโลหิตจาง

2.7.3 กล้วยช่วยควบคุมโรคความดันโลหิต เพราะกล้วยมีธาตุโปแตสเซียมสูงเป็นองค์ประกอบ เมื่อร่างกายมีปริมาณเกลือแร่ต่ำ และการรับประทานกล้วยจะช่วยควบคุมความดันโลหิต

2.7.4 กล้วยช่วยระบบขับถ่ายในร่างกาย เนื่องจากกล้วยมีไฟเบอร์สูง ช่วยให้ลำไส้ใหญ่ทำงานได้ปกติ

2.7.5 กล้วยช่วยบรรเทาอาการเจ็บเสียดหน้าอก เพราะกล้วยจะช่วยลดความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร จึงเป็นการช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด

2.7.6 กล้วยช่วยบรรเทาอาการแผลในกระเพาะอาหาร เนื่องจากกล้วยเป็นผลไม้ชนิดเดียวที่สามารถรับประทานได้โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ที่เป็นแผลเรื้อรัง อีกทั้งยังช่วยปรับภาวะกรดเกินในกระเพาะอาหารให้กลับสู่ปกติ และช่วยลดอาการระคายเคืองในกระเพาะอาหาร

2.7.7 กล้วยช่วยบรรเทาความเครียด เนื่องจากกล้วยมีส่วนประกอบของธาตุ โปแตสเซียม จะมีผลทำให้หัวใจเต้นเป็นปกติ ช่วยขนส่งออกซิเจนไปยังสมอง และรักษาสสมดุลของน้ำในร่างกาย เมื่อเกิดอาการเครียดอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายจะเพิ่มขึ้นจึงทำให้ระดับโปแตสเซียมในร่างกายลดลง ดังนั้นการรับประทานกล้วยจะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากความเครียด

2.7.8 กล้วยสามารถจะช่วยลดอัตราการตายด้วยโรคเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงสมองอุดตัน (stroke) ซึ่งงานวิจัยของ The New England Journal of Medicine พบว่า การรับประทานกล้วยเป็นประจำทุกวันจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงของอัตราการตายด้วยอาการเส้นเลือดอุดตันได้ถึง ร้อยละ 40

2.8 การแปรรูปกล้วย

การแปรรูปกล้วยมีหลายวิธี ได้แก่ (เกสร สุนทรเสรี, 2559 และนิรนาม, 2560)

2.8.1 การอบหรือตาก เป็นการใช้เทคโนโลยีการตากแห้งหรืออบแห้ง โดยอุณหภูมิที่ใช้ไม่เกิน 70°C เพราะเป็นการระเหยน้ำออกทำให้น้ำตาลในกล้วยเพิ่มขึ้น และอาจจะมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์

2.8.2 การทอด เป็นการใช้เทคโนโลยีการระเหยน้ำออก โดยมีอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด คือ 160- 180 °C ถ้าเป็นกล้วยดิบจะมีส่วนประกอบเป็นแป้ง การทอดทำให้แห้ง เช่น กล้วยฉาบหากเป็นชิ้นหนาจะกรอบนอกนุ่มใน เป็นต้น

2.8.3 การปิ้ง เป็นการใช้ความร้อนต่ำและให้โดยตรงกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งการปิ้งจะให้ความร้อนระอุอยู่ภายใน และมีผลทำให้ผิวนอกแห้งแข็งแต่เนื้อภายในจะนุ่ม อุณหภูมิของความร้อนที่ใช้ปิ้งจะสูงเกิน 100 °C

2.8.4 การต้มหรือนึ่ง กล้วยที่หามาจะนำไปต้มในความร้อน น้ำเดือด หรือนึ่งด้วยไอน้ำจนสุก วิธีนี้นิยมใช้ทำกล้วยต้มผสมมะพร้าวคูลูกน้ำตาล

2.8.5 กล้วยดอง เป็นการนำกล้วยดิบหรือกล้วยที่ยังอ่อนมาฝานเป็นชิ้นหนาทึ่ตามทแยงทั้งเปลือก แช่ลงในน้ำเกลือผสมน้ำส้มสายชูซึ่งบรรจุลงในภาชนะเคลือบปากกว้าง หรืออาจจะดองโดยการใช้ใบตองหรือผ้าขาวบางปิดภาชนะแล้วตากแดดประมาณ 3 วัน การดองอาจดองเฉพาะกล้วยหรือดองร่วมกับผักอื่นก็ได้

2.8.6 กล้วยกวน วิธีนี้จะใช้กล้วยสุกกอมมายี่จนละเอียด และเคล้ากับน้ำตาล น้ำกะทิ กวนในกระทะ ตั้งไฟอ่อนๆ จนสุกเหนียว แล้วนำมาปั้นหรือหั่นเป็นก้อนกลมหรือเป็นรูปสี่เหลี่ยม หลังจากนั้นห่อด้วยกระดาษแก้วหรือพลาสติก

2.8.7 ท็อฟฟี่กล้วย นิยมใช้กล้วยสุกกอมมายี่ใส่น้ำตาล น้ำกะทิ และเพิ่มแบะแซทำให้ผลิตภัณฑ์นี้ มีความแข็งมากกว่ากล้วยกวน แล้วห่อด้วยกระดาษแก้วหรือกระดาษว่าว

2.8.8 ข้าวเกรียบกล้วย น้ำกล้วยไข่สุกมาบดผสมแป้ง เกลือ และอาจจะเติมน้ำตาลเล็กน้อย แล้วเป็นแท่งยาวนำไปนึ่งพอสุก หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นและนำมาหั่นเป็นชิ้นๆ นำแผ่นกล้วยที่หั่น เป็นชิ้นนี้ไปตากแดดให้แห้งแล้วจึงนำมาทอด

2.8.9 แยมกล้วย เป็นการนำกล้วยหอมห่ามนำมาปอกเปลือก แล้วฝานเป็นแว่นบาง ๆ ผสมน้ำตาลทราย เนื้อส้อมเกลี้ยงหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และน้ำมะนาว ต้มด้วยไฟอ่อน ๆ ประมาณ 45 นาที

2.8.10 กล้วยคั้นรูป นำกล้วยสุกมาฝานตามความยาวหรือตามแนวทแยงของผลกล้วย ลวกด้วย น้ำเดือดนานครึ่งถึงหนึ่งนาที และนำไปตากแดดให้แห้ง สำหรับอายุการเก็บรักษาสามารถเก็บได้นาน 3 เดือน เมื่อต้องการนำมาประกอบอาหารให้นำกล้วยนี้มาแช่หรือต้มในน้ำเดือดประมาณ 5-10 นาที

2.8.11 ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ทาร์ตกล้วย เค้กกล้วย ฟรุตเค้ก คุกกี้กล้วย ไอศกรีมกล้วย เป็นต้น

2.9 การทอด

การทอดเป็นกรรมวิธีที่มีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร และความร้อนจากการทอดจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหาร รวมทั้งยังช่วยลดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ที่ผิวของอาหารหรือทั้งชิ้นอาหาร (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

การทอด หมายถึง การนำอาหารใส่ลงในน้ำมันขณะร้อน ผิวของอาหารมีอุณหภูมิสูงอย่างรวดเร็ว จนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอด ซึ่งทำให้น้ำที่เป็นส่วนประกอบหลักในอาหารเกิดการระเหยกลายเป็นไอน้ำ จึงมีผลให้ผิวหน้าของอาหารแห้ง และผิวของอาหารที่แห้งแข็งจะมีโครงสร้างเป็นรูพรุนขนาดต่างๆ ในระหว่างการทอดน้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากรูพรุนนี้และน้ำมันจะเข้ามาแทนที่น้ำและไอน้ำที่ระเหยไป การเคลื่อนที่ของความชื้นที่เคลื่อนที่จากผิวของอาหารผ่าน Boundary Film ของน้ำมัน ซึ่งความหนาของชั้น Boundary Film เป็นตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อนและมวลสาร ส่วนค่าความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างความชื้นภายในอาหารและน้ำมันจะมีผลให้เกิดการสูญเสียไอน้ำและความชื้นของอาหาร การทอดด้วยอุณหภูมิสูงอาหารจะสามารถทอดได้ปริมาณมาก และใช้ระยะเวลาในการทอดน้อย แต่อุณหภูมิสูงนี้จะเป็นการเร่งให้น้ำมันเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพได้เร็วขึ้น เช่น การเกิดกรดไขมันอิสระ ความหนืดของน้ำมันเพิ่มขึ้น น้ำมัน มีสีและกลิ่นเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำมันได้สารอะโครเลน (Acrolein) ซึ่งเป็นควันทันน้ำเงินบนน้ำมันและทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ สำหรับอุณหภูมิในการทอดอาหารจะขึ้นกับชนิดอาหารนั้น ๆ โดยอาหารที่ต้องการให้ผิวของอาหารมีความกรอบ และภายในยังมีความชื้นสูงต้องทอดด้วยอุณหภูมิสูง ซึ่งผิวของอาหารที่แห้งนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้ความชื้นออกสู่ภายนอก และควบคุมการถ่ายเทความร้อนเข้าไปภายในชิ้นอาหาร ส่วนอาหารที่จะต้องการความแห้งทั้งชิ้นต้องทอดด้วยอุณหภูมิต่ำ เพื่อให้ไอน้ำภายในระเหยออกมาก่อนที่ผิวของอาหารจะมีลักษณะกรอบแข็งเป็นเปลือกหุ้ม และอาหารทอดควรจะแห้งก่อนที่ผิวภายนอกจะเกิดความผิดปกติขิงสี กลิ่น และรสชาติ สำหรับระยะเวลาในการทอดผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร อุณหภูมิของน้ำมัน วิธีการทอด ความหนาของชิ้นอาหาร และคุณภาพการบริโภคของอาหารทอดที่ความต้องการในการผลิตนั้นๆ ในทางอุตสาหกรรมจะมีวิธีการทอด 2 วิธี ซึ่งจำแนกโดยวิธีการถ่ายเทความร้อนได้เป็นการทอด ดังนี้ (วิลโลว์ ริงสาดทอง, 2558)

2.9.1 การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow Frying) หรือการทอดโดยใช้ใช้น้ำมันน้อย เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอนไข่ และเบอร์เกอร์ ซึ่งความร้อนจากผิวของกระทะจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันไปสู่อาหาร และความหนาของชั้นน้ำมันจะขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของผิวหน้าอาหารและการทอดแบบน้ำมันตื้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีไม่สม่ำเสมอ นอกจากนั้นจะมีฟองของไอน้ำเกิดขึ้นขณะทอด

ซึ่งจะดันผิวของชิ้นอาหารให้ลอยขึ้นเหนือผิวกระทะ ทำให้อุณหภูมิขณะทอดผันแปรจึงมีผลให้ชิ้นอาหารเกิดสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ

2.9.2 การทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-Fat Flying) หรือการทอดโดยใช้น้ำมันมาก การทอดด้วยวิธีนี้ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนในการทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นทั้งการพาความร้อนและนำความร้อนสู่ภายในอาหาร ผิวของอาหารจะได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอทั่วกันและทำให้อาหารที่ทอดมีสีที่สม่ำเสมอ การทอดน้ำมันท่วมเหมาะสำหรับอาหารทุกชนิด แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอจะต้องใช้น้ำมันในการทอดมากขึ้น และอาหารนั้นจะอมน้ำมันมากกว่าชิ้นอาหารที่มีรูปร่างสม่ำเสมอ การทอดอาหารแบบนี้เมื่อใช้ความร้อนสูงหรือมีการใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำหลาย ๆ ครั้ง มีผลทำให้วิตามินอีถูกทำลาย กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถูกออกซิไดซ์และยังเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้ง่ายผลของปฏิกิริยาจะได้สารประกอบที่เป็นพิษต่อร่างกายและบางชนิดอาจจะเป็นสารก่อมะเร็ง

ผลของการทอดที่มีต่ออาหารนั้นจะขึ้นกับชนิดและสมบัติของน้ำมันที่ใช้ในการทอดของคุณภาพของอาหาร และผลของความร้อนต่ออาหารที่ทอด สำหรับผลของความร้อนที่มีต่อไขมัน ที่ใช้ทอด โดยเมื่อน้ำมันได้รับความร้อนสูงเป็นเวลานานรวมทั้งมีน้ำและออกซิเจนออกมาจากอาหาร จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผลของปฏิกิริยานี้จะทำให้เกิดสารระเหย เช่น สารคาร์บอนิล กรดไฮดรอกซี กรดคีโต และกรดอีพอกซี ทำให้อาหารเกิดกลิ่นผิดปกติและน้ำมันมีสีคล้ำขึ้น ส่วนการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันของโมเลกุลไขมันในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะทำให้ไขมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น และลดสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวอาหารระหว่างการทอด และเมื่อเกิดการสลายตัวของไขมันมีผลให้เกิดสารประกอบที่เป็นพิษต่อผู้บริโภคอาหารนั้น ในขณะที่ผลของความร้อนที่มีต่ออาหาร ที่ทอดจะส่งผลต่อสี กลิ่น รสชาติ และความกรอบของอาหารนั้นๆ ดังนั้นคุณภาพการบริโภคจะเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และสารประกอบที่ระเหยได้ที่อาหารนั้นดูดซับจากน้ำมัน ปัจจัยสำคัญที่ควบคุม คือ ชนิดของน้ำมัน อายุ และความทนต่อความร้อนของน้ำมัน อุณหภูมิ และเวลาในการทอด ขนาดและลักษณะผิวของอาหาร และการจัดการภายหลังการทอด นอกจากนี้การทอดยังมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารที่ผ่านการทอด ซึ่งจะคำนึงถึงปริมาณความชื้นภายในอาหารหลัง การทอด อาหารที่มีปริมาณน้ำเหลืออยู่ภายในอาหารมาก เช่น ปลาทอด ไก่ทอด เป็นต้น มีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำและไขมันเกิดขึ้นภายในอาหารระหว่างการเก็บรักษา แต่การทอดอาหารจนกรอบ เช่น มันฝรั่งทอด จะมีปริมาณความชื้นเหลือภายในน้อยมากจึงสามารถเก็บรักษาได้ถึง 12 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง ซึ่งอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นี้จะขึ้นกับบรรจุภัณฑ์และภาวะในการเก็บรักษาด้วย

การทอดแบบน้ำมันท่วมจะเกิดการถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อนซึ่งเกิดขึ้นในน้ำมัน และการนำความร้อนที่เกิดขึ้นภายในชิ้นอาหาร ผิวอาหารทุกจุดจะได้รับความร้อนสม่ำเสมอ เกิดการระเหยของน้ำบางส่วน สี และลักษณะปรากฏที่ผิวของชิ้นอาหารจึงสม่ำเสมอเหมาะกับการทอดที่มีรูปร่างทุกแบบ อุณหภูมิที่ใช้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 177-190 °C และอุณหภูมิที่นิยมใช้กันส่วนใหญ่คือ 190 °C และการทอด ที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 177 °C) จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้สูง เนื่องจากน้ำมัน ที่เกาะอยู่ที่ผิวหลังการทอด เมื่ออุณหภูมิเย็นลงน้ำมันส่วนนี้จะมีความหนืดสูงขึ้นทำให้ขัดขวางต่อการนำน้ำมันส่วนเกินออก ดังนั้นการลดปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ และการกำจัดน้ำมันที่ติดมาหลังการทอดให้น้ำขึ้น ผลิตภัณฑ์มาผ่านอุโมงค์ลมร้อน

สำหรับชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารทั่วไป คือ น้ำมันหมูและน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งไขมันและน้ำมัน และน้ำมันทุกชนิดประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอลหลากหลายชนิดผสมรวมกัน และภายในโมเลกุลไตรเอซิลกลีเซอรอลแต่ละชนิดจะมีกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่แตกต่างกัน โดยชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบภายในโมเลกุลไตรเอซิลกลีเซอรอลนั้นๆ จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของไขมันและน้ำมัน

แต่ละชนิดให้แตกต่างกัน ไขมันและน้ำมันที่สกัดจากสัตว์ และพืชนอกจากจะมีไตรเอซิล กลีเซอรอลเป็นองค์ประกอบแล้วยังมีสารประกอบอื่นๆ เช่น ฟอสโฟลิพิด สารสีที่ละลายได้ในไขมันและน้ำมัน เป็นต้น

สำหรับน้ำมันที่เหมาะสมและนิยมใช้ในการทอดอาหาร คือ น้ำมันปาล์ม น้ำมันปาล์มถูกย่อยสลายได้ง่ายและร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ดี คุณสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถยับยั้งโรคเส้นโลหิตตีบตัน ไม่มีผลกระทบต่อระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายและความดันโลหิต นอกจากนี้ น้ำมันปาล์มยังมีสารต่อต้านเนื้องอกและเป็นแหล่งคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ เนื่องจากมี Beta-carotene, Tocopherols และ Tocotrienols พบว่า ถ้าบริโภคอาหารที่มี Beta-carotene ต่ำมากจะมีอัตราเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งที่ปอดและหลอดลมสูง ส่วน Tocotrienols เป็นองค์ประกอบสำคัญในการแข็งตัวของเลือด ช่วยปรับและลดคอเลสเตอรอลและเป็นตัวช่วยป้องกันการเกิดสารที่ก่อมะเร็งในร่างกาย น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชัน น้ำมันปาล์ม สเตียรีนจะมีความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและเสถียรต่อการทอดที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากมีผลึกของไขมันแบบ Beta-Crystal และมีสารกันหืนตามธรรมชาติ เช่น Alpha-Tocopherol และ Gamma-Tocotrienols เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ

2.10 คุณสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

คุณสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันมีความสัมพันธ์โดยตรงกับองค์ประกอบทางเคมีในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันและน้ำมันนั้นๆ จึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพ ในการจำแนกและชี้บ่งชนิดของไขมันและน้ำมันนั้นๆ จึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพในการจำแนกและชี้บ่งชนิดของไขมันและน้ำมัน รวมทั้งการนำไขมันและน้ำมันไปใช้ประโยชน์ก็จะพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพด้วย สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันที่สำคัญ ดังนี้ (นิธิยา รัตนานพนธ์, 2558)

2.10.1 จุดหลอมเหลว คืออุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวจนหมด ไขมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ อาจเป็นช่วงกว้างหรือแคบขึ้นกับชนิดของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน ไขมันประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอลชนิดเดียวกันทั้งหมด จะมีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นกับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล และน้ำมันจากเมล็ดพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่งภายในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมากกว่าไขมัน จึงทำให้น้ำมันพืชมีจุดหลอมเหลวต่ำ

2.10.2 ความหนืด จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น และความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น

2.10.3 จุดเกิดควัน คือ อุณหภูมิที่น้ำมันได้รับความร้อนจนเกิดควันขึ้น เป็นสมบัติที่สำคัญของน้ำมันสำหรับการนำไปใช้ทอดอาหาร น้ำมันที่ดีต้องทนความร้อน ไม่สลายตัวเป็นควันที่อุณหภูมิต่ำ เพราะหากเกิดควันจะทอดจะทำให้อาหารมีกลิ่นควันติดไปด้วย จุดที่เป็นควันของน้ำมันแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันและเวลาที่ใช้ทอด ซึ่งหากน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจะทำให้จุดเกิดควันมีค่าลดลง

2.10.4 สี เป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของน้ำมัน น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสารสี (Pigments) ที่มีในน้ำมัน และวัตถุดิบที่นำมาใช้สกัดน้ำมันรวมทั้งวิธีการกำจัดสีหรือทำให้บริสุทธิ์โดยการฟอกขาวสี

2.11 สารที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

สารที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน สารเหล่านี้แม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ในไขมันหรือน้ำมัน จะส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของไขมันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ คือ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

2.11.1 สารให้สี โดยสารให้สีที่สำคัญที่สุดคือ แคโรทีนอยด์ เป็นสารไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวสูง ละลายได้ทั้งในไขมันและตัวทำละลายของไขมัน ทำให้เกิดสีเหลืองถึงแดงในไขมัน พบมากในน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ฟอกสี

2.11.2 สารให้กลิ่นและรส ในไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดลอริกสูง เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดปาล์ม พบสารจำพวกคีโตนโมเลกุลใหญ่ เช่น เมทิลโนนิลคีโตน (Methylnonyl Ketone) และในน้ำมันและไขมันหลายชนิดที่มีกรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิก พบว่ามีสารไฮโดรคาร์บอนประเภทเทอร์พีน (Terpenes) เป็นตัวทำให้กลิ่นและรส ในปริมาณดังนี้ น้ำมันปาล์มพบ 0.025 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วลิสง 0.019 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันฝ้าย 0.025 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันทานตะวัน 0.0135 เปอร์เซ็นต์

2.11.3 สารต้านหรือชะลอการเหม็นหืน ที่สำคัญที่สุดและมีในไขมันหรือน้ำมันแทบทุกชนิดคือ โทโคเฟอรอล (Tocopherol) หรือวิตามินอี และสารที่เป็นผลผลิตของปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างอ่อนๆ ของโทโคเฟอรอล ที่สำคัญคือ โทโคควิโนน (Tocoquinones) และโครแมน-5,6-ควิโนน (Chroman-5, 6-quinone) ซึ่งเกิดจากแกมมาโทโคเฟอรอล โดยสารชนิดหลังนี้มีสีแดงแก่ และเป็นสารที่ทำให้น้ำมันพืชมีสีคล้ำขึ้นเมื่อน้ำมันเกิดการออกซิเดชัน

2.12 ชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร

การทอดอาหารเป็นวิธีการที่ใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงมากจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และโพลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) ที่ก่อให้เกิดสารพิษจากการทดลองกับสัตว์พบว่า ทำให้สัตว์ทดลองเจริญเติบโตช้า ตับ ไตผิดปกติ เกิดมะเร็งในกระเพาะอาหาร แต่ถ้ามีการควบคุมสภาวะ การทอดอย่างเหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับไขมันที่ใช้ทอดมากนักและไม่พบความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

การเลือกใช้น้ำมันที่มีความคงตัวดี เช่น น้ำมันปาล์ม หรือน้ำมันรำข้าว เมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่นเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณา เพราะการทอดอาหารแบบน้ำมันท่วม มักใช้น้ำมันในการทอดติดต่อกันเป็นเวลานาน นอกจากเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว น้ำมันที่ใช้ทอดจะมีสีเข้มและความหนืดสูงขึ้น เกิดควันและฟองมากขึ้น ในประเทศแถบยุโรปมีการกำหนดข้อบังคับและแนะนำเพื่อผู้ประกอบการโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารจานด่วนและภัตตาคาร เนื่องจากได้เล็งเห็นถึงความเสี่ยงของผู้บริโภค ข้อกำหนดที่ได้รวบรวมจากหลายประเทศสำหรับอุณหภูมิที่ใช้ทอดและค่าต่างๆ ที่บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด ได้แก่ ไม่ควรทอดอาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 170 หรือ 180 องศาเซลเซียส น้ำมันต้องมีจุดเกิดควันไม่ต่ำกว่า 170 องศาเซลเซียส มีค่ากรด (acid value, AV) ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์ (Rosell, 2001) ค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 meqO₂/kg และสารโพลาร์ไม่เกิน 20 กรัม/100 กรัม ของน้ำมัน (อภิสิทธิ์ วิริยานนท์, 2560)

น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 50 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิ่มตัว 49 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นสัดส่วน 1:1 กรดไขมันโอเลอิก 36.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัว ประกอบด้วย กรดปาล์มมิติก 43.5 เปอร์เซ็นต์ และกรดสเตียริก 4.3 เปอร์เซ็นต์ จากสัดส่วนของส่วนผลสมดังกล่าว พบว่าน้ำมันปาล์มมีข้อเสียในแง่ของการมีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่น การที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงจะส่งผลกระทบต่อปัญหาสุขภาพ เป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน แต่น้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติพิเศษเหมาะสำหรับการใช้

เป็นน้ำมันทอดที่ดีมากเพราะมีค่าไอโอดีนต่ำ เบอร์ต่ำ หรือความไม่อิ่มตัวต่ำ หรือความไม่อิ่มตัวต่ำ เหมาะแก่การนำไปทอดอาหาร อาหารที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มจะกรอบ อร่อย ให้รสชาติที่แท้จริงของอาหารละเอียดได้ นาน จึงนิยมนำน้ำมันปาล์มมาใช้ประกอบอาหารปรุงสำเร็จทันที

ตารางที่ 2.4 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันพืช 7 ชนิด (กรัม/100กรัม)

ชนิดของน้ำมัน	กรดไขมันอิ่มตัว			กรดไขมันไม่อิ่มตัว			
	ปาล์มติก	สเตียริก	ทั้งหมด	โอเลอิก	ลิโนเลอิก	ลิเลนิก	ทั้งหมด
น้ำมันข้าวโพด	10.9	1.8	12.7	24.2	58.0	0.7	82.9
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	22.7	2.3	25.9	17.0	51.5	0.2	69.7
น้ำมันมะกอก	11.0	2.2	13.5	72.5	7.9	0.6	82.1
น้ำมันปาล์ม	43.5	4.3	49.3	36.6	9.1	0.2	46.3
น้ำมันงา	8.9	4.8	14.2	39.3	41.3	0.3	81.4
น้ำมันถั่วเหลือง	10.3	3.8	14.4	22.8	51.0	6.8	81.2
น้ำมันเมล็ดดอก							
ทานตะวัน	5.9	4.5	10.3	19.5	65.7	-	85.2

ที่มา: อภิสสิทธิ์ วิริยานนท์ (2560)

น้ำมันรำข้าว เป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 80-85 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กรดโอเลอิก 40-50 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิก 29-42 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลนิกน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และกรดปาล์มติก 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิ่มตัว 15-20 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กรดปาล์มติก 12-16 เปอร์เซ็นต์ กรดสเตียริก 1-3 เปอร์เซ็นต์ กรดอะราซิดิก 1 เปอร์เซ็นต์ คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันรำข้าว คือมีจุดเกิดควันในช่วง 245-257 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าน้ำมันพืชทั่วไปจึงเหมาะในการประกอบอาหาร โดยทอดแบบน้ำมันท่วม เพราะสามารถลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารก่อมะเร็งจากสารโพลีเมอร์ที่เกิดจากการทอด ส่วนประกอบอื่นที่สำคัญในน้ำมันรำข้าว ได้แก่ วิตามินอีกลุ่มโทโคเฟอรอล และโทโรไตรอินอล วิตามินอีสองกลุ่มนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แต่วิตามินอีกลุ่มโทโคไตรอินอลต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่ากลุ่มโทโคเฟอรอล และช่วยลดระดับไขมันในเลือด ซึ่งพบโทโคไตรอินอล ปริมาณสูงในน้ำมันรำข้าวรองจากน้ำมันปาล์ม และสารโอรีซานอลเป็นสารธรรมชาติซึ่งพบในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น โอรีซานอลนอกจากมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอีแล้ว ผลการวิจัยทางโภชนาการ พบว่าการบริโภคโอรีซานอลสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และปรับสมดุลของระบบฮอร์โมนในสตรีวัยทอง (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณวิตามินอี และโอรีซานอล ในน้ำมันพืช (refined oil) ชนิดต่าง ๆ

น้ำมันพืช	วิตามินอี ¹ (ppm)		โอรีซานอล ² (ppm)	รวม (ppm)
	กลุ่มโทโคเฟอรอล	กลุ่มโทโคไตรอีนอล		
น้ำมันรำข้าว	287	558	2,000	2,845
น้ำมันมะกอก	51	-	-	51
น้ำมันข้าวโพด	888	47	-	935
น้ำมันคาโนลา	650	-	-	650
น้ำมันเมล็ด				
ทานตะวัน	565	-	-	565
น้ำมันดอกคำฝอย	645	-	-	645
น้ำมันถั่วเหลือง	1,055	-	-	1,055
น้ำมันปาล์ม	371	659	-	1,030

หมายเหตุ ppm. = part per million หรือ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา: นิธิยา รัตนูปนนท์ (2558)

นอกจากนี้ น้ำมันรำข้าวยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ซึ่งช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ที่ไม่ดี (LDL-C) ที่ทำให้เกิดการอุดตันในผนังหลอดเลือด และช่วยเพิ่มหรือรักษาระดับคอเลสเตอรอล ที่ดี (HDL-C) แก่ร่างกาย พบว่าในน้ำมันรำข้าวมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงรองจากน้ำมันมะกอกและน้ำมันคาโนลา ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ปริมาณกรดไขมันแต่ละประเภทในน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

น้ำมันพืช	ปริมาณกรดไขมันแต่ละประเภทในน้ำมันพืชชนิด (เปอร์เซ็นต์ w/w)		
	กรดไขมันอิ่มตัว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว เชิงเดี่ยว	กรดไขมันไม่อิ่มตัว เชิงซ้อน
น้ำมันมะกอก	14	77	9
น้ำมันคาโนลา	6	58	36
น้ำมันรำข้าว	18	45	37
น้ำมันถั่วเหลือง	16	24	60
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	12	21	67
น้ำมันข้าวโพด	13	20	62
น้ำมันปาล์ม	50	39	10

ที่มา: นิธิยา รัตนูปนนท์ (2558)

2.13 ความคงตัวของน้ำมัน

ความคงตัวของน้ำมันต่อปฏิกิริยาทางเคมีแต่ละชนิดมีผลต่อสมบัติของน้ำมันแตกต่างกันด้วย ซึ่งมีผลต่อการนำน้ำมันไปใช้ประโยชน์ เช่น ความคงตัวของกลิ่นและรสชาติ ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการนำน้ำมันไปทำน้ำมันสลัดและเนยขาว หรือความคงตัวของน้ำมันต่อความร้อนมีความจำเป็นสำหรับน้ำมัน ที่ใช้ทอดอาหาร โดยความคงตัวของน้ำมันเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (นิธิยา รัตนูปนนท์, 2558)

2.13.1 ออกซิเดชันของกรดไขมัน เป็นปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างออกซิเจนในอากาศกับพันธะคู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล เกิดเป็นออกซิไดซ์ไตรเอซิลกลีเซอรอล หรือสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และสลายตัวให้สารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนสั้นลง การเกิดออกซิเดชันที่เป็นปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดกับไขมันและน้ำมันทุกชนิด ผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาเหล่านี้ทำให้น้ำมันมีกลิ่นหืน ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดได้ตลอดเวลาเมื่อไขมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาเหล่านี้ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์และอาจมีกรดอินทรีย์ คีโตน แอลกอฮอล์ เอสเทอร์ สารประกอบ อะโรมาติก และอีพอกซี

2.13.2 ไฮโดรไลซิส เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่พันธะเอสเทอร์ ได้เป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งถ้าเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเพียง 1-2 ตัว หรือเป็นกรดไขมันสายสั้นๆ เช่น กรดไขมันโนนม น้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันปาล์มเคอร์เนลจะเกิดกลิ่นหืนได้เร็ว เนื่องจากมีความสามารถในการระเหยได้ง่าย แต่สำหรับน้ำมันพืชที่มีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมาก ถึงแม้จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แต่จะไม่เกิดกลิ่นหืน เพราะกรดไขมันเหล่านี้ไม่สามารถระเหยได้ อย่างไรก็ตามขณะที่ใช้น้ำมันในการทอดอาหารที่มีปริมาณของน้ำสูงและใช้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วและมีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากได้ ถึงแม้ว่าน้ำมันจะไม่เกิดกลิ่นหืน

2.13.3 อุณหภูมิ น้ำมันที่ดีต้องมีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงประมาณ 200 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำมันได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง จะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน ได้เป็นโพลิเมอร์ซึ่งมีผลทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำมันเกิดฟองได้ง่ายขณะทอด โดยสารโพลิเมอร์ที่เกิดขึ้นระหว่างการทอดนี้เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและความร้อน สารประกอบที่เป็นคະตะลิสต์และตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์จากการออกซิเดชัน (oxidative polymerization) คือ แคโรทีน คลอโรฟิลล์และโลหะ เช่น เหล็กและทองแดง ในทางตรงกันข้าม สารฟอสฟาไทด์ วิตามินอีและสารต้านออกซิเดชัน จะช่วยยับยั้งการเกิดโพลิเมอร์จากการออกซิเดชันได้

2.14 หลักการกระบวนการทอด

กระบวนการทอดอาศัยหลักการที่อุณหภูมิภายในชิ้นอาหารมีค่าต่ำกว่าจุดเดือดของของเหลวหรือสารละลายอื่น ๆ ในอาหาร แต่เนื่องจากของเหลวส่วนใหญ่ในอาหารเป็นน้ำ ดังนั้น จุดเดือดของ ของเหลวภายในชิ้นอาหารจึงใกล้เคียงกับจุดเดือดของน้ำ เมื่อวางชิ้นอาหารลงในน้ำมันที่ร้อน อุณหภูมิ ที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและน้ำจะระเหยกลายเป็นไอ ทำให้บริเวณผิวหน้าอาหารเริ่มแห้ง แนวระนาบการระเหยจะเคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นอาหารและเกิดเปลือกนอกขึ้น อุณหภูมิที่ผิวอาหารจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับอุณหภูมิของน้ำมันร้อน และอุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมันกับอาหารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้าอาหารจะเป็นตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อน ค่าการนำความร้อนของอาหารเป็นตัวควบคุมอัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในเนื้ออาหาร บริเวณเปลือกนอกของอาหารมีลักษณะเป็นรูพรุนซึ่งประกอบด้วยท่อแคปิลารีขนาดต่าง ๆ น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากแคปิลารีช่องใหญ่ก่อนและถูกแทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างการทอด ความชื้นจะเคลื่อนที่ผ่านผิวอาหารและฟิล์มบาง ๆ ของน้ำมัน ความหนืดและความเร็วของการเคลื่อนที่ของน้ำมันเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม ซึ่งมีผลต่ออัตราการถ่ายเทมวลและความร้อน ความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างความชื้นภายในอาหารและในน้ำมันจะเป็นตัวขับเคลื่อนความชื้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในการทอดจะสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร อุณหภูมิของน้ำมันวิธีที่ใช้ในการทอด ความหนาของชิ้นอาหาร และความต้องการในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภค (นิธิยารัตนาพนนท์, 2558) การคำนึงถึงปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และความต้องการของผลิตภัณฑ์ จะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิในการทอด การทอดที่อุณหภูมิสูงช่วยลดเวลาและเพิ่มอัตราการผลิต อย่างไรก็ตาม การทอดที่

อุณหภูมิสูงเป็นการเร่งให้น้ำมันกลายเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความหนืด สีและกลิ่นของน้ำมัน ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนน้ำมันบ่อยขึ้น จึงเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายสำหรับการทอดโดยใช้อุณหภูมิสูงทำให้เกิดจากการเดือดของอาหารอย่างรุนแรงและเกิดการสูญเสียน้ำมันที่ติดมากับไอน้ำ นอกจากนี้อุณหภูมิสูงยังทำให้เกิดการแตกตัวเป็นอะโครเลิน (Acrolein) ซึ่งเป็นควันสีน้ำตาลเงินบนน้ำมันและก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้

ปัจจัยสำคัญสำหรับการกำหนดอุณหภูมิในการทอดอาหาร คือลักษณะความต้องการของผลิตภัณฑ์ การใช้อุณหภูมิสูงสำหรับการทอดอาหารทำให้มีเปลือกนอกแห้งและมีความชื้นภายในชั้นอาหาร การเกิดเปลือกนอกอย่างรวดเร็วจะเป็นการปิดกั้นไม่ให้น้ำเคลื่อนที่ออกไปจากอาหารและลดอัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังด้านในชั้นอาหาร ชั้นอาหารจึงยังคงรักษาเนื้อสัมผัสที่นุ่มชื้นและกลิ่นรสของสารประกอบในอาหารไว้ได้ การทำให้อาหารแห้งโดยการทอดจะใช้การทอดที่อุณหภูมิต่ำกว่า จึงทำให้ระนาบการระเหยเคลื่อนที่ลึกลงไปในการทอดก่อนเกิดเปลือกนอกอาหารจึงแห้งก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นและสีที่รุนแรง

2.15 คาราเมล

คาราเมลจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food Additive) ที่มีความปลอดภัยสูงเพราะวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตประเภทต่าง ๆ แต่มีคาราเมลบางชนิดอาจมีสารที่เป็นอันตรายที่มาจากการใช้สารเร่งปฏิกิริยาในการผลิต และความซับซ้อนของวัตถุดิบธรรมชาติ โดยในระหว่างการผลิตคาราเมลมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นมากมาย ทำให้ได้สารประกอบหลายชนิดและเกิดการรวมตัวกันเป็นสายยาวของสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำได้เป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งในการผลิต คาราเมล นั้นมีปัจจัยของกระบวนการผลิตที่สำคัญ คือ วัตถุดิบ อุณหภูมิ เวลา พีเอช ชนิดและความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยา และปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตคาราเมล มีผลต่อคุณภาพของคาราเมล จึงจำเป็นต้องควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้คาราเมลที่มีคุณภาพและตรงตามมาตรฐานที่กำหนด (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

คาราเมล (Caramel) คือส่วนผสมของสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนในรูปของสารแขวนลอยที่รวมตัวกัน จัดเป็นสารให้สีและกลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นผลิตภัณฑ์สีน้ำตาลเข้มไม่มีรูปร่างแน่นอน คาราเมลเตรียมได้จากการให้ความร้อนแก่คาร์โบไฮเดรตที่น้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น เดกโตรส ซูโครส และมอลต์ไซรัป โดยใช้กรดหรือด่างหรือเกลือ เป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาซึ่งวัตถุดิบ ที่ใช้ในเชิงการค้าคือกลุ่มสารให้ความหวานพวกโมโนเมอร์ เช่น กลูโคส ฟรุคโตส หรือที่เป็นโพลิเมอร์ของสารดังกล่าว (น้ำเชื่อมกลูโคส น้ำตาลทราย น้ำตาลอินเวิร์ท และเดกโทรส) ผ่านปฏิกิริยามัลลาร์ด (Maillard Reaction) เมื่อมีองค์ประกอบของหมู่เอมีนและปฏิกิริยาการเมลไลเซชัน (Caramelization Reaction) ซึ่งในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยานั้น น้ำตาลจะผ่านการขจัดน้ำออกก่อน (Elimination) จากนั้นจะเกิด Polymerization ทำให้กลายเป็นโมเลกุลเชิงซ้อน น้ำหนักโมเลกุลจะสูงขึ้นตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะได้คาราเมลที่มีสีน้ำตาลเข้มไปจนถึงสีดำ ละลายได้ในน้ำและมีความขมเฉพาะตัว

การใช้สีคาราเมลมีมานานกว่าร้อยปี และได้มีการกำหนดให้คาราเมลเป็นสารให้สีที่เจือปนอาหาร (Color Additive) เพื่อกำหนดลักษณะของคาราเมลที่มีความจำเพาะต่อผลิตภัณฑ์ และเพื่อการพัฒนาการผลิตคาราเมล คาราเมลใช้ทั้งในรูปของเหลว รูปผง และแบบอัดแท่ง ให้สีโทนน้ำตาล การใช้คาราเมลเพื่อเป็นสารให้สีในอาหารนั้น ส่วนประกอบของสารอาหารกับคาราเมลต้องมีประจุชนิดเดียว หากมีประจุตรงข้ามกันจะทำให้อนุภาคดึงดูดกันและรวมตัวกันแล้วตกตะกอนออกมา

2.15.1 ชนิดของคาราเมล

คาราเมลมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารเร่งปฏิกิริยา ทำให้ได้คาราเมลที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน จึงทำให้ใช้ในผลิตภัณฑ์หลายแบบ คาราเมลแบ่งตามสารที่ใช้เร่งปฏิกิริยาในการผลิตมี 4 ชนิด (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

1) Class I (Ordinary Caramel: 150a) เตรียมโดยการให้ความร้อนแก่คาร์โบไฮเดรตพวกที่มีโมเลกุลต่ำอาจเติมหรือไม่เติมกรดหรือด่างในการเร่งปฏิกิริยา มีความคงตัวต่อแอลกอฮอล์ นำไปใช้กับบรันดีของหวาน ยา บิสกิต และนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเหล้าหรือพวก Proof Spirit

2) Class II (Caustic Sulphite Caramel: 150b) เตรียมโดยให้ความร้อนแก่คาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับ ordinary caramel อาจเติมหรือไม่เติมกรดหรือด่าง มีสารประกอบ ซัลไฟต์ช่วยในการเกิดปฏิกิริยา มีข้อจำกัดในการนำไปใช้ ส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นสารให้กลิ่นมากกว่าสารให้สี

3) Class III (Ammonia Caramel: 150c) เตรียมโดยให้ความร้อนแก่คาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับ ordinary caramel อาจเติมหรือไม่เติมกรดหรือด่างมีสารประกอบแอมโมเนียช่วยในการเกิดปฏิกิริยา ใช้เป็นสีน้ำตาลในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ บิสกิต อุตสาหกรรมลูกกวาด ไอศกรีม ซุป ซอสปรุงรส อาหารกระป๋อง เนื้อสัตว์ อาหารเพื่อสุขภาพ และเครื่องเทศบางชนิด

4) Class IV (Ammonium Sulphite Caramel: 150d) เตรียมโดยให้ความร้อนแก่คาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับ ordinary caramel มีซัลไฟต์และสารประกอบแอมโมเนียช่วยในการเกิดปฏิกิริยา ใช้เป็นสารให้สีในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโคล่า เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ เหล้าองุ่น น้ำผลไม้ และน้ำส้มสายชู

2.16 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ปฏิกิริยาการเกิดน้ำตาลแบบใช้เอนไซม์ (Enzymatic Browning Reaction) เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenaloxidase) พบเมื่อมีการปอกเปลือกหรือหั่นผักผลไม้ ทำให้ผิวหน้าของผักและผลไม้สัมผัสกับออกซิเจนทำให้มีสีเข้มขึ้น และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ (Nonenzymatic Browning Reaction) ซึ่งพบในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เมล็ดกาแฟคั่ว เนื้อสัตว์ ขนมอบ และน้ำตาล ที่ถูกให้ความร้อน ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ มี 2 ปฏิกิริยาที่สำคัญ คือ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

2.16.1 ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่น้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งมีหมู่ที่เป็นอัลดีไฮด์และคีโตน ทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน เกี่ยวข้องกับการสูญเสีย น้ำ การแตกสลาย และการเกิดพอลิเมอร์ของสารโมเลกุลนั้น

2.16.2 ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน (Caramelization Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการให้ความร้อนแก่น้ำตาลในสถานะที่ไม่มีสารประกอบไนโตรเจน เกี่ยวข้องกับการสูญเสีย น้ำ การแตกสลาย และการเกิดพอลิเมอร์ของสารโมเลกุลนั้น

2.17 ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันของน้ำตาล

น้ำตาลซูโครส เป็นน้ำตาลที่พบทั่วไปในพืช มีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 0.1 ถึง 25 (beets) ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลซูโครสที่เป็นอุตสาหกรรม และยังพบน้ำตาลซูโครสได้ในผลไม้สุก โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อน้ำตาลฟรุคโตสด้วยพันธะ $\alpha(1-2)$ ทำให้ไม่มีหมู่อัลดีไฮด์และหมู่คีโตนอิสระ ซึ่งเป็น Function Group เหลืออยู่ในโมเลกุล น้ำตาลซูโครสจึงเป็น Non-Reducing Sugar เพียงชนิดเดียว และไม่เกิดมิวตาโรเตชัน (Mutarotation) เมื่ออยู่ในสารละลาย น้ำตาลซูโครสไม่คงตัวในสารละลายที่เป็น

กรด จะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสและ ถ้าได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส จะเกิดการสลายตัวในคาราเมลที่มีน้ำตาล (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

ปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน เกิดจากการแตกสลายของน้ำตาลทรายเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดสารประกอบระเหยง่าย (Volatile Compounds) หรือกลิ่นรสคาราเมล (Caramel Flavor) และสีน้ำตาลหรือสีคาราเมล (Caramel Color) เกิดขึ้นได้ทั้งในสภาวะที่มีกรดหรือต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สภาวะการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันคือ อุณหภูมิสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส ที่ค่าพีเอชระหว่าง 3-9 ซึ่งแตกต่างจากปฏิกิริยาคาราเมลลาร์ด โดยปฏิกิริยาคาราเมลลาร์ดเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียสและค่าพีเอช ที่เหมาะสมคือ 4-7

น้ำตาลที่เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน โดยทั่วไปอยู่ในรูปโครงสร้างของของโมโนแซคคาไรด์ ซึ่งในขั้นแรกของปฏิกิริยาจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ภายในโมเลกุล (Intramolecular Rearrangements) เนื่องจากมีทั้งหมู่อัลดีไฮด์หรือคีโตน กับหมู่ไฮดรอกซิลหลายหมู่ในโมเลกุลเดียวกัน จึงเกิดปฏิกิริยากันเองภายในสายโมเลกุลเดียวกัน มีการปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) ทำให้ค่าพีเอชของสารละลายที่เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันลดลงตามเวลา โดยทั่วไปจะมีความเป็นกรดอ่อนอยู่ในช่วงค่าพีเอช 4-5 ปฏิกิริยาการแตกสลายของน้ำตาลซูโครสจะได้สารโอซูโลส (Osulose) ซึ่งเป็นสารมัธยันต์ในการเกิดปฏิกิริยา โอซูโลสเป็นสารประกอบไดคาร์บอนิล ได้แก่ 3-Deoxyhexosulose ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดสีคาราเมล และกลิ่นรสคาราเมล เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบเฮเทอโรไซคลิก ได้แก่ HMF, HDF (Hydroxysimethylfuranone) และ HAF (Hydroxyacetylfruran) (Coca and others, 2004)

อัตราการเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันมีผลจากชนิดของน้ำตาลที่ให้ความร้อน เนื่องจากน้ำตาลแต่ละชนิดมีจุดหลอมเหลว (Melting Point) ที่แตกต่างกัน เช่น น้ำตาลกาแลคโตส น้ำตาลกลูโคส จะเกิดคาราเมลที่อุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส ในขณะที่น้ำตาลฟรุคโตสเกิดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และน้ำตาลมอลโตสเกิดที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

ช่วงแรกของปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน จะเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สารอินทรีย์เกิดการสลายตัวไปสู่องค์ประกอบที่มีขนาดเล็กลงในสภาวะที่มีความร้อนสูง และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ การเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสขึ้นอยู่กับชนิดของสารตั้งต้นและอุณหภูมิที่ใช้ โดยทั่วไปอุณหภูมิอยู่ในช่วง 220 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาต่อเนื่องเริ่มจากน้ำตาลได้รับความร้อน น้ำหนักหายไปร้อยละ 4.5 รวมทั้งโมเลกุลน้ำหลุดออกไป โมเลกุลต่อโมเลกุลของน้ำตาลซูโครส ทำให้เกิดการแตกของพันธะไกลโคซิดิก เมื่อเกิดปฏิกิริยาต่อไปจะเกิดการรวมของพันธะไกลโคซิดิกใหม่ ซึ่งจากการสูญเสียน้ำจะเกิดเป็น Anhydro Ring ซึ่งอยู่ในรูปของ Levoglucosan หรือน้ำตาล ที่มีพันธะคู่อยู่ในโครงสร้างที่เป็นแหวน ซึ่งเป็นสารมัธยันต์ของการเกิดปฏิกิริยาต่อไปได้ สารประกอบที่อยู่ในรูปวงแหวนไม่อิ่มตัว เช่น ฟูแรน ซึ่งพันธะคู่ที่ในโมเลกุลจะดูดซับแสงทำให้เกิดสี ซึ่งโครงสร้างที่ไม่อิ่มตัวนี้จะเกิดการรวมตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ ได้สารที่มีสีและกลิ่นรส

สารประกอบที่ได้จากการสูญเสียน้ำและเกิดพอลิเมอร์ให้สารที่มีสีคือ คาราเมล (Caramelan) ซึ่งคาราเมลสามารถละลายน้ำได้และมีรสขม โครงสร้างของคาราเมลเลน ไม่ทราบแน่นอน ทราบเพียงเป็นองค์ประกอบของพอลิเมอร์และเกิดสารให้สีอื่น ๆ ได้แก่ คาราเมลเลน (Caramelen)และคาราเมลิน(Caramelin) ชนิดของสารให้กลิ่นจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ขึ้นกับการแตกตัวของน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ที่สูญเสียไป (Dehydration Products) เช่น ไดอะซิติล (Diacetyl) กรดแอซิติค และกรดฟอร์มิก สารประกอบให้กลิ่นคาราเมลส่วนใหญ่ จะมีโครงสร้างวงแหวนที่ประกอบด้วยออกซิเจนอยู่ภายใน (Oxygen Heterocyclic) หรือโครงสร้างของฟูแรน

ปฏิกิริยาการเมลลิวเซชันของน้ำตาลซูโครส จะได้สารประกอบที่ระเหยได้และระเหยไม่ได้ ส่วนที่เป็นสารระเหยได้ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ฟอร์มัลดีไฮด์ เมทานอล เอทานอล ส่วนที่เป็นสารที่ระเหยไม่ได้จะเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ได้แก่ น้ำตาลฟรุคโตส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครส น้ำตาลมอลโตส น้ำตาลเซลโลไบโอส (Cellobiose) ไอโซมอลโตส (Isomaltose) โคจิไบโอส (Kojibiose) และโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharide) สารที่เป็นกรดคาร์บอกซิลิก ได้แก่ กรดฟอร์มิก กรดซัคซินิก กรดฟูมาริก กรดไพรูวิก กรดลิโวลินิก (Levulinic Acid) และกรดฟูแรนคาร์บอกซิลิก (Furancarboxylic Acid)

จากการศึกษาของ Coca and others (2004) อินโดอลที่ได้จากปฏิกิริยา β -elimination ได้สารประกอบไดคาร์บอนิล ซึ่งสามารถจัดเรียงตัวใหม่เป็น α -hydroxycarboxylic acid เช่น กรดแลคติก และกรดแซ็กคารินิก (Saccharinic Acid) หรือเกิดการแตกตัวของสารประกอบไดคาร์บอนิลได้ กรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งป็นสารที่ไม่มีสี เช่น กรดฟอร์มิก กรดแอสติค และสารประกอบอัลดีไฮด์ เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ และแอสิตัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารประกอบอัลดีไฮด์ สามารถเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันได้ง่ายให้กรดคาร์บอกซิลิก ปฏิกิริยาอัลดอล และปฏิกิริยาการย้อนกลับอัลดอลของสารประกอบคาร์บอนิล ทำให้เกิดแตกของสายคาร์บอน นอกจากนี้ กรดที่เกิดขึ้นยังอาจเกิดได้จากการแตกสลายของ HFM และ furfural ได้สารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ได้แก่ กรดลิโวลินิก และกรดฟอร์มิก ปฏิกิริยาการเมลลิวเซชันของน้ำตาลที่ทำให้เกิดสีและกรดอินทรีย์

2.19 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภนิษา สุทธิพงษ์ (2553) การพัฒนากระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการสำหรับการผลิตกล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่น ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วยแผ่นร่วมกับการสอบถามความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจากผู้บริโภคและค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวม จากการศึกษาพบว่าสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมคือ ใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 11 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนเป็น 55 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยแผ่นด้วยชนิดและความเข้มข้นของสารเคมี และวิธีทางกายภาพคือ เวลาที่ใช้ในการลวกกล้วย จากการศึกษาพบว่า การใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm ในการแช่กล้วยแผ่นก่อนนำไปอบแห้งสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลคล้ำในกล้วยแผ่นมากที่สุด ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น ผลิตภัณฑ์เป็น 2 ชนิด คือ ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริมเมล็ดธัญพืช และกล้วยแผ่นกรอบแบบเสริมโปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง จากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งแบบเสริมเมล็ดธัญพืชที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนปริมาณเมล็ดธัญพืชรวมเป็น เมล็ดทานตะวันอบ 40 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดพืชทอง 30 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดงาดำ และงาขาว 30 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเมล็ดธัญพืชรวมต่อกล้วยแผ่นเป็น 0.1 : 1 สูตรของผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นกรอบที่เหมาะสมคือ สูตรที่มีปริมาณของส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลืองและน้ำตาลทราย รวมร้อยละ 31.46 โดยมีร้อยละระหว่างส่วนผสมของกล้วยน้ำว้า โปรตีนไอโซเลตจากถั่วเหลือง และน้ำตาลทรายเป็น 72, 5 และ 23 ตามลำดับ มีส่วนผสมของแป้งร้อยละ 18.75 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วย 2 : 1 น้ำกะทิร้อยละ 25.46 เกลือป่นร้อยละ 0.52 งาดำร้อยละ 1.67 และน้ำร้อยละ 18.39 คงที่ จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าอบแห้งแบบแผ่นและกล้วยแผ่นกรอบ พบว่า ได้คะแนนด้านความชอบรวม 7.41 และ 8.03 ตามลำดับ ทำการศึกษาสภาวะการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งและกล้วยแผ่นกรอบ โดยบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศและแบบธรรมดาทั้งในช่องพลาสติกโพลีโพรพิลีนและช่องลามิเนท พบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นอบแห้งและกล้วยแผ่นกรอบสามารถเก็บได้นานที่สุดในช่องลามิเนทแบบบรรจุสุญญากาศที่ระยะเวลา 9 สัปดาห์ และมากกว่า 12 สัปดาห์ ตามลำดับ

สมโภช พจนพิมล วรพรรณ บัญชาจารย์รัตน์ และวรางคณา สมพงษ์ (2555) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบทรงเครื่อง พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสโดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของกล้วยทอดกรอบ การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบทรงเครื่องหน้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีคะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมมากกว่ากล้วยน้ำว้าทอดกรอบหน้าอื่นๆ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.22 – 7.01 กล้วยน้ำว้าทอดกรอบทรงเครื่องหน้างา มีคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบและความชอบโดยรวมในช่วง 6.18 - 6.53 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าทอดกรอบหน้าปลาข้าวสารมีคะแนนความชอบด้านต่างๆ ต่ำที่สุด โดยมีคะแนนในช่วง 5.48 – 6.40 และร้อยละ 71 ของผู้บริโภคสนใจซื้อผลิตภัณฑ์และยอมรับผลิตภัณฑ์ในราคา 30 บาท ต่อน้ำหนัก 100 กรัม

ลักษณะ พิทักษ์ (2556) ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันในกล้วยทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยการอบด้วย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันคงเหลือในผลิตภัณฑ์จากการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อทำการอบด้วยไมโครเวฟ ทำการศึกษาโดยแบ่งเป็นสองขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนแรกเป็นการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของระยะสุกของกล้วยน้ำว้าและเวลาทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ เพื่อนำผลการศึกษามาใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์สำหรับงานทดลองในขั้นตอนต่อไป ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการทดลองเพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันคงเหลือในกล้วยน้ำว้าจากการทดลองตามเงื่อนไขที่เหมาะสมที่ได้จากการขั้นตอนแรก ผลการศึกษาอิทธิพลของระยะสุกแก่และเวลาทอด โดยใช้กล้วยน้ำว้าที่สุกแก่ 3 ระดับ (กล้วยดิบ กล้วยบ่ม 1 วัน และกล้วยบ่ม 2 วัน) ทอดด้วยเวลา 4 ระดับ (360, 480, 600, 720 และ 840 วินาที) ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ควรทอดกล้วยดิบด้วยเวลา 720 วินาที จะได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่าความแข็ง 1.80 N ค่าความแน่นเนื้อ 5.07 N/mm ค่าความเหนียว 0.09 N-mm และมีสีจัดอยู่ในกลุ่มสีเหลือง โดยมีค่า L (63.3) ค่า C (34.8) และค่า h (68.6°) ผลการศึกษาอิทธิพลของเวลาและกำลังไฟในการอบ ด้วยกำลังไฟ 480 วัตต์ อบด้วยเวลา 4 ระดับ (60 120 180 และ 240 วินาที) และอบด้วยกำลังไฟ 800 วัตต์ ด้วยเวลา 4 ระดับ (30 60 90 และ 120 วินาที) ผลการทดลอง พบว่า ควรอบผลิตภัณฑ์ด้วยกำลังไฟ 480 วัตต์และกำลังไฟ 800 วัตต์ ด้วยเวลา 120 และ 60 วินาที ตามลำดับ จะได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จะมีปริมาณน้ำมันลดลงร้อยละ 2.53-11.42 และมีค่าความแข็งในช่วง 2.4-2.8 N ค่าความแน่นเนื้อในช่วง 1.9-3.1 N/mm ค่าความเหนียวในช่วง 0.3-0.5 N-mm และมีสีจัดอยู่ในกลุ่มสีเหลือง โดยมีค่า L (64.4-66.5) ค่า C (33.9-35.0) ค่า h (69.6°-71.1°)

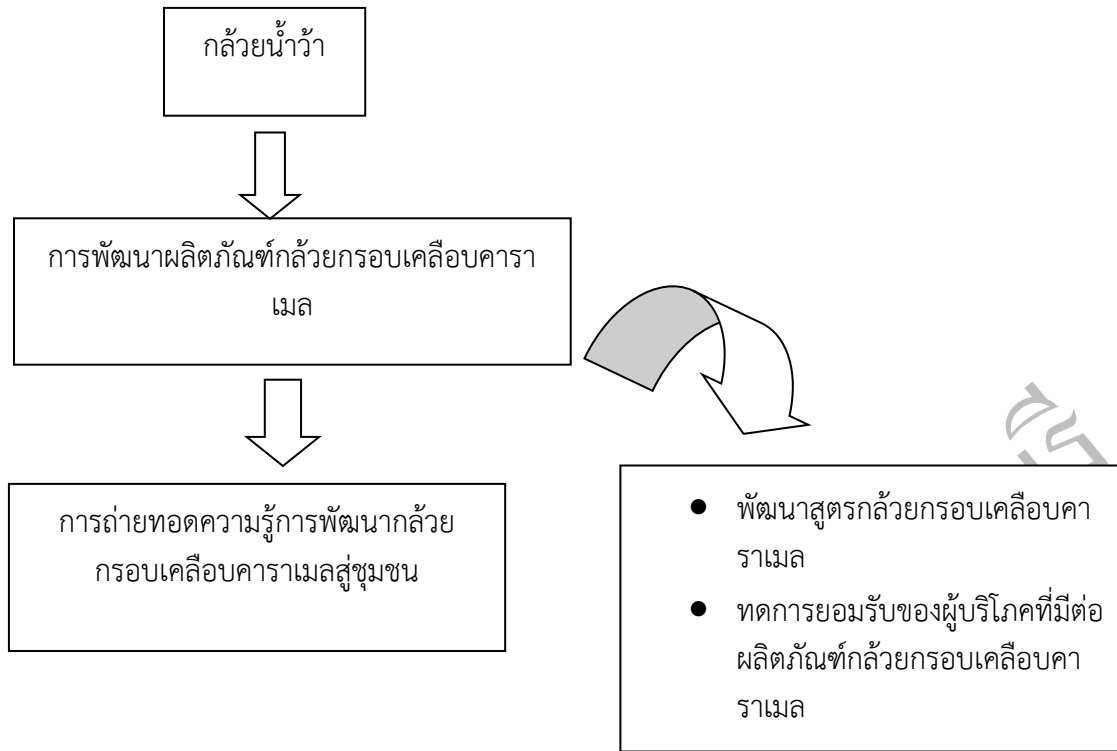
เพ็ญจันทร์ สุทธานุกูล (2558) ศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตคุณภาพ คุณภาพผลผลิตและเพิ่มมูลค่าทางการตลาดกล้วย พบว่า ประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกกล้วยประมาณ 866,410 ไร่ เป็นพื้นที่ปลูกกล้วยน้ำว้า 686,937 ไร่ มูลค่าการส่งออก 35,266 ตัน มูลค่า 799.83 ล้านบาท (ทั้งผลสดและแปรรูป 4,814 ตัน มูลค่า 410.20 ล้านบาท กล้วยน้ำว้าเป็นสินค้าที่เป็นกระแสได้รับความนิยมนอกจากชาวญี่ปุ่นในการบริโภคเพื่อสุขภาพและเชื่อว่ากล้วยน้ำว้าเป็นผลไม้ที่ลดน้ำหนักได้ แต่เนื่องจากความเข้มงวดในการนำกล้วยน้ำว้าเข้าประเทศญี่ปุ่นมีมากกว่าประเทศจีน ประกอบกับกล้วยน้ำว้ามีอายุการเก็บ รักษาสั้น ปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพ สำหรับการส่งออกยังไม่เพียงพอกับความต้องการ ประกอบกับพื้นที่ปลูกกล้วยลดลง สาเหตุหลักมาจากการระบาดของโรค และราคาตกต่ำเนื่องจากผลผลิตส่วนใหญ่จะออกในช่วงฤดูกลาง (ระหว่างเดือนสิงหาคม-กันยายน) การยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตสดก่อนแปรรูป การสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์แปรรูป การสร้างมูลค่าเพิ่ม จากสิ่งเหลือใช้จากการผลิตหรือแปรรูปกล้วย ตลอดจนหาสารเคมีตกค้างเพื่อรับรองความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ จากกล้วยแก่ผู้บริโภค เริ่มจากเทคโนโลยีการเก็บรักษา

ผลิตผลสดก่อนการแปรรูป ศึกษาผลของ 1- methycyclopropene (1-mcp) ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ยืดอายุในกล้วยน้ำว้า เพื่อยืดอายุและคงคุณภาพวัตถุดิบที่เหมาะสมกับการแปรรูป และเปรียบเทียบผลของการเคลือบสาร ยืดอายุกลุ่ม GRAS ในการยืดอายุและชะลอความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการรมด้วย 1-mcp ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการเตรียมความพร้อมในการยืดอายุการเก็บรักษา คงคุณภาพของวัตถุดิบให้เหมาะสมกับ ก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูป ดังนั้น การเตรียมความพร้อมวัตถุดิบ ด้านการยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลกล้วยน้ำว้าหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมต่อกระบวนการ แปรรูปเพื่อเป็นอาหารต่อไป

พัชรี ทับทิมศรี รัศมีจันทร์ เกงขุนทด และแดนชัย เครื่องเงิน (2559) ศึกษาการผลิตกล้วยน้ำว้าทอดกรอบด้วยอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน พบว่าที่พลังงานอินฟราเรด อุณหภูมิของลมร้อนสูงกว่าจะมีค่า L^* ต่ำ ค่า a^* และ b^* สูง ส่วนเวลาในการอบคือที่ 25 และ 35 นาทีจะไม่ผลต่อค่าสี และพบว่าค่าความเปราะและความแข็งของกล้วยที่อบด้วยลมร้อนจะสูงกว่า กล้วยที่อบด้วยอินฟราเรดทุกการทดลอง และการใช้อินฟราเรดที่พลังงาน อุณหภูมิลมร้อน และเวลาในการอบ ต่างกันจะไม่ผลต่อค่าความเปราะและความแข็ง ค่าความชื้น และ aw มีค่าต่ำที่สุด ส่วนกล้วยน้ำว้าทอดกรอบและอบด้วยตู้อบลมร้อนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นและ aw เท่ากับ 9.33 และ 0.81 ตามลำดับ กล้วยอบด้วยอินฟราเรดจะมีความชื้นและ aw อยู่ระหว่าง 5.18–8.23 และ 0.55–0.81 ตามลำดับ ซึ่งกล้วยที่อบด้วยอินฟราเรดจะมีค่าต่ำกว่า โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มพลังงานอินฟราเรด อุณหภูมิลมร้อน และเวลาในการอบ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมาทดสอบคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏสีกลิ่นรสชาติเนื้อสัมผัสและความชอบรวมพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ความชอบกล้วยน้ำว้าอบด้วยสภาวะใช้พลังงานอินฟราเรด 700 วัตต์อุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียสเวลา 25 นาทีมากที่สุด ดังนั้นสภาวะที่ดีที่สุดในการอบด้วยอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนคือที่พลังงานอินฟราเรด 700 วัตต์อุณหภูมิลมร้อน 70 องศาเซลเซียสเวลา 25 นาที

กัลยาณี อรรถฉัตร และฉลองชัย แบบประเสริฐ (2560) ศึกษาพันธุ์กล้วยเพื่อการแปรรูปทำกล้วยทอด โดยศึกษากับกล้วย 9 พันธุ์ ได้แก่ เทพรส เล็บช้างกุด น้ำกาบดำ น้ำว้า น้ำหว่ามะลิอ่อน หอมเขียว หอมทอง นาก และกล้วยไข่ ใช้น้ำกล้วยผ่านเป็นแผ่นบาง 1 มม. ทอดในน้ำมันที่ร้อนจัดจนเหลืองตักขึ้นให้สะเด็ดน้ำมัน คลุกกับมาการีนและเกลือป่น อัตรา 1000:50:1 กรัม ทิ้งให้เย็นบรรจุใส่ถุงพลาสติกหนา 0.17 มม. ปิดถุงด้วยเครื่องเพื่อดูการเก็บคุณภาพ พบว่าที่อุณหภูมิห้อง (27-30 องศา) เก็บได้โดยไม่มีกลิ่นหืน ประมาณ 1 เดือนและที่ซูเปอร์มาเก็ต (20-25 องศา) เก็บได้ประมาณ 3 เดือน ส่วนผลของอัตรากล้วยทั้งผล กล้วยทอดกรอบและเนื้อกล้วยทั้ง 9 พันธุ์ โดยเฉลี่ยไม่ต่างกันและความพึงพอใจของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคชอบกล้วยทอดกรอบที่ทำจากกล้วยไข่เป็นอันดับแรก รองลงมาหอมเขียว หอมทอง เทพรส น้ำกาบดำ เล็บช้างกุด น้ำว้า มะลิอ่อน นากและน้ำว้า ตามลำดับ

2.20 กรอบแนวความคิด



มหาวิทยาลัยราชภัฏ