

การใช้แป้งข้าวที่ผ่านกระบวนการหมักทางธรรมชาติ
ร่วมกับการให้ความร้อนและความชื้น
เพื่อเพิ่มสตาร์ชทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในขนมจีน
Application of Fermented and
Hydrothermal Treated Rice Flour to
Increase Resistant Starch in Rice Vermicelli (Kanom-jeen)

ศันสนีย์ อุดมระติ*, ประจงเวท สาตมาลี และวิภา สุโรจนะเมธากุล

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

Sunsanee Udomrati*, Prajongwate Satmalee and Vipa Surojanametakul

Department of Food Chemistry and Physics, Institute of Food Research and

Product Development, Kasetsart University, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

การใช้แป้งข้าวที่ผ่านการหมักร่วมกับการให้ความร้อนและความชื้น (fermentation and heat moisture treatment, FHMT) ในการผลิตขนมจีน โดยนำแป้ง FHMT ที่ผ่านการหมัก 1 วัน และผ่านกระบวนการให้ความร้อนร่วมกับความชื้นที่ระดับความชื้น 25 % และอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณสตาร์ชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (resistant starch, RS) เท่ากับ 5.92 % มาผลิตเป็นเส้นขนมจีน จากการวิจัยพบว่าแป้ง FHMT ทำให้เส้นขนมจีนมีปริมาณ RS เพิ่มขึ้น โดยปริมาณ RS เพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของแป้งข้าว FHMT เพิ่มขึ้น แป้งข้าว FHMT ทำให้เส้นขนมจีนมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสมีความแข็งเพิ่มขึ้น และมีความเหนียวน้อยลงเมื่อเทียบกับเส้นขนมจีนที่ทำจากแป้งข้าวดั้งเดิม (native rice flour) เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้แป้งข้าว FHMT ยังช่วยให้เส้นขนมจีนไม่ขาดง่ายในระหว่างการโรยเส้น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสามารถใช้แป้งข้าว FHMT ในการทำเส้นขนมจีนได้ปริมาณมากที่สุดคือ 50 % ของแป้งทั้งหมด เพื่อให้ขนมจีนยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : แป้งข้าว; ขนมจีน; สตาร์ชที่ทนการถูกย่อยด้วยเอนไซม์; การหมัก; การให้ความร้อนร่วมกับความชื้น

Abstract

The fermented and heat moisture treated (FHMT) rice flour was prepared at fermentation time of 1 day and heat moisture treatment condition at moisture content of 25 % and 105 °C;

*ผู้รับผิดชอบบทความ : ifrsnu@ku.ac.th

resistant starch (RS) content was 5.92 %. The addition of FHMT rice flour in fermented rice vermicelli (Kanom-jeen) resulted in an increase of resistant starch (RS) content. The RS content increased with increasing FHMT flour content. The hardness and yellowness of fermented rice vermicelli also increased as FHMT flour content increased, even if adhesiveness decreased. In addition, FHMT flour improved fermented rice vermicelli shape forming during production. The maximum consumer acceptable level of addition of FHMT was 50% of the total amount of flour.

Keywords: rice flour; fermented rice vermicelli; resistant starch; fermentation; heat-moisture treatment

1. บทนำ

ในปัจจุบันมนุษย์เรากำลังประสบปัญหาโรคภัยต่าง ๆ มากมาย ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคอ้วน และโรคมะเร็ง เป็นต้น ดังนั้นอาหารเพื่อสุขภาพจึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก และการนำเอาข้าวมาผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตรที่มีมูลค่าต่ำ และยังเป็นช่วยส่งเสริมสุขภาพของประชากรสตาร์ชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ (resistant starch, RS) กำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง และมีงานวิจัยยืนยันว่า RS มีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจาก RS ไม่ถูกย่อยในลำไส้เล็ก แต่สามารถถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ เกิดเป็นกรดไขมันสายสั้น ๆ ซึ่งจะไปยังยังการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค RS ยังช่วยเพิ่มปริมาณของเหลวและปรับสภาวะการเป็นกรด-ด่างภายในลำไส้ใหญ่ให้ต่ำลง ยับยั้งการเจริญของ transformed cell ในสิ่งมีชีวิต จึงช่วยในการป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ RS ถือว่าเป็นไฟเบอร์โอดีกตัวหนึ่งและยังถือว่าเป็นใยอาหาร (dietary fibre) และยังช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคอ้วน โรคเบาหวาน และโรคท้องผูกอีกด้วย [1]

ธรรมชาติของข้าวมีปริมาณ RS น้อย จากการวิจัยของ Hu และคณะ [2] พบว่าหลังจากที่สตาร์ชข้าว

ที่มีปริมาณแอมิโลส 1.1, 13.2, 21.3 และ 25.9 % เกิดเจลลิตีในเซชันมีปริมาณ RS เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.9 และ 2.9 % ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวสุกที่มีแอมิโลสอยู่ในช่วง 17-27 % มีปริมาณ RS 0.7-2.5 % [3] และจากการวิจัยของ Chung และคณะ [4] พบว่าสตาร์ชข้าวเหนียวดิบมี RS 9.3 % แต่เมื่อสตาร์ชข้าวเหนียวเกิดเจลลิตีในเซชันแล้วมีปริมาณ RS เหลืออยู่เพียง 2.9 % และเมื่อเก็บสตาร์ชข้าวเหนียวที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วัน พบว่า RS เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (RS = 3.8 %) วิธีการหมักแป้งร่วมกับการให้ความร้อนและความชื้น (fermentation and heat moisture treatment, FHMT) น่าจะสามารถช่วยเพิ่มปริมาณ RS ในแป้งข้าวได้ โดยการหมักแป้งเป็นการย่อยแป้งด้วยกรดแล็กติกจากจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ จากนั้นนำแป้งที่ผ่านการหมักไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนร่วมกับความชื้น (heat moisture treatment, HMT) โดยกระบวนการให้ความร้อนและความชื้นคือการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตีในเซชันโดยควบคุมระดับความชื้นให้อยู่ในช่วง 18-27 % [5] กระบวนการ FHMT ทำให้แป้งข้าวมีปริมาณ RS เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากกรดจะไปย่อยโมเลกุลแป้งทำให้ได้โมเลกุลแป้งที่มีลักษณะเป็นสายตรงเป็นสายสั้น ๆ ทำให้เคลื่อนที่ได้ง่าย [6] พร้อมทั้งจะจับกันเป็นเกลียวคู่ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้จะจับเรียงตัวกันเกิดโครงร่างผลึกได้ดี

[7] เกิด RS ได้มากขึ้นเมื่อผ่านการจัดเรียงตัวใหม่ในระหว่างกระบวนการ HMT

จากผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าแป้งข้าวเหลืองประทิว FHMT ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 1 วัน และผ่านขั้นตอน HMT ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้น 25 % มีปริมาณ RS สูงที่สุด (5.92 %) เมื่อเทียบกับแป้งข้าว FHMT ที่ผ่านการหมัก 2, 3 และ 4 วัน ซึ่งมีปริมาณ RS เท่ากับ 4.84, 4.40 และ 1.95 % ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำแป้งข้าว FHMT ดังกล่าวมาใช้ในการผลิตเส้นขนมจีนเพื่อเพิ่มปริมาณ RS ในขนมจีน ซึ่งขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีผู้นิยมรับประทานกันมากอย่างกว้างขวางและใช้ประกอบเป็นอาหารพื้นถิ่นที่ปรุงรสได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับแต่ละภูมิภาค จึงเป็นการดีถ้าสามารถผลิตขนมจีนที่มี RS สูงขึ้นเพื่อเป็นอาหารสุขภาพ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อศึกษาผลของแป้งข้าวที่ผ่านกระบวนการ FHMT ต่อปริมาณ RS สมบัติทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

ปลายข้าวเก่าพันธุ์เหลืองประทิวที่มีอายุการเก็บมากกว่า 4 เดือน เอนไซม์แอลฟา-แอมิเลส (α -amylase) เอนไซม์แอมิโลกลูโคซิเดส (amylglucosidase) และเอนไซม์โปรติเอส (protease) จากบริษัท Sigma-Aldrich สารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น analytical grade

2.2 การผลิตแป้งข้าวที่ผ่านกระบวนการหมักทางธรรมชาติร่วมกับการให้ความร้อนและความชื้น

นำปลายข้าวมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อให้ปราศจากฝุ่นและสิ่งเจือปน โม่แป้งด้วยเครื่องโม่หิน อัตราส่วน ข้าว : น้ำ เท่ากับ 1:2 หมักน้ำแป้งที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 วัน นำน้ำแป้งหมักมากรอง

ผ่านผ้าขาวบาง แยกแป้งและน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ล้างแป้งด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ทำแห้งโดยการล้างด้วยเอทานอล 85 % 2 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำแป้งหมักที่ได้ไปให้ความร้อนร่วมกับความชื้นต่อไป โดยการชั่งแป้งข้าวที่ทราบปริมาณความชื้นเริ่มต้นจำนวน 60 กรัม ใส่ลงในโถเครื่องปั่นผสม ปรับความชื้นสุดท้ายของข้าวให้เป็น 25 % โดยการพรมน้ำบรรจุแป้งข้าวลงในกระป๋องเบอร์ 307x113 ปิดฝานึกฝา นำไปให้ความร้อนในหม้อความดัน โดยกำหนดอุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการให้ความร้อนนาน 60 นาที อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ชำคิน นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ได้เป็นแป้งข้าว FHMT

2.3 การผลิตเส้นขนมจีน

นำแป้งข้าว FHMT มาผสมกับแป้งข้าวตังเดิมเพื่อผลิตเป็นเส้นขนมจีน โดยมีอัตราส่วนระหว่าง แป้งข้าวตังเดิม : แป้งข้าว FHMT ดังต่อไปนี้ 100:0, 70:30, 50:50, 30:70 และ 0:100

2.3.1 วิธีเตรียมก้อนแป้งข้าวสุก

ละลายแป้งข้าวตังเดิมในน้ำให้มีความเข้มข้น 20 % (w/w) นึ่งน้ำแป้งเป็นเวลา 10 นาที จะได้ก้อนแป้งสุกเพื่อใช้ในการทำเส้นขนมจีนต่อไป โดยใช้อัตราส่วน แป้งข้าวตังเดิม : แป้งข้าว FHMT เท่ากับ 0:100 ใช้แป้งข้าว FHMT ความเข้มข้น 20 % (w/w) ในการทำก้อนแป้งสุก น้ำหนักของก้อนแป้งสุกที่ใช้ในการทำขนมจีนคิดเป็น 30 % ของแป้งผสมทั้งหมด

2.3.2 วิธีทำเส้นขนมจีน

ผสมแป้งข้าวตังเดิมและแป้งข้าว FHMT ให้เข้ากันตามอัตราส่วนที่กำหนด โดยปริมาณแป้งข้าวตังเดิมที่ระบุตามอัตราส่วนที่กำหนดเป็นปริมาณที่คิดรวมแป้งข้าวตังเดิมที่อยู่ในก้อนแป้งสุกด้วย ใส่ก้อนแป้งข้าวสุกที่เตรียมจากข้อ 2.3.1 โดยมีการกวนผสมตลอดเวลา ค่อยเติมน้ำจนแป้งมี

ความชื้นประมาณ 60 % กวนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน เทเพสต์แบ่งลงในกระบอกกวดเส้นขนมจีน กวดเส้นขนมจีนลงในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที เพื่อให้เส้นขนมจีนสุก ทำให้เย็นด้วยการแช่เส้นขนมจีนในน้ำกรอง พักเส้นขนมจีนบนตะแกรงเพื่อสะเด็ดน้ำ นำเส้นขนมจีนไปวัดสี เนื้อสัมผัส และทดสอบทางประสาทสัมผัส และนำเส้นขนมจีนอีกส่วนไปทำแห้ง โดยอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซ้ำมคิน จากนั้นนำไปบด ร่อน เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณ RS

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณ RS

วิเคราะห์ปริมาณ RS ตามวิธี Shin และคณะ [8] ชั่งแบ่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ลงในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 6.0) 25 มิลลิลิตร และ 0.2 มิลลิลิตร Termamyl บ่มในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็น ปรับ pH ให้เท่ากับ 4.5 ด้วย สารละลายไฮโดรคลอริก 0.275 N เติมนอนโซมัมเอมิโลกลูโคไซด์ (0.5 มิลลิลิตร) บ่มในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็น และปรับ pH เป็น 7.5 ด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.375 N เติมสารละลายเอนไซม์โปรติเอส (ละลายเอนไซม์โปรติเอส 40 มิลลิกรัม ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 50 มิลลิลิตร) บ่มในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 3,000g นาน 10 นาที ล้างตะกอน 2 ครั้ง ด้วยเอทานอล 85 % และน้ำกลั่น ตามลำดับ กรองผ่าน glass filtering crucible คำนวณหาปริมาณ RS หาได้จากสมการ RS (%) = $\frac{[\text{น้ำหนักของส่วนที่ไม่ละลายน้ำที่เหลืออยู่ (g)} \times 100]}{\div \text{ น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$

2.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเส้นขนมจีน

2.4.1 ตรวจวัดเนื้อสัมผัส

นำเส้นขนมจีนมาตรวจวัดความแข็ง (hardness) และความเหนียว (adhesiveness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ใช้หัววัดแบบใบมีดตัด (knife and blade) โดยการเรียงขนมจีน 6 เส้น ลงบนแท่นตัด ทำการตัดตัวอย่างด้วยอัตราเร็วก่อนการทดสอบ (pre-test speed) 2 มม. ต่อวินาที อัตราเร็วระหว่างการทดสอบ (test speed) 2 มม. ต่อวินาที และอัตราเร็วหลังการทดสอบ (post-test speed) 5 มม. ต่อวินาที ด้วยระยะทาง 15 มม. รายงานค่าแรงสูงสุด (max force) และค่าความเหนียว

2.4.2 ตรวจวัดสี

ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดสี (Datacolor รุ่น Spectraflash SF600) นำตัวอย่างเส้นขนมจีนบรรจุในถุงพลาสติกใส วัดและบันทึกค่าของสีในระบบของ Hunter เป็น L*, a* และ b*

2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีน

โดยการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 9 คะแนน (9-point hedonic scale) จากคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยพิจารณาลักษณะสี ความชุ่มชื้น ความนุ่ม ความเหนียว ความยากง่ายในการดัดงอ กลิ่นรส รวมทั้งความชอบโดยรวมของเส้นขนมจีน

2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (complete randomize design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS ถ้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จะนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของแป้งข้าว FHMT ต่อปริมาณ RS ในเส้นขนมจีน

แป้งข้าวตั้งเดิมมีปริมาณ RS น้อยกว่าแป้งข้าว FHMT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 1) เนื่องจากกระบวนการ FHMT ทำให้โมเลกุลสตาร์ชเคลื่อนที่มาจับกันเป็นเกลียวคู่และเรียงตัวกันเกิดเป็นโครงร่างผลึกที่แข็งแรงกว่าโครงร่างผลึกในแป้งข้าวตั้งเดิม โดย RS ในแป้ง FHMT เป็น RS ประเภทที่ 3 (RS3) ซึ่งเกิดจากการรีโทรเกรดของโมเลกุลแอมิโลส สลายตัวที่อุณหภูมิสูงประมาณ 150 องศาเซลเซียส [9] ดังนั้น RS เหล่านี้จึงไม่สลายตัวในกระบวนการทำเส้นขนมจีน

ตารางที่ 1 ปริมาณ RS ของแป้งข้าวตั้งเดิม แป้งข้าว FHMT และเส้นขนมจีนแห้งที่ทำจากแป้งข้าวตั้งเดิมและแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนต่าง ๆ

ตัวอย่าง	% RS (dry basis)	
แป้งข้าวตั้งเดิม	3.26 ^b	±0.67
แป้งข้าว FHMT	5.92 ^a	±0.16
เส้นขนมจีนแห้งที่มีอัตราส่วน แป้งข้าวตั้งเดิม : แป้งข้าว FHMT		
100:0	3.96 ^b	±0.32
70:30	5.46 ^a	±0.15
50:50	5.35 ^a	±0.44
30:70	5.61 ^a	±0.14
0:100	5.92 ^a	±0.27

อักษรตัวเล็กแสดงความแตกต่างตามแนวตั้งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวตั้งเดิมเพียงอย่างเดียวมีปริมาณ RS ไม่แตกต่างกับปริมาณ RS

เริ่มต้นที่มีอยู่ในแป้งข้าวตั้งเดิม และเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าว FHMT เพียงอย่างเดียวมีปริมาณ RS ไม่แตกต่างกับแป้งข้าว FHMT แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตขนมจีนไม่ทำให้ปริมาณ RS เปลี่ยนแปลง การเติมแป้งข้าว FHMT ในขนมจีนทำให้เส้นขนมจีนที่ได้มีปริมาณ RS สูงกว่าขนมจีนที่ใช้แป้งข้าวตั้งเดิมเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยการใช้แป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วน 70 และ 100 % ทำให้เส้นขนมจีนมีปริมาณ RS เพิ่มขึ้นถึง 5.61 และ 5.92 % ตามลำดับโดยปริมาณ RS ในเส้นขนมจีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อมีการเติมแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วน 30 ถึง 100 % อาจเนื่องมาจากผลึก RS หรือสายเกลียวคู่ของโมเลกุลแป้งที่ยังหลงเหลืออยู่สามารถเหนี่ยวนำให้แอมิโลสที่มีอยู่ในระบบเกิดรีโทรเกรดขึ้นได้เร็วขึ้น [10,11] โดยเป็นเหมือนเทมเพลต (template) ให้โมเลกุลแอมิโลสเกิดผลึกนิวเคลียส [12] ซึ่งในแป้งตั้งเดิมประกอบด้วยโมเลกุลแอมิโลสที่มีสายยาวกว่าในแป้ง FHMT เนื่องจากโมเลกุลแป้ง FHMT ถูกย่อยด้วยเอนไซม์และกรดแลกติกที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นในระหว่างการหมัก ทำให้โมเลกุลมีลักษณะเป็นตรงสายและมีขนาดสั้นลง [13,14] โดยโมเลกุลแอมิโลสที่มีสายยาวมีความสามารถในการเกิดรีโทรเกรดขึ้นได้ดีกว่าโมเลกุลสายสั้น [15] ดังนั้นเส้นขนมจีนที่มีการใช้แป้ง FHMT ในอัตราส่วน 30 % ผลึก RS จากแป้ง FHMT น่าจะเหนี่ยวนำให้โมเลกุลแอมิโลสจากแป้งตั้งเดิมซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีสายยาวเกิดผลึกแอมิโลสรีโทรเกรดได้ดี ทำให้ปริมาณ RS สูงและมีค่าไม่แตกต่างจากการใช้แป้ง FHMT ในปริมาณสูง

3.2 ผลของแป้งข้าว FHMT ต่อสมบัติทางกายภาพของเส้นขนมจีน

ลักษณะเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวตั้งเดิม และแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนต่าง ๆ แสดง

ดังรูปที่ 1 เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวดั้งเดิมเพียงอย่างเดียว มีลักษณะเป็นเส้นสั้น ๆ เนื่องจากเส้นขนมจีนขาดง่ายในระหว่างการโรยเส้นทำให้ไม่สามารถโรยเส้นขนมจีนเป็นเส้นยาวอย่างต่อเนื่องได้ แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนปริมาณแป้งข้าว FHMT ทำให้สามารถโรยเส้นขนมจีนได้อย่างต่อเนื่อง เส้นไม่ขาด เส้นขนมจีนที่ได้จึงมีลักษณะเส้นยาว อาจมาเนื่องจากแป้งข้าว FHMT ทำให้น้ำแป้งก่อนการโรยเส้นมีความเหนียว

เพิ่มขึ้นจึงทำให้เส้นขนมจีนไม่ขาดง่ายในระหว่างการโรยเส้น ดังนั้นการใช้แป้ง FHMT นอกจากช่วยทำให้ขนมจีนมีปริมาณ RS เพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยในเรื่องกระบวนการผลิตอีกด้วยกล่าวคือช่วยลดการขาดของเส้นขนมจีนในขณะที่โรยเส้น ทำให้มีขนมจีนเส้นสั้นหรือขนมจีนร่วงที่ขายในราคาต่ำน้อยลง ลดการสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิต



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 1 เส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวดั้งเดิมและแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนต่าง ๆ (ก) 100:0 (ข) 50:50 และ (ค) 0:100

3.2.1 การตรวจวัดเนื้อสัมผัส

โดยค่าแรงสูงสุด (maximum force) บ่งบอกความแข็ง (hardness) ของเส้นขนมจีน จากตารางที่ 2 พบว่าเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวดั้งเดิมเพียงอย่างเดียวมีความแข็งน้อยที่สุด โดยความแข็งของเส้นขนมจีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งข้าว FHMT เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเหนียว (adhesiveness) มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าว FHMT จากผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเม็ดแป้ง FHMT มีความแข็งแรง และพองตัวได้น้อยกว่าแป้งดั้งเดิมเนื่องจากโครงสร้างผลึกภายในเม็ดแป้งมีความแข็งแรงขึ้น น่าจะเป็นเพราะในกระบวนการหมักเม็ดแป้งถูกย่อยด้วยกรดและเอนไซม์ ซึ่งกรดและเอนไซม์เหล่านี้เข้าไปย่อยโมเลกุลสตาร์ชตรงส่วนอสัณฐานก่อนเนื่องจากการย่อยส่วนของอสัณฐานจะถูกย่อยได้ง่ายและรวดเร็วกว่าในส่วนของโครงสร้างผลึก [16] ทำ

ให้ส่วนที่เหลือเป็นส่วนของโครงสร้างผลึกซึ่งเป็นส่วนที่มีความแข็งแรง อีกทั้งในระหว่างกระบวนการ HMT โมเลกุลสตาร์ชสามารถเคลื่อนเข้ามาจัดเรียงตัวเป็นระเบียบมากขึ้น โครงสร้างผลึกจึงมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ทำให้ เจลแป้ง FHMT มีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของพิณทิพย์ [17] พบว่าเจลแป้งข้าวที่ผ่านกระบวนการ HMT มีค่าแรงสูงสุดสูงกว่าเจลแป้งดั้งเดิม อาจเป็นเพราะโครงสร้างแอมิโลเพกทินถูกทำลายหรือถูกทำให้เปลี่ยนแปลงไประหว่างการทำ HMT เกิดเป็นโมเลกุลขนาดเล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถเกิดการสานตัวเป็นโครงสร้างตาข่ายได้เพิ่มขึ้น จึงทำให้เจลแป้งมีความแข็งแรงมากขึ้น และการพองตัวที่ลดลงมีผลทำให้เจลแป้งมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย [5] การใช้แป้ง FHMT ทำให้เส้นขนมจีนมีความเหนียวลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างการหมักกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นเข้าไปตัดโมเลกุลแอมิโลเพกทินตรงบริเวณ

ระหว่างโครงร่างผลึก (intercrystalline region) ได้เป็นโมเลกุลสายตรงและมีขนาดสายสั้นลง [16] ซึ่งทำให้แบ่งที่ผ่านการหมักมีปริมาณแอมิโลสเพิ่มสูงขึ้น [18] โดยโมเลกุลสายตรงเหล่านี้สามารถเรียงตัวกันเป็นโครงร่างผลึก รีโทรเกรดได้ดี [11,19,20] ความเหนียวของเส้นขนมจีนจึงลดลง

3.2.2 การตรวจวัดสี

การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าว FHMT มีแนวโน้มทำให้เส้นขนมจีนมีค่า L^* ลดลง ในขณะที่ทำให้ค่า b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 3) เนื่องจากแป้งที่ผ่านขั้นตอน FHMT มีสีเหลืองและมีความขาวสว่างน้อยกว่าแป้งข้าวดั้งเดิม กระบวนการ HMT ทำให้แป้งข้าวมีสีเหลืองมากขึ้น น่าจะเป็นผลจากการเกิดสีน้ำตาลกลูโคสและโปรตีนในแป้ง (Maillard reaction) [17] ดังนั้นเมื่อนำแป้งข้าว FHMT มาผสมในการทำเส้นขนม

จีนในปริมาณเพิ่มขึ้นจึงทำให้เส้นขนมจีนมีสีเหลืองและมีสีคล้ำขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าแรงสูงสุด (maximum force) และค่าความเหนียว (adhesiveness) ของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวดั้งเดิมและแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนต่าง ๆ

แป้งข้าวดั้งเดิม : แป้งข้าว FHMT	max force (g)		adhesiveness (g.mm)	
100:0	102.23 ^c	± 8.00	-35.96 ^c	±8.31
70:30	116.59 ^b	± 4.43	-36.18 ^c	±13.11
50:50	122.35 ^{ab}	± 6.03	-35.23 ^c	±11.37
30:70	128.86 ^a	± 7.94	-25.39 ^b	±5.43
0:100	120.82 ^{ab}	± 4.35	-12.67 ^a	±4.62

อักษรตัวเล็กแสดงความแตกต่างตามแนวตั้งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 3 ค่า L^* , a^* และ b^* ของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวดั้งเดิมและแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนต่าง ๆ

แป้งข้าวดั้งเดิม : แป้งข้าว FHMT	L^*		a^*		b^*	
100:0	85.17 ^a	±0.28	-1.04 ^{ab}	± 0.05	5.19 ^e	±0.26
70:30	85.24 ^a	±0.24	-1.09 ^b	± 0.06	6.01 ^d	±0.36
50:50	85.03 ^{ab}	±0.22	-1.04 ^{ab}	± 0.02	6.51 ^c	±0.12
30:70	84.70 ^b	±0.07	-1.10 ^b	± 0.05	7.31 ^a	±0.10
0:100	84.79 ^b	±0.21	-1.00 ^a	± 0.03	6.99 ^b	±0.05

อักษรตัวเล็กแสดงความแตกต่างตามแนวตั้งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.3 ผลของแป้งข้าว FHMT ต่อสมบัติทางประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีน

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวดั้งเดิมและแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าการใช้แป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วน 30 % ทำให้เส้นขนมจีนที่ได้ใกล้เคียงกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้ง

ข้าวดั้งเดิม ส่วนเส้นขนมจีนที่มีการเติมแป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วน 50 % มีคะแนนความชอบของลักษณะปรากฏ ความชุ่ม-ใส ความเหนียว ความยากง่ายในการขาด กลิ่นรส และกลิ่นหมัก ไม่แตกต่างจากเส้นขนมจีนที่ทำจากแป้งข้าวดั้งเดิมเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แต่การใช้แป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนที่มากกว่า 70 % จะ

ทำให้ผู้บริโภคเริ่มไม่ยอมรับเนื่องจากมีคะแนนความชอบรวมน้อยกว่า 5 คะแนน ดังนั้นในการผลิตเส้นขนมจีนควรใช้แป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนไม่เกิน 50 % การใช้แป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนที่ 30 % เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมเนื่องจากทำให้เส้นขนมจีนมี

ปริมาณ RS สูงและไม่แตกต่างจากเส้นขนมจีนที่ใช้แป้ง FHMT ในอัตราส่วนที่สูงกว่า อีกทั้งยังได้รับคะแนนความชอบในด้านต่าง ๆ จากผู้บริโภคใกล้เคียงกับเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งดั้งเดิมเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นขนมจีนที่ผลิตจากแป้งข้าวดั้งเดิมและแป้ง FHMT ในอัตราส่วนต่าง ๆ

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	แป้งข้าวดั้งเดิม : แป้งข้าว FHMT				
	100:0	70:30	50:50	30:70	0:100
ลักษณะปรากฏ	5.67 ^{ab} ±1.24	6.04 ^{ab} ±1.37	6.38 ^a ±0.92	5.42 ^b ±1.32	5.67 ^{ab} ±1.24
สี	7.29 ^a ±1.00	6.33 ^{bc} ±1.01	6.50 ^b ±0.78	5.79 ^c ±1.18	6.04 ^{bc} ±1.12
ความชุ่ม-ใส	6.58 ^a ±1.53	6.38 ^{ab} ±0.92	6.50 ^a ±0.78	5.46 ^b ±1.28	5.75 ^{bc} ±1.07
ความเหนียว	5.96 ^a ±1.30	5.79 ^a ±1.28	5.79 ^a ±1.14	4.83 ^b ±1.37	4.83 ^b ±1.20
ความยาก-ง่ายในการขาด	6.04 ^a ±1.99	6.00 ^a ±1.06	5.71 ^{ab} ±1.00	5.17 ^b ±1.37	4.88 ^b ±1.12
กลิ่นรส	6.29 ^a ±1.12	6.00 ^a ±1.10	5.75 ^{ab} ±1.07	5.00 ^b ±1.53	5.04 ^b ±1.52
กลิ่นหมัก	5.92 ^a ±1.41	5.88 ^a ±1.33	5.21 ^{ab} ±1.38	4.67 ^b ±1.63	4.83 ^b ±1.63
ความนุ่ม-แข็ง	6.67 ^a ±1.20	6.04 ^{ab} ±1.08	5.88 ^b ±1.15	4.96 ^c ±1.37	4.71 ^c ±1.37
ความชอบรวม	6.75 ^a ±1.03	6.17 ^b ±0.87	5.79 ^b ±0.72	4.75 ^c ±1.19	4.67 ^c ±1.20

อักษรตัวเล็กแสดงความแตกต่างตามแนวตั้งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4. สรุป

การใช้แป้งข้าวเหลืองประทิวที่ผ่านการหมัก 1 วัน และผ่านขั้นตอนการตัดแปรด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และระดับความชื้น 25 % ในการผลิตขนมจีนทำให้เส้นขนมจีนมีปริมาณ RS เพิ่มขึ้น การใช้แป้งข้าว FHMT ในอัตราส่วนที่ 30 % เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งขนมจีนที่ผลิตจากแป้ง FHMT น่าจะสามารถเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคอีกผลิตภัณฑ์หนึ่ง

5. รายการอ้างอิง

- [1] Champ, M., Martin, L., Noah, L. and Gratas, M., 1999, Analytical Methods for Resistant Starch, pp. 169-187, In Sungsoo, C.S., Prosky, L. and Dreher, M. (Eds.), Complex Carbohydrates in Foods, Marcel Dekker Inc., New York.
- [2] Hu, P., Zhao, H., Duan, Z., Linlin, Z. and Wu, D., 2004, Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents, J. Cereal Sci. 40: 231-237.
- [3] Walter, M., Silva, L.P. and Denardin, C.C., 2005, Rice and resistant starch: different

- content depending on chosen methodology, *J. Food Comp. Anal.* 18: 279-285.
- [4] Chung, H.J., Lim, H.S. and Lim, S.T., 2006, Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch, *J. Cereal Sci.* 43: 353-359.
- [5] Collado, L.S. and Corke, H., 1999, Heat-moisture treatment effects on sweetpotato starches differing in amylose content, *Food Chem.* 65: 339-346.
- [6] Shin, S., Byun, J., Park, K.H. and Moon, T.W., 2004, Effect of partial acid hydrolysis and heat-moisture treatment on formation of resistant tuber starch, *Cereal Chem.* 81: 194-198.
- [7] Chung, H.J., Jeong, H.Y. and Lim, S.T., 2003, Effects of acid hydrolysis and defatting on crystallinity and pasting properties of freeze-thawed high amylose corn starch, *Carbohydr. Polym.* 54: 449-455.
- [8] Shin, S., Byun, J., Park, K.H. and Moon, T.W., 2004, Effect of partial acid hydrolysis and heat-moisture treatment on formation of resistant tuber starch, *Cereal Chem.* 81: 194-198.
- [9] Alonso, G.A. and Escrib, A.J., 1999, Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch, *Food Chem.* 55: 181-187.
- [10] Fredriksson, H., Silverio, J., Andersson, R., Eliasson, A.C. and Aman, P., 1998, The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches, *Carbohydr. Polym.* 35: 119-134.
- [11] Gudmundsson, M., 1994, Retrogradation of starch and the role of its components, *Thermoch. Acta* 246: 329-341.
- [12] Vandeputte, E.G., Vermeulen, R., Geeroms, J. and Delcour, J.A., 2003, Rice starch III structure aspects provide insight in amylopectin retrogradation property and gel texture, *J. Cereal Sci.* 38: 61-68.
- [13] Colonna, P., Buleon, A. and Lemarie, F., 1987, Action of *Bacillus subtilis* α -amylase on native wheat starch, *Biotechnol. Bioeng.* 31: 895-904.
- [14] Weihong, M., Lite, L., Zhanhui, L., Hubing, L. and Tatsumi, E., 2003, Mechanism of improving eating quality of rice noodles by lactic acid bacteria fermentation, *Food Ferment Ind.* 29: 5-9.
- [15] Lu, J.T. and Jane, J.L., 1997, Temperature effect on retrogradation rate and crystalline structure of amylose, *Carbohydr. Polym.* 33: 19-29.
- [16] Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R., 1981, Structural characterization of legume starches. II. Study on acid-treated starches, *Cereal Chem.* 58: 502-507.
- [17] พิณทิพย์ รัชภักกรณ, 2547, การดัดแปรแป้งข้าวโดยใช้ความร้อนร่วมกับความชื้น,

- วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 131 น.
- [18] สุพัตรา โพธิเศษ, 2548, การเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งข้าวในการผลิตแป้งแผ่น, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 145 น.
- [19] Miles, M.J., morris Orford, V.J., Orford, P.D. and Sim, S.G., 1985, The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch, Carbohydr. Res. 135: 257-269.
- [20] Dendy, A.V. and Dobraszczyk, B.J., 2001, Cereals and Cereal Products, Aspen Publishers, Inc., Maryland.