# บทที่ 2
# แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## ทุเรียน

### 1.ทุเรียน

ทุเรียน (Durian) จัดเป็นไม้ผลเมืองร้อนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus Murray*. และมีชื่อในภาษาอื่นๆ เช่น ดูรี,ดูเรน (ภาษามาเลเซีย) ตูเรน (ภาษามอญ) เป็นต้น มีถิ่นกำเนิดในแถบร้อนทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย พม่าและไทย เป็นต้น (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2559) ทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นเฉพาะตัว เนื่องจากมีส่วนผสมของสารประกอบกำมะถันรวมอยู่ด้วยในรูป Ethyl hydrodisulfide และ Dialkyl polysulfides หลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง $(C_2H_5)_2S_n$ (n=2 หรือ 3) สารเหล่านี้เป็นสารสำคัญที่ทำให้เนื้อของผลทุเรียนสุกมีกลิ่นเฉพาะ สารเหล่านี้จะไม่พบในเปลือกและเมล็ด ส่วนสารที่มีกลิ่นอื่นๆ เช่น Ethyl acetate ซึ่งให้กลิ่นผลไม้ (fruity odor) ส่วนไขมันในเปลือก เนื้อผลและเมล็ด ประกอบด้วยกรด Oleic และ plamitic เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังพบกรด Stearic, Linoleic และ Linolenic อีกด้วย (สิรินาถ, 2542)

### 2. เมล็ดทุเรียน

เมล็ดทุเรียนเป็นส่วนด้านในของพูเนื้อทุเรียน มีเปลือกหุ้มอยู่ ถัดเข้าไปเป็นอาหารสำรอง (Endosperm) และเป็น Hypocotyls ซึ่งจะทอดยาวไปตามหัวท้ายของเมล็ด โดยลักษณะตรงกลางจะแบ่งออกเล็กน้อยและที่สำคัญที่สุดคือ เมล็ดนี้จะมีด้านล่างด้านบน โดยด้านบนจะงอกขึ้นเป็นลำต้น (Shoot) ส่วนด้านล่างจะงอกเป็นราก (Root) เสมอ ลักษณะของเมล็ดจะคล้ายระกำ ระยะที่เมล็ดแตกจากผลใหม่ๆ จะมีสีน้ำตาลปนชมพูอ่อนๆ แล้วเวลาต่อมาก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไหม้ แต่หากทิ้งเมล็ดให้ได้รับแสงแดดเต็มที่และมีความชื้นสูง เมล็ดก็จะมีสีเกือบดำ ผ่าดูจะเห็นเนื้อในสีขาว มีเมือกลื่นๆ อยู่ ขนาดของผลและเมล็ดของทุเรียนจะแตกต่างกันแล้วแต่ต้นที่ได้มา ซึ่งเมล็ดจะมีขนาดตั้งแต่เท่าหัวแม่มือจนถึงขนาดไข่ห่าน รูปร่างของเมล็ดก็แตกต่างกันด้วย หากเมล็ดมีลักษณะกลมเหมือนไข่ไก่ แสดงว่าทุเรียนผลนั้นมีเพียงเมล็ดเดียว บางเมล็ดมีรูปร่างแบนด้านหนึ่งและอีกด้านหนึ่งโค้งคล้ายหลังเต่าแสดงว่าผลนั้นมี 2 เมล็ด ส่วนผลที่มีอกแหลม หลังเมล็ดโค้ง แสดงว่าทุเรียนผลนั้นมี 3 หรือ 4 เมล็ด (สมศักดิ์และคนอื่นๆ, 2530)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

### 3. คุณค่าทางอาหารของเมล็ดทุเรียน

จากการศึกษาของคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ (2554) พบว่า เมล็ดทุเรียน 1 เมล็ดให้พลังงาน 254.50 กิโลแคลอรี่ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 56 กรัม โปรตีน 2.9 กรัม ไขมัน 2.1 กรัม และใยอาหาร 1.9 กรัม ซึ่ง Amiza et al. (2004) กล่าวว่า เมล็ดทุเรียนนั้นมีคุณค่าทางอาหารสูงมาก รวมถึงปริมาณของเส้นใยอาหารที่สูงด้วย ขณะที่งานวิจัยของ Brown et al., (2001) ได้ศึกษาเมล็ดทุเรียนที่แก่เต็มที่พบว่ามีเม็ดแป้งชนิดอะไมโลสสูงถึง 78% (น้ำหนักแห้ง) มีโปรตีนประมาณ 7% และพบว่ามีไตรกลี-เซอไรส์ในปริมาณที่ต่ำกว่า 1% นอกจากนี้จากรายงานวิจัยของ Amin et al. (2007) พบว่าในเมล็ดทุเรียนมีปริมาณกัมสูง (water-soluble gums) เมื่อทำการสกัดและทำให้บริสุทธิ์แล้วจะ

ได้ปริมาณผลผลิตมากถึง 18% ซึ่งกัมจากเมล็ดทุเรียนนี้ให้ความหนืดที่สูงในสภาพธรรมชาติ และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลพบว่ามีน้ำตาล L-rhamnose Glucose และ D-galactose ในอัตราส่วน 3:9:1

**4. การใช้ประโยชน์ของเมล็ดทุเรียน**

ประชาชนในท้องถิ่นในประเทศมาเลเซียและอินโดเนียนิยมนำเมล็ดของทุเรียนมารับประทานในลักษณะนำมานึ่ง คั่ว หรือทอดในน้ำมันมะพร้าว เนื้อในมีลักษณะคล้ายเผือกหรือมันเทศ แต่เหนียวกว่า ในเกาะชวาจะหั่นเมล็ดทุเรียนบาง ๆและปรุงด้วยน้ำตาลเหมือนขนมฉาบน้ำตาล เมล็ดทุเรียนที่ยังไม่ได้ปรุงสุกนั้นมีพิษจากกรดไขมันไซโคลโพรพีน (Cyclopropene fatty acid) จึงไม่ควรรับประทานเมล็ดดิบ จากรายงานการวิจัยของ Berry (2008) พบว่าการทำให้เมล็ดสุกด้วยความร้อนสามารถลดปริมาณของกรดไขมัน Malvalic acid และ Sterculic acid ได้ ประมาณ 22% และ 19% ตามลำดับ

สำหรับในประเทศไทย คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (2554) ได้ทำบิสกิตหน้าเมล็ดทุเรียนกรอบ โดยนำเมล็ดทุเรียนมาปอกเปลือกนอกออก นำมาผ่าครึ่งตามแนวยาว แล้วหั่นแนวขวางประมาณ 1 มม. ก่อนนำไปลวกในน้ำเกลือ 30 วินาที และ เทใส่กระชอนเปิดน้ำเย็นให้ไหลผ่าน ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นำใส่ถาดเกลี่ยให้บาง นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง เมล็ดทุเรียนที่อบแห้งนำมาปรุงรสก่อนทำให้สะเด็ดน้ำ และนำเมล็ดทุเรียนที่ได้ลงทอดในน้ำมันไฟแรงปานกลางประมาณ 3 นาที ตักขึ้นใส่กระดาษซับน้ำมันทิ้งให้เย็น

## แป้ง

**1.ความสำคัญของแป้ง**

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่งเก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของทุกชนชาติ เช่น ข้าว ขนมปัง ก๋วยเตี๋ยว และพาสต้าเป็นต้น

บทบาทที่สำคัญของแป้งคือ ใช้เป็นแหล่งอาหารพลังงานสูงของมนุษย์ แต่จากคุณสมบัติเฉพาะของแป้งจึงได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร เช่น ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ซุปและ น้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูปเนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและคืนรูปจากเยือกแข็ง (freeze-thaw) สภาวะกรด การทำพาสเจอไรเซชัน (pasteurization) และสเทอริไรเซชัน (sterilization) เป็นต้น นอกจากใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ยังมีการนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมกาว และอุตสาหกรรมแป้งดัดแปร เป็นต้น

คำว่า “แป้ง” ในการผลิตนั้น หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อยู่มาก จะเรียกว่า ฟลาวร์ (flour) ตัวอย่างเช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนสูง ก็จะจัดอยู่ในประเภทฟลาวร์ เรียกว่า corn

flour, wheat flour เช่นเดียวกันกับแป้งข้าวเจ้าที่ยังมีโปรตีน 7 ถึง 8% ก็เรียกว่า rice flour แต่เมื่อสิ่งเจือปนอันหมายถึงโปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่นๆ ถูกสกัดออกไป จนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่ จึงเรียกว่าเป็นแป้งสตาร์ช (starch) เช่น corn starch, wheat starch เป็นต้น (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546)

**2. ชนิดของแป้ง**

แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากส่วนหัว

2.1 แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ขั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

2.2 แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น (pith) เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการ พองตัวเพียงขั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

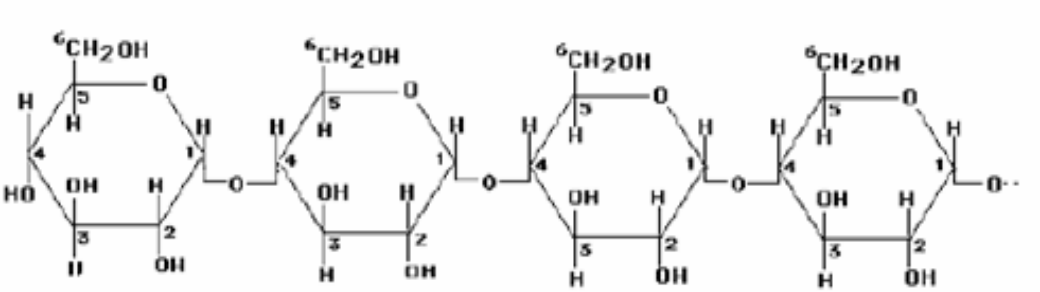
2.3 แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงขั้นเดียว และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ รูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolyte)

**3. สมบัติของแป้ง**

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6 : 1 : 5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไป คือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบด้วย Anhydroglucose unit เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ Glucosidic linkage ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์มีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (Aldenhyde group) เรียกว่า Reducing end group แป้งประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะมิโลเพกติน) วางตัวในแนวรัศมี แป้งจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลส-เพกตินแตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)

3.1 อะมิโลส

อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ $\alpha$ -1,4-glucosidic linkage ดังภาพที่ 2.1



**ภาพที่ 2.1** โครงสร้างอะมิโลส

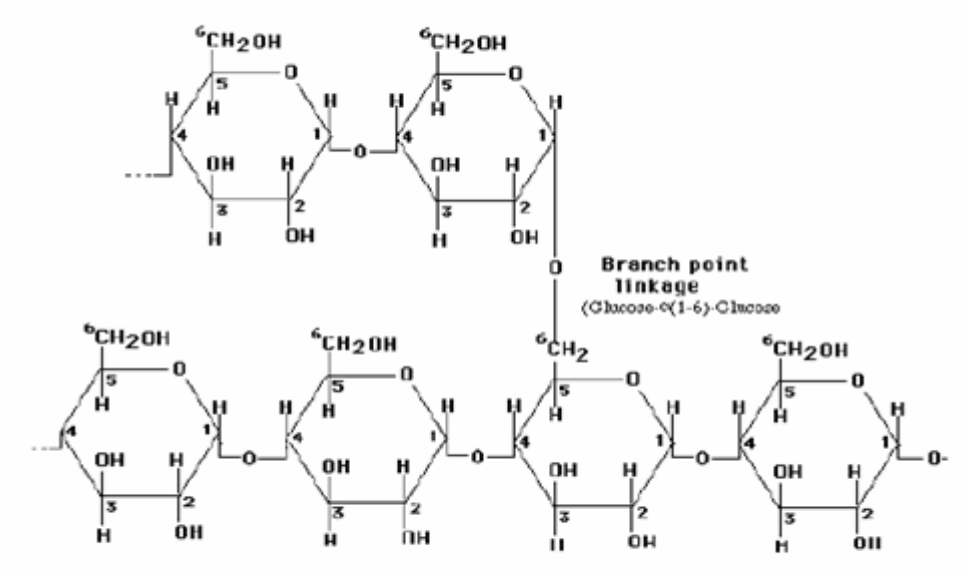
**ที่มา** : กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2543)

อะมิโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีน และสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เช่น butanol , fatty acid , surfactant , phenol และ hydrocarbon สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้จะไม่ละลายในน้ำ โดยอะมิโลสจะพันเป็นเกลียวล้อมรอบสารประกอบอินทรีย์ นอกจากนี้อะมิโลสที่รวมตัวกับไอโอดีนจะให้สีน้ำเงิน ซึ่งใช้เป็นลักษณะเฉพาะที่บ่งบอกถึงแป้งที่มีองค์ประกอบของอะมิโลส ตำแหน่งของอะมิโลสภายในเม็ดแป้งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของแป้งอะมิโลสบางส่วนอยู่ในกลุ่มของอะมิโลเพกติน บางส่วนกระจายอยู่ทั้งในส่วนอสัณฐาน (Amorphous) และส่วนผนึก (Crystalline) อะมิโลสที่มีขนาดใหญ่จะพบเป็นเกลียวคู่กับอะมิโลเพกติน อยู่ใจกลางเม็ดแป้ง สำหรับอะมิโลสขนาดโมเลกุลเล็กจะพบอยู่ตามขอบเม็ดแป้ง โครงสร้างของอะมิโลส เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบ คือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) เกลียวที่คลายตัว หรือ ม้วนอิสระ (Random coil) ในสารละลายที่อุณหภูมิห้อง อะมิโลสอยู่ในลักษณะเป็นเกลียวม้วนหรือเกลียวที่คลายตัว อะมิโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 6,500 ถึง 160,000 มีโมเลกุลเป็นม้วนอิสระและจะไม่ละลายในสารละลาย สำหรับอะมิโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 6,500 อาจจะมีบางส่วนละลายได้ โมเลกุลจะอยู่ในลักษณะเกลียวคู่ที่แข็ง

3.2 อะมิโลเพกติน

อะมิโลเพกตินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ $\alpha$ -1,4-glucosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มี DP อยู่ในช่วง 10 ถึง 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ $\alpha$ -1,6-glucosidic linkage ดังภาพที่ 2.2

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี




**ภาพที่ 2.**2 โครงสร้างอะมิโลเพคติน

**ที่มา** : กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2543)

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะ α -1,6-glucosidic linkage มีอยู่ประมาณ 5 % ของปริมาณหน่วย กลูโคสในอะมิโลเพกตินทั้งหมด DP ของอะมิโลเพกตินในแป้งแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย อะมิโลเพกตินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1000 เท่าของอะมิโลส คือ ประมาณ $10^7$ ถึง $10^9$ ดาลตัน และมีอัตราในการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะมิโลเพกตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง

ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของอะมิโลเพกตินประกอบด้วยสาย (chain) 3 ชนิด คือ

3.2.1 สาย A (A – chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (Unbranched structure)

3.2.2 สาย B (B – chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆ 2 สายหรือมากกว่า โครงสร้างอะมิโลเพกตินประกอบด้วยสาย A และสาย B ในอัตราส่วน 0.8 – 0.9: 1

3.2.3 สาย C (C - chain) แบบสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซิ่ง 1 หมู่ ในอะมิโลเพกตินแต่ละโมเลกุล ประกอบด้วยสาย C หนึ่งสายเท่านั้น

อะมิโลเพกตินถือว่ามีความสำคัญมากกว่าอะมิโลส ทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่ และการนำไปใช้ ดังนั้น เมื่ออะมิโลเพกตินเพียงอย่างเดียวสามารถรวมตัวเพื่อสร้างเม็ดแป้งได้ ปริมาณของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของแป้งแตกต่างกัน (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543) คุณสมบัติของอะมิโลสและอะมิโลเพกตินสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1 ดังนี้ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)

**ตารางที่ 2.1** สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกติน

| คุณสมบัติ | อะมิโลส | อะมิโลเพกติน |
|---|---|---|

| ลักษณะโครงสร้าง | สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง | สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน |
|---|---|---|
| พันธะที่จับ | α -1,4 | α -1,4 และ α -1,6 |
| ขนาด | 200- 2000 หน่วยกลูโคส | มากกว่า 10000 หน่วยกลูโคส |
| การละลาย | ละลายน้ำได้น้อยกว่า | ละลายน้ำได้ดีกว่า |
| การทำปฏิกิริยากับไอโอดีน | สีน้ำเงิน | สีแดงม่วง |
| การจับตัว | เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง | ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง |

**ที่มา** : กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2543)

3.3 ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิดดังตารางที่ 2.2 (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)

3.3.1 ไขมัน

โดยส่วนใหญ่แป้งจะมีองค์ประกอบของไขมันอยู่ต่ำกว่า 1 % ชนิดของไขมันที่มีอยู่ในแป้งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น มีผลต่อความหนืดของแป้ง ดังนั้น ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งจะต้องกำจัดไขมันออกจากแป้งโดยสกัดด้วยตัวทำละลายหรือย่อยสลายโดยใช้น้ำย่อย

ไขมันภายในแป้งมีทั้งที่อยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้ง ซึ่งประกอบด้วย triglyceride free fatty acid glucolipids phospholipids และไขมันที่อยู่กระจายทั่วไปภายในเม็ดแป้ง โดยเชื่อมพันธะกับคาร์โบไฮเดรตอย่างหลวม ๆ แป้งจากพืชหัวและจากถั่วไม่มีไขมันภายในเม็ดแป้ง สำหรับแป้งจากธัญพืช เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มีไขมันภายในเม็ดแป้งซึ่งมีสมบัติและปริมาณไขมันแตกต่างกัน ไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้งจะส่งผลกระทบต่อลักษณะและคุณสมบัติของแป้ง โดยจะลดความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับตัวกับน้ำของแป้ง เมื่อเกิดฟิล์มและแป้งเปียก (paste) ไขมันจะไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้งจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สำหรับไขมันที่รวมตัวเชิงซ้อนกับอะมิโลสจะไม่ก่อให้เกิดกลิ่น เนื่องจากสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี มีกลิ่นแรงกว่าแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง เนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันสูง (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)

**ตารางที่ 2.2** องค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ

| ชนิดแป้ง | ความชื้น | ไขมัน(%) | โปรตีน (%) | เถ้า(%) | ฟอสฟอรัส (%) |
|---|---|---|---|---|---|

| | 65% RH , 20°C | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| แป้งข้าวโพด | 13 | 0.6 | 0.35 | 0.1 | 0.015 |
| แป้งมันฝรั่ง | 19 | 0.05 | 0.06 | 0.4 | 0.08 |
| แป้งสาลี | 14 | 0.8 | 0.4 | 0.15 | 0.06 |
| แป้งมันสำปะหลัง | 13 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.01 |
| แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว | 13 | 0.2 | 0.25 | 0.07 | 0.007 |
| แป้งข้าวฟ่าง | 13 | 0.7 | 0.3 | 0.08 | - |
| แป้งข้าวเจ้า | - | 0.8 | 0.45 | 0.5 | 0.1 |
| แป้งสาคู | - | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.02 |
| แป้ง amylomaize | 13 | 0.4 | - | 0.2 | 0.07 |
| แป้งมันเทศ | 13 | - | - | 0.1 | - |

**ที่มา** : กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2543)

3.3.2 ไนโตรเจน (โปรตีน)

ภายในแป้งมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ต่ำกว่า 1% โดยโปรตีนจะเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้ง ทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะของแป้ง คือ ทำให้เกิดประจุบนพื้นผิวเม็ดแป้ง มีผลต่อการกระจายของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งมีอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัว และอัตราการเกิดเจลาติไนซ์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิด Maillard reduction ระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซิง สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไป (โดยส่วนใหญ่ปฏิกิริยาเช่นนี้เกิดขึ้นกับแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง) (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)

3.3.3 เถ้า

แป้งโดยทั่วไปมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้จากส่วนที่เหลือหรือเถ้าจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ ปริมาณเถ้าในแป้งมันฝรั่งจะสัมพันธ์กับหมู่ฟอสฟอรัสในแป้ง สำหรับเถ้าในแป้งจากธัญพืชจะสัมพันธ์กับปริมาณฟอสโฟลิปิด (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3.3.4 ฟอสฟอรัส

แป้งส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสอยู่น้อยกว่า 0.1% โดยแป้งจากธัญพืชมีฟอสฟอรัสในรูป phospholipid ประมาณ 0.02 ถึง 0.06% และสำหรับแป้งจากพืชหัวและราก เช่น แป้งจากมันฝรั่ง มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสประมาณ 0.3 ถึง 0.4% ฟอสฟอรัสภายในแป้งอยู่ในรูปฟอสเฟตเชื่อมกับหมู่ไฮดรอกซิลที่ C3 และ C6 ของหน่วยกลูโคส แป้งมันฝรั่งมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสจึงทำให้มีประจุพื้นผิวเป็นลบ แรงผลักระหว่างประจุลบจะทำให้แป้งมันฝรั่งมีคุณสมบัติพองตัวง่าย และมีความหนืดสูงกว่าแป้งชนิดอื่นๆ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)

**4. ความหนืด**

ความหนืดเป็นสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความหนืดของแป้ง ได้แก่ชนิดของแป้ง แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติความหนืดแตกต่างกันไป ความหนืดที่เกิดขึ้นของน้ำแป้ง เมื่อให้ความร้อนและมีการกวนหรือคนอย่างสม่ำเสมอ การแบ่งรูปแบบความหนืดของแป้งสุกที่วัดด้วยเครื่อง Brabender Viscoamylograph ตามกำลังการพองตัวของแป้งสามารถแบ่งได้ 4 แบบ ดังนี้

4.1 แบบ a : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวสูง (high-swelling starches) เช่น แป้งมันฝรั่ง (potato starch) แป้งข้าวฟ่าง (waxy sorghum starch) แป้งจากธัญพืช เมื่อให้ความร้อนแก่แป้ง เม็ดแป้งจะมีกำลังการพองตัวสูง ทำให้แรงที่ยึดกันภายในโมเลกุลอ่อนตัวลง เม็ดแป้งกระจายตัวออกเมื่อได้รับแรงเฉือน ลักษณะกราฟความหนืดจึงสูงชันแล้งลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการต้มสุก

4.2 แบบ b : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวปานกลาง (Moderate-swelling starches) ได้แก่ แป้งจากธัญพืชต่างๆ เม็ดแป้งไม่พองตัวมากถึงขั้นกระจายตัวออก จึงได้ลักษณะกราฟความหนืดที่สูงชันน้อยกว่าและเกิดการสลายตัวระหว่างการต้มสุกน้อยกว่า

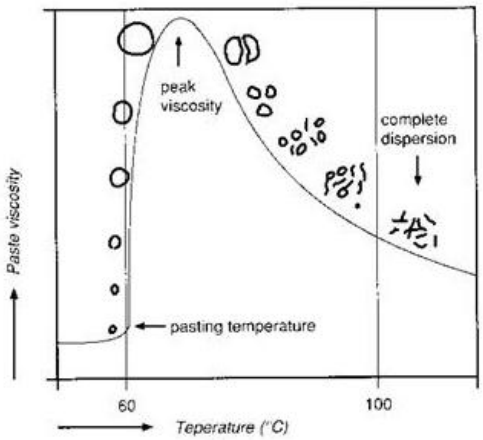
4.3 แบบ c : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อย (Restricted-swelling starches) ได้แก่ แป้งจากถั่วต่างๆ และแป้งครอสลิงหรือพันธะข้าม (Cross-linked หรือ Cross bonded) วิธีครอสลิงทำให้การพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งลดลง ทำให้เม็ดแป้งที่พองตัวมีเสถียรภาพมากขึ้น ลักษณะกราฟความหนืดจึงไม่ปรากฏเป็นยอดสูงสุด มีค่าความหนืดสูงซึ่งอาจจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นระหว่างต้มสุก

4.4 แบบ d : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก (Highly-restricted swelling starches) ได้แก่ แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูง เช่น แป้งข้าวโพดอะมิโลเมสซึ่งมีอะมิโลส 50 ถึง 80%

**5. การเกิดเจลาทิไนเซชัน**

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl groups) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (Micelles) ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาทิไนเซชัน (Gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาทิไนซ์ เมื่อตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดความหนืด มักจะเรียกจุดนี้ว่าอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่งจะมีอุณหภูมิเริ่มเจลาทิไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช

การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ (ภาพที่ 2.3) คือ ระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่าง Micelles ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของสารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้าง Birefringence เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า เจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งจะเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้าง Birefringence ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างของเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอก- ซิลของแป้งสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่างๆได้ดีกว่า (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2543)




**ภาพที่ 2.3** แสดงระยะในการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง
**ที่มา** : กล้าณรงค์และเกื้อกูล (2543)

**6. การเกิดรีโทรเกรเดชัน**

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาทิไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลส ขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัว โมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation) หรือการคืนตัว (setback) (Smith, 1979) เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า Syneresis ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้จะทำให้เจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

การคืนตัวของแป้งเปียกและสารละลายแป้งทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะขุ่นและทึบแสง เกิดชิ้นส่วนที่ไม่ละลายในแป้งเปียกที่ร้อน เกิดการตกตะกอนของอนุภาคแป้งที่

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ไม่ละลาย ทำให้เกิดเจล และโมเลกุลน้ำถูกบีบออกมานอกเจล ในการคืนตัวของแป้งเมื่อเกิดขึ้นอย่างช้าๆ จะเกิดการตกตะกอน เมื่อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดเจลขุ่น

การคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะมิโลส อะมิโลเพกทิน และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ในแป้ง ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำและความเข้มข้นของแป้งสูง แป้งสามารถคืนตัวได้ดี ในช่วง pH 5-7 แป้งสามารถคืนตัวได้เร็วที่สุด สำหรับช่วง pH ที่สูงหรือต่ำกว่านี้แป้งจะคืนตัวได้ช้าลง ในการชะลอการคืนตัวของแป้งจะใช้เกลือที่มีประจุลบและบวก (Monovalent anion และ Cation), แคลเซียมไนเตรท (Calcium nitrate) และยูเรีย (urea) (Swinkels, 1985)

ปริมาณและขนาดของอะมิโลสมีความสำคัญต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลเพกทินสูง อัตราในการคืนตัวจะสูงสุด (การละลายต่ำที่สุด) เมื่อขนาดโมเลกุล (degree of polymerization) ของอะมิโลสเท่ากับ 100 ถึง 200 อัตราการคืนตัวจะลดลงเมื่อโมเลกุลของอะมิโลสยาวหรือสั้นกว่านี้ ในการทำให้อะมิโลสที่คืนตัวกลับมาละลายได้อีกครั้งหนึ่งต้องใช้อุณหภูมิถึง 100 ถึง 160 องศาเซลเซียส อะมิโลเพกทินจะมีผลทำให้เกิดการคืนตัวน้อยมาก ดังนั้นแป้งแต่ละชนิดจะมีอัตราการคืนตัวที่แตกต่างกัน ในแป้งข้าวโพดเหนียวจะมีอัตราการคืนตัวของแป้งต่ำที่สุด เนื่องจากไม่มีอะมิโลสในแป้งข้าวโพดเหนียว สำหรับแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีจะมีอัตราการคืนตัวสูงกว่าแป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลัง เนื่องมาจากในแป้งธัญพืชมีปริมาณอะมิโลสสูง (ประมาณร้อยละ 28) มีอะมิโลสโมเลกุลเล็ก และมีไขมันในปริมาณสูงทำให้เกิดการจับตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของอะมิโลสและไขมัน (amylase-lipid complex) (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2546)

## ผลิตภัณฑ์อาหารเส้น

ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นอาหารที่บริโภคง่าย สะดวก ในประเทศไทยผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งข้าวเจ้าที่คนทั่วไปรู้จักดรและนิยมบริโภค เนื่องจากมีราคาถูก สามารถปรุงได้ง่าย คุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวนับว่าเป็นสิ่งสำคัญ การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวให้มีคุณภาพคือ เส้นมีสีขาว ผิวเรียบเนียนมีความเหนียวและความคงตัวดีเมื่อนำมาปรุงอาหาร มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของข้าว ไม่มีกลิ่นผิดปกติ เมื่อเคี้ยวให้ความรู้สึกที่ไม่แข็งกระด้างรู้สึกนุ่มและเหนียวพอดี (ถาวร, 2556) โดยชนิดของอาหารเส้นสามารถแบ่งออก ดังนี้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

**1. แบ่งตามลักษณะเส้น**

1.1 ก๋วยเตี๋ยวสด เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวมาหั่นเป็นเส้นโดยไม่ผ่ายการทำแห้ง อาจเป็นเส้นเล็กหรือเส้นใหญ่ก็ได้ เส้นเล็กมีขนาด 0.4-0.5 เซนติเมตร ส่วนเส้นใหญ่มีขนาด 1.5-2.5 เซนติเมตร โดยมีความชื้นประมาณ 62-64% เป็นก๋วยเตี๋ยวที่เก็บได้ไม่นาน ต้องรับประทานภายใน 1-2 วัน

1.2 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กกึ่งแห้ง เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการผึ่งลมมาบ้างแล้ว เพื่อลดความชื้นลง ก๋วยเตี๋ยวชนิดนี้มีความชื้นประมาณ 37% ปกติเก็บได้ 1-2 วัน เท่านั้น

1.3 ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้ง เป็นก๋วยเตี๋ยวที่มีการตัดแบ่งเป็นเส้น และทำให้แห้งจนมีความชื้นไม่เกิน 13% ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน

1.4 แผ่นก๋วยจั๊บ เป็นก๋วยเตี๋ยวที่นึ่งให้สุกเพียงครึ่งเดียวของความหนา แล้วตัดให้มีขนาด 3.0-3.5 เซนติเมตร มักเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยมีความชื้นประมาณ 12% เมื่อนำมาต้มสุกจะม้วนเป็นหลอด

2. **แบ่งตามชนิดของแป้งหรือวัตถุดิบ**

2.1 อาหารเส้นจากแป้งสาลี ได้แก่ บะหมี่ หมี่ซั่วของจีน เส้นราเมง (เส้นที่ใช้ทำบะหมี่ผัดยากิโซบะ) และอุด้งของญี่ปุ่น นอกจากนี้ยังรวมถึงเส้นพาสต้า

2.2 อาหารเส้นจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งเรียกทั่วไปว่า "ก๋วยเตี๋ยว" ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยว เส้นใหญ่ เส้นเล็ก และหากเป็นเส้นเล็กมาก เรียกว่า เส้นหมี่ เป็นต้น

2.3 อาหารเส้นจากแป้งชนิดอื่นๆ ได้แก่ วุ้นเส้น ก๋วยเตี๋ยวเซี่ยงไฮ้จากแป้งถั่วเขียวและเส้นชิราดาเกะจากแยม เป็นต้น

## แป้งชุบทอด

แป้งชุบทอด หมายถึง แป้งที่ผสมกับส่วนประกอบอื่น แล้วใช้ชุบอาหารก่อนนำไปทอด เพื่อทำให้กรอบ ส่วนประกอบหลักของแป้งชุบทอด ได้แก่ แป้ง เช่น แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งมัน แป้งสำปะหลัง ส่วนประกอบอื่นที่มีอาจได้แก่ เกลือ ผงฟู คุณลักษณะของแป้งชุบทอด คือ แห้ง ไม่จับตัวกันเป็นก้อน สีขาวนวล ปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น แมลง ผม ขนสัตว์ มีความชื้น ไม่เกิน 14% มีเถ้าที่ไม่ละลายในกรดไม่เกิน 0.07% ส่วนผสมของแป้งชุบทอด และการทอดมีรายละเอียด ดังนี้

1. **แป้ง**

แป้งเป็นวัตถุดิบที่ได้จากธัญพืชต่างๆเป็นอาหารหลักที่อยู่ในอาหารหลัก 5 หมู่ที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ให้ประโยชน์ในด้านพลังงานมีความสำคัญต่อร่างกายประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและวิตามินแป้งมีหลายชนิดเช่นแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวจ้าว แป้งสาลี แป้งข้าวเหนียวแป้งข้าวโพดแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไปตามวัตถุดิบที่นำมาผลิตจึงทำให้มีผลต่อการที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆจากแป้งคุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดมีทั้งชนิดที่ให้ความเหนียวนุ่มกรอบร่อนดังนั้นคุณสมบัติของแป้งจึงไม่เหมือนกันการที่จะนำแป้งมาทำผลิตภัณฑ์นั้นจึงจะต้องศึกษาคุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดรวมถึงองค์ประกอบอื่นๆและขั้นตอนวิธีทำต่างๆเพื่อความเหมาะสมและได้ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (สุธีรา และคนอื่นๆ, 2551)

1.1 ชนิดของแป้งที่นิยมนำมาชุบอาหารทอด

1.1.1 แป้งข้าวสาลี

ได้จากการโม่แยกส่วนของเอนโดรออกมามีหลายชนิด ที่นิยมกันมาก คือ แป้งขนมปัง โม่จากข้าวสาลี มีโปรตีนสูง 12-14% แป้งอเนกประสงค์ได้จากการผสมแป้งที่โม่กับข้าวสาลีชนิดแข็ง และชนิดอ่อนเข้าด้วยกันในสัดส่วนที่เหมาะสม มีโปรตีนสูงปานกลาง 10-11% และแป้งเค้ก

โม่จากแป้งสาลีชนิดอ่อน มีโปรตีนต่ำประมาณ 7-9% นอกจากนี้แป้งสาลียังใช้ทำอาหารให้ข้น แต่จะให้ความข้นเหนียวน้อยกว่าและมีลักษณะที่ขุ่นกว่าแป้งข้าวโพด

1.1.2 แป้งข้าวเจ้า

ส่วนใหญ่ทำมาจากการบดข้าวหักให้เป็นแป้ง เมื่อต้มแป้งข้าวเจ้ากับน้ำจนผ่านการพองตัวใส แล้วทิ้งให้เย็น สารละลายแป้งนั้นจะมีลักษณะจับตัวกันคล้ายวุ้น และเมื่อนำแป้งข้าวจ้าวมาชุบทอด จะได้ลักษณะ ที่กรอบแข็ง เม็ดแป้งข้าวเจ้ามีขนาดเล็กสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดแป้งชนิดอื่นๆ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-5 ไมครอน รูปร่างเป็นแบบหลายเหลี่ยม

1.1.3 แป้งมันสำปะหลัง

ทำมาจากรากของต้นมันสำปะหลัง เมื่อนำแป้งมาผสมกับน้ำทำให้สุกจะได้ลักษณะที่เหนียวใสและนิ่มเหมาะที่จะใช้ทำเป็นสารที่ทำให้อาหารข้นเหนียว เช่น ราดน้ำก๋วยเตี๋ยวราดหน้า เม็ดแป้งมันสำปะหลัง มีรูปร่างกลม ปลายข้างหนึ่งมีลักษณะเหมือนรอยขาด มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 20 ไมครอน

1.1.4 แป้งข้าวโพด

ได้จากการแยกเปลือกนอก และคัพภะออกบดผสมกับน้ำแล้วกรองหรือเข้าเครื่องเหวี่ยงได้แป้งตกตะกอนนอนก้น นำมาล้างตากให้แห้งนำมาบดเป็นผงละเอียด จะได้แป้งที่ไม่มีกลิ่นรส ผสมกับน้ำแล้ว ต้มหรือกวน จะได้ลักษณะที่ใส เรียบ แต่มีความข้นหนืด ใช้เป็นสารทำให้อาหารข้นเหนียวได้ดีเม็ดแป้งข้าวโพดมีขนาดระหว่าง 5-25 ไมครอน มีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมคล้ายแป้งเม็ดข้าวเจ้าแต่มีขนาดมลใหญ่กว่า (อรอนงค์และจิตธนา, 2553)

2. **ส่วนผสมอื่นที่ใช้ทำสารละลายชุบแป้งทอด**

ส่วนผสมอื่นที่จำเป็นในการทำสารละลายชุบแป้งทอด คือ น้ำ ผงฟู เกลือ และ น้ำตาล

2.1 น้ำ

นับเป็นองค์ประกอบสำคัญรองจากแป้ง เพราะปริมาณน้ำที่ใช้ มีผลต่อปริมาณหนืดข้นของสารละลายแป้งในการเกาะติดกับอาหาร และคุณสมบัติในการพองกรอบของแป้งชุบทอดที่ใช้ในอาหาร

2.2 ผงฟู

ผงฟูเป็นสารช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นฟูเกิดจากการผสมของโซดาหรือโซเดียมไบคาร์บอเนตกับกรด ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้ผงโซดาทำปฏิกิริยากับกรดและช่วยดูดความชื้นเพื่อไม่ให้ผงฟูจับกันเป็นก้อนผงฟูมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับกรดที่นำมาผสม แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาเร็วหรือผงฟูกำลังหนึ่งซึ่งประกอบด้วยผงโซดากับกรดทาร์ทาร์ริค หรือครีมออฟทาร์ทาร์ หรือเกลือฟอสเฟต ผงฟูชนิดนี้จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาทันทีในขณะที่ส่วนผสมถูกผสม และผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้าหรือผงฟูกำลังสองประกอบด้วยผงโซดากับกรด 2 ชนิดหรือมากกว่ากรดชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาเร็วได้แก่แคลเซียมแอซิคฟอสเฟต ส่วนอีกชนิดหนึ่งจะเกิดปฏิกิริยาช้าเช่นโซเดียมไพโรฟอสเฟต หรือโซเดียมอลูมิเนียมซัลเฟต

แต่ไม่ว่าจะเป็นผงฟูชนิดใดก็ตามจะต้องผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 ส่วนปริมาณการใช้ผงฟูนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผงฟู ชนิดของผลิตภัณฑ์และปริมาณของส่วนผสมอื่นที่ใช้ในสูตร

2.3 เกลือ

เป็นสารที่เพิ่มรสชาติในอาหารโดยเกลือจะไปทำให้เกิดรสเค็ม ที่ทำให้ลดความเปรี้ยว แต่เพิ่มความหวานขึ้นแก่อาหารส่วนในสารละลายแป้งการเติมเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำๆ จะทำให้ความหนืดของสารละลายแป้ง เมื่อได้รับความร้อนลดลงเพียงเล็กน้อย

2.4 น้ำตาล

เป็นสารให้ความหวานและช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหารทำให้อาหารทอดมีสีเหลืองสวย เนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ซึ่งให้สารสีน้ำตาลที่ผิวของอาหารทอด

**3. การทอด**

เป็นวิธีของการประกอบอาหาร โดยใช้ความร้อนให้ลักษณะอาหารที่แตกต่างจากวิธีอื่น คือ อาหารจะมีน้ำมันซึมเข้าไป 10-40% ของน้ำหนักที่ผ่านการทอดแล้ว และอาหารทอดจะมีความกรอบที่ผิวนอกของอาหาร

3.1 วิธีการทอด

วิธีการทอดมี 2 วิธี คือ การทอดแบบที่ใช้น้ำมันน้อยเพื่อไม่ให้อาหารติดกระทะ จะทอดอาหารได้ทีละด้านต้องกลับอาหารให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงจนสุก ส่วนการทอดแบบที่ใช้น้ำมันมากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก โดยใช้กระทะก้นลึกอาหารจะจมในน้ำมันขณะทอดอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 175 ถึง 200 องศาเซลเซียสทันทีที่อาหารสัมผัสกับน้ำมันที่อุณหภูมิสูงจะเกิดฟองผุดขึ้นอย่างแรง เนื่องจากน้ำบริเวณผิวของอาหารระเหยไปทำให้ผิวด้านนอกของอาหารพองกรอบและเกิดสีน้ำตาลทอง

3.2 น้ำมันสำหรับทอด

น้ำมันเป็นตัวนำความร้อนที่ทำให้อาหารสุกช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดภาชนะที่ใช้ทอดทั้งยังช่วยให้สีและเพิ่มรสชาติ ในขณะทำการทอดน้ำมันจะสัมผัสกับอาหารตลอดเวลาฉะนั้นคุณสมบัติของน้ำมันที่ใช้จึงมีผลต่อเนื่องไปถึงคุณภาพของอาหารทอดที่ได้น้ำมันที่ดีเหมาะสมที่จะนำไปใช้ทอด จึงต้องบริสุทธิ์ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดี โดยไม่เกิดการสลายตัวอุณหภูมิที่ใช้ทอดต้องไม่สูงกว่าจุดควันของน้ำมันนั้น เพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินกว่าจุดควันจะทำให้เกิดการสลายตัวของน้ำมันอย่างรวดเร็วและนอกจากนี้เวลาการเก็บรักษาก็มีส่วนทำให้ไขมันและน้ำมันค่อยๆเสื่อมคุณภาพไปเรื่อยๆโดยการเสื่อมคุณภาพที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมันนั้นในขณะที่เริ่มทำการทอดโดยให้ความร้อนแก่น้ำมันในกระทะ จนน้ำมันร้อนถึงอุณหภูมิที่จะทอดและเสื่อมเสียในระหว่างการทอดโดยปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของน้ำมันคืออากาศ น้ำและอาหาร ซึ่งทำให้น้ำมันและไขมันเกิดการสลายตัวเปลี่ยนแปลงกลิ่น รส และเกิดควัน

3.3 การเปลี่ยนแปลงของแป้งในระหว่างการทอด

อาหารประเภท ชุบแป้งเมื่อนำไปทอดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 150-220 องศาเซลเซียส น้ำภายในอาหารจะระเหย ไปอย่างรวดเร็วและแป้งบริเวณผิวนอกจะสัมผัสกับอุณหภูมิสูงมากจนเกิด

การพองใสเพิ่มมากขึ้นกว่าแป้งที่อยู่ด้านในเมื่อความชื้นที่ผิวด้านนอกนี้ลดลงถึงจุดๆหนึ่งจะเกิดการพองกรอบและเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโดยการเกิดไฮโดรไลซิสของน้ำตาลในแป้งขึ้นจนได้น้ำตาลชั้นเดียวแล้วเกิดโพลิเมอไรเซชันจนได้สารสีน้ำตาลการควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดให้อยู่ระหว่าง 150-220 องศาเซลเซียส นับเป็นสิ่งสำคัญเพราะถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียสจะทำให้การพองกรอบของแป้งชุบทอดน้อยลงแต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียสจะทำให้เกิดปฏิกิริยาให้สารสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วเกินไปที่ผิวด้านนอก โดยที่เนื้อข้างในอาจยังไม่สุก (อรอนงค์และจิตธนา, 2553)

## ขนมไทย

ขนมไทยมีเอกลักษณ์ด้านวัฒนธรรมประจำชาติไทยคือ มีความละเอียดอ่อนประณีตในการเลือกสรรวัตถุดิบ วิธีการทำ ที่พิถีพิถัน รสชาติอร่อยหอมหวาน สีสันสวยงาม รูปลักษณ์ชวนรับประทาน ตลอดจนกรรมวิธีที่ประณีต

### 1. การแบ่งประเภทขนมไทย

แบ่งตามวิธีการทำให้สุกได้ดังนี้ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2562)

1.1 ขนมที่ทำให้สุกด้วยการกวน ส่วนมากใช้กระทะทอง กวนตั้งแต่เป็นน้ำเหลวใสจนงวด แล้วเทใส่พิมพ์หรือถาดเมื่อเย็นจึงตัดเป็นชิ้น เช่น ตะโก้ ขนมลืมกลืน ขนมเปียกปูน ขนมศิลาอ่อน และผลไม้กวนต่าง ๆ รวมถึงข้าวเหนียวแดง ข้าวเหนียวแก้ว และกะละแม

1.2 ขนมที่ทำให้สุกด้วยการนึ่ง ใช้ลังถึง บางชนิดเทส่วนผสมใส่ถ้วยตะไลแล้วนึ่ง บางชนิดใส่ถาดหรือพิมพ์ บางชนิดห่อด้วยใบตองหรือใบมะพร้าว เช่น ช่อม่วง ขนมชั้น ข้าวต้มผัด สาลี่อ่อน สังขยา ขนมกล้วย ขนมตาล ขนมใส้ไส้ ขนมเทียน ขนมน้ำดอกไม้

1.3 ขนมที่ทำให้สุกด้วยการเชื่อม เป็นการใส่ส่วนผสมลงในน้ำเชื่อมที่กำลังเดือดจนสุก ได้แก่ ทองหยอด ทองหยิบ ฝอยทอง เม็ดขนุน กล้วยเชื่อม จาวตาลเชื่อม

1.4 ขนมที่ทำให้สุกด้วยการทอด เป็นการใส่ส่วนผสมลงในกระทะที่มีน้ำมันร้อนๆ จนสุก เช่น กล้วยทอด ข้าวเม่าทอด ขนมกง ขนมค้างคาว ขนมฝักบัว ขนมนางเล็ด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

1.5 ขนมที่ทำให้สุกด้วยการนึ่งหรืออบ ได้แก่ ขนมหม้อแกง ขนมหน้านวล ขนมกลีบลำดวน ขนมทองม้วน สาลี่แข็ง นอกจากนี้ อาจรวม ขนมครก ขนมเบื้อง ขนมดอกลำเจียกที่ใช้ความร้อนบนเตาไว้ในกลุ่มนี้ด้วย

1.6 ขนมที่ทำให้สุกด้วยการต้ม ขนมประเภทนี้จะใช้หม้อหรือกระทะต้มน้ำให้เดือด ใส่ขนมลงไปจนสุกแล้วตักขึ้น นำมาคลุกหรือโรยมะพร้าว ได้แก่ ขนมถั่วแปบ ขนมต้ม ขนมเหนียว ขนมเรไร นอกจากนี้ยังรวมขนมประเภทน้ำ ที่นิยมนำมาต้มกับกะทิ หรือใส่แป้งผสมเป็นขนมเปียก และขนมที่กินกับน้ำเชื่อมและน้ำกะทิ เช่น กล้วยบวชชี มันแกงบวด สาคูเปียก ลอดช่อง ซ่าหริ่ม

**2. วัตถุดิบในการทำขนมไทย**

ขนมไทยส่วนใหญ่ทำมาจากข้าวและจะใช้ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น สี ภาชนะ กลิ่นหอมจากธรรมชาติ ข้าวที่ใช้ในขนมไทยมีทั้งใช้ในรูปข้าวทั้งเม็ดและข้าวที่อยู่ในรูปแป้ง นอกจากนั้นยังมีวัตถุดิบอื่นๆ เช่น มะพร้าว ไข่ น้ำตาล ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2562)

2.1 ข้าวและแป้ง

การนำข้าวมาทำขนมของคนไทยเริ่มตั้งแต่ข้าวไม่แก่จัด ข้าวอ่อนที่เป็นน้ำนม นำมาทำข้าวยาคู พอแก่ขึ้นอีกแต่เปลือกยังเป็นสีเขียวนำมาทำข้าวเม่า ข้าวเม่าที่ได้นำไปทำขนมได้อีกหลายชนิด เช่น ข้าวเม่าคลุก ข้าวเม่าบด ข้าวเม่าหมี่ กระยาสารท ข้าวเจ้าที่เหลือจากการรับประทาน และที่นำไปทำเป็นแป้ง เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว นอกจากนั้นยังใช้แป้งมันสำปะหลังด้วย ส่วนแป้งสาลีมีใช้น้อย มักใช้ในขนมที่ได้รับอิทธิพลจากต่างชาติ

2.2 มะพร้าวและกะทิ

มะพร้าวนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของขนมไทยได้ตั้งแต่มะพร้าวอ่อนจนถึงมะพร้าวแก่ ดังนี้

2.2.1 มะพร้าวอ่อน ใช้เนื้อผสมในขนม เช่น เปียกสาคู วุ้นมะพร้าว สังขยามะพร้าวอ่อน

2.2.2 มะพร้าวทึนทึก ใช้ขูดฝอยทำเป็นไส้กระฉีก ใช้คลุกกับข้าวต้มมัดเป็นข้าวต้มหัวหงอก และใช้เป็นมะพร้าวขูดโรยหน้าขนมหลายชนิด เช่น ขนมเปียกปูน ขนมขี้หนู ซึ่งถือเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งของขนมไทย

2.2.3 มะพร้าวแก่ นำมาคั้นเป็นกะทิก่อนใส่ในขนม นำไปทำขนมได้หลายแบบ เช่น ต้มผสมกับส่วนผสม เช่นกล้วยบวชชี แกงบวดต่างๆ หรือตักหัวกะทิราดบนขนม เช่น สาคูเปียก ซ่าหริ่ม บัวลอย

2.3 น้ำตาล

แต่เดิมนั้นน้ำตาลที่นำมาใช้ทำขนมคือน้ำตาลจากตาลหรือมะพร้าว ในบางท้องที่ใช้น้ำตาลอ้อย น้ำตาลทรายถูกนำมาใช้ภายหลัง

2.4 ไข่

ไข่ที่ใช้ทำขนมนี้จะตีให้ขึ้นฟู ก่อนนำไปผสม ขนมบางชนิดเช่น ทองหยิบ ทองหยอด ฝอยทอง ต้องแยกไข่ขาวและไข่แดงออกจากกัน แล้วใช้แต่ไข่แดงไปทำขนม

2.5 อื่นๆ เช่น สี ถั่วชนิดต่างๆ งา และกลิ่น เป็นต้น

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิรินาถ (2542) รายงานวิจัยผลการนำเมล็ดทุเรียนมาผลิตเป็นแป้งเมล็ดทุเรียน และสมบัติในด้านต่างๆ รวมทั้งการนำแป้งจากเมล็ดทุเรียนไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเค้กเนยและคุ้กกี้ พบว่าแป้งที่ผลิตได้จากเมล็ดทุเรียนมีค่าสีดังนี้คือ L* เท่ากับ 89.50 a* เท่ากับ 0.67 และ b* เท่ากับ 7.09 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และความชื้น เท่ากับ 4.62 1.33 0.12 1.56 80.81

และ 11.56% ตามลำดับ และจากการนำแป้งเมล็ดทุเรียนมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กเนยและคุ้กกี้ พบว่าสามารถทดแทนได้ในปริมาณ 20 และ 30% (โดยน้ำหนักแป้งสาลี) ตามลำดับ โดยมีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สุภารัตน์ (2547) รายงานผลการวิจัยองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพในด้านสีของบะหมี่จากแป้งถั่วเขียว พบว่าบะหมี่จากแป้งถั่วเขียวมีองค์ประกอบทางเคมีด้านความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย และ คาร์โบไฮเดรต 30.44 0.45 11.80 1.22 0.38 และ 56.12 % ตามลำดับ ส่วนค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 65.80 0.70 และ 25.85 ตามลำดับ จากนั้นนำแป้งถั่วเขียวที่ผลิตได้มาทำการศึกษาอัตราส่วนการใช้แป้งถั่วเขียวทดแทนแป้งสาลีในระดับ 10:90 20:80 30:70 และ 40:60 % ตามลำดับ แล้วนำมาทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ความเหนียวยืดหยุ่นความเรียบเนียนของผิวเส้น และความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับบะหมี่จากแป้งถั่วเขียวในสูตรที่ 3 มากที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับบะหมี่ในสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3

ปวีณา และคนอื่นๆ (2548) รายงานผลของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวกล้อง โดยศึกษาปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องและปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่ โดยในแป้ง 100 กรัม ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งข้างกล้อง 60:40 70:30 และ80:20 และน้ำ 45 50 และ55 กรัม ตามลำดับ จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนนความชอบ (Hedonic Scaling Test) ของผู้ทดสอบ จำนวน 20 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับบะหมี่ที่ผลิตจากอัตราส่วนแป้งสาลีและแป้งข้าวกล้อง 80 กรัมต่อ 20 กรัม และน้ำ 45 กรัม จากนั้นจึงปรับปรุงคุณภาพเส้นบะหมี่ด้วยการใส่กัวกัมเป็นสารยึดเกาะ โดยศึกษาปริมาณกัวกัม 3 ระดับ คือ 0.1 0.2 และ 0.3 % ของน้ำหนักแป้ง พบว่าบะหมี่ที่มีกัวกัม 0.2 % ของน้ำหนักแป้งมีผู้ทดสอบให้การยอมรับมากที่สุด จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีน 2 % ไขมัน 0.09 % คาร์โบไฮเดรต 41 % เถ้า 0.6 % เส้นใย 0.4% และความชื้น 59%

ชุติมาและนิลศิริ (2548) การผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า และใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ พบว่า จะได้ผลผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า 96.51% แป้งที่ได้มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมโครเมตร และมีความชื้น โปรตีนไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต 4.36 2.80 1.06 1.65 2.23 และ 87.9% ตามลำดับ จากการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ 10 15 20 25 และ 30% ของน้ำหนักแป้ง และขึ้นรูปเส้นที่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร พบว่า ก๋วยเตี๋ยวมีความหนา 0.50-0.58 มิลลิเมตร และมีเปอร์เซ็นต์เส้นหักเป็น 4.13 7.40 8.50 9.00 และ 9.30 ตามระดับการทดแทนที่มากขึ้น แต่เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วย 10% มีปริมาณเส้นหักไม่เกิน 5% ตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วย 10% และก๋วยเตี๋ยวตามท้องตลาด พบว่า ก๋วยเตี๋ยวทั้ง 2 ตัวอย่าง มีความชื้น 55.16-68.77% โปรตีน 2.58-3.22% ไขมัน 1.68-3.26% เส้นใย 0.41-0.51% เถ้า1.98-2.28% และคาร์โบไฮเดรต 24.28-35.87% โดยองค์ประกอบทางเคมีทุกด้านของก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ทดแทน 10% แตกต่างกับก๋วยเตี๋ยวตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

สุธีรา และคนอื่นๆ (2551) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรมาตรฐานที่เหมาะสมในการผลิตแป้งชุบทอดกรอบโดยนำสูตรแป้งชุบทอดกรอบ 3 สูตรคือสูตรที่ 1 ใช้แป้งสาลี: แป้งมัน :แป้งข้าวเจ้า ในอัตราส่วน 40:40:20 สูตรที่ 2 ใช้แป้งสาลี : แป้งข้าวเจ้า : แป้งมัน ในอัตราส่วน 40:40:20 และสูตรที่ 3 ใช้แป้งสาลี: แป้งข้าวเหนียว : แป้งมัน ในอัตราส่วน 40:40:20 ทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้วทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คนโดยให้คะแนนแบบ9-Point Hedonic Scale พบว่าสูตรมาตรฐานที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุดคือสูตรที่ 1 ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้คือแป้งสาลี 40 กรัม แป้งมัน 40 กรัม และแป้งข้าวเจ้า20กรัม จากนั้นนำสูตรมาตรฐานที่ได้นำมาจากการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของศาลเสริมคุณภาพในการทำแป้งชุบทอดกรอบได้แก่ ผงฟู:เกลือ (น้ำหนักเป็นกรัม) ดังนี้ สูตรที่ 1 ใช้ผงฟู:เกลือ ในอัตราส่วน 0.75:0.75 สูตรที่ 2 ผงฟู:เกลือ ในอัตราส่วน 1.50:1.50 สูตรที่3 ผงฟู:เกลือ ในอัตราส่วน 2.20 :2.25 และสูตรที่ 4 ผงฟู:เกลือ ในอัตราส่วน 3.00 :3.00 พบว่าสูตรมาตรฐานที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุดคือสูตรที่ 4 ใช้ผงฟู: เกลือ ในอัตราส่วน 3.00 :3.00 เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดกรอบพบว่ามีปริมาณความชื้น 12.04% เถ้า 1.82% โปรตีน 9.08% ไขมัน 0.00% เยื่อใย 0.42% และคาร์โบไฮเดรต 76.64% จากการคิดต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดกรอบพบว่ามีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 9.87 บาท/หน่วย และจากการนำผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดกรอบไปเผยแพร่ผลการวิจัยผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดกรอบให้กับประชาชนทั่วไปและกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรพบว่ามีสมาชิกให้ความสนใจลงทะเบียนเข้าร่วมโครงการจำนวน 77 คน และจากผลการประเมินด้านความพึงพอใจของการให้บริการ 87.1% ของสมาชิกมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลางมาก

อริสรา (2553) งานวิจัยนี้ได้ทาการศึกษาการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยการใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน โดยแปรอัตราส่วนแป้งข้าวหอมนิลเป็น 0, 5, 10, 15, 25, 30, 40 และ 50% (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) พบว่าสามารถใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าได้ โดยองค์ประกอบทางเคมีของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้ คือ ความชื้น, เถ้า, โปรตีน, ไขมัน, เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตเป็น 67.18 - 68.77%, 0.09 - 0.5%, 2.5 - 6.73%, 0.71 - 0.76%, 0 - 0.37% และ 23.54 - 29.90% ตามลำดับ และให้ค่าพลังงาน 2.60 - 5.00 kcal/g จากนั้นนำไปทดสอบการยอมรับด้วยวิธี 9-point- hedonic scale และเปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยวิธี QDA พบว่าการทดแทนแป้งข้าวหอมนิลในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ 25% (โดยน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ได้รับการยอมรับมากที่สุดและมีลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน ซึ่งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผลิตได้มีสีม่วงเทาให้ความเหนียวและความยืดหยุ่นดี โดยมีค่า tensile strength เท่ากับ 50.55 กรัม และ break distance เท่ากับ 18.40 มิลลิเมตร และเมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิล 25% (โดยน้ำหนักแป้ง) พบว่าปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน และเส้นใยสูงกว่าสูตรมาตรฐาน 1.59, 0.17, 3.00 และ 0.04% ตามลำดับ

กฤติกา (2556) แป้งถั่วเขียวเพาะงอกมีโปรตีน 30.66+0.07% และสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเส้นจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อ แผ่นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากแป้งถั่วเขียวเพาะงอก ซึ่งใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และสัดส่วนแป้งต่างๆ กันรวม 6 สูตร พบว่า แผ่นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งถั่วเขียวเพาะงอกทั้ง 6 สูตร มีสี

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดย แผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเป็น 1:3 จะมีค่า a* และ b* สูงกว่าแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเป็น 1:4 ทั้งนี้แผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเป็น 1:3 และมีสัดส่วนแป้งถั่วเขียวเพาะงอก 100% จะมีค่า L* สูงที่สุดเมื่อเทียบกับแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากสูตรอื่นๆ อย่างไรก็ตาม จากผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ทั้งด้านสี กลิ่น ความเหนียว ความนุ่ม และความชอบโดยรวม

Wang et al. (2002) รายงานการวิจัยโครงสร้างและสมบัติทางเคมีกายภาพของสตาร์ชจากข้าวพื้นเมือง (wild rice , *Zizania aquatica* L.) 6 สายพันธุ์ ซึ่งบริโภคในแถบอเมริกาเหนือและทางตอนใต้ของแคนาดา พบว่าสตาร์ชจากข้าวแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะโครงสร้าง (morphology appearance) ค่ากำลังในการพองตัวและค่าดัชนีในการละลายน้ำใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงแต่แตกต่างกันที่ปริมาณของอะไมโลส ความยาวของกิ่งก้านสาขา สมบัติทางความร้อนและสมบัติทางด้านความหนืดของเจลแป้ง นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวชนิดนี้มีลักษณะโครงสร้างของอะไมโล-เพคตินใกล้เคียงกับข้าวเหนียว

Fitzgerald et al. (2003) รายงานผลของความหนืดของแป้งข้าวเจ้า (Rice Flour) โดยใช้เครื่อง rapid visco analyser (RVA) จากการทดลองพบว่าปริมาณของน้ำมีผลต่อค่าแรงเฉือน โดยถ้าอัตราส่วนระหว่างแป้งกับน้ำเพิ่มขึ้น ค่า breakdown จะสูงขึ้น และมีผลให้ค่า final viscosity สูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ข้าว ปริมาณโปรตีน ไขมัน และองค์ประกอบอื่นๆ มีผลต่อความแตกต่างของความหนืด ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะช่วยทำนายสมบัติทางประสาทสัมผัส และคุณสมบัติในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปอาหารได้

Mukprasirt & Sajjaanantakul (2004) รายงานสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งฟลาวร์ และสตาร์ชจากเมล็ดขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lum.) เปรียบเทียบกับแป้งดัดแปรในทางการค้า (Navation 2300 และ Purity 4) พบว่าแป้งเมล็ดขนุนมีสีอ่อนกว่าแป้ง Navation 2300 แต่เข้มกว่าแป้ง Purity 4 และพบว่าแป้งเมล็ดขนุน มีช่วงอุณหภูมิของการเกิดเจลาติไนเซชันแคบกว่า แป้ง Purity 4 โดยต้องการพลังงานในการเกิดเจลาติไนเซชั่น น้อยกว่าแป้งดัดแปรทั้ง 2 ชนิด และจากการวิเคราะห์ค่าความหนืด ด้วยเครื่อง RVA พบว่า แป้งเมล็ดขนุน มีค่า peak viscosity ต่ำกว่าแป้งดัดแปร ในขณะที่ค่า set back viscosity ค่ำกำลังกำรพองตัว และการละลาย มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุน พบว่าแป้งฟลาวร์มีปริมาณโปรตีน 11.83 % ในขณะที่สตาร์ช มีปริมาณโปรตีน 0.81 %

Ottenhof et al. (2005) รายงานผลของการเกิดรีโทรเกรเดชั่นของสตาร์ชจากแป้งข้าวโพด ข้าวเหนียว แป้งข้าวสาลี และแป้งมันฝรั่ง พบว่าแป้งมันฝรั่งมีอัตราการเกิดรีโทรเกรเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว และแป้งสำลีมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ค่า enthalpy of melting ซึ่งวัดโดยใช้เครื่อง DSC ก็ให้ผลการทดลองที่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน