

บทที่ 2

ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล

2.1 ก๋วยเตี๋ยว

2.1.1 ความหมายของก๋วยเตี๋ยว

ก๋วยเตี๋ยว (Rice noodle) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเจ้าที่นำมาโม่หรือแบ่งข้าวเจ้าซึ่งอาจมีแป้งชนิดอื่นผสมอยู่ด้วยก็ได้ ทำให้เป็นแผ่นบางนึ่งให้สุก ตัดเป็นเส้นแล้วทำให้แห้ง แบ่งได้ 3 แบบ คือ ก๋วยเตี๋ยวสด ก๋วยเตี๋ยวกึ่งแห้งและก๋วยเตี๋ยวแห้ง ก๋วยเตี๋ยวสดมีความชื้น 62-64 % นิยมทำแผ่นก๋วยเตี๋ยวด้วยน้ำมัน เช่น น้ำมันถั่วลิสง เพื่อไม่ให้แผ่นก๋วยเตี๋ยวติดกันจากนั้นจึงนำแผ่นก๋วยเตี๋ยวสดมาหั่นเป็นเส้น เส้นใหญ่มีขนาดกว้าง 1.5-2.5 เซนติเมตร หรือเส้นเล็กขนาดกว้าง 0.40-0.50 เซนติเมตร มีอายุการเก็บ 1-2 วัน เนื่องจากมีความชื้นสูง ก๋วยเตี๋ยวเส้นกึ่งแห้งเป็นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนำเส้นสดมาผึ่งลมจนมีความชื้นประมาณ 37 % แล้วจึงตัดเป็นเส้น มีอายุการเก็บได้ 1-2 วัน และก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้งเป็นก๋วยเตี๋ยวที่ทำให้แห้งด้วยการอบลมร้อนหลังจากตัดเป็นเส้นแล้วมีความชื้นประมาณ 13 % (พรพิศ โพธิสุข, 2548)

2.1.2 ชนิดของก๋วยเตี๋ยว

ก๋วยเตี๋ยวแบ่งออกได้ตามกรรมวิธีการผลิต คือ ก๋วยเตี๋ยวสด ก๋วยเตี๋ยวแห้ง ก๋วยเตี๋ยวนึ่ง ก๋วยเตี๋ยวต้ม ก๋วยเตี๋ยวต้มแช่เยือกแข็งและก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป

2.1.2.1 ก๋วยเตี๋ยวสด (Fresh noodles) เป็นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่ผ่านขั้นตอนการทำแห้ง แผ่นก๋วยเตี๋ยวจะถูกตัดเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวให้มีความกว้างและความยาวตามต้องการ ซึ่งอาจเป็นเส้นเล็กหรือเส้นใหญ่ก็ได้ เส้นเล็กมีขนาด 0.4-0.5 เซนติเมตร ส่วนเส้นใหญ่มีขนาด 1.5-2.5 เซนติเมตร ก๋วยเตี๋ยวมีความชื้นประมาณ 62-64 % เป็นก๋วยเตี๋ยวที่มีอายุการเก็บค่อนข้างสั้นประมาณ 1 วันหรือมากกว่า 2 วัน ขึ้นอยู่กับการบรรจุและสภาวะการเก็บ

2.1.2.2 ก๋วยเตี๋ยวแห้ง (Dried noodles) เป็นก๋วยเตี๋ยวแห้งดิบที่มีการควบคุมการทำแห้งของเส้นก๋วยเตี๋ยวเปียกให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายของก๋วยเตี๋ยวน้อยกว่า 14 % สามารถมีอายุการเก็บ 1-2 ปี

2.1.2.3 ก๋วยเตี๋ยวนึ่ง (Steamed noodles) เป็นก๋วยเตี๋ยวแห้งดิบที่ใช้ไอน้ำทำให้เปียกก่อนขาย มีปริมาณความชื้นประมาณ 28-65 % ได้แก่ ยากิโซบะและเซียนเหมียน

2.1.2.4 ก๋วยเตี๋ยวต้ม (Boiled noodles) เป็นก๋วยเตี๋ยวสดที่ต้มให้สุกในน้ำเดือดบริเวณหลังจากสุก ได้แก่ เส้นหมี่ฮกเกี้ยนและอุด้ง

2.1.2.5 ก๋วยเตี๋ยวต้มแช่เยือกแข็ง (Frozen boiled noodle) ผลิตภัณฑ์จะถูกแช่แข็งอย่างรวดเร็วหลังผ่านการต้ม

2.1.2.6 ก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูป (Instant noodle) บรรจุในถุงโพลีเอทิลีน เส้นก๋วยเตี๋ยวจะถูกทำให้สุกโดยการนึ่งและถูกทำให้แห้งโดยการทอดหรือการอบ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะแบ่งออกเป็นก๋วยเตี๋ยวกึ่งสำเร็จรูปทอด

2.1.3 คุณลักษณะแบ่งที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

แบ่งที่นิยมใช้ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวในประเทศไทยคือ แบ่งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมีปริมาณอะไมโลสอยู่ในช่วง 27-30 % (ดร.ณิ มุลโรจน์ และคณะ, 2550) ทั้งนี้เพราะแบ่งสุกมีความคงตัวสูง ทนทานต่อการสลายตัวระหว่างหุงต้มและสามารถทำเป็นแผ่นได้ดี

2.1.4 วัตถุดิบในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

คุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวสดขึ้นอยู่กับวัตถุดิบต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ได้แก่ ข้าว น้ำ แบ่งมันสำปะหลังและเครื่องปรุงอื่น ๆ ซึ่งควรมีคุณภาพที่ดีและเหมาะสม

2.1.4.1 ข้าวและแบ่งข้าว

ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวในประเทศไทย นิยมใช้ข้าวเจ้าโดยเฉพาะปลายข้าวเป็นหลัก เนื่องจากข้าวสำหรับทำผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวต้องผ่านการโม่ให้แบ่งก่อน (งามชื่น คงเสรี, 2540) และคุณภาพข้าวเจ้าที่ใช้อาจส่งผลต่อการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

กัลยาณี ดีประเสริฐวงศ์ (ม.ป.ป. : เว็บไซต์) แนะนำว่าแบ่งข้าวเจ้าควรมีปริมาณอะไมโลส ไม่น้อยกว่า 27 % ของน้ำหนักข้าว เพราะจะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้เหนียว นอกจากนี้แหล่งปลูกข้าวก็มีผลต่อคุณภาพของข้าว การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวนิยมใช้ข้าวที่ปลูกในนาดินหรือที่ดอน ข้าวที่เก็บไว้นานให้ความหนืดของแบ่งข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเป็นน้ำแบ่งจะมีความร้อน ไม่ติดสายพานที่ใช้หนึ่งผู้ประกอบการจึงใช้ข้าวเก่าในการผลิต

2.1.4.2 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผลิตควรเป็นน้ำสะอาด มีมาตรฐานน้ำบริโภคตาม มอก. 257-2521 มีจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 500 โคโลนี/มิลลิลิตร ไม่มีจุลินทรีย์ทำให้เกิดโรคปราศจากสารแขวนลอย มีความกระด้างต่ำ มีคลอรีน 0.2-0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าความเป็นกรดต่าง 5.0-7.0 (สุวรรณนท์ เหล็กเพ็ชร, 2546) ปริมาณน้ำที่ใช้มีผลต่อลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวหากใช้ปริมาณน้ำมากจะทำให้ น้ำแบ่งที่ได้เหลวเกินไปทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวและถ้าใช้น้ำน้อยเกินไปน้ำแบ่งจะข้นเกินไปทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความกระด้างและแข็ง (ฉวีวรรณ สิงาม และภริตา ชุ่มจิต, 2546)

2.1.4.3 แบ่งมันสำปะหลัง

แบ่งมันสำปะหลังเป็นแบ่งที่มีอะไมโลสค่อนข้างต่ำ จึงมีกำลังการพองตัวที่ดี และมีความสามารถในการละลายได้ซึ่งสัมพันธ์กับการพองตัวสูง แบ่งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนจะมีกำลังการพองตัวสูงจึงทำให้ความหนืดสูง การใส่แบ่งมันสำปะหลังลงในเส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อเป็นตัวช่วยประสานแผ่นให้ดีขึ้น เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความยืดหยุ่นและคงรูปได้ดีขึ้น (กัลยาณี ดีประเสริฐวงศ์. ม.ป.ป.: เว็บไซต์)

องค์ประกอบทางเคมีของแบ่งมันสำปะหลัง ได้แก่ ความชื้น 11.55 % เถ้า 0.10 % โปรตีน 0.12 % เส้นใย 0.04 % สตาร์ช 99.82 % อะไมโลส 17.25 % และอะไมโลเพกติน 82.85 % (วรวิมลยา เกียรติพงษ์ลาภ, 2550)

2.1.4.4 น้ำมันที่ใช้ทาแผ่นก๋วยเตี๋ยว

น้ำมันพืชเป็นตัวช่วยให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความมัน ไม่แห้งติดกัน ทำให้ลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยวดูน่ารับประทาน น้ำมันที่ใช้ทาแผ่นก๋วยเตี๋ยวต้องเป็นน้ำมันที่บริโภคได้มีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นเหม็นหืนและไม่ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังเป็นตัวช่วยเพิ่มรสชาติอาหารเป็นตัวนำความร้อนที่ทำให้อาหารสุก ปกติโรงงานใช้น้ำมันพืชทาแผ่นก๋วยเตี๋ยว ได้แก่ น้ำมัน

ถั่วลิสงและไม่ควรนำน้ำมันที่ใช้แล้วกลับมาใช้ในการผลิตอีก (ฉวีวรรณ สິงาม และภริตา ชุ่มจิต, 2546 ; กัลยาณี ดิประเสริฐวงศ์, ม.ป.ป.: เว็บไซต์)

2.1.5 การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวประกอบไปด้วยการทำความสะดวกข้าว การโม่ การนึ่ง การผึ่งลม หรืออบแห้ง การตัดเป็นเส้น จนถึงการบรรจุ

2.1.5.1 การทำความสะอาด ล้างและแช่ข้าว

ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวข้าวที่ใช้เป็นข้าวเก่าและอาจมีสิ่งปนเปื้อนมาก ในอุตสาหกรรมผลิตก๋วยเตี๋ยวจึงต้องทำความสะอาดขั้นต้นโดยใช้เครื่องแยกแยกเศษกระสอบ ฟัน ผง หิน แมลงและหญ้าออกไปก่อน จากนั้นนำข้าวมาล้างน้ำเพื่อล้างเอาส่วนของรำละเอียดและฝุ่นที่ไม่สามารถแยกได้ ขั้นต้นออก ขณะล้างข้าวจากน้ำอาจมีการขัดข้าวโดยใช้ใบกวน โดยทั่วไปจะล้างข้าวประมาณ 2-3 ครั้ง จำนวนการล้างข้าวขึ้นกับคุณภาพของปลายข้าว ถ้าปลายข้าวมีสีคล้ำมากอาจมีการใช้สารเคมีฟอกขาว เช่น เมตาโบซัลไฟต์ในความเข้มข้นประมาณ 0.1 % ผสมในน้ำล้างข้าวเพื่อให้สีขาวขาวขึ้น ลดเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจติดมากับข้าวและน้ำด้วย

ในขั้นตอนการล้างควรมีอัตราส่วนของข้าวต่อน้ำให้เหมาะสม ในทางปฏิบัติของโรงงานนิยมใช้ปริมาณให้น้ำท่วมข้าวเพียงเล็กน้อยหรือประมาณ 1 ต่อ 2.5 ส่วน ในการล้างแต่ละครั้งจึงควรทำอย่างรวดเร็ว ซึ่งเมื่อล้างข้าวเสร็จแล้วควรแช่ข้าวไว้อีกประมาณ 1 ถึง 2 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวดูดน้ำเข้าไปในเมล็ด เป็นการเพิ่มความชื้นให้เมล็ดข้าวนิ่มไม่แข็งและเม็ดแบ่งแตกได้ง่าย เมื่อทำการโม่ (ฉวีวรรณ สິงาม และภริตา ชุ่มจิต, 2546)

2.1.5.2 การโม่ข้าว

การโม่ข้าวเป็นการทำให้เม็ดแบ่งและองค์ประกอบอื่น ๆ หลุดและแตกออกจากกัน และยังมีผลทำให้เซลล์ที่ห่อหุ้มเม็ดแบ่งแตกออกด้วย โดยปริมาณเม็ดแบ่งที่แตกขึ้นกับวิธีการโม่ เนื่องจากวิธีการโม่มีผลต่อความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยว (ฉวีวรรณ สິงาม และภริตา ชุ่มจิต, 2546) วิธีการโม่ข้าวสำหรับทำก๋วยเตี๋ยวทำได้ 2 วิธี คือ การโม่แห้งและโม่เปียก การโม่แห้งเม็ดแบ่งไม่แตกมากทำให้ดูดน้ำช้า เส้นก๋วยเตี๋ยวจะขาดง่าย ส่วนการโม่เปียกโดยผสมน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม เม็ดแบ่งจะแตกละเอียดดูดน้ำเร็ว ทำให้อะไมโลสและอะไมโลเพกติน จับตัวกันดีเส้นก๋วยเตี๋ยวจะเหนียว (กัลยาณี ดิประเสริฐวงศ์, ม.ป.ป.: เว็บไซต์) จึงนิยมทำการโม่แบ่งด้วยวิธีการโม่เปียก

2.1.5.3 การนึ่ง

น้ำแบ่งเมื่อพักไว้และผ่านการกรองแล้ว จะทำการนึ่งเพื่อทำก๋วยเตี๋ยวซึ่งทำได้ 2 แบบ คือ

1) แบบพื้นบ้านดั้งเดิมคล้ายการทำข้าวเกรียบปากหม้อ โดยการใช้ผ้าขาวบางซึ่งบนกระทะที่ต้มน้ำจนเดือด แล้วตักแบ่งเทบนผ้าขาวบาง ละเลงให้มีความหนาพอเหมาะ นึ่งไว้ประมาณ 1 นาทีก็สุก จึงใช้ไม้แซะยกแผ่นก๋วยเตี๋ยวสุกมาพาดบนที่ตากทำด้วยไม้ไผ่สานนำไปตากแดดประมาณ 4-5 ชั่วโมง ยังนิยมทำเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือนในภาคตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น การทำเส้นหมี่โคราช เส้นจันท์หรือก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กสดหรือแห้ง

2) นิยมทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดใหญ่โดยการใช้เครื่องนึ่งเริ่มจากการใช้เครื่องดูดน้ำแบ่งขึ้นไปไว้ในถังที่มีเครื่องกวนตลอดเวลา เพื่อไม่ให้แบ่งตกตะกอน ปลายถังมีท่อเปิดเพื่อปล่อยน้ำแบ่งให้ติดลูกกลิ้งซึ่งจะกดน้ำแบ่งลงบนสายพานลำเลียงทำด้วยแผ่นโลหะปลอด

สนิมหรือแผ่นผ้าใบ ผ่านเข้าไปในตู้ซึ่งมีลักษณะเป็นอุโมงค์ยาวประมาณ 30 ฟุต ให้ความร้อนจากท่อไอน้ำใช้เวลาประมาณ 3 นาที แผ่นกาวเดี่ยวก็สุกออกมาจากอุโมงค์

ความร้อนจากการนี้ทำให้สสารซึ่งอยู่ในน้ำแข็งเกิดการเปลี่ยนแปลงจากที่ไม่เหนียว สีขาวขุ่น กลายเป็นใส เหนียว เกาะกันเป็นแผ่นที่ดึงได้ไม่ขาด (ฉวีวรรณ สິงาม และภริตา ชุ่มจิต, 2546)

2.1.5.4 การฝังลมหรือการอบแห้ง

เมื่อแผ่นแป่งกาวเดี่ยวสุกออกมาจากอุโมงค์นี้ จะต้องฝังลมหรือใช้พัดลมเป่าให้เส้นเย็นลง เพื่อให้เจลมีความแข็งแรงและเหนียวมากขึ้นเกาะยึดเป็นแผ่นได้ดีไม่ติดกัน ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการเกิดการคืนตัวของสสารในแป่งขาว ถ้านำแผ่นกาวเดี่ยวไปตัดเป็นเส้นจะได้กาวเดี่ยวเส้นใหญ่สุดที่มีความชื้นประมาณ 60-64 % และมีค่ากิจกรรมของน้ำเท่ากับ 0.96-0.98

ถ้าต้องการเส้นที่มีความชื้นน้อยลงและความเหนียวเพิ่มขึ้น ให้นำแผ่นกาวเดี่ยวสดไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อออกจากตู้อบใช้พัดลมเป่าให้เย็น แผ่นกาวเดี่ยวจะมีความชื้นเหลือประมาณ 30-40 % ซึ่งจะถูกลำมาวางเรียงซ้อนกันและเก็บไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นกระจายออกเท่ากันทั้งแผ่น ด้วยเหตุนี้การทำให้เย็นตัวจึงควรเป็นไปอย่างช้า ๆ จะช่วยให้แผ่นกาวเดี่ยวจะมีความเหนียวและใสก่อนนำมาตัดเป็นเส้นเล็กสุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความชื้นประมาณ 35-38 % (ฉวีวรรณ สິงาม และภริตา ชุ่มจิต, 2546)

2.1.5.5 การตัดเป็นเส้น

เมื่อสายพานแผ่นกาวเดี่ยวสุกเคลื่อนออกจากอุโมงค์ไอน้ำ แผ่นกาวเดี่ยวจะเคลื่อนไปตามสายพานอีก โดยมีพัดลมคอยเป่าเป็นระยะ ๆ ให้แห้ง จนถึงจุดตัดแผ่นกาวเดี่ยวแผ่นใหญ่ตรงจุดนี้จะมีช่องที่จะให้น้ำมันพืชหยดสัมผัสกับแผ่นกาวเดี่ยว เพื่อให้แผ่นกาวเดี่ยวไม่ติดกันเมื่อซ้อนกันหลังจากที่ทำการตัด (กัลยาณี ดีประเสริฐวงศ์, ม.ป.ป.: เว็บไซต์)

2.1.5.6 บรรจุหีบห่อ

ควรเก็บเส้นที่แห้งให้เย็นสนิทอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนการบรรจุถุงพลาสติก เพื่อป้องกันการเกิดเหงื่อภายในถุงหลังปิดผนึก เนื่องจากถ้าเส้นยังไม่เย็นสนิทอาจทำให้มีความร้อนระเหยน้ำออกมาเป็นไอน้ำในถุง ทำให้การเก็บรักษาเส้นแห้งไว้ได้ไม่นาน อาจเกิดกลิ่นหรือเกิดเชื้อราขึ้นบนเส้นได้ (ฉวีวรรณ สິงาม และภริตา ชุ่มจิต, 2546)

ถุงพลาสติกที่ใช้ควรเป็นชนิดที่ยอมให้อากาศผ่านเข้าออกได้บ้าง ถุงโพลีเอทิลีน (PE) เป็นพลาสติกที่มีราคาถูก นิยมใช้กันมาก ทนความร้อนได้ไม่มากนัก ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย ก๊าซสามารถซึมผ่านได้ มีความแข็งแรงทนทาน ยึดได้ ส่วนถุงโพลีโพรพิลีน (PP) เป็นพลาสติกที่ทนความร้อนได้ดีเหมาะสำหรับใส่ของร้อนมีความแข็งแรงทนทานเหนียวกว่าโพลีเอทิลีนและยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้น้อยมาก (ปกิตตา ศรีวรารักษ์, 2553)

2.1.5.7 การเก็บผลิตภัณฑ์

จัดแยกเป็นสัดส่วน เก็บในที่มิดชิดอากาศถ่ายเทไม่อับชื้นและสว่างพอเพียง มีชั้นหรือยกพื้นรองรับและต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์อีกครั้งก่อนจำหน่ายท้องตลาด (กัลยาณี ดีประเสริฐวงศ์, ม.ป.ป.: เว็บไซต์)

2.1.6. คุณภาพของเส้นกล้วยเตี่ยว

2.1.6.1 คุณภาพทางโภชนาการ

กล้วยเตี่ยวมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับข้าวที่ใช้ผลิตมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า เยื่อใย โดยทั่วไปอยู่ 5.64, 80.88, 0.03, 0.28 และ 0.22 % ตามลำดับ (เสนอ ร่วมจิต, 2522 อ้างอิงจาก เกรียงศักดิ์ บรรลือ, 2547) โดยสามารถสูญเสียไปได้ในการผลิต

2.1.6.2 คุณภาพทางกายภาพ

1) สีของเส้นกล้วยเตี่ยว

เส้นกล้วยเตี่ยวมีสีแตกต่างกันเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในข้าว โดยกล้วยเตี่ยวที่เป็นผลผลิตจากข้าวที่มีโปรตีนสูงมักจะมีสีคล้ำ ในขณะที่กล้วยเตี่ยวที่ผลิตจากข้าวที่มีโปรตีนต่ำมักจะมีสีขาวนวลซึ่งมีสีเหลืองคล้ำเกิดจากปฏิกิริยา Non-enzymatic browning สีเหลืองจะเกิดมากขึ้น ถ้าน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง อย่างไรก็ตามการขัดขาวก็มีผลต่อสีของกล้วยเตี่ยวมาก ข้าวที่ผ่านการขัดจนขาวทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกไปมากทำให้กล้วยเตี่ยวมีสีขาวมากขึ้น นอกจากสีแล้วความเหนียวของกล้วยเตี่ยวก็แตกต่างกันมากด้วยซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่ใช้ กล้วยเตี่ยวที่มีคุณภาพดีควรมีเส้นใส ไม่กรอบ หักง่าย ไม่มีสิ่งเจือปน ไม่มีรอยแตกบนเส้น เมื่อนำมาทำให้คั้นตัวแล้วควรให้เส้นที่เหนียว

การผลิตกล้วยเตี่ยนั้นบางครั้งพบว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างเหลือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเก็บนาน เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี Non-enzymatic browning ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับกรดอะมิโน การเกิดสีน้ำตาลแบบนี้ลดลงได้หากใส่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ลงไปด้วย ในปริมาณ 0.1 % (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2532)

2) ความผิดปกติของเส้นกล้วยเตี่ยว

ลักษณะเส้นกล้วยเตี่ยวอาจเกิดจากปัญหาในการผลิต ปัญหาที่พบจะเกิดจากการใช้วัตถุดิบที่ขาดคุณภาพแล้ว ยังเกิดจากกระบวนการทำแห้งหรือเกิดจากการเก็บไม่ถูกต้องด้วย ลักษณะผิดปกติที่พบบ่อยอยู่เสมอ (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2532) คือ การเกิดรอยแตกหรือปองในเส้นกล้วยเตี่ยว เป็นผลทำให้เส้นมีลักษณะขุ่น ไม่น่ารับประทาน มีความเหนียวน้อยลง ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดจากวิธีการทำให้เย็นตัวหรือการเก็บไม่ถูกต้อง ทำให้เกิดการหดตัวหรือขยายตัวภายในเส้นกล้วยเตี่ยวจนกระทั่งเนื้อแยกออกจากกัน

2.2 กล้วยน้ำว้า

กล้วยน้ำว้า หรือ Kluai Namwa มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum*. (ABB group) ชื่อสามัญ Pisang Awak ชื่อท้องถิ่นสำคัญ กล้วยใต้ (เชียงใหม่, เชียงราย), กล้วยตานีอ่อง (อุบลราชธานี), กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี) และกล้วยอ่อง (ชัยภูมิ)

กล้วยน้ำว้ามีต้นกำเนิดจากกล้วยป่าที่บริโภคได้ 2 พันธุ์ คือ *Musa acuminata* Colla และกล้วยตานี *Musa balbisiana* Colla (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545) ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์ข้ามชนิดกัน กล้วยน้ำว้าแบ่งออกเป็น 4 พันธุ์ ได้แก่ น้ำว้าแดง น้ำว้าคอม น้ำว้าเหลืองและน้ำว้าขาว โดยทั่วไปแล้วกล้วยน้ำว้ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นเทียมด้านนอกสีเขียวอ่อนมีประจำอยู่ทั่วไป ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้นปลายบาน

ด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม เครือหนึ่งมี 7-10 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลกว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยม ก้านผลยาว เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ใ้กลางมีสีเหลือง ชมพูหรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งออกได้เป็นกล้วยน้ำว่า้สีเหลือง กล้วยน้ำว่า้สีแดงและกล้วยน้ำว่า้สีขาว นอกจากนี้ยังมีกล้วยน้ำว่า้ลำต้นเตี้ยกว่า 2.5 เมตร เรียกว่า กล้วยน้ำว่า้ค่อม กล้วยน้ำว่า้นิยมปลูกทั่วไปในประเทศไทย บริโภคกันมากในทุก ๆ ภาค ปลูกเป็นการค้าทั่วไปในภาคกลาง ภาคเหนือปลูกมากที่จังหวัดพิษณุโลก เนื้อกล้วยน้ำว่า้มีคุณค่าทางอาหารมาก ใช้เป็นอาหารเด็กอ่อน กินสดและทำเป็นขนมหลายชนิด เช่น ขนมกล้วย กล้วยทอด กล้วยบวชชี กล้วยตาก กล้วยฉาบและกล้วยกวน กล้วยตากทำเป็นสินค้าไปขายต่างประเทศ (เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545)

2.2.1 การเก็บเกี่ยวกล้วย

การเก็บเกี่ยวกล้วยมักจะเก็บเกี่ยวเมื่อกล้วยมีความแก่ต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การนำกล้วยไปใช้ เช่น เพื่อการส่งออกที่ต้องใช้ระยะเวลาเดินทางนานก็จะเก็บเกี่ยวเมื่อผลกล้วยยังมีเหลี่ยมอยู่ คือ ยังแก่ไม่เต็มที่ มีความแก่ประมาณ 70-80 % แต่ถ้าส่งภายในประเทศควรเก็บเกี่ยวเมื่อแก่เต็มที่ ซึ่งจะสุกภายใน 1-2 สัปดาห์ ซึ่งมาตรฐานในการวัดความแก่ของกล้วยสามารถพิจารณาได้หลายวิธีดังนี้

2.2.1.1 วิธีการพิจารณาเหลี่ยมของผลกล้วย

มาตรฐานความแก่ของกล้วยขึ้นอยู่กับเหลี่ยมของผลกล้วย ดังนี้

Light $\frac{3}{4}$	หมายถึงผลมีขนาดครึ่งหนึ่งของผลที่โตเต็มที่หรือมีความแก่ประมาณ 70 %
Light Full $\frac{3}{4}$	หมายถึงผลที่มีเหลี่ยมเห็นชัด มีความแก่ประมาณ 80 %
Full $\frac{3}{4}$	หมายถึงผลที่มีเหลี่ยมแต่ไม่ชัดเจน มีความแก่ประมาณ 90 %
Full	หมายถึงผลที่ไม่มีเหลี่ยมเลย มีความแก่เต็มที่ 100 %



ที่มา: เบญจมาศ ศิลาชัย (2545)

ภาพประกอบ 2.1 รูปร่างตามขวางของผลกล้วยเมื่ออายุต่างกัน

2.2.1.2 การนับระยะเวลา

วิธีการนับระยะเวลาของกล้วย เริ่มต้นจากวันที่กล้วยแทงช่อดอกหรือแทงปลีจนถึงวันเก็บเกี่ยว มักใช้กับกล้วยที่ไม่สามารถพิจารณาเหลี่ยมของกล้วยได้เช่น กล้วยหักมุก กล้วยกล้วย

กล้วยหิน เพราะกล้วยเหล่านี้จะมีเหลี่ยมชัดเจนถึงแม้จะแก่เต็มที่ ซึ่งกล้วยแต่ละสายพันธุ์จะมีค่าต่างกัน แสดงดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 การนับจำนวนวันกล้วยที่ระยะต่าง ๆ ของกล้วยแต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์กล้วย	จำแนกตามกลุ่ม (Genome)	ออกดอกถึงให้หวีสุดท้าย (วัน)	หวีสุดท้ายถึงวันเก็บเกี่ยว (วัน)	ออกดอกถึงวันเก็บเกี่ยว (วัน)
กล้วยไข่	AA	9.88	70.00	79.88
กล้วยเล็บมือนาง	AA	11.88	74.63	86.51
กล้วยหอมทอง	AAA	10.63	92.63	103.26
กล้วยหอมเขียวค่อม	AAA	15.00	97.88	112.88
กล้วยหักมุกขาว	ABB	14.50	132.50	147.00
กล้วยหักมุกเขียว	ABB	14.63	135.75	150.38
กล้วยน้ำว้าค่อม	ABB	20.50	116.75	137.25
กล้วยน้ำว้าขาว	ABB	19.00	133.88	152.88
กล้วยน้ำว้าแดง	ABB	19.00	128.00	147.00
กล้วยน้ำว้าเหลือง	ABB	21.38	126.00	147.38

ที่มา: กฤษฎา สังข์สิงห์ (2536)

2.2.2 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยน้ำว้า

กล้วยมีคุณค่าทางโภชนาการและให้พลังงานแก่ร่างกายสูง มีไขมันต่ำ เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยลดความดันโลหิตสูง เหมาะเป็นอาหารสำหรับคนชรา ผู้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร และผู้ต้องการลดความอ้วน

ตาราง 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยน้ำว้าดิบและกล้วยน้ำว้าสุกต่อ 100 กรัม

สารอาหาร	กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยน้ำว้าสุก
ความชื้น (%)	69.0	71.6
พลังงาน (แคลอรี)	110.0	100.0
ไขมัน (กรัม)	0.2	0.3
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	8.0	12.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	0.9	0.8
เหล็ก (มิลลิกรัม)	35.0	32.0
วิตามินเอ (IU)	483.0	375.0
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.04	0.03
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.02	0.04

ตาราง 2.2 (ต่อ)

สารอาหาร	กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยน้ำว้าสุก
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	0.6	0.6
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	31	14.0

ที่มา: เบญจมาศ ศิลาชัย (2538)

2.3 แป้งกล้วยดิบ (Unripe banana starch)

แป้งกล้วยดิบเป็นแป้งที่แปรรูปจากกล้วยดิบ ก่อนนำไปประกอบอาหารเพื่อบริโภค มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่สูงกว่าแป้งหลายชนิด เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น แป้งกล้วยดิบยังเป็นแหล่งแป้งทนต่อการย่อย มีกลิ่นรสเฉพาะตัว มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี รวมทั้งกับน้ำได้ดีคือ เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้นเนื่องจากเป็นแป้งที่มีอะไมโลสสูงทำให้มีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะเหมาะที่จะนำไปประกอบอาหาร (จุฑา พิรพัชระ, 2547)

สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น (2545) พบว่าการเก็บเกี่ยวกล้วยเพื่อใช้ในการผลิตแป้ง สามารถใช้การวัดความยาวเส้นรอบวง ร่วมกับการพิจารณาเหลี่ยมของผล และการนับจำนวนวันหลังจากแทงปลีเป็นดัชนีได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี ดังตาราง 2.3 กล้วยที่ผลิตจากกล้วยที่มีความแก่มากขึ้นจะมีปริมาณโปรตีน และเถ้าสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณเส้นใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง และพบว่าสตาร์ชและอะไมโลสมีปริมาณสูงที่สุด เมื่อกล้วยมีความแก่ 90 % โดยแป้งกล้วยประกอบด้วยสตาร์ชและอะไมโลส ประมาณ 60-66 % และ 21-33 % ตามลำดับ

ตาราง 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยน้ำว้าในระดับความแก่ต่าง ๆ

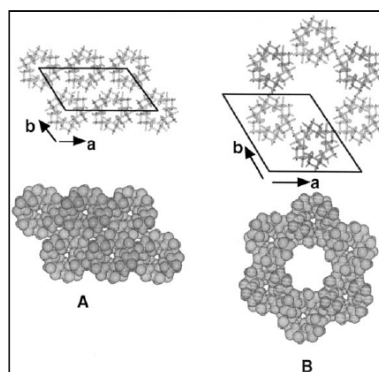
ความแก่ (%)	โปรตีน (%)	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	เถ้า (%)	เส้นใย (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	สตาร์ช (%)	อะไมโลส (%)
70	2.49	9.76	0.53	1.86	1.00	84.37	61.58	21.30
80	2.60	9.77	0.54	2.07	0.94	84.09	62.92	22.53
90	2.73	9.85	0.54	2.32	0.84	83.73	66.43	23.77
100	3.03	10.19	0.55	2.67	0.71	82.91	60.72	21.28

ที่มา: สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น (2545)

2.3.1 โครงสร้างและการรวมตัวเป็นเม็ดแป้ง

โดยธรรมชาติทั่วไปแป้งคือแหล่งเก็บสะสมอาหารของพืชที่สามารถสังเคราะห์แสง ซึ่งจะพบทั่วไปในรูปแบบที่เป็นเม็ดแป้ง การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเม็ดแป้งลักษณะที่แตกต่างกันจะทำให้เม็ดแป้งมีโครงสร้างเป็นแบบกึ่งผลึก โมเลกุลที่ทำให้เกิดลักษณะเช่นนี้คือ อะไมโลสและอะไมโลเพกติน (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

โมเลกุลของแป้งสามารถจัดเรียงตัวเป็นเกลียวคู่ได้โดยจะเกิดใน 2 ลักษณะ คือ โครงสร้างแบบ A และโครงสร้างแบบ B ขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัว (Parallel หรือ antiparallel) ในหน่วยเซลล์และการพันของเกลียวคู่ โดยพิจารณาทิศทางของที่พันของเกลียวคู่ (Left-handed หรือ right-handed) เกลียวคู่แบบ A มีการอัดตัวและจัดเรียงตัวของโมเลกุลในหน่วยเซลล์เป็นแบบ Monoclinic และมีโมเลกุลของน้ำแทรกอยู่ระหว่างสายของเกลียวคู่จำนวน 8 โมเลกุล ต่อหนึ่งหน่วยเซลล์ ส่วนโครงสร้างแบบ B เป็นเกลียวคู่ที่มีการอัดตัวและจัดเรียงตัวของโมเลกุลในหน่วยเซลล์เป็นแบบ Hexagonal ช่องว่างระหว่างกลางของโมเลกุลที่ล้อมรอบไปด้วยเกลียวคู่ 6 สายในโครงสร้างแบบ B จะมีโมเลกุลจำนวน 36 โมเลกุล นอกจากนี้ Repeated unit ของโครงสร้างแบบ A คือ หน่วยของมอลโทโทรโอซิล ส่วน Repeated unit ของโครงสร้างแบบ B คือ มอลโทซิล (Buléon et al., 1998 ; Sajilata et al., 2006) รูปแบบโครงสร้างเกลียวคู่ของโมเลกุลแป้งแบบ A และ B

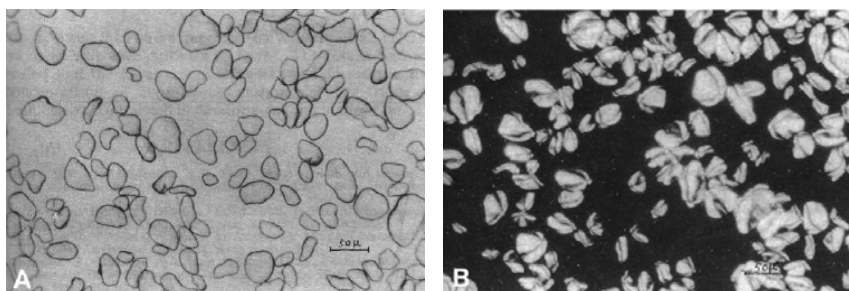


ที่มา: Buléon et al (1998)

ภาพประกอบ 2.2 การจัดเรียงโมเลกุลของแป้งแบบเกลียวคู่ของโครงสร้างแบบ A และโครงสร้างแบบ B บนแนวระนาบ a และ b

การสังเกตลักษณะเม็ดแป้งสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วและง่ายแต่ผู้ที่ทำการตรวจสอบต้องมีความชำนาญในการสังเกตลักษณะต่าง ๆ โดยทั่วไปลักษณะที่ทำการสังเกต คือ รูปร่าง ขนาด ตำแหน่งของไฮลัม การกระจายตัวของขนาดเม็ดแป้งและลักษณะไบรีฟรินเจนต์ ซึ่งเป็นสมบัติหนึ่งของแป้งที่ทำให้เกิดการบิดระนาบของแสงโพลาไรซ์ได้และมีการตัดกันของแขนที่เรียกว่ากากบาทหรือไบรีฟรินเจนต์จะตัดกันที่ตำแหน่งของไฮลัม

Lii et al (Zhang et al, 2005 cited in Lii et al, 1982) พบว่าลักษณะของเม็ดแป้งจากกล้วยพันธุ์จากประเทศไต้หวันที่ตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ เมื่อส่องดูภายใต้แสงปกติพบว่าเม็ดแป้งจากกล้วยที่ระยะการสุกต่าง ๆ จะมีรูปร่างหลายลักษณะ รูปร่างไม่แน่นอน มีหลายขนาด ขนาดที่พบมากที่สุดอยู่ในช่วง 20-60 ไมโครเมตร ลักษณะเม็ดแป้งจากกล้วยพันธุ์จากประเทศไต้หวัน ดังภาพประกอบ 2.3



(ก)

(ข)

ที่มา: Lii et al (Zhang et al., 2005 cited in Lii et al., 1982)

ภาพประกอบ 2.3 แสดงลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งกล้วยพันธุ์จากประเทศไต้หวัน

(ก) normal light (ข) polarized

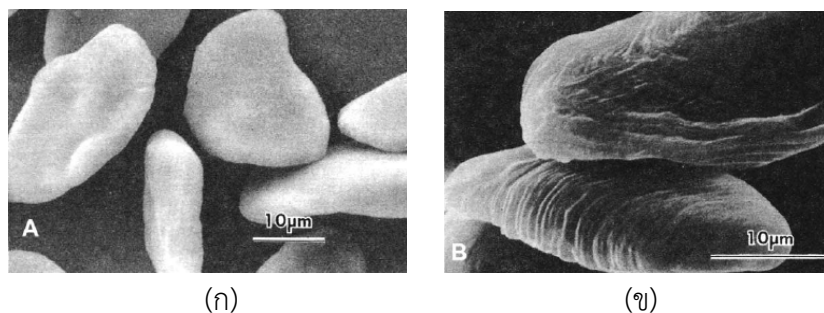
Eggleston et al (Zhang et al, 2005 cited in Eggleston et al, 1992) พบว่าขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งที่สกัดได้จากกล้วยกล้วยและกล้วยหักมุกมีขนาดแตกต่างกัน เม็ดแป้งกล้วยกล้วยมีขนาด 7.8-61.3 μm และกล้วยหักมุกมีขนาด 3.9-76.4 μm ดังตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ขนาดของเม็ดแป้งที่สกัดจากกล้วยกล้วย (Plantain) และกล้วยหักมุก (Cooking bananas)

แหล่งแป้ง	ขนาดเม็ดแป้ง (μm)	
	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ค่าเฉลี่ย
<u>Plantains</u>		
Ihitisim	26.5	7.8-53.1
Agbagba	26.6	9.7-51.6
Obino L'Ewai	26.0	7.8-61.3
Bobby Tannap	24.1	9.1-56.4
<u>Cooking bananas</u>		
Blugoe	30.9	7.2-76.4
Fougamou	16.4	3.9-50.8

ที่มา: Eggleston et al (Zhang et al., 2005 cited in Eggleston et al, 1992)

Kayisu et al (1981) ; อ้างอิงจาก Zhang et al (2005) ศึกษาโครงสร้างพื้นผิวของเม็ดแป้งจากกล้วยสุก และแป้งจากกล้วยดิบสายพันธุ์ Valery พบว่าลักษณะผิวของเม็ดแป้งกล้วยดิบจะมีลักษณะเรียบ ส่วนผิวของแป้งจากกล้วยสุกจะสังเกตลักษณะเป็นรอยขนานกันบนพื้นผิว ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสระหว่างกระบวนการสุก ดังภาพประกอบ 2.4



ที่มา: Kayisu et al (Zhang et al., 2005 cited in Kayisu et al, 1981)

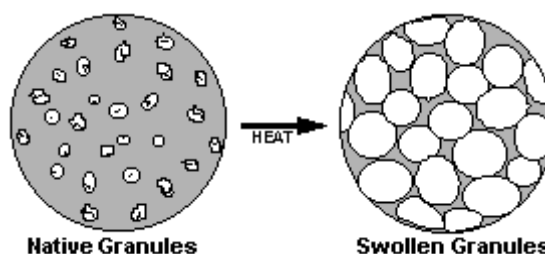
ภาพประกอบ 2.4 ลักษณะเม็ดแป้งจากกล้วยดิบ (ก) และเม็ดแป้งจากกล้วยสุก (ข) ที่ตรวจสอบด้วย Scanning electron micrographs (SEM)

2.3.2 การพองตัวของแป้ง (Swelling property)

เมื่อผสมน้ำกับแป้งเข้าด้วยกันพบว่า น้ำหรือของเหลวชนิดอื่นสามารถแพร่และผ่านเข้าไปในร่างแหโมเลกุลในเม็ดแป้งได้อย่างอิสระ แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ ๆ กัน แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลายโมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระเม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลายความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการพองตัวและความสามารถในการละลายคือ ชนิดแป้ง ปริมาณน้ำในสารละลายแป้ง (กล้านรงค์ ศรีรอท และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546) ปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกติน องค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ เช่น ไขมันโดยไขมันจะสามารถยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้งได้ โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโมเลกุลของอะไมโลส (Tester and Morrison, 1990) โครงสร้างโมเลกุลของอะไมโลเพกตินซึ่งรวมไปถึงความยาวของสาย รูปร่างและน้ำหนักโมเลกุลของอะไมโลเพกติน รูปแบบในการพองตัว และการละลายของเม็ดแป้งจากพืชแต่ละชนิดจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป (กล้านรงค์ ศรีรอท และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

แป้งจากธัญพืชจะมีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึกและบริเวณอสัณฐานของแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง อะไมโลสจะทำให้โครงสร้างที่เป็นร่างแหหรือโครงสร้างผลึกในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ แป้งจากส่วนรากเช่น มันสำปะหลังมีการพองตัวเพียงชั้นเดียวกำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืชเนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช สำหรับแป้งจากพืชหัวเช่น แป้งจากมันฝรั่งจะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะ

ภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้นเนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดขึ้นเดียวและเกิดที่อุณหภูมิต่ำ (กล้านรงค์ ศรีรอต และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)



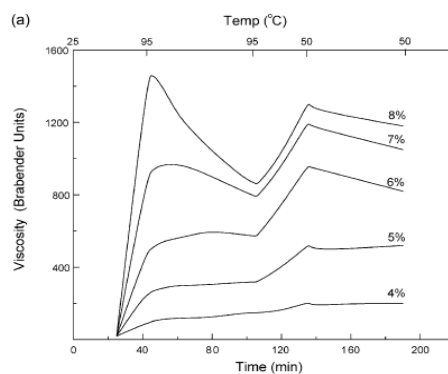
ที่มา: http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/Chap2/chapter2_4.html

ภาพประกอบ 2.5 การพองตัวของเม็ดแป้ง

2.3.3 ความหนืดของแป้ง (Viscosity)

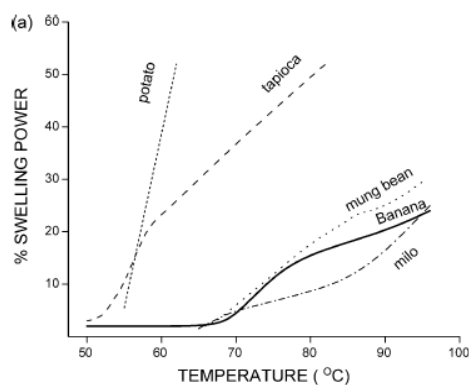
เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายแป้งและพันธะไฮโดรเจนคลายตัวลงแล้วโมเลกุลของน้ำจะสามารถแพร่เข้าไปในเม็ดแป้งทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว เมื่อโมเลกุลภายในเม็ดแป้งยังคงถูกรบกวนจากความร้อนและโมเลกุลของน้ำเม็ดแป้งจะเกิดการสูญเสียโครงสร้างและเกิดการพองตัวแบบไม่สามารถผันกลับได้ โมเลกุลของน้ำอิสระที่อยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืดขึ้น ความหนืดของแป้งสามารถตรวจสอบและติดตามได้ด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว (Rapid visco analyzer; RVA) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการตรวจสอบความหนืดของแป้ง เนื่องจากใช้เวลาในการตรวจสอบสั้น ๆ และใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย หลักการตรวจสอบด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว คือ ติดตามการเปลี่ยนแปลงความหนืดของตัวอย่าง ขณะที่มีการทำให้สารละลายตัวอย่างร้อนและทำให้เย็นโดยมีการกวนของใบพัดร่วมด้วย (กล้านรงค์ ศรีรอต และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

Kayisu et al (Zhang et al, 2005 cited in Kayisu et al, 1981) พบว่า ลักษณะกราฟความหนืดของแป้งกล้วยจะมีลักษณะแบบผสมโดยมีรูปแบบใกล้เคียงกับกราฟความหนืดจากแป้งถั่วเขียวที่ความเข้มข้นของแป้งต่ำ (7 %) ดังภาพประกอบ 2.6 เมื่อความเข้มข้นของแป้งต่ำจะไม่พบจุดที่มีความหนืดสูงสุดของกราฟความหนืดจากแป้งกล้วยแต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นและเพิ่มอุณหภูมิพบว่ามีจุดที่เกิดความหนืดสูงสุดเกิดขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายว่าเมื่อแป้งมีความเข้มข้นมากขึ้นเม็ดแป้งจะถูกกระทำจากสองแรง คือ แรงจากการกวนและแรงเสียดสีระหว่างเม็ดแป้งจึงทำให้เม็ดแป้งแตกออก ดังนั้นกราฟความหนืดของแป้งกล้วยที่ความเข้มข้นของแป้งเท่ากับ 8 % จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาคูซึ่งมีค่าต่ำกว่าแป้งจากมันฝรั่ง และมันเทศ และมีค่ามากกว่าแป้งจากธัญพืชที่มีปริมาณอะไมโลสปกติ สำหรับรูปแบบการพองตัวของแป้งกล้วยจะมีรูปแบบคล้ายคลึงกับแป้งไมโลและแป้งจากข้าวโพดแต่จะมีค่าต่ำกว่าการพองตัวของแป้งมันฝรั่งและแป้งจากมันสำปะหลัง ดังภาพประกอบ 2.7 สำหรับความสามารถในการละลายนั่น แป้งกล้วยมีรูปแบบการละลายคล้ายคลึงกับแป้งไมโลและมีค่าต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันฝรั่ง ดังภาพประกอบ 2.8



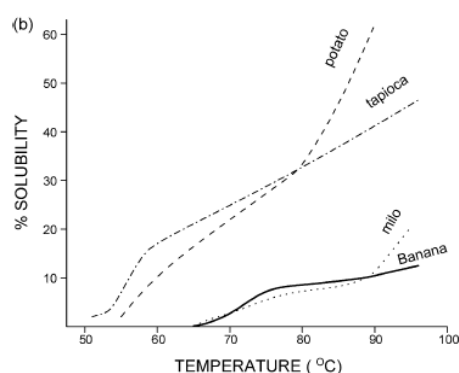
ที่มา: Kayisu et al (Zhang et al., 2005 cited in Kayisu et al., 1981)

ภาพประกอบ 2.6 ความหนืดที่ได้จากแป้งกล้วย ที่ความเข้มข้น 4-8 %



ที่มา: Kayisu et al (Zhang et al., 2005 cited in Kayisu et al., 1981)

ภาพประกอบ 2.7 ความสามารถในการพองตัวของแป้งกล้วยเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นที่อุณหภูมิต่าง ๆ



ที่มา: Kayisu et al (Zhang et al., 2005 cited in Kayisu et al., 1981)

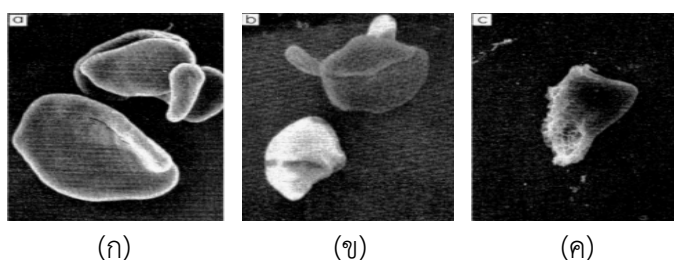
ภาพประกอบ 2.8 ความสามารถในการละลายของแป้งกล้วยที่อุณหภูมิต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่น ๆ

2.3.4 การเกิดเจลาตินไนซ์เซชัน (Gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำแต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง ร่างแหระหว่างโมเลกุลภายในเม็ดแป้งจะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งจะเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืดปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาตินไนซ์เซชัน (กล้านรงค์ ศรีรอต และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

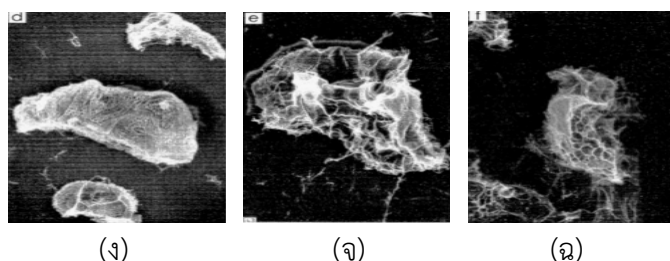
ในการศึกษาแป้งกล้วย Ling et al (1982) ; Zhang et al (2005) ได้รายงานอุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนซ์ของแป้งจากกล้วยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์พบว่า Dessert banana อยู่ในช่วง 74-80 °C ส่วนรายงานของ Eggleston et al (1992) ; Zhang et al (2005) ได้ศึกษาอุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนซ์ของแป้งกล้วยกล้วยและกล้วยหักมุกในสายพันธุ์ต่าง ๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์พบว่าแป้งจากกล้วยกล้วยและกล้วยหักมุก มีค่าอุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนซ์ต่ำกว่าแป้งจาก Dessert banana เนื่องจากเม็ดแป้งมีส่วนที่เป็นสัณฐานมากกว่าแป้งจาก Dessert banana แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างกล้วยหักมุก กับกล้วยกล้วย จะพบว่ากล้วยหักมุกมีค่าอุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนซ์สูงกว่ากล้วยกล้วยแสดงให้เห็นว่าเม็ดแป้งมีส่วนที่เป็นผลึกมากกว่าแป้งจากกล้วยกล้วย

นอกจากมีการศึกษาถึงอุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนซ์แล้ว Ling et al (1982) ; Zhang et al (2005) ยังได้ศึกษาถึงโครงสร้างของเม็ดแป้งกล้วยที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะเกิดการเจลาตินไนซ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยสัณฐานตัวอย่างมาทำแห้งด้วยไนโตรเจนเหลวแล้วศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังภาพประกอบ 2.9 พบว่าเม็ดแป้งมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและรูปร่างโดยที่อุณหภูมิ 65 °C ผิวของเม็ดแป้งกล้วยเริ่มแตกและพองตัวมากขึ้นทำให้รูปร่างเปลี่ยนแปลงแล้วเกิดการแตกสลายของเม็ดแป้งในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 70 °C ถึง 90 °C



ที่มา: Ling et al. (Zhang et al., 2005 cited in Ling et al., 1982)

ภาพประกอบ 2.9 เม็ดแป้งกล้วยที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง Scanning electron micrographs ที่กำลังขยาย 1100X (ก) ที่อุณหภูมิห้อง (ข) 65 °C (ค) 70 °C (ง) 75 °C (จ) 85 °C (ฉ) 90 °C



ที่มา: Ling et al (Zhang et al., 2005 cited in Ling et al., 1982)

ภาพประกอบ 2.9 เม็ดแป้งกล้วยที่ตรวจสอบด้วยเครื่อง Scanning electron micrographs ที่กำลังขยาย 1100X (ก) ที่อุณหภูมิห้อง (ข) 65 °C (ค) 70 °C (ง) 75 °C (จ) 85 °C (ฉ) 90°C (ต่อ)

2.3.5 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (Retrogradation)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนซ์เซชันแล้วให้ความร้อนต่อไป จะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติ โครงสร้างใหม่นี้สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะเจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึกเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัว

ปริมาณและขนาดของอะไมโลสมีความสำคัญต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสเพกตินสูง อัตราในการคืนตัวจะสูงสุด (การละลายต่ำที่สุด) (กล้านรงค์ ศรีรอต และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2550)

2.4 แป้งที่ทนต่อการย่อย (Resistant starch)

2.4.1 ความหมายของแป้งที่ทนต่อการย่อย

กลุ่มสมาคมของนักวิทยาศาสตร์ในสหภาพยุโรป (EU) [EURESTA (European resistant starch research group)] ได้ให้คำจำกัดความของแป้งที่ทนต่อการย่อยว่า เป็นปริมาณของแป้งรวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของแป้ง ซึ่งมีความสามารถทนทานต่อสภาวะการย่อยในลำไส้เล็กและเมื่อถูกส่งต่อมายังลำไส้ใหญ่สามารถเป็นสารตั้งต้นให้แก่จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ได้และเกิดกระบวนการหมักขึ้นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการหมักนั้น คือ ไฮโดรเจน, คาร์บอนไดออกไซด์, มีเทนและกรดไขมันสายสั้น (Nugent, 2005)

2.4.2 ชนิดของแป้ง

จำแนกตามความสามารถในการย่อยของเอนไซม์ในร่างกาย

Sajilata et al (2006) ได้แบ่งชนิดของแป้งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะความสามารถในการย่อย ดังนี้

2.4.2.1 แป้งที่สามารถย่อยได้ (Digestible starches) แป้งชนิดนี้เป็นแป้งที่สามารถย่อยได้โดยเอนไซม์ในร่างกายโดยหมายรวมถึงแป้งที่สามารถถูกย่อยได้อย่างรวดเร็ว (RDS) และแป้งที่ถูกย่อยอย่างช้า ๆ (SDS) ด้วย ซึ่งแป้งชนิดนี้จะถูกย่อยอย่างสมบูรณ์ในส่วนของลำไส้เล็ก

2.4.2.2 แป้งที่ทนต่อการย่อย (Resistant starch) แป้งชนิดนี้เป็นแป้งที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ภายในร่างกายของมนุษย์

2.4.3 ประเภทและโครงสร้างของแป้งที่ทนต่อการย่อย (Sajilata et al., 2006)

โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของแป้งที่ทนต่อการย่อยได้ 4 ชนิด คือ

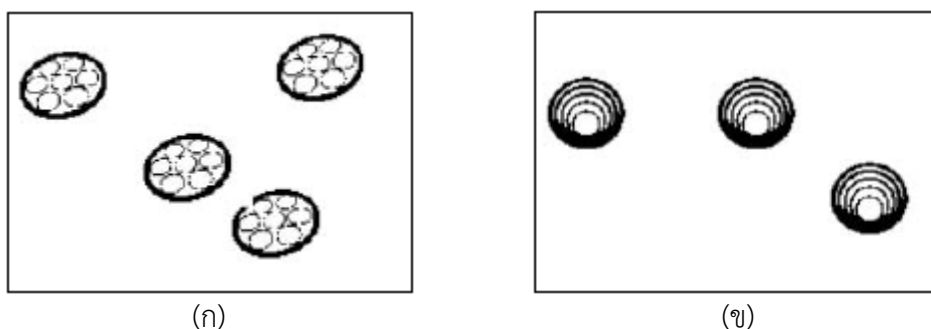
2.4.3.1 แป้งที่ทนต่อการย่อยชนิด 1 (RS1) เป็นแป้งที่มีความคงทนต่อการย่อยเนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถเข้าไปทำลายเม็ดแป้งได้เช่น เมล็ดพืชที่ถูกขัดสีบางส่วนและอาหารที่มีปริมาณของแป้งสูงวัดปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยจากความแตกต่างของปริมาณกลูโคสที่ปล่อยออกมาหลังจากให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับอาหารที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันกับตัวอย่างอาหารที่ไม่ผ่านกระบวนการ

2.4.3.2 แป้งที่ทนต่อการย่อยชนิด 2 (RS2) เป็นแป้งที่ยังคงรูปร่างหรือคงสภาพอยู่ในเม็ดแป้งและมีความทนทานต่อการย่อยของเอนไซม์วัดปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยจากความแตกต่างของปริมาณกลูโคสที่ถูกปล่อยออกมาระหว่างตัวอย่างอาหารที่ผ่านกระบวนการทำให้ความร้อนและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันกับตัวอย่างอาหารที่ไม่ผ่านกระบวนการใด ๆ ในแป้งดิบทั่วไปโมเลกุลภายในเม็ดแป้งมีการอัดกันอย่างหนาแน่นในแนวของวงแหวนของเม็ดแป้งและดูดความชื้นได้ง่าย ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้มีความต้านทานต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ ตัวอย่างของแป้งชนิดนี้คือ แป้งจากกล้วยดิบ

2.4.3.3 แป้งที่ทนต่อการย่อยชนิด 3 (RS3) เป็นแป้งที่ทนต่อการย่อยชนิดที่มีมากที่สุดซึ่งเป็นแป้งที่เกิดจากโมเลกุลอะไมโลสที่ผ่านกระบวนการเจลลิตาในเซชัน และมีการทำให้เย็นและเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ หรือเกิดกระบวนการรีโทรเกรดเซชัน วัดปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยชนิดนี้จากสัดส่วนปริมาณกลูโคสของแป้งที่มีความคงทนต่อการหุงต้มและทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์

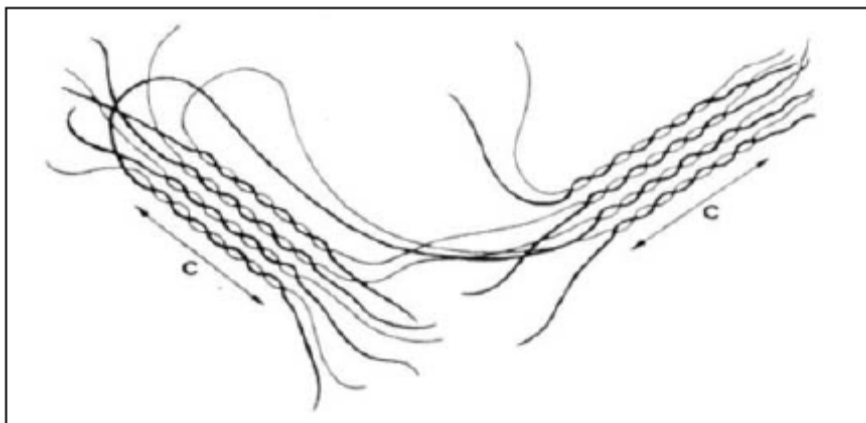
2.4.3.4 แป้งที่ทนต่อการย่อยชนิด 4 (RS4) เป็นแป้งที่ทนต่อการย่อยที่เกิดจากกระบวนการดัดแปรแป้งทางเคมีที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลของแป้ง โดยมีพันธะชนิดอื่นนอกเหนือไปจากพันธะ Alpha-(1-4) และ Alpha-(1-6) ซึ่งทำให้โมเลกุลของแป้งมีความแข็งแรงของพันธะมากขึ้น

ลักษณะโครงสร้างของแป้งที่ทนต่อการย่อยทั้ง 4 ชนิด ดังภาพประกอบ 2.10-2.12



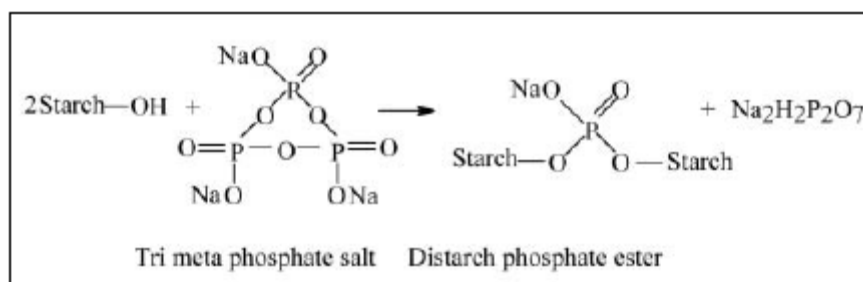
ที่มา: Sajilata et al (2006)

ภาพประกอบ 2.10 ลักษณะเม็ดแป้งของแป้งที่ทนต่อการย่อย (ก) ชนิด 1 และ (ข) ชนิด 2



ที่มา: Sajilata et al (2006)

ภาพประกอบ 2.11 ลักษณะการจัดเรียงตัวใหม่ของโมเลกุลอะไมโลส ในการเกิดโครงสร้างแบบเกลียวคู่ และทำให้เกิดสมบัติความเป็นแป้งที่ทนต่อการย่อยชนิด 3



ที่มา: Sajilata et al. (2006)

ภาพประกอบ 2.12 การดัดแปรแป้งด้วยวิธีการทางเคมีและทำให้เกิดแป้งที่ทนต่อการย่อยชนิด 4

2.4.4. แป้งที่ทนต่อการย่อยต่อสุขภาพ

ลักษณะเด่นที่สำคัญของแป้งที่ทนต่อการย่อยคือ แป้งจะไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ โดยแป้งที่ทนต่อการย่อยจึงมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบการขับถ่ายและระบบหมุนเวียนเลือด และแป้งที่ทนต่อการย่อยจัดเป็นพรีไบโอติกชนิดหนึ่งเนื่องจากกระตุ้นการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ที่มีประโยชน์เช่น ไบฟิโดแบคทีเรียและแลคโตแบซิลไล ไบฟิโดแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติกและกรดแลกติก ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคไบฟิโดแบคทีเรียและแลคโตแบซิลไลมีประโยชน์ในการสร้างสารประกอบที่มีประโยชน์จากกระบวนการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตทำให้ลำไส้เกิดความสมดุลและยังช่วยเพิ่มการนำสารอาหารไปใช้ด้วย

2.4.5 แ่งที่ทนต่อการย่อยจากแบ่งกล้วยดิบ

แบ่งกล้วยดิบเป็นแหล่งแบ่งที่ทนต่อการย่อยแบบที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (RS2) (วรารณ สกลไชย, 2551) เมื่อแบ่งจากกล้วยดิบใช้ความร้อนในอุตสาหกรรมอาหารอาจทำให้ปริมาณของแบ่งที่ทนต่อการย่อยลดลง หากผู้ผลิตต้องการสมบัติด้านความเป็นแบ่งที่ทนต่อการย่อย ของแบ่งกล้วยทำให้เพิ่มขึ้นได้ โดยการทำการดัดแปรแบ่งซึ่งอาจใช้ความร้อนร่วมกับความดัน เพื่อเปลี่ยน RS2 เป็นชนิด RS3

Gonzalez-Soto et al (2006) ศึกษาอิทธิพลของเวลาและอุณหภูมิการเก็บที่มีต่อการเกิดแบ่งที่ทนต่อการย่อยจากแบ่งกล้วยที่ผ่านการตัดกิ่งก้าน โดยใช้เอนไซม์พลูลานเนส บ่มไว้นาน 24 ชั่วโมง หลังจากผ่านการให้ความร้อนโดยใช้หม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำแบ่งกล้วยที่ผ่านการตัดกิ่งก้านโมเลกุล ไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที อีกครั้ง ทำให้เย็นลงและเก็บที่อุณหภูมิระหว่าง 4 - 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณแบ่งที่ทนต่อการย่อยเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุม 9.07 % โดยปริมาณแบ่งที่ทนต่อการย่อยสูงสุด 34.84 % ได้จากสภาวะการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง การตัดกิ่งก้านโมเลกุลแบ่งและการใช้หม้อนึ่งความดันช่วยทำให้เกิดแบ่งที่ทนต่อการย่อยมากขึ้น

Lehmann et al (2002) ศึกษาคุณลักษณะของแบ่งกล้วย RS3 จากแบ่งกล้วยดิบที่ผ่านการตัดกิ่งก้านและเกิดการคืนตัวของแบ่งภายใต้สภาวะความแตกต่างของอุณหภูมิการเก็บและความเข้มข้นของแบ่ง พบว่าแบ่งกล้วยที่ผ่านการตัดกิ่งก้านมี DP 10-35 มีปริมาณ RS 50 % หลังจากให้ความร้อน Heat-moisture มีปริมาณ RS สูงขึ้น 84 % ที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส และในกระบวนการหมักมีอัตราของอะซิเตทต่อโพรพิโอเนตต่อบิวทีเรต เท่ากับ 49 ต่อ 17 ต่อ 34

วรารณ สกลไชย (2551) ศึกษาปริมาณแบ่งที่ทนต่อการย่อยในพืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ในกล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง เผือก มันเทศ และข้าว ดังตาราง 2.5 พบว่ากล้วยน้ำว้ามีปริมาณแบ่งทนต่อการย่อยมากที่สุดคือ 53.30 % และข้าวมีปริมาณแบ่งที่ทนต่อการย่อยน้อยที่สุด คือ 0.16 %

ตาราง 2.5 ปริมาณแบ่งที่ทนต่อการย่อยในวัตถุดิบต่างชนิดกัน

วัตถุดิบ	RS (%)
กล้วยน้ำว้า	53.30
กล้วยหอมทอง	47.20
มันเทศ	9.05
ข้าว	0.16

ที่มา: วรารณ สกลไชย (2551)

Zhang et al (2007) ศึกษาปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยของข้าวชนิด *Indica* และ *Japonica* แสดงดังตาราง 2.6 พบว่าข้าวชนิด *Indica* มีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อย 0.47-1.82 % ข้าวชนิด *Japonica* มีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อย 0.16-0.92 %

ตาราง 2.6 ปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยของข้าวชนิด *Indica* และ *Japonica*

ชนิด	สายพันธุ์ข้าว	RS (%)
<i>Indica</i>	Xiaoheigu	0.93
	Xiangxian	1.82
	Nanjing 11	1.29
	Nanjing 16	0.47
	9311	0.49
<i>Japonica</i>	Guihuahuang	0.76
	Gensidao	0.92
	Suzi2	0.40
	C418	0.34
	Huinuo	0.16

ที่มา: ดัดแปลงจาก Zhang et al (2007)

Vatanasuchart et al (2009) ศึกษาปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยในเส้นก๋วยเตี๋ยว ดังตาราง 2.7 พบว่าผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวชนิด Glass noodles (1.13 %) มีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยมากที่สุดคือ และ Brown rice noodles (0.22 %) มีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยน้อยที่สุด

ตาราง 2.7 ปริมาณแป้งทนต่อการย่อยในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

ชนิด	แป้งทนต่อการย่อย (%)
Glass noodles	1.13
Instant glass noodles	0.91
White rice noodles	0.30
Brown rice noodles	0.22
Instant rice noodles	0.24

ที่มา: ดัดแปลงจาก Vatanasuchart et al (2009)

2.5 สารประกอบฟีนอล (Phenol compounds)

สารประกอบฟีนอลจะพบมากบริเวณเปลือกกล้วยสารประกอบที่พบ ได้แก่ 3,4-dihydroxyphenylethylamine และ 3,4-dihydroxyphenylalanine ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะถูกออกซิไดซ์โดยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase; PPO) ได้ Quinine ซึ่งทำให้ผลไม่เกิดจุดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว (Palmer, 1971) และจากการศึกษาของ Jayaraman et al. (1982) พบว่ากิจกรรมของ เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลในกล้วยนั้น ในกล้วยพันธุ์ที่มีอัตราการเกิดจุดสีน้ำตาลต่ำจะมีกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสต่ำด้วย และจะพบปริมาณของ Ascorbic acid สูง ในเนื้อกล้วยดิบจะมีสารประกอบพวกฟีนอลที่สำคัญได้แก่ Leucoanthocyanin และ Catechin ซึ่งเรียกรวมว่า แทนนิน ในกล้วยดิบแทนนินอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ทำให้เกิดรสฝาดและทำให้เกิดสีคล้ำ เมื่อกล้วยเกิดบาดแผลจากการปอกหั่น เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสกระตุ้นให้แทนนินทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบสีดำ แทนนินเมื่อทำปฏิกิริยากับกรด และได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่เรียกว่า Tannin red หรือ Phorbaphene แทนนินเมื่อทำปฏิกิริยากับเหล็กที่มาจากมีด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จินตนา อุปติสสกุล และคณะ (2533) ได้ศึกษาผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวในอัตราส่วน 0, 10, 20, 30 และ 40 % พบว่า การผสมแป้งมันสำปะหลังไม่เกิน 20 % ของแป้งข้าวเจ้า จะช่วยลดความแข็งกระด้างของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า อะไมโลสสูง (32 %) โดยปรับปรุงให้เส้นมีเนื้อสัมผัสนุ่มและเหนียวขึ้น การศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพ แสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวเจ้าสามารถดูดน้ำและละลายน้ำได้มากกว่าแป้งมันสำปะหลัง น้ำแป้งข้าวเจ้าสุกมีความหนืดสูงสุดและผลต่างของความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุดต่ำกว่าน้ำแป้งมันสำปะหลัง เมื่อลดอุณหภูมิของน้ำแป้งสุกจะมีการพองตัวดีกว่าทำให้มีค่าความชื้นหนืด (Consistency) และผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุดมากกว่า

รองรัตน์ รัตนารธรรมวัฒน์ และคณะ (2545) โดยศึกษาคุณสมบัติเนื้อสัมผัสทางกลของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทยที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าผสมฟลาวร์มันสำปะหลัง จากการศึกษาหาลักษณะที่เหมาะสมในการวัดค่าแรงดึง และการแตกหักของเส้นก๋วยเตี๋ยวไทย พบว่า รูปร่างที่เหมาะสมในการวัดค่าแรงดึงควรมีรูปร่างดัมเบลล์ ในขณะที่ในการวัดค่าการแตกหัก ควรมีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีรอยมุมบากลึก 2 มิลลิเมตร ณ จุดที่มีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของเส้นก๋วยเตี๋ยว สำหรับอิทธิพลของการเติมฟลาวร์มันสำปะหลังทดแทนแป้งข้าวเจ้าในเส้นก๋วยเตี๋ยวพบว่า ในการวัดค่าแรงดึงจะมีผลทำให้ค่าความเค้นสูงสุด ลดลงจาก 0.027 เป็น 0.020 N/mm², ค่าร้อยละความเครียด ณ จุดดึงขาด เพิ่มขึ้นจาก 32.25 เป็น 59.40 และงานทั้งหมดใช้ในการดึงเส้นจนขาดลดลงจาก 0.029 เป็น 0.017 J. ส่วนในการวัดค่าการแตกหัก จะมีผลทำให้ค่าความเค้นลดลงจาก 0.040 เป็น 0.030 N/mm², ค่าร้อยละความเครียด ณ จุดแตกหักเพิ่มขึ้นจาก 42.66 เป็น 54.14 และค่างานทั้งหมดจากการทำให้แตกหักลดลงจาก 0.032 เป็น 0.025 J.

ยุทธนา พิมลศิริผล และคณะ (2546) ได้ศึกษาการพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศ พบว่าปริมาณแป้งมันเทศ 4 ระดับ (10, 20, 30 และ 40 %) และความเข้มข้นของน้ำแป้ง 3 ระดับ (35, 40 และ 45 %) ต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งพบว่าเมื่อปริมาณแป้งมันเทศเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีส้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียไปในระหว่างต้มเส้นเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มปริมาตรน้ำแป้งต่อถาดมีผลทำให้ความหนาและความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น สูตรที่เหมาะสมของเส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศคือ แป้งมันเทศที่ผลิตจากมันเทศไม่ผ่านการลวก 30 % ผสมกับแป้งข้าวเจ้า 70 % ผสมน้ำโดยใช้ความเข้มข้นน้ำแป้งผสม 40 % แล้วเทน้ำแป้งจำนวน 65 มิลลิลิตรต่อถาดขนาด 20x30 ตารางเซนติเมตร นึ่งในน้ำเดือดนาน 3 นาที ตัดเส้น และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ได้เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจากแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งมันเทศมีสีส้ม มีปริมาณแครอทินเท่ากับ 306.5 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม มีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 9.56, 2.10 และ 11.85 ตามลำดับ ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวอบแห้งและเส้นที่ทำให้สุก 95.1 % และ 71.8 % ตามลำดับ

วารุณี วารัญญานนท์ (2546) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่และเส้นหมี่จากปลายข้าวบดแห้ง โดยวิธีการบดด้วยเครื่อง Pin mill และตรวจสอบลักษณะการกระจายตัวของขนาดอนุภาคแป้งที่ได้ พบว่า แป้งที่มีขนาดอนุภาคใหญ่มีส่วนสูงกว่าแป้งขนาดละเอียด นอกจากนี้ได้ตรวจสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวที่มีขนาดอนุภาคต่าง ๆ กัน รวมทั้งการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ พบว่าเมื่อขนาดอนุภาคแป้งเล็กลง ปริมาณโปรตีนจะมีค่าลดลง แต่ถ้ามีปริมาณสูงขึ้น ส่วนปริมาณอะไมโลส มีค่าใกล้เคียงกันในทุกตัวอย่าง WAI และ WSI มีค่าสูงขึ้นตามขนาดแป้งที่ละเอียดมากขึ้น และแป้งละเอียดมีค่าความสว่าง (L^*) สูงและมีค่าสีเหลือง (b^*) ต่ำกว่า แป้งที่มีขนาดใหญ่ การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดเมื่อแป้งมีขนาดอนุภาคเล็กลง อุณหภูมิเจลลิตไนซ์ของแป้งจะมีค่าต่ำลง แต่จะมีค่าความหนืดสูงสุด ผลต่างของความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด และความหนืดสุดท้ายสูงกว่าแป้งที่มีขนาดอนุภาคหยาบ เมื่อนำแป้งบดแห้งไปแปรรูปพบว่า คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ มีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ขนาดอนุภาคแป้ง ความเข้มข้นของน้ำแป้ง ระยะเวลาในการแช่น้ำแป้งและระยะเวลาในการนึ่งน้ำแป้งให้สุก โดยเส้นใหญ่ที่ทำจากแป้งข้าวขนาดอนุภาคละเอียดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 เมช ความเข้มข้นของน้ำแป้งเท่ากับร้อยละ 33 แช่น้ำแป้งนาน 3 ชั่วโมง และใช้เวลาในการนึ่ง 5 นาที จะมีคุณภาพดีที่สุดในกลุ่มของแป้งข้าวทุกขนาดอนุภาค การพัฒนาคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวใหญ่สามารถทำได้โดยการเพิ่มระยะเวลาในการแช่น้ำแป้งและเพิ่มระยะเวลาในการนึ่งเส้น

ชุติมา อัสวเสถียร และคณะ (2548) ได้ศึกษาการผลิตแป้งกล้วยน้ำว้าและใช้ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่พบว่า จะได้ผลผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า 96.51 % แป้งที่ได้มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 150 ไมโครเมตร และมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย แลคโตสและคาร์โบไฮเดรต 4.36, 2.80, 1.06, 1.65, 2.23 และ 87.9 % ตามลำดับ จากการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ 10, 15, 20, 25 และ 30 % ของน้ำหนักแป้ง และขึ้นรูปเส้นที่ปริมาตร 50 มิลลิลิตรพบว่าก๋วยเตี๋ยวมีความหนา 0.50-0.58 มิลลิเมตร และมีเปอร์เซ็นต์เส้นหักเป็น 4.13, 7.40, 8.50, 9.00 และ 9.30 ตามระดับการทดแทนที่มากขึ้นแต่เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งกล้วย 10 % มีปริมาณเส้นหักไม่เกิน 5 % ตามเกณฑ์

ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยเดี่ยวที่มีการทดแทนด้วยแป้งกล้วย 10 % และกล้วยเดี่ยวตามท้องตลาดพบว่า กล้วยเดี่ยวทั้ง 2 ตัวอย่าง มีความชื้น 55.16-68.77 % โปรตีน 2.58-3.22 % ไขมัน 1.68-3.26 % เส้นใย 0.41-0.51 % เถ้า 1.98-2.28 % และคาร์โบไฮเดรต 24.28-35.87 % โดยองค์ประกอบทางเคมีทุกด้านของกล้วยเดี่ยวสูตรที่ทดแทน 10 % แตกต่างกับกล้วยเดี่ยวตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ปิยนุช วังศิลาบัตร และคณะ (2548) ได้ศึกษาการพัฒนาเส้นสปาเกตตีอบแห้งจากแป้งข้าวหอมมะลิพบว่า สปาเกตตีเป็นผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์พาสต้าที่มีส่วนผสมหลักคือแป้งสาลีชนิด durum เซโมลินา และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ไข่และกลูเตน วัตถุประสงค์ในการศึกษา คือ เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวหอมมะลิโดยการทดแทนแป้งสาลี ทำการศึกษาตามสูตรและกรรมวิธีการผลิตที่ดัดแปลงจากเส้นสปาเกตตีสดจากแป้งสาลีชนิด durum เซโมลินาของศิวาพร (2537) และอรอนงค์ (2540) จัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียลในการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 2 ปัจจัยคือ ปริมาณกลูเตนและปริมาณน้ำ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณกลูเตนเพิ่มขึ้นค่าความแข็ง ความยืดหยุ่นและความทนทานต่อการบดเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สิ่งทดลองที่เหมาะสมคือปริมาณกลูเตน 25 % และปริมาณน้ำ 65 % ของปริมาณแป้งทั้งหมด ทำการศึกษากกรรมวิธีการผลิตเส้นสปาเกตตีสดเหมาะสมโดยศึกษาระยะเวลาในการพักโด และทำการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง สูตรที่เหมาะสม คือ แป้งข้าวหอมมะลิ 45.45 % กลูเตน 15.15 % และน้ำ 39.39 % นวดโด 7 นาที โดยใช้ระยะเวลาในการพักโด 15 นาที นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้อบ 60-65 % เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จนความชื้นของเส้นสปาเกตตีอบแห้งไม่เกิน 12 % ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาแล้วมีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 79.95, -0.06 และ 12.17 ตามลำดับค่า Maximum Load 2.91 N, ค่า Maximum Deflection 2.48 mm และค่า Breaking Stress 0.03 N/mm²

Ovando-Martinez et al (2009) ได้ศึกษาการใช้แป้งกล้วยดิบเป็นส่วนผสมในพาสต้าเพื่อเพิ่มคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยได้ในร่างกายของมนุษย์ โดยใช้แป้งกล้วยดิบเป็นส่วนผสมในสปาเกตตีเป็น 15 %, 30 %, 45 % ของแป้งกล้วย และ 100 % ของแป้ง semolina (ตัวควบคุม) แล้วนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้ม แป้งที่ย่อยได้ แป้งทั้งหมด แป้งทนต่อการย่อยและปริมาณสารโพลีฟีนอล จากผลของการผสมแป้งกล้วยในพาสต้าพบว่าปริมาณแป้งกล้วยที่ผสมในพาสต้าเพิ่มขึ้น มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ทำให้ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีนมีค่าลดลง ปริมาณไขมันไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณเถ้าสูงขึ้น การสูญเสียเนื้อแป้งระหว่างการหุงต้มสูงขึ้นมีค่าระหว่าง 4.73-6.17 % ปริมาณแป้งทั้งหมดมีค่าระหว่าง 72.32-78.90 % และปริมาณแป้งทนต่อการย่อยมีค่าระหว่าง 1.11-12.42 % มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณแป้งที่ย่อยได้ลดลงมีค่าระหว่าง 67.36-71.17 % และปริมาณสารโพลีฟีนอลสูงขึ้น