บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้จาการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวหอมนิลและข้าวหอมมะลิ 105 จากการพัฒนาพันธุ์ข้าวพิเศษโดยศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีและให้ประโยชน์ทางคุณค่าทางโภชนาการสูงสุดแก่ผู้บริโภค (พิมพ์ชนก, 2556)

2.1.1 ลักษณะประจำพันธุ์

ข้าวไรซ์เบอร์รีมีลำต้นสูงประมาณ 105 ถึง 110 ล้าน เมตร ลักษณะเป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว ถ้าเป็นเปลือกยาว 11 มิลลิเมตร ข้าวกล้องยาว 7.5 มิลลิเมตร ข้าวขัดขาวยาว 7.0 มิลลิเมตร เมล็ดข้าวเมื่อหุงแล้วจะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีความนุ่มนวลและยืดหยุ่นได้ไม่จำกัด (ริญและนิรภัย, 2557)

2.1.2 การรับประทานและแปรรูป

สำหรับผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยกับการรับประทานข้าวกล้อง ควรเอาข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมกับข้าวขาวในอัตราส่วน 1:2 ไปก่อน เมื่อเกิดความเคยชินจึงค่อยเพิ่มปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่และลดปริมาณข้าวข้าว การซาวน้ำควรซาวเพียงครั้งเดียวไม่ควรทำซ้ำเพราะจะทำให้คุณค่าทางอาหารหายไป และหลังจากซาวเสร็จแล้วควรรินน้ำออกให้หมด การหุงให้ใช้ข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำสะอาด 1.5 ส่วน ข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอยากหลากหลาย เช่น ชา กาแฟ เส้นขนมจีน ขนมครก ขนมปัง เบเกอรี่ ไอศกรีม โดนัทและคุกกี้ เป็นต้น (ริญและนิรภัย, 2557)

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติทางโภชนาการที่อยู่ในข้าวไรซ์เบอร์รี่

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหาร
โอเมกา 3	25.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ธาตุสังกะสี	31.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ธาตุเหล็ก	13-18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
วิตามินอี	678 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม
วิตามินบี1	0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
เบต้าแคโรทีน	63 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม
ลูทีน	84 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม
โพลิฟีนอล	113.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
แทนนิน	89.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
แกมมา โอไรซานอล	462 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม

ที่มา : ริญและนิรภัย (2557)

2.1.3 สารอาหาร

สารอาหารที่สำคัญที่อยู่ในข้าวไรซ์เบอร์รีประกอบด้วย

1) โอเมกา 3 ซึ่งเป็นกรดไขมันมีส่วนสำคัญต่อโครงสร้างและการทำงานของสมอง ตับและระบบประสาท ลดระดับโคเลสเตอรอล

2) ธาตุสังกะสี มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน สร้างคอลลาเจน รักษาสิว ป้องกันผมร่วง กระตุ้นรากผม

3) ธาตุเหล็กช่วยเสริมสร้างพลังงานในร่างกาย เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง และเอนไซม์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้ออกซิเจนในร่างกายและสมอง

4) วิตามินอี ช่วยชะลอความแก่ บำรุงผิวพรรณลดโอกาสเกิดโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดสมองและหัวใจทำให้ปอดทำงานดีขึ้น

5) วิตามินบี1 ซึ่งมีความจำเป็นต่อการทำงานของสมอง ระบบประสาท ระบบย่อยอาหาร รวมทั้งป้องกันเหน็บชา

6) เบต้าแคโรทีน ช่วยชะลอความแก่ ลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง ช่วยบำรุงสายตา

7) ลูทีน ป้องกันจอประสาทตาเสื่อม บำรุงการไหลเวียนของเลือดในเส้นเลือดฝอยที่หล่อเลี้ยงตา

8) โพลิฟีนอล ทำลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระป้องกันโรคมะเร็ง

9) แทนนิน แก้ท้องร่วง แก้บิด สมานแผล

10) แกมมา เส้นใยอาหาร มีอยู่ปริมาณมาก มีส่วนช่วยในการขับถ่าย และสุดท้ายคือ สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่พบมากในข้าวไรซ์เบอร์รี่ ช่วยลดโอกาสการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด และโรคมะเร็งได้

2.1.4 ประโยชน์ทางโภชนาการ

ประโยชน์ของข้าวไรซ์เบอรี่ทางโภชนาการเหมาะสำหรับผู้บริโภค กลุ่มผู้สูงวัย หญิงตั้งครรภ์ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคอ้วน และผู้ที่เป็นโรคโลหิตจาง ดังนี้

1) ผู้สูงวัย ข้าวไรซ์เบอร์รี เป็นข้าวที่มีสารอาหารสูงและมีประโยชน์สูงจะช่วยบำรุงระบบประสาทระบบการมองเห็น นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างระบบหมุนเวียนโลหิต และชะลอความแก่อีกด้วย

2) หญิงตั้งครรภ์ ข้าวไรซ์เบอรีจะมีสารโฟเลตซึ่งจะสามารถป้องกันโรคปากแหว่งเพดานโหว่ ในข้าวไรซ์เบอร์รียังมีน้ำตาลต่ำช่วยให้สตรีมีครรภ์สามารถคุมน้ำหนักได้ดีขึ้น และมีธาตุเหล็กสูงซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับสตรีมีครรภ์

3) ผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคอ้วน ข้าวไรซ์เบอรี เป็นข้าวที่มีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวทั่วไป หากผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคอ้วนรับประทานแทนข้าวทั่วไปอยู่เป็นประจำ จะช่วยให้สามารถควบคุมปริมาณน้ำตาลและน้ำหนักได้ดียิ่งขึ้น

4) ผู้ที่เป็นโรคโลหิตจางข้าวไรซ์เบอรี เป็นข้าวที่มีธาตุเหล็กสูง หากผู้ป่วยโรคโลหิตจางรับประทานอยู่เป็นประจำ ผู้ป่วยจะได้รับธาตุเหล็กจากธรรมชาติ ซึ่งจะช่วยบำรุงโลหิตและบำรุงร่างกาย

2.2 โดนัท

โดนัท (อังกฤษ: Doughnut, Donut) เป็นขนมแป้งทอดหรืออบ ที่มีเนื้อคล้ายกับขนมเค้ก มีลักษณะกลมมีรูตรงกลางคล้ายกับห่วงยาง มีหลายรสชาติ ถ้าเป็นของไทยจะมีน้ำตาลอยู่ที่ผิวของขนม โดนัทสามารถแบ่งออกตามกรรมวิธีการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ โดนัทยีสต์ และโดนัทเค้ก กระบวนการผลิตโดนัทยีสต์นั้น จะใช้ยีสต์เป็นส่วนประกอบในการหมักแป้งให้ขึ้นฟู ซึ่งแตกต่างจากโดนัทเค้ก จะใช้ผงฟูในการหมักแป้งให้ขึ้นฟู ดังนั้นรสชาติ และเนื้อสัมผัสจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากโดนัทเป็นเพียงแป้งทอดธรรมดา ไม่มีรสชาติ ผู้ผลิตจึงได้เพิ่มสิ่งต่างๆลงไป เพื่อให้โดนัทมีรสชาติที่ดีขึ้น อาทิ สอดไส้ คลุกน้ำตาล เคลือบหน้าโดนัทด้วยสีสันต่างๆ ปัจจุบันโดนัทเป็นที่นิยมอย่างมาก โดยเฉพาะในกลุ่มวัยรุ่น สามารถหาซื้อได้ตั้งแต่บนห้างสรรพสินค้าจนถึงตลาดนัด ราคาขายแตกต่างกันไปตามแต่ละสถานที่ โดนัทมีสูตรการทำ 2 แบบ คือ โดนัทยีสต์มีสูตรคล้าย ขนมปังและโดนัทเค้ก มีสูตรคล้ายเค้กแตกต่างกันที่สูตรและส่วนผสม ดังนี้

1) โดนัทยีสต์สูตรคล้ายขนมปังหวาน แต่มีความเข้มข้นของสูตรน้อยกว่าขนมปังหวานโดยทั่วไป ใช้ยีสต์เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู และผ่านขั้นตอนการหมัก โดนัทยีสต์ใช้อัตราสวนของแป้งสาลี : แป้งเค้ก (80 : 20) แป้งโดนัทจะจืดกว่าแป้งขนมปัง เนื่องจากถ้าใส่น้ำตาลลงไปในสูตรมากเกินไป จะทำให้เวลาการทอดโดนัทจะไหม้เร็วในขณะที่แป้งยังไม่สุก (นวรัตน์, 2543)

2) โดนัทเค้ก ลักษณะของแป้งที่ผสมแล้วคล้ายแป้งผสมของเค้ก ใช้ผงฟูเป็นตัวทำให้ขึ้นฟู การทอดโดนัทเค้กต้องใช้เครื่องหยอด กรณีไม่มีเครื่องหยอดสามารถทำให้ส่วนผสมของโดนัทแข็งตัวมาก

กว่าเดิม โดยการเปลี่ยนแป้งเค้กเป็นแป้งสาลีอเนกประสงค์ เนื้อสัมผัสของโดนัทเค้กจะนุ่มมากกว่าโดนัทยีสต์ เนื่องจากปริมาณแป้งสาลีที่ใช้น้อยกว่าจึงทำให้โดนัทมีความนุ่มมากกว่า (นวรัตน์, 2543)

2.2.3 กรรมวิธีการผลิตโดนัท

ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภททอด สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุด คือ ชนิด และปริมาณของน้ำมันที่ใช้ทอด อุณหภูมิ และเวลาใช้ทอด ต้องสัมพันธ์กับขนาด และลักษณะขนมจึงทำให้ได้ขนมที่ดี ไม่อมน้ำมันสีเหลืองสวย ลักษณะน้ำมันที่ดีเมื่อร้อนจะมีสีอ่อนไม่เป็นฟอง ไม่มีควัน สะอาด กลิ่นดี ไม่มีรสชาติ อุณหภูมิที่เหมาะสมของน้ำมันที่ใช้ทอดโดนัทอยู่ในช่วง 365-380 องศาฟาเรนไฮต์ จึงทำให้โดนัทอมน้ำมันไม่มากนัก การอมน้ำมันของโดนัทขึ้นอยู่กับชนิดหรือการผสมของไขมันหรือน้ำมันให้เหมาะสม เช่นถ้าผสมไขมันหมูหรือไขมันสัตว์จะได้โดนัทที่อมน้ำมันน้อยกว่าร้อยละ9.35 การเสื่อมเสียของน้ำมันที่ใช้ทอดเกิดเนื่องจากในขณะทอด เกิดการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) การออกซิเดชัน และการพอลิเมอไรเซชัน ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระเมื่อใช้น้ำมันเดิมทอดหลายๆครั้ง ในที่สุดจะเกิดกลิ่นหืนสีคล้ำและมีความหนืดเพิ่มขึ้น ควรสังเกตการเปลี่ยนแปลงขณะทอด และไม่ควรใช้น้ำมันเก่าทอดตลอดเวลา ควรมีการเปลี่ยนหรือเติมน้ำมันใหม่ใหม่มากกว่าน้ำมันเก่าอยู่เสมอ จึงจะได้โดนัทที่ดีไม่อมน้ำมัน และไม่มีกลิ่นของน้ำมันในขนมที่ทอดนั้น (อรอนงค์, 2540)

2.2.4 วัตถุดิบที่ใช้ทำโดนัท

2.2.4.1 แป้งสาลี เป็นวัตถุดิบที่ช่วยให้เกิดโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์ คงรูปเมื่อผ่านการให้ความร้อนแล้ว (ทิพาวรรณ , 2543) โดนัทยีสต์ใช้แป้งขนมปังประมาณร้อยละ75-80 ต่อแป้งเค้กร้อยละ20-25 แป้งสาลีที่ใช้ทำโดนัทควรเป็นแป้งที่มีโปรตีนประมาณร้อยละ 12 และมีเถ้าประมาณร้อยละ0.42-0.44 เช่น แป้งสาลีเอนกประสงค์ ซึ่งให้คุณลักษณะเหนียวนุ่ม ไม ควรใช้แป้งเค้กอย่างเดียว เพราะจะทำให้สูตรเหลวเกินไปและทำให้ แป้งดูดไขมันมากในขณะทอดทำให้โดนัทไม่ขึ้นฟูและมีคุณภาพการเก็บที่ไมดีโดยโดนัทเค้กใช้แป้งสาลีอเนกประสงค์หรือแป้งเค้กเป็นส่วนผสมหลัก เพื่อให้แป้งมีความเหลวจนสามารถนำไปหยอดได้ (กรมการฝึกหัดครู, 2528)

2.2.4.2 ไขมัน ใช้ได้ทั้งเนยขาว และเนยสดหรือน้ำมันพืช ไขมันที่ใช้ทำโดนัท ส่วนใหญ่จะใช้เนยขาวที่มีจุดละลายต่ำ แต่ถ้าใช้ไขมันที่มีจุดละลายสูง จะทำให้เกิดความมันและเลี่ยนเกิดขึ้นหลังรับประทาน ปริมาณไขมันที่ใส่ลงไปในสูตรถ้ามากเกินไป จะทำโดนัทมีขนาดเล็กไม่ขึ้นฟูทำให้ได้ แป้งที่มีเนื้อหนักและแข็ง อาจยุบตัวได้เมื่อทิ้งให้เย็น ถ้าใส่ไขมันน้อยโดนัทที่ได้จะมีขนาดเล็กแข็งกระด้างและหนัก ให้ความอ่อนนุ่ม และกลิ่นรส ช่วยเก็บกักก๊าซที่เกิดขึ้น ป้องกันอากาศภายนอกช่วยหล่อลื่นกลูเตน และช่วยเพิ่มปริมาตรของผลิตภัณฑ์ (ทิพาวรรณ, 2543)

2.2.4.3 น้ำตาล ทำให้โดนัทอ่อนนุ่ม สีของเปลือกสวยงาม ช่วยเก็บความชื้นและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้น นอกจากนั้นยังช่วยให้การตีครีม และไข่คงตัว สามารถขึ้นฟูได้มากขึ้น

(ปิยวรรณ, 2537) ถ้าใช้น้ำตาลในระดับสูงควรลดอุณหภูมิในการทอดลง เพื่อให้สีที่ดีขึ้นน้ำตาล นอกจากให้รสหวานของน้ำตาล เพิ่มรสชาติ ยังทำให้เส้นใยกลูเตนนุ่มและขนมเหลืองสวย (กรมการฝึกหัดครู, 2528) เป็นอาหารของยีสต์ในระหว่างการหมัก และเพิ่มคุณค่าทางอาหาร (ทิพาวรรณ, 2543)

2.2.4.4 ยีสต์ เป็นจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนน้ำตาลหรือแอลกอฮอล์เป็นก๊าซ CO_2 และแอลกอฮอล์ซึ่งจะระเหยไป (กรมการฝึกหัดครู, 2528) อุณหภูมิที่เหมาะแก่การเจริญเติบโต คือ 70-95°F ทำให้ ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเฉพาะตัว ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหาร ทำให้เกิดโครงสร้างและลักษณะของเนื้อโด (ทิพาวรรณ, 2543) ยีสต์เป็นตัวทำให้โดที่หนักเปลี่ยนเป็นเบา มีความยืดหยุ่นและมีรูอากาศทำให้อาหารนั้นย่อยง่าย (ปิยวรรณ , 2537)

2.2.4.5 ผงฟู เป็นสารที่ทำให้ขนมขึ้นฟู ผงฟูมีส่วนผสมของโซดา กรดหรือเกลือของกรด แป้งข้าวโพดหรือสารป้องกันมิให้ผงโซดาทำปฏิกิริยากับกรดสัมผัสกันโดยตรงและป้องกันความชื้นของผงฟู (ทิพาวรรณ, 2543) ผงฟูแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

(1) ผงฟูที่เกิดก๊าซขึ้นเร็ว (Quick-Acting Baking powder) เป็นผงฟูที่สามารถเกิดก๊าซระหว่างการผสม

(2) ผงฟูที่เกิดก๊าซ 2 ครั้ง (Double-Acting Baking powder) เป็นผงฟูที่สามารถให้ก๊าซในระหว่างการผสม และให้ก๊าซอีกครั้งระหว่างการอบ

การใช้ผงฟูชนิดที่เกิดเร็วไม่ควรตั้งส่วนผสมของแป้งที่ผสมไว้นานๆเพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะสูญเสียไปเรื่อยๆ ทำให้ขนมที่ได้ไม่ขึ้นฟูขยายเท่าที่ควรการใช้ผงฟูควรใช้ให้ถูกวิธี ซึ่งมักร่อนผงฟูรวมกับส่วนผสมแหล่งอื่นๆ อย่าผสมลงในส่วนของของเหลวก่อน เพราะจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทันที และทำให้สูญเสียก๊าซไป (กรมการฝึกหัดครู, 2528) ทำให้แป้งอ่อนนุ่ม และช่วยปรับสภาพก่อนแป้ง ถ้าใช้ผงฟูมากเกินไปจะทำให้โดนัทมีรสเฝื่อน มีเนื้อหยาบและดูดซับน้ำมันมากเกินไป (ปิยวรรณ, 2537)

2.2.4.6 นมผง ช่วยเพิ่มการดูดซึมและทำให้โดมีกำลังมากขึ้น เนื่องจากเคซีนในนมทนทานต่อการผสมที่ใช้เวลานานดีขึ้น เนื่องจากนมทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตรดีขึ้นช่วยละลายน้ำตาลซึ่งเป็นตัวทำให้ผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่มเป็นตัวทำละลายให้ส่วนผสมเข้ากัน (ทิพาวรรณ, 2543) ช่วยให้แป้งเกิดเป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เมื่อรวมตัวกับน้ำโดยความชื้นในนมไม่ได้เป็นทั้งตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์แข็งและนุ่มขึ้น แต่เมื่อรวมกับส่วนผสมอื่นช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีทั้งความแข็งและความนุ่มทั้ง 2 อย่างได้ และช่วยให้เปลือกนอกของผลิตภัณฑ์มีสีสวยและมีรสชาติหวานมัน (กรมการฝึกหัดครู, 2528)

2.2.4.7 ไข่ ช่วยเพิ่มและลดสีของผลิตภัณฑ์ ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ผิวตึง ให้ความโปร่งฟูแก่ผลิตภัณฑ์ เพราะอากาศที่ตีเข้าไปในไข่ เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวทำให้ขนมขึ้นฟูอย่างเพียงพอ สีสวย เพิ่มกลิ่น รส และความเข้มข้น (ทิพาวรรณ, 2543) ถ้าใช้ไข่มากเกินไปเนื้อของ

โดนัทจะแห้ง หยาบ และร่วน ทำให้ได้ขนาดของก้อนขนมที่เล็กลง ดังนั้นควรใช้ไข่ประมาณร้อยละ10-15 จะทาให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการ ไข่เป็นตัวทำให้ไขมันกระจายตัวปนกับน้ำ (Emulsifying Agent) ไข่ยังช่วยเพิ่มรสและสีของอาหาร (กรมการฝึกหัดครู, 2528)

2.2.4.8 เกลือ ช่วยให้แป้งมีความเหนียว ทำให้กลูเตนมีกำลังในการยืดตัว ควบคุมอัตราการหมักของยีสต์ในการหมัก ช่วยป้องกันการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการ และช่วยให้มีรสชาติที่ดีขึ้น (จิตธนา, 2523)

2.2.4.9 น้ำ ช่วยละลายส่วนผสมที่ละลายน้ำได้ทำหน้าที่รวมโปรตีนในแป้งให้เกิดกลูเตน และทำให้ สวนผสมอื่นรวมตัวกันได้ดีให้ความนุ่มทำให้โดนัทยีสต์ทำงานได้ดี เกิดการหมักและขึ้นฟู (ปิยวรรณ, 2537) ช่วยควบคุมอุณหภูมิของโด ควบคุมความหนืดของโด น้ำทำให้แป้งเปียกชื้น เกิดการพองตัว ทำให้เอนไซม์ทำงานได้ดี และทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น (ทิพาวรรณ, 2543) น้ำมีความสำคัญในการเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในแป้งจากการผสมกับน้ำ เรียก พฤตกรรมการยืดหยุ่นตัวของโด ซึ่งถ้าใช้น้ำในปริมาณน้อย จะได้คุณลักษณะในการกดผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ดีเท่าที่ควร ถ้าใช้น้ำในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้โดมีลักษณะอ่อนแอ และเหนียวมากกว่าความต้องการ

2.2.4.10 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethylcellulose: CMC) เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบของผนังเซล มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงประกอบด้วยน้ำตาล D-glucose ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β-1,4 สมบัติของเซลลูโลส คือ ไม่ละลายน้ำและไม่สามารถย่อยสลายได้โดยน้ำย่อยในร่างกายมนุษย์ ถึงแม้ว่าในโครงสร้างของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลที่ชอบน้ำอยู่ 3 หมู่ แต่สมบัติการไม่ละลายน้ำของเซลลูโลสทำให้เป็นอุปสรรคต่อการใช้งาน จึงต้องมีการเปลี่ยนเซลลูโลสให้อยู่ในรูปเซลลูโลสอีเทอร์ (cellulose ether) ที่สามารถละลายน้ำได้ โดยเซลลูโลสอีเทอร์ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างเซลลูโลสกับด่างเกิดเป็น alkali cellulose ซึ่งเมื่อ ทำปฏิกิริยากับ sodium chloroacetate จะทำให้เกิดโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หมู่ไฮดรอกซิลจะถูกแทนที่ สมบัติของ CMC แต่ละชนิดจะผันแปรไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความสม่ำเสมอของการแทนที่ degree of substitution และ degree of Polymerization (DP) สารละลาย CMC มีลักษณะคล้ายซูโดพลาสติก สารละลาย CMC ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะมีความหนืดต่ำ และมีความเป็นซูโดพลาสติกน้อยกว่าสารละลาย CMC ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง CMC ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ CMC ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดเพิ่มความคงตัว ช่วยรักษาความชื้นปรับปรุงเนื้อสัมผัส ใช้ในอาหารขึ้นรูปและอาหารชุบแป้งเพื่อทำหน้าที่ในการยึดเกาะชิ้นเนื้อทำให้ง่ายต่อการผลิต และใช้ในน้ำผลไม้เพื่อให้เนื้อของผลไม้แขวนลอยอยู่ได้ (Nussinovitch, 1997)

2.2.4.11 เอสพี (SP) ย่อมาจากคำว่า Sponge Cake (สปันจ์เค้ก) เพราะเป็นสารที่นิยมใช้ในการทำเค้กที่มีไข่เป็นส่วนผสมหลัก เช่น สปันจ์เค้ก เป็นตัวที่ทำให้ขนมนุ่ม ช่วยให้ระยะเวลาในการตีไข่ให้ขึ้นฟูน้อยลงกว่าเดิม เอสพีมีลักษณะเป็นครีมใส สีน้ำตาลอ่อนเกือบขาว มีกลิ่นหอม ปริมาณที่ควรใช้ร้อยละ 2 ของน้ำหนักไข่ น้ำตาล แป้ง ใช้เติมไปพร้อมกับการตีไข่ น้ำตาลทราย น้ำ

เมื่อผสมเสร็จส่วนผสมจะข้น ขนมสามารถรอได้ก่อนอบ 2-3 ชั่วโมงโดยขนมไม่ยุบตัว ขนมที่ได้จะมีปริมาตรดีและขึ้นฟูสวย

2.2.5 ขั้นตอนการทำโดนัทยีสต์

2.2.5.1 การผสมเตรียมส่วนผสม ร่อนแป้งผสมกับส่วนผสมที่กำหนดไว้ โดยผสมและนวดจนได้ก้อนโดที่เรียบเนียนไม่ติดอ่างผสม

2.2.5.2 การหมัก ควรหมักให้เต็มที่โดยใช้เวลาประมาณ 1-2 ชม. ขึ้นอยู่กับสูตรและอุณหภูมิของโด ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปโดจะตัดยากเพราะโดจะขึ้นมาก ทำให้ได้ก้อนโดที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ ซึ่งถ้าอุณหภูมิของโดต่ำเกินไป การหมักจะช้าลง ทำให้หมักได้ไม่เต็มที่ โดจะไม่ขยายตัวตามต้องการ เนื้อโดนัทจะไม่ดี และทำให้เกิดรอยแยกบนเปลือกนอกของโดนัทได้

2.2.5.3 การตัด ควรตัดโดตามขนาดหรือน้ำหนักที่ต้องการ โดยใช้พิมพ์สำหรับตัดโดนัทที่มีรูตรงกลาง หรือจะแบ่งก้อนแป้งตามน้ำหนัก จากนั้นคลึงเป็นก้อนกลมแล้วใช้นิ้วเจาะลงไปตรงกลางให้เป็นรู แล้วหมุนนิ้วเพื่อให้รูที่เจาะกว้างขึ้น วิธีนี้จะไม่มีเศษของโดเหลือเหมือนกับการใช้พิมพ์กดทำให้ได้ขนมที่มีขนาดเท่ากัน และมีความนุ่มเท่ากันทุกก้อน

2.2.5.4 การพัก ควรพักโดไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 98°ฟ และควรมีความชื้นเพียงพอที่จะไม่ให้เปลือกนอกโดแห้งไม่ควรพักโดนานเกินไป จะทำให้ปริมาตรต่ำเปลือกโดมีสีซีดทำให้คุณภาพการเก็บไม่ดี แต่ถ้าพักเร็วไปโดจะขยายตัวน้อยโครงสร้างแน่น และมีคุณภาพในการเก็บไม่ดี

2.3 เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum drier)

เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคือ เครื่องทำแห้งที่ใช้เพื่อการทำแห้งอาหารที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นหนืด เช่น น้ำแป้งสุก ผลไม้บด เช่น กล้วย ทุเรียน เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอกหนึ่งลูก หรือสองลูกลูกกลิ้งมักทำด้วยเหล็กปลอดสนิมผิวเรียบภายในกลวงได้รับความร้อนจากด้านในด้วยไอน้ำหรือไฟฟ้า มีระบบป้อนอาหารทำให้อาหารเหลว ข้น เคลือบผิวลูกกลิ้งเป็นฟิล์มบาง เกิดการถ่ายเทความร้อนจากผิวของลูกกลิ้งไปยังฟิล์มอาหารด้วยการนำความร้อน เมื่อลูกกลิ้งหมุนเคลื่อนที่ไปครบรอบ อาหารจะแห้งพอดีแล้วถูกขูดออกด้วยใบมีด อาหารแห้งมีลักษณะเป็นแผ่นบางอาจนำมาผ่านการบดให้เป็นผงละเอียด

ปัจจัยที่กำหนดอัตราการทำแห้งของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งได้แก่

1) ความหนาของฟิล์มอาหารที่เคลือบบนผิวของลูกกลิ้งซึ่งควรควบคุมให้บางและสม่ำเสมอ อาหารที่มีแรงตึงผิวสูงทำให้การเกาะติดผิวลูกกลิ้งยากหรือเป็นฟิล์มหนาไม่สม่ำเสมอซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการเติมสารลดแรงตึงผิว

2) ระยะเวลาการทำแห้งถูกกำหนดโดยความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่สามารถปรับค่าได้

การเปลี่ยนแปลงของอาหารระหว่างการทำแห้งเนื่องจากความชื้น

1) เสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ซึ่งกระทบต่ออายุการวางจำหน่ายอาหารที่มีความชื้นหรือปริมาณน้ำสูงจะเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่ายเนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียเช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา

2) ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยทางอาหาร อาหารที่มีน้ำสูงเหมาะกับการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคและการสร้างสารพิษที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษรวมถึงการสร้างสารพิษของราเช่น aflatoxinและ patulinซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

3) ความชื้นมีผลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงความร้อนของอาหารด้านต่างๆ เช่น จุดหลอมเหลว จุดเดือด การนำความร้อน ความร้อนจำเพาะ

4) ความชื้นมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสซึ่งมีผลต่อการยอมรับของอาหาร ได้แก่ เนื้อสัมผัส เช่น ความกรอบ ความหนืด การเกาะติดกันเป็นก้อน

5) ความชื้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆที่มีผลกระทบทางลบต่ออาหารระหว่างการเก็บรักษาเช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด

6) ความชื้นมีผลต่อการกำหนดราคาสินค้าเช่น ข้าว เมล็ดธัญพืช กำหนดราคารับซื้อผันแปรตามปริมาณความชื้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งอัตราเร็วของการทำแห้งอาหารขึ้นอยู่กับ

1) ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมีความพรุนมากจะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจากน้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่ายนอกจากนี้อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากอัตราการอบแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกันทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมากนั่นเอง

2) ขนาดรูปร่างปริมาตรและพื้นที่ผิวของอาหารเป็นสมบัติทางกายภาพของอาหารที่มีผลต่อการทำแห้งอาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากจะมีพื้นที่ระเหยน้ำมากจะมีอัตราการทำแห้งเร็วขึ้นดังนั้นการอาหารที่มีความหนามากอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่หนาน้อยกว่าเนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร

3) ปริมาณของอาหารที่นำมาอบแห้งอาหารที่นำมาอบแห้งในปริมาณมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งที่ช้าเนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึงจึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้จึงทำให้อัตราอบแห้งช้าลง

4) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ความเร็วลม และความชื้นจำเพาะ ของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมากการระเหยน้ำออกจะทำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศและความเร็วลม

5) ความดัน เกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำ เนื่องจากในที่ความดันต่ำๆ ลงมาน้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลงดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

2.4 กระบวนการทอด

การทอดเป็นกระบวนแปรรูปอาหารทีjแพร่หลายอย่างมากในปัจจุบันทั้งในระดับครัวเรือนและ

อุตสาหกรรม เนื่องจากมีขั้นตอนที่สะดวก รวดเร็ว และยังสามารถใช้ได้กับอาหารหลายชนิด การทอดนี้จะช่วยส่งเสริมคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Quality) ของอาหาร (Mellema , 2003)

2.4.1 ทฤษฎี

เมื่อวางอาหารลงในน้ำมันร้อน อุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดเดือดของน้ำและจะทำให้น้ำเกิดการระเหยกลายเป็นไอ ผิว หน้าจึงเริ่มแห้ง แนวระนาบ การระเหยจะเคลื่อนที่เข้าไปใน อาหารและเกิดเปลือกนอกขึ้น อุณหภูมิบริเวณผิวหน้าของอาหารจะเพิ่มขึ้นสู่อุณหภูมิของน้ำมันร้อนและอุณหภูมิภายในจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ถึงจุดเดือดของน้ำอีกครั้ง (จุดเดือด) ของน้ำที่ความดันบรรยากาศ คือ 100 °C ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำมันและอาหารและค่าสัมประสิทธิการถ่ายโอนความร้อนที่ผิวจะเป็นตัวควบคุมการถ่ายเทความร้อน ค่าการนำความร้อนของอาหารจะเป็นตัวควบคุมอัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหารเปลือกนอก (crust) ของอาหารทอดมีลักษณะเป็นรูพรุนซึ่งประกอบด้วยท่อแคปปิลารี่ขนาดต่างๆ น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกจากแคปปิลารี่ ช่องใหญ่ก่อนและถูก แทนที่ด้วยน้ำมันในระหว่างการทอดความชื้นจะเคลื่อนที่ผ่านผิวอาหารและฟิล์มบางๆ ของน้ำมัน ความหนืดและความเร็วของการเคลื่อนที่ของน้ำมันเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์มซึ่งจะมีผลต่ออัตราการถ่ายโอนมวลและความร้อน ความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างความชื้นภายในอาหารและใน น้ำมันจะเป็นตัวขับเคลื่อนความชื้นคล้ายกับกรณีการทำแห้งด้วยลมร้อน เวลาที่ใช้ในการทอดโดยสมบูรณ์ขึ้นอยู่กับ

- ชนิดของอาหาร
- อุณหภูมิของน้ำมัน
- วิธีทอดว่าเป็นแบบน้ำมันตื้น (shallow frying) หรือน้ำมันท่วม
- ความหนาของชิ้นอาหาร
- ความต้องการในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพบริโภค

อาหารซึ่งมีความชื้นอยู่ภายในจะถูกทอดจนกว่าจุดร้อนช้าสุดของอาหารจะได้รับความร้อนเพียงพอที่จะสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนหรือเพียงพอที่จะเปลี่ยนคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสได้ตามที่ต้องการ ปัจจัยเหล่านี้สำคัญโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เนื้อบด หรืออาหารอื่นที่อาจมีเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคอาศัยอยู่ได้ การคำนึงถึงปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์และความต้องการของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัว กำหนดอุณหภูมิในการทอด การทอดที่อุณหภูมิสูงจะช่วยลดเวลาและเพิ่มอัตราการผลิต อย่างไรก็ตามอุณหภูมิสูงก็จะเร่งให้น้ำมันกลายเป็นไขมันอิสระจะเปลี่ยนแปลงความหนืด สี และกลิ่นของน้ำมันทำให้ต้องเปลี่ยนน้ำมันบ่อยขึ้น จึงเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำมันในการทอด การสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์อีกประการหนึ่งเกิดจากการเดือดของอาหารอย่างรุนแรงที่อุณหภูมิสูงและเกิดการสูญเสียน้ำมันที่ติดขึ้นมากับไอน้ำอีกทั้งระดับอุณหภูมิที่สูงยังจะส่งผลให้ เกิดการแตกตัวกลายเป็นอะโครเลน (acrolein) ซึ่งเป็นควันสีน้ำเงินและทำให้ เกิดมลภาวะทางอากาศได้ปัจจัยอีกข้อในการกำหนดอุณหภูมิในการทอดคือ ลักษณะความต้องการของผลิตภัณฑ์ มีการใช้อุณหภูมิสูงสำหรับการทอดอาหารที่ต้องการให้มีเปลือกนอกแข็งและมีความชื้นภายใน การเกิดเปลือกนอกอย่าง

รวดเร็วจะเป็นการปิดกันไม่ให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำออกไปจากอาหาร และอัตราการถ่ายโอนความร้อนไปยังด้านในอาหารชิ้นอาหารจึงยังคงรักษาเนื้อสัมผัสที่ชุ่มชื้นและกลิ่นรสของสารประกอบในอาหารไว้ได้ การทำให้อาหารแห้งโดยการทอดจะใช้การทอดที่อุณหภูมิต่ำกว่าจึงทำให้ระนาบการระเหยเคลื่อนลึกลงไปในอาหารก่อนการเกิดเปลือกนอก อาหารจึงแห้งก่อนเกิด การเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่น สี ที่รุนแรง (วิไล, 2543)

2.4.2 กระบวนการทอดทางอุตสาหกรรม

กระบวนการทอดทางอุตสหกรรมที่สำคัญมีอยู่ 2 วิธี ซึ่งสามารถจำแนกโดยวิธีการถ่ายโอนความร้อน ได้แก่ วิธีการทอดแบบน้ำมันตื้น (shallow frying) และวิธีการทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying)

การทอดแบบน้ำมันตื้น

วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่ เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่างๆ ความร้อนจากผิวของกะทะร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบางๆ ไปยังอาหาร ความหนาของชั้นน้ำมันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของ ผิวหน้าอาหาร ถ้าชั้นน้ำมันบาง ฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ขึ้นลงบนผิวร้อนของกะทะ การกระจายความร้อนจึงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผิวหน้าของอาหารที่ทอดแบบน้ำมันตื้นมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามวิธีการทอดแบบนี้จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่บริเวณผิวหน้าของอาหารสูง (200-400 วัตต์/เมตร^{2}เคลวิน)

การทอดแบบน้ำมันท่วม

การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เป็นทั้งการพาความร้อนและการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาหาร ผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ การทอดแบบน้ำมันท่วมเหมาะสำหรับอาหารทุกรูปร่าง แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความ ร้อนก่อนเกิดการระเหยเท่ากับ 250-300 วัตต์/เมตร^{2}เคลวิน และเพิ่มขึ้นเป็น 800-1000 วัตต์/เมตร^{2}เคลวิน เนื่องจากการเกิดเทอบุเลนซ์ของไอที่หนีออกจากอาหาร อย่างไรก็ตามถ้าอัตราการระเหยสูงเกินไปจะเกิดฟิล์มบางๆของไอน้ำอยู่บนผิวอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนลดลง

2.4.3 กระบวนการทอด

1. Initial Heating เป็นระยะเวลาที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนจากอุณหภูมิเริ่มต้นไปจนถึงจุดเดือดของน้ำมีการถ่ายโอน ความร้อนจากน้ำมันเข้าสู่อาหารโดยการพาความร้อนที่บริเวณผิวหน้าและมีการนำความร้อนเข้าในตัวของอาหาร

2. Surface Boiling เกิดการสูญเสียความชื้นที่บริเวณผิวหน้าของอาหารทันทีเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนและเริ่มมีการก่อตัวของเปลือกนอกบริเวณผิวหน้าของอาหารเป็นผลให้มีการ

เพิ่มสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนที่บริเวณผิวหน้าอย่างรวดเร็วโดยระยะดังกล่าวนี้เกิดการระเหย ส่งผลให้เกิดฟองอากาศในการทอด

3. Falling Rate ใช้ระยะเวลานานเพื่อให้ความชื้นทั้งหมดหายไปและอุณหภูมิที่กึ่งกลางอาหารสูงถึงจุดเดือดของน้ำในการทอดอาหารจะเริ่มแห้งและเกิดการก่อตัวเป็นเปลือกนอกมากขึ้น และลดการถ่ายโอนความ ร้อน เนื่องจากค่าการนำความร้อนบริเวณเปลือกนอกมีค่าต่ำ

4. Bubble End Point มีการหยุดการสูญเสียความร้อนจากอาหารชั่วคราวอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆ การสูญเสียน้ำในปัจจัยต่างๆจากการสูญเสียน้ำในตัวของอาหาร (Moreira et al., 1999) ในระหว่างการทอดพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในชิ้นอาหารดังนี้

- เกิดการระเหยของน้ำในอาหาร
- มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ระดับอุณหภูมิที่ต้องการและมีการฟอร์มตัวของ เมล็ดแป้งจนกระทั่งอาหารสุกและมีความกรอบ
- การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความกรอบและเกิดสีน้ำตาล ผลิตภัณฑ์มีการดูดซับน้ำมันเข้าไป

2.5 สารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) (นิธิยา, 2545)

สารไฮโดรคอลลอยด์ หมายถึง สารประกอบประเภทพอลิแซ็กคาไรด์กัม ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่มีสายยาวและมีน้ำหนักโมเลกุลสูง กัม (gum) เป็นภาษาอิยิปต์ หมายถึงสารที่มีลักษณะเหนียว ดังนั้นเมื่อพอลิแซ็กคาไรด์ละลายอยู่ในน้ำ สารละลายที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจล หรือมีความหนืดสูง

2.5.1 ชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์

สารไฮโดรคอลลอยด์สามารถจำแนกชนิดได้ 2 วิธีคือ ตามแหล่งที่มา และตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุล

1) ชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่จำแนกตามแหล่งที่มา แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1.1) สารไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากธรรมชาติ ส่วนใหญ่ได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ยาง เมล็ด ราก หัว จากสาหร่าย จากสัตว์ เป็นชนิดที่นิยมใช้มากในผลิตอาหาร ตัวอย่างสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ กัมอะราบิก (gum arabic) กัมทรากาแคนต์ (gum tragacanth) และ กัมคารายา (gum karaya) ได้มาจากส่วนยางและสารสกัด โลคัสต์บีนกัม (Locust bean gum) และ กัวร์กัม (Guar gum) ได้จากส่วนเมล็ด คาร์ราจีแนน (Carragenan) เฟอเซลลาแรน (Furcellaran) แอลจินหรือแอลจิเนต (Algin หรือ Alginate) และอะการ์ (Agar) ได้มาจากสาหร่ายทะเล สตาร์ช (Starch) สารประกอบเพกติน (Pectic substances หรือ pectin) และอะราบิโนกาแล็กแทน (Arabinogalactan) เป็นกัมที่มาจากรากหรือส่วนรากของพืช แซนแทนกัม (Xanthan gum) เดกซ์แทรน (Dextrans) และเจลแลนกัม (Gellan gum) เป็นกัมที่ได้มาจากกระบวนการหมัก

ด้วยจุลินทรีย์ ส่วนเจลาติน (Gelatin) แอลบูเมน (Albumens และเคซีนเนต (Caseinates) เป็นโปรตีนกัมที่ได้จากธรรมชาติ

1.2) สารไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารที่ได้จากธรรมชาติ หรือดัดแปรสารจากธรรมชาติ เช่น อนุพันธ์ของเซลลูโลส (Derivatives of cellulose) ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethylcellulose) เมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose) ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (Hydroxypropylcellulose) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropymethyllcellulose) และไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (Hydroxyethylcellulose) ส่วนอนุพันธ์ของสตาร์ช (Derivatives of starch) ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลสตาร์ช (Carboxymethylstarch) ไฮดรอกซีเอทิลสตาร์ช (Hydroxyethylstarch) ไฮดรอกซีโพรพิลสตาร์ช (Hydroxypropylstarch) สตาร์ชฟอสเฟต (Starch phosphate)

1.3) สารไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นสารสังเคราะห์ เช่น พอลิไวนิลไพโรลิดีน (Polyvinylpyrrolidene) พอลิเอทิลีนออกไซด์พอลิเมอร์ (Polyethylene polymer) คาร์บอกซีไวนิลพอลิเมอร์ (Carboxyvinyl polymer)

2) ชนิดของสารไฮโดรคอลลอยด์ที่จำแนกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุล

2.1) สารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีหมู่ซัลเฟตในโมเลกุล ได้แก่ คาราจีแนน เฟอเซลลาแรนอะการ์ และสตาร์ชซัลเฟต เป็นต้น

2.2) สารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลิกในโมเลกุล ได้แก่ แอลจิเนต เพกติน กัมอะราบิก กัมทรากาแคนต์ กัมคารายา แซนแทนกัม และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เป็นต้น

2.3) สารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีหมู่ฟอสเฟตในโมเลกุล ได้แก่ ฟอสโฟแมนแนน และสตาร์ฟอสเฟต เป็นต้น

2.4) สารไฮโดรคอลลอยด์ที่ไม่มีประจุ ได้แก่ เดกซ์แทน สตาร์ช โลคัสบีนกัม กัวร์กัม เมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส เอทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส เอทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส

2.5.2 การใช้ประโยชน์สารไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ไฮโดรคอลลอยด์มีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหาร ที่นิยมใช้มาก คือ ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด อิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ และสารที่ทำให้เกิดฟิล์ม โดยไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติ หน้าที่ที่แตกต่างกันไป การนำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอาจมีการใช้มากกว่าหนึ่งชนิดมาผสมกัน เพื่อให้ได้สมบัติ

เฉพาะในการทำหน้าที่สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ เช่น ไอศกรีมใช้คาร์ราจีแนนผสมกับโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นสารเพิ่มความคงตัว

2.5.3 เมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose)

เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่เตรียมได้โดยใช้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 30-60 % ซึ่งจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 หน่วย ต่อแอนไฮโดรกลูโคส 1 หน่วย ในโมเลกุลของเซลลูโลส ได้เป็นสารละลายเซลลูโลสในด่าง แล้วนำไปทำปฏิกิริยาต่อเมทิลคลอไรด์ ได้เป็นเมทิลเซลลูโลสอีเทอร์ ตามทฤษีเมทิลเซลลูโลสจะมี DS เป็น 3 แต่เมทิลเซลลูโลสที่ผลิตได้จะมี DS ต่ำเมทิลเซลลูโลสที่มี DS ประมาณ 1.6 – 2.03 จะกระจายในน้ำได้มากที่สุด แต่ถ้าเมทิลเซลลูโลสมี DS ต่ำกว่านี้ จะไม่กระจายตัวในน้ำแต่กระจายตัวได้ในด่าง ถ้าเมทิลเซลลูโลสมี DS สูงมากๆ จะกระจายตัวได้ในตัวทำลัลายอินทรีย์เท่านั้น เมทิลเซลลูโลสไม่กระจายตัวในน้ำร้อนแต่กระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น และไม่มีประจุ เมทิลเซลลูโลสที่ผลิตเป็นการค้าจะมี DP แตกต่างกัน ทำให้มีสมบัติในการกระจายตัวและการให้ความหนืดแตกต่างกันด้วย สารละลายเมทิลเซลลูโลสที่ผลิตเป็นการค้าความเข้มข้น 2% จะให้ความหนืดประมาณ 10-800 เซนติพอยส์

เมทิลเซลลูโลสเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีสมบัติพิเศษต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น คือ จะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง ความหนืดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายได้รับความร้อน และจะเกิดเป็นเจลได้ที่อุณหภูมิประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส ถ้ามีอิเล็กโทรไลต์ น้ำตาลซูโครส กลีเซอรอลและซอร์บิทอล ปนอยู่ด้วย จะทำให้อุณภูมิในการเกิดเจลลดลง แต่เมื่อเติมเอทานอลหรือโพรพิลีนไกลคอลลงไป อุณหภูมิในการเกิดเจลจะสูงขึ้น และถ้าให้หมู่ไฮดรอกซีโพรพิลแทนที่หมู่เมทิลในโมเลกุลของเมทิลเซลลูโลสบางส่วน จะทำให้เกิดเป็นเจลที่อุณหภูมิสูงขึ้นถึง 85 องศาเซลเซียส ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของหมู่เมทิลและไฮดรอกซีโพรพิลด้วย

2.5.2 ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropylmethylcellulose)

เป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีสมบัติพิเศษต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่น คือ จะเกิดเป็นเจลได้เมื่อได้รับความร้อนและจะกลับเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดเมื่อปล่อยให้เย็นลง จึงนำไปใช้กับอาหารประเภททอด เมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสจะเป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้น้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร ถูกดูดซึมเข้าไปในเนื้อผลิตภัณฑ์อาหารมากเกินไป และช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหรือความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อาหารด้วย

ไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสองชนิดนี้กระจายตัวได้ดีในน้ำที่อุณหภูมิต่ำ และจะกลายเป็นเจลที่อุณหภูมิสูง สมบัตินี้ช่วยทำให้อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำมีความคงตัวดีที่อุณหภูมิต่ำ โดยนำ MC หรือ HPMC มาทำให้เกิดการกระจายตัวในน้ำร้อนก่อนการโฮโมจิไนซ์อิมัลชัน จะช่วยชะลอการพองตัว

และการดูดน้ำของไฮโดรคอลลอยด์เหล่านี้ เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะทำให้ได้อิมัลชันที่มีความหนืดสูง และอนุภาพน้ำมันมีขนาดเล็ก

ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ใช้ MC และ HPMC ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อของส่วนผสมให้มีความข้นเหนียวและขึ้นฟูขณะตีให้ฟองอากาศแทรกตัวเข้าไป ฟิล์มของของเหลวที่ล้อมรอบฟองอากาศจะมีความแข็งแรง คงตัวดี และช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้นระหว่างการอบผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกันจะช่วยป้องกันการระเหยของน้ำออกจากเปลือกนอกของผลิตภัณฑ์ขนมอบภายหลังการอบเรียบร้อยแล้วด้วย นอกจากนั้น MC และ HPMC ยังใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดให้กับครีม ซุป ซอสชนิดต่างๆ ไส้พาย และพาสตรี้ MC และ HPMC สามารถทำให้เกิดความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้ระดับต่างๆ เป็นช่วงกว้าง (นิธิยา, 2545)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hua และคณะ (2015) ได้ศึกษาการเคลือบเพคตินจากหัวดอกทานตะวันเพื่อลดการดูดซึมไขมัน ใน มันฝรั่งทอด พบว่า สารเคลือบผิว ที่เตรียมไว้ 1.0 % (w / v) SFHP และ 0.05 โมล / ลิตร $CaCl_2$ สามารถลด การดูดซึม ไขมันประมาณ 30% เมื่อเทียบกับมันฝรั่งไม่เคลือบผิว ผลที่ได้นี้ใกล้เคียงกับสารเคลือบผิว ที่เตรียมจาก 3.0 % (w / v) เมธิล เซลลูโลส (MC)

Kim et al. (2015) ศึกษาการลดปริมาณการดูดซึมน้ำมันโดยการใช้สาร hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) ในผลิตภัณฑ์โดนัทถั่วเหลืองปราศจากกลูเตน (gluten-free) ทำการศึกษาผลของการเติมสาร hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) ต่อคุณภาพของโดนัท โดยโดนัทเตรียมได้มีทั้งหมด 4 สูตรได้แก่ สูตรที่ 1 โดนัทที่ใช้แป้งถั่วเหลือง สูตรที่ 2 โดนัทที่ใช้แป้งถั่วเหลืองและเติม HPMC (5g/100g ของแป้ง) สูตรที่ 3 โดนัทที่ใช้แป้งถั่วเหลืองเติม (5g HPMC/100g ของแป้ง) และเคลือบด้วย HPMC (0.06g HPMC ต่อน้ำ 6.25 g) และสูตรที่ 4 คือ สูตรควบคุม (โดนัทที่ใช้แป้งสาลี) พบว่าโดนัทถั่วเหลืองมีปริมาณการดูดซึมน้ำมันน้อยกว่า 2 เท่า และมีการสูญเสียความชื้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโดนัทแป้งสาลี แต่อย่างไรก็ตามโดนัทถั่วเหลืองมีเนื้อสัมผัสที่แข็งกว่า 3 เท่า และมีปริมาตรจำเพาะ (specific volume) เมื่อเปรียบเทียบกับโดนัทจากแป้งสาลี เมื่อเติม HPMC จะทำให้ค่าความแข็งลดลงจาก 30.7 N เป็น 23.5 N และเมื่อเติมและเคลือบด้วย HPMC จะมีค่าความแข็งลดลงเป็น 20.8 N นอกจากนี้การใช้สาร HPMC จะช่วยลดปริมาณการดูดซึมน้ำมันลง โดนัทที่มีปริมาณการดูดซึมน้ำมันต่ำที่สุดคือสูตรที่ 4 (โดนัทถั่วเหลืองที่เติมและเคลือบด้วย HPMC) มีปริมาณการดูดซึมน้ำมัน 8.03 g/100g รองลงมาคือสูตรที่ 3 (โดนัทถั่วเหลืองที่เติมด้วย HPMC) มีปริมาณการดูดซึมน้ำมัน 9.04 g/100g สูตรที่ 1 (โดนัทถั่วเหลือง) มีปริมาณการดูดซึมน้ำมัน 11.12g/100g ส่วนโดนัทจากแป้งสาลีมีปริมาณการดูดซึมน้ำมันสูงที่สุดคือ 26g/100g การศึกษาด้านประสาทสัมผัสพบว่าโดนัทสูตรที่4 (โดนัทถั่วเหลืองที่เติมและเคลือบด้วย HPMC) มีค่าคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสและความรู้สึกในปาก ค่าความชอบโดยรวมสูง

ที่สุดใกล้เคียงกับโดนัทจากแป้งสาลี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้สาร HPMC จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของโดนัทจากแป้งถั่วเหลืองปราศจากกลูเตน

Priya et al. (1996) ทำการศึกษาการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ได้แก่ CMC และ HMPC เป็นสารช่วยลดปริมาณน้ำมันใน boondi (อาหารว่างทอดแบบน้ำมันท่วมมีส่วนผสมหลักจากถั่ว นิยมบริโภคในประเทศอินเดีย) โดยทำการเติม CMC ในปริมาณ 4 ระดับคือ ร้อยละ 0.5 1 2 และ 3 (โดยน้ำหนักแป้งถั่ว Bengal gram: *Cicer arietnum Linn*) HPMC ในปริมาณ 2 ระดับคือ ร้อยละ 0.5 และ 1 (โดยน้ำหนักแป้งถั่ว Bengal gram) พบว่าการเติม CMC ร้อยละ 2 และ HPMC ร้อยละ 1 ลงไปในแป้งโด (dough) จะช่วยลดปริมาณการดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์boondi ทอดลงได้ร้อยละ 26.19 และ 22.7 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมสารไฮโดรคอลลอยด์