

การใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน ในผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งเหนมเนือง

อรวิณฑ์ ชยาภัม¹ ดุษฎี อุตภาพ²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ท่าข้าม บางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

จุรีรัตน์ พุดतालเล็ก³

มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม 73000

และ วิไล รังสาดทอง⁴

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน (ร้อยละ 10-40) ในผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งเหนมเนือง เพื่อปรับปรุงคุณภาพและสมบัติบางประการของแผ่นแป้ง โดยได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของแผ่นแป้งที่ได้ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ สมบัติทางกลและการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยมีแผ่นแป้งที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนเป็นตัวอ้างอิง นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและพฤติกรรมความหนืดของแป้งที่เปลี่ยนไประหว่างขั้นตอนการผลิตด้วย พบว่าแผ่นแป้งที่ผสมแป้งพุทธรักษามีความเรียบของพื้นผิวมากขึ้นและมีรอยร้าวลดลง การสูญเสียหรือการละลายของแผ่นแป้งในน้ำลดลง ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.50-0.51 ในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าการใช้แป้งพุทธรักษาในอัตราส่วนสูงจะส่งผลให้แผ่นแป้งมีความเหนียวและความยืดหยุ่นสูงขึ้น ค่าความแน่นเนื้อในระหว่างการเคี้ยวลดลง แต่ค่าการแตกหักที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่แตกต่างจากแผ่นแป้งจากแป้งข้าวเจ้าล้วน อย่างไรก็ตามจากการสังเกตการแตกหักของแผ่นแป้งเมื่อเก็บไว้ในช่วงเวลา 10 เดือน พบว่าสูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนมีปริมาณและระดับการแตกหักที่มากกว่าสูตรที่ใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนบางส่วน ในการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคยอมรับตัวอย่างแผ่นแป้งที่มีการเติมแป้งพุทธรักษาในระดับที่ไม่แตกต่างจากแผ่นแป้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน แป้งข้าวเจ้าไม่เปียกที่ผ่านการแช่น้ำกลีอนาน 18 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน และอะไมโลสลดลง การแช่น้ำกลีอส่งผลให้ทั้งแป้งข้าวเจ้าและแป้งพุทธรักษาที่มีความหนืดลดลง

คำสำคัญ : แป้งพุทธรักษากินได้ / แผ่นแป้ง / แป้งข้าวเจ้า

¹ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

² รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

⁴ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์

Improvement of Rice Paper Quality by Mixing Rice Flour with Canna Starch

Oaraween Chayapham ¹, Dudsadee Uttapap ²,

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Tekham, Bangkhuntien, Bangkok 10150

Chureerat Puttarnlek ³,

Silpakorn University, Sanarm Chand Palace Campus, Nakhon Pathom 73000

and Vilai Rungsardthong ⁴

King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

Abstract

Effect of mixing ratios of canna starch and rice flour (10:90, 20:80, 30:70 and 40:60) on quality of rice paper was investigated. Rice papers produced were analyzed for their morphology, physicochemical and textural properties, as well as sensory evaluation, using rice papers made from rice flour as a reference. In addition, changes in chemical composition and pasting behavior of canna starch and rice flour after soaking in salt water were also studied. Mixing rice flour with canna starch resulted in the increase of smoothness of rice paper, decrease of cracks found on surface and solubility of rice paper in water. Water activities of all rice papers were in the range of 0.50-0.51. Data of the texture analyses showed that the tensile strength and elongation increased with increasing proportion of canna starch, while the cutting force was decreased. Brittleness of rice papers was not significantly different from the control. However, upon observation for 10 months, rice papers made from rice flour were found more cracks and more numbers of broken rice papers. The sensory tests indicated that the acceptance of rice papers made from rice flour mixed with canna starch was comparable to the control. Soaking milled rice flour in salt water for 18 h resulted in the decrease of protein, lipid and amylose contents, as well as pasting viscosity. Pasting viscosity of rice flour and canna starch slightly decreased after soaking in salt water.

Keywords : Canna Starch / Rice Paper / Rice Flour

¹ Graduated Student, Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology.

² Associate Professor, Division of Biochemical Technology, School of Bioresources and Technology.

³ Assistant Professor, Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology.

⁴ Associate Professor, Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Applied Science.

1. บทนำ

แผ่นแป้งเหนมเนือง (rice paper) หรือที่เรียกว่าข้าวแผ่น ไบเมียงหรือไบกระยอ เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวซึ่งได้จากการนำข้าวเจ้ามาโม่โดยอาจมีแป้งอื่นผสมอยู่ด้วยก็ได้ ข้าวเจ้าที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นแป้งเหนมเนืองควรมีปริมาณอะไมโลสสูง (อยู่ที่ร้อยละ 27-33) [1] ปริมาณโปรตีนที่เหลือในแป้งโม่ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญต่อสมบัติของแผ่นแป้ง โดยมีรายงานว่าแผ่นแป้งที่ผลิตจากแป้งที่สกัดโปรตีนออกบางส่วนด้วยเบสหรือเกลือจะมีความเหนียวและความหยุ่นเพิ่มขึ้น [2] เนื่องจากโปรตีนจะไปห่อหุ้มเม็ดแป้งไว้ทำให้แป้งดูดซึมน้ำได้น้อยลง การพองตัวไม่ดี ส่งผลให้การแตกตัวของเม็ดแป้งลดลง [3] วิธีการผลิตแผ่นแป้งจะคล้ายกับการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ทำได้โดยการละเลงน้ำแป้งให้เป็นแผ่นบาง หนึ่งให้สุกและทำให้แห้งแล้วนำมาตัดให้มีรูปทรงและขนาดตามต้องการ แผ่นแป้งที่ได้มีลักษณะแผ่นบางใส สีขาว เมื่อนำมาแช่น้ำหมาดๆ จะมีลักษณะเหนียวนุ่ม [4] สำหรับการผลิตแผ่นแป้งเหนมเนืองในประเทศไทยมีมานานแล้วโดยเริ่มจากชาวเวียดนามที่อพยพเข้ามาอาศัยในประเทศไทย ข้อมูลของกระทรวงพาณิชย์รายงานว่าในปีพ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีการผลิตแผ่นแป้ง 768 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 63.9 ล้านบาท [5] โดยส่วนใหญ่ส่งออกไปยังประเทศแถบยุโรปและแถบอเมริกาที่มีชาวเวียดนามอาศัยอยู่จำนวนมาก [6]

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผ่นแป้งเหนมเนืองพบว่ามีน้อยมาก [2, 7-8] โดย Phothiset และคณะ [7] ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้า (rice flour) ในกระบวนการผลิตแผ่นแป้งเหนมเนือง พบว่าการหมักแป้งโม่ในน้ำเกลือเข้มข้น 5% นาน 48 ชั่วโมง จะทำให้ปริมาณไขมัน โปรตีนและอะไมโลสในแป้งโม่ลดลง ผิวของเม็ดแป้งมีลักษณะที่ขรุขระมากขึ้น และพบรูพรุนที่ผิว แป้งหมักมีความหนืดลดลงและมีอุณหภูมิในการเกิดเจลลาดีนเซชันสูงขึ้น อัมพร ทับปลา [2] ศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนออกจากแป้งข้าวเจ้า วิธีการผลิตและการเปลี่ยนแปลงของแผ่นแป้งระหว่างการเก็บรักษา พบว่าการใช้สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 N สามารถสกัดโปรตีนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนวิธีการผลิตแผ่นแป้ง

ที่เหมาะสมคือ โม่เปียกแป้งข้าวเจ้าแล้วปรับความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.15 ผสมเกลือ 3% ของน้ำหนักแป้งแล้วหมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำมาละเลงบนหม้อหนึ่งเป็นเวลา 1 นาที ลอกออกตากแดดและลม ผู้บริโภคยอมรับแผ่นแป้งที่ผลิตด้วยกระบวนการดังกล่าวและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาแผ่นแป้งได้นานถึง 6 เดือน มันตา โอมะคุปต์ [8] สำรวจและเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งเหนมเนืองจากแหล่งผลิตมาตรวจสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ พบว่าปัญหาสำคัญในด้านคุณภาพของแผ่นแป้งคือ แดกร้าวได้ง่ายซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการเก็บและการขนส่ง เนื้อสัมผัสของแผ่นแป้งละเอียดและติดกันเมื่อจุ่มน้ำเพื่อเตรียมบริโภค จึงได้ออกแบบควบคุมการผลิตให้มีมาตรฐานโดยควบคุมขั้นตอนการผลิต ตรวจสอบคุณภาพของแผ่นแป้งระหว่างการผลิตและควบคุมสุขลักษณะในการผลิต พบว่าแผ่นแป้งที่ได้มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 3.4% ความชื้น 12.9% ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค คะแนนความชอบอยู่ในเกณฑ์ดีและสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง

พุทธรักษาภินได้ (edible canna) หรือชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Canna edulis* มีลักษณะคล้ายกับพุทธรักษาประดับทั่วไปแต่มีดอกที่เล็กกว่า มีส่วนเหง้าใต้ดินที่มีขนาดใหญ่และสะสมแป้งไว้มาก ในแถบเอเชียพบในประเทศจีน ไต้หวัน เวียดนาม และไทย การบริโภคส่วนใหญ่จะนำเอาเหง้ามาสกัดแป้งแล้วนำมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวหรือไบเมียงเป็นต้น ด้วยคุณสมบัติของแป้งพุทธรักษาที่มีปริมาณอะไมโลส-พรากรูในช่วง 21-28% [9] เหมาะกับการเกิดเจลของแป้ง มีการคืนตัวหรือรีโทรเกรเดชันซึ่งวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) อยู่ในช่วง 67-82% [10] ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงมีผลดีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความเหนียวของแผ่นแป้ง และจากการศึกษาการผลิตแผ่นฟิล์มจากแป้งพุทธรักษาโดยสายตะวัน เลี้ยวสุด [11] พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะแข็ง ใส มีความแข็งแรงสูง ดังนั้นการนำแป้งพุทธรักษามาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในการผลิตแผ่นแป้งเหนมเนืองน่าจะช่วยให้แผ่นแป้งมีความแข็งแรง ไม่แตกร้าหรือหักง่ายและอาจช่วยให้แผ่นแป้งมีลักษณะปรากฏและเนื้อ

สัมผัสที่ดีขึ้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการใช้แป้ง พุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน (ร้อยละ 10-40) ในผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งเหนมเนื่องเพื่อปรับปรุงคุณภาพและสมบัติบางประการของแผ่นแป้งเหนมเนื่อง โดยจะทำการวิเคราะห์คุณภาพของแผ่นแป้งที่ได้ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติทางกลและการทดสอบทางประสาทสัมผัส นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งในการผลิตแผ่นแป้งเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแป้งข้าวเจ้าในระหว่างขั้นตอนการผลิตอาจส่งผลต่อคุณภาพของแผ่นแป้งเหนมเนื่องด้วย

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

- แป้งพุทธรักษาสายพันธุ์จีน ทำการเพาะปลูกที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง และเก็บเกี่ยวหลังจากเพาะปลูกประมาณ 10 เดือน นำมาสกัดแป้งตามวิธีการของ Thitipraphunkul และคณะ [10]
- ปลายข้าวหักที่ใช้ในการผลิตแป้งข้าวเจ้า

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 กระบวนการผลิตแผ่นแป้งเหนมเนื่อง

แผ่นแป้งในงานวิจัยนี้เตรียมที่ตำบลท่าบ่อ อำเภอสรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย ตามวิธีการที่ใช้โดยผู้ผลิตแผ่นแป้งรายย่อยในระดับอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยมีวิธีการผลิตดังนี้ นำปลายข้าวหักมาล้างทำความสะอาดและแช่น้ำเป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวอ่อนตัวลง จากนั้น นำเข้าเครื่องโม่โดยใช้การโม่เปียก นำแป้งที่ได้จากการโม่มากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อให้ได้แป้งเนื้อละเอียด จากนั้นเทน้ำเกลือความเข้มข้น 8% ลงไปแช่ไว้เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ส่วนขั้นตอนการเตรียมแป้งพุทธรักษาที่เช่นเดียวกับแป้งข้าวเจ้าคือ นำแป้งพุทธรักษาแช่น้ำเกลือความเข้มข้น 8% เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หลังจากขั้นตอนในการแช่น้ำเกลือแล้วจะนำแป้งพุทธรักษาและแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการแช่น้ำเกลือมาผสมกันในอัตราส่วนแป้งพุทธรักษาต่อแป้งข้าวเจ้าเท่ากับ 10:90, 20:80, 30:70, 40:60 และ 0:100 โดยน้ำหนัก แล้วจึงผสมน้ำประปาลงไปให้ได้ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.15

นำน้ำแป้งที่เตรียมได้ไปละลายบนหม้อตั้งไอน้ำที่มีผ้าขาวบางซึ่งอยู่บนปากหม้อ ใช้เวลาเกลี่ยและทิ้งไว้ประมาณ 15 วินาที ทำการลอกแป้งออกจากปากหม้อด้วยไม้พันฟองน้ำ แผ่นแป้งจะถูกดูดติดออกมา นำไปแตะลงบนไม้ไผ่ขัดสาน จากนั้นนำออกตากแดดจัดๆเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำเข้าหิ้งลมในที่ร่มเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมงขณะที่ตากในหิ้งจะต้องทำการกลับตะแกรงตากเพื่อให้แผ่นแป้งเหนมเนื่องมีความชื้นสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น เมื่อตรวจสอบว่าแห้งสนิทดีแล้วจะลอกแผ่นแป้งออก จากนั้นนำแผ่นแป้งเข้าเครื่องตัดขอบกลมและนำไปบรรจุในถุงพลาสติก

2.2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาผลิตแผ่นแป้ง

- ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีของ A.O.A.C. [12]
- ปริมาณอะไมโลสตามวิธีของ Ratnayake และคณะ [13]
- ปริมาณเกลือตามวิธี Mohr Method, A.O.A.C. [14]

2.2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งข้าวเจ้า และแป้งพุทธรักษา

ศึกษาพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งโดยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA-4 SA, Newport Scientific PYT Ltd., NSW, Australia) ตามวิธีการของ Thitipraphunkul และคณะ [10]

2.2.4 การวิเคราะห์สมบัติของแผ่นแป้งเหนมเนื่อง

- ทดสอบสมบัติทางกลโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-XT2, England) ตามวิธีดัดแปลงจาก ASTM [15] ดังนี้ แรงต้านทานการดึงขาด (tensile strength) การยืดตัว (elongation) ใช้หั่วทดสอบ Spaghetti/Noodle tensile rig แรงต้านทานการตัดขาด (cutting force) ใช้หั่วทดสอบ Warner-bratzler blade และความต้านทานแรงกระแทก (breaking strength) ใช้หั่วทดสอบ Small cylinder probe
- ทดสอบสมบัติการละลายของแผ่นแป้งในน้ำตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Gontard และคณะ [16] โดยตัดแผ่นแป้งให้มีขนาด 50x50 มม.² นำไปอบแห้งที่ 100 °C

เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าเป็น DM_0 จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 40 มล. ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1, 5, 10 และ 15 นาที เมื่อครบกำหนดนำแผ่นแป้งที่ไม่ละลายในน้ำมาทำให้แห้งที่ 100°C เป็นเวลา 24

ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าเป็น DM_t โดยแต่ละตัวอย่างทำการทดสอบ 3 ซ้ำ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความสามารถในการละลายของแผ่นแป้ง (Solubility, %) ตามสมการที่ (1)

$$\text{Solubility (\%)} = \left(\frac{DM_0 - DM_t}{DM_0} \right) \times 100 \quad (1)$$

- วิเคราะห์พื้นผิวของแผ่นแป้งด้วยกล้อง stereo microscope (DP70, Olympus, USA) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, JSM-5800, JEOL, Japan)
- วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดค่า water activity (a_w) (TH500, Novasina, Switzerland)

2.2.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยทดสอบความชอบในด้านความชุ่ม-ชื้น ความเหนียว สี กลิ่น ความนุ่มกระด้างและความชอบโดยรวมของแผ่นแป้งเหนมเนื่องทั้งหมด 5 สูตร ใช้การทดลองแบบ 9-point hedonic scale tests และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design

2.2.6 การประเมินผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นแป้งแสดงดังตารางที่ 1 แป้งพุทธรักษา มีโปรตีนและไขมันในปริมาณที่ต่ำมาก ปริมาณต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า แต่มีปริมาณอะไมโลสที่สูงกว่า เมื่อนำข้าวเจ้าไปไม่แห้งพบว่าแป้งข้าวเจ้าที่ได้มีปริมาณโปรตีน 6.2% แต่เมื่อผ่านการไม่เปียกในน้ำปริมาณโปรตีนลดลงเป็น

4.16% การหมักแป้งข้าวไม่เปียกในน้ำเกลือเป็นเวลา 18 ชั่วโมง จะทำให้โปรตีนในแป้งข้าวเจ้าลดลงอย่างเห็นได้ชัด (0.74%) การลดลงของโปรตีนในขณะที่ไม่เปียกในน้ำและการหมักในน้ำเกลือเนื่องจากการละลายออกมาของโปรตีนซึ่งมีอยู่ 4 ประเภทหลักในข้าวเจ้าคือ แอลบูมิน (albumin) กลอบูลิน (globulin) โปรลามีน (prolamin) และกลูเตลิน (glutelin) ที่ละลายได้ดีในน้ำ สารละลายเกลือ แอลกอฮอล์ และสารละลายเบส ตามลำดับ โดยเฉพาะเมื่อผ่านการหมักในน้ำเกลือเนื่องจากในระหว่างการหมัก จุลินทรีย์ที่ปะปนมากับข้าวเจ้าจะใช้สารอาหารในแป้งไม่ในการเจริญเติบโตทำให้เกิดกรด เอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ [3] ซึ่งจะช่วยให้โปรตีนละลายออกมาได้ง่ายขึ้น สำหรับปริมาณไขมันในแป้งข้าวพบว่า มีแนวโน้มที่จะลดลงตามลำดับเมื่อผ่านการไม่และการหมักเช่นกัน เนื่องจากแรงกระทำจากการไม่และการย่อยแป้งบางส่วนในขณะหมักทำให้ไขมันที่เกาะเกี่ยวกับสารอื่น (ไขมันที่อยู่ชิดกับโปรตีนอยู่ที่ผิวของเม็ดแป้งอยู่รวมกับโครงสร้างของอะไมโลเพคตินสายนอก) กระจายตัวออกมากับน้ำได้ [7] ปริมาณเถ้าและเกลือในแป้งข้าวหลังการแช่ในน้ำเกลือมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากเม็ดแป้งมีการดูดซับ/ดูดซึมเกลือไว้บางส่วนขณะแช่แป้ง ส่วนปริมาณอะไมโลสของแป้งข้าวเจ้าพบว่า มีค่าลดลงหลังการหมักในน้ำเกลือ ทั้งนี้อาจเนื่องจากจุลินทรีย์จะเข้าไปย่อยใน ส่วน อมัลฟิอัส (amorphous) ของเม็ดแป้งก่อน ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่มีโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบมีอะไมโลส อยู่มากจึงมีผลทำให้อะไมโลสลดลง นอกจากนี้สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการหมักอาจไปเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลสทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้ลดลง การลดลงของอะไมโลสเมื่อผ่านการหมักนี้สอดคล้องกับรายงานของ Phothiset และคณะ [7]

ในส่วนลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้งข้าวเจ้าวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ก่อนแช่น้ำเกลือและหลังแช่น้ำเกลือเป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าการแช่แป้งข้าวเจ้าในน้ำเกลือไม่มีผลกระทบต่อพื้นผิวและลักษณะรูปร่างของเม็ดแป้ง ผลที่ได้นี้แตกต่างจากรายงานของ Phothiset และคณะ [7] ที่

พบว่าผิวของเม็ดแป้งมีลักษณะที่ขรุขระมากขึ้นและพบรูพรุนที่ผิว ทั้งนี้อาจเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ สภาวะและระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน โดย Phothiset และคณะ [7] หมักแป้งโมในน้ำเกลือที่ความเข้มข้นต่ำกว่า (5%) และใช้เวลาในการหมักที่นานกว่า (24-48 ชั่วโมง)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งพุทธรักษา แป้งข้าวเจ้าไม่แห้ง แป้งข้าวเจ้าไม่เปียก และแป้งข้าวเจ้าไม่เปียกแช่น้ำเกลือ 18 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง)				
	โปรตีน	ไขมัน	เกลือ	เถ้า	อะไมโลส
แป้งพุทธรักษา	0.04	nd	-	0.27	33.2
แป้งข้าวเจ้า					
- โมแห้ง	6.20	0.89	-	0.66	-
- โมเปียก*	4.16	0.53	0.36	0.50	28.42
- โมเปียกและแช่น้ำเกลือเป็นเวลา 18 ชั่วโมง**	0.74	0.13	1.05	0.73	26.64

* พีเอชของแป้งเท่ากับ 4.45, ** พีเอชของแป้งเท่ากับ 3.25, nd = ตรวจไม่พบ

3.2 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งพุทธรักษาและแป้งข้าวเจ้า

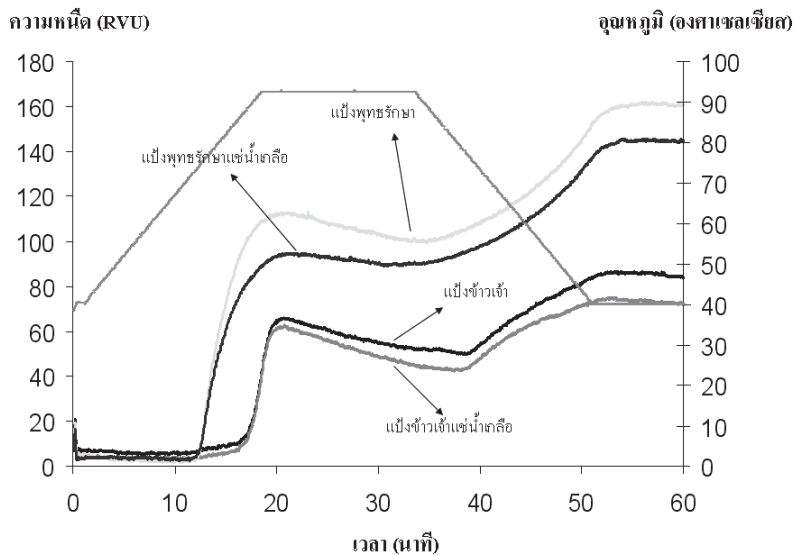
เมื่อนำแป้งพุทธรักษาสายพันธุ์จีนและแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำเกลือมาศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer ที่ความเข้มข้นแป้ง 6% โดยน้ำหนัก อะมิโลแกรมของแป้งตัวอย่างที่ได้แสดงดังรูปที่ 1 จะเห็นว่าได้ว่าแป้งพุทธรักษาที่ผ่านการแช่น้ำเกลือจะมีความหนืดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการแช่น้ำเกลือ อย่างไรก็ตามลักษณะอะมิโลแกรมโดยรวมของแป้งพุทธรักษาทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการแช่น้ำเกลือพบว่ามีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ความหนืดของแป้งสูงมีค่าสูงและค่อนข้างคงที่ในช่วงที่ควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ที่ 92.5 °C breakdown มีค่าต่ำมากและมีค่า setback ที่สูง

ซึ่งก็เป็นรูปแบบเช่นเดียวกับที่มีรายงานในแป้งพุทธรักษาสายพันธุ์อื่นๆ เช่น สายพันธุ์ไทยม่วงและไทยเขียว [17] สายพันธุ์เวียดนาม [18] อุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดของแป้งพุทธรักษาที่แช่และไม่แช่น้ำเกลือพบว่ามีค่า 76.4 และ 74.5 °C ตามลำดับ สำหรับแป้งข้าวเจ้าก็มีแนวโน้มในทางเดียวกันคือ แป้งที่ผ่านการแช่น้ำเกลือจะมีความหนืดต่ำกว่าแป้งที่ไม่แช่น้ำเกลือ แต่ลักษณะของอะมิโลแกรมยังคงคล้ายคลึงกันโดยมีความหนืดต่ำกว่าแป้งพุทธรักษาประมาณเท่าตัว แป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการแช่และไม่แช่น้ำเกลือมีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด 89.3 และ 85.4 °C ตามลำดับ แป้งสูงมีค่า breakdown สูงกว่าแป้งพุทธรักษา ส่วนค่า setback มีค่าค่อนข้างสูงเช่นกัน ซึ่งค่า setback เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการคืนตัวของแป้ง (retrogradation) ดังนั้นการที่ทั้งแป้งพุทธรักษาและแป้ง

ข้าวเจ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่า setback สูง จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวหรือแผ่นแป้งที่ต้องการความเหนียวและแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิตแผ่นแป้งจะมีขั้นตอนการแช่แป้งโมโนในน้ำเกลือในช่วงความเข้มข้น 5-8% ซึ่งจากผลการทดลองนี้พบว่าการแช่น้ำเกลือทำให้แป้งมีความหนืดลดลงบ้าง แต่ลักษณะ profile ยังใกล้เคียงกับแป้งเดิม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Phothiset และคณะ [7] ซึ่งพบว่าแป้งข้าวโมที่ผ่านการแช่ในน้ำเกลือ 5% เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีค่าความหนืดที่ลดลง ซึ่งผู้วิจัยให้เหตุผลว่าการที่ความหนืดลดลงอาจเนื่องจากเม็ดแป้งบางส่วนถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ระหว่างการหมัก โดยพบว่าผิวเม็ดแป้งจะขรุขระและมีรูเกิดขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น

3.3 ลักษณะพื้นผิวของแผ่นแป้งตรวจสอบโดยใช้กล้อง stereo microscope และ SEM

ผลการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนและแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งพุทธรักษาที่อัตราส่วนต่างๆ ด้วยกล้อง stereo microscope ที่กำลังขยาย 120 เท่า แสดงดังรูปที่ 2 พบว่าลักษณะพื้นผิวแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนมีลักษณะไม่เรียบ มีรอยขรุขระคล้ายฟองอากาศ (รูปที่ 2ก) เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นแป้งที่มีการใช้แป้งพุทธรักษาผสมลงไปที้อยละ 10, 20, 30 และ 40 (รูปที่ 2ข, 2ค, 2ง และ 2จ) พบว่าเมื่อผสมแป้งพุทธรักษาลงไปปริมาณที่มากขึ้นแผ่นแป้งจะมีลักษณะพื้นผิวเรียบขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนหรือที่



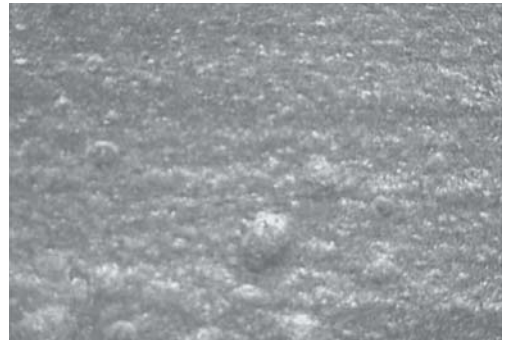
รูปที่ 1 พฤติกรรมความหนืดของแป้งข้าวเจ้าและแป้งพุทธรักษาที่ผ่านการแช่และไม่แช่ในน้ำเกลือ

ผลสมแบ่งพุทธรักษาในปริมาณต่ำ (ร้อยละ 10) บริเวณพื้นผิวที่ไม่เรียบของแผ่นแบ่งมักพบรอยร้าวและแตกหัก (รูปที่ 3ก และ 3ข) การที่แบ่งพุทธรักษาช่วยให้แผ่นแบ่งมีความเรียบมากขึ้นสามารถอธิบายได้จากสมบัติเฉพาะของแบ่งแต่ละชนิด แบ่งพุทธรักษาเป็นแบ่งที่มีขนาดเม็ดแบ่งใหญ่ (ประมาณ 40-50 μm) ลักษณะค่อนข้างแบน พองตัวได้ดีและมีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด 74.5 $^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่แบ่งข้าวเจ้ามีขนาดเม็ดแบ่งเล็กกว่ามาก (ประมาณ 3-7 μm) แต่มักจับกันเป็นกลุ่มก้อน มีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดสูงกว่าแบ่งพุทธรักษาประมาณ 11 $^{\circ}\text{C}$ ในสภาวะที่ให้ความร้อนที่เวลาและอุณหภูมิที่เท่ากัน เมื่อใช้แบ่งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียว แบ่งข้าวเจ้าซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดสูง

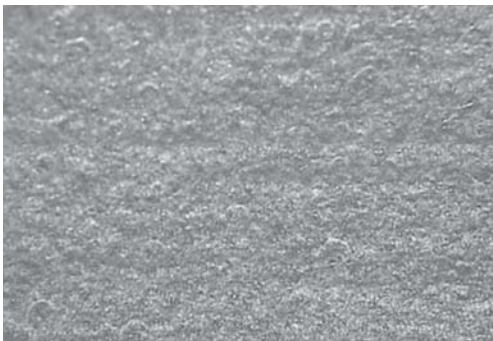
จะพองตัวได้น้อย เม็ดแบ่งยังอยู่ในสภาพที่เป็นเม็ดชัดเจน (ดูรูปที่ 4ก, 4ข ประกอบ) เนื่องจากเม็ดแบ่งมักจับกันเป็นกลุ่มก้อนทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดแบ่ง การให้ความร้อนกับแบ่งซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำจะทำให้เกิดความดันไอกายในส่งผลให้เกิดลักษณะที่คล้ายกับฟองอากาศเกิดขึ้น นอกจากนี้พื้นผิวจะมีลักษณะที่ขรุขระเนื่องจากเม็ดแบ่งข้าวซ้อนตัวกันเป็นชั้นๆ เมื่อเติมแบ่งพุทธรักษาลงไปพื้นผิวจะเรียบขึ้นตามลำดับ เนื่องจากแบ่งพุทธรักษาพองตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งส่งผลให้แบ่งข้าวเจ้าที่อยู่รอบๆ พองตัวและประสานเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีขึ้น (รูปที่ 4ค-ง) ทำให้แผ่นแบ่งเรียบมากขึ้น



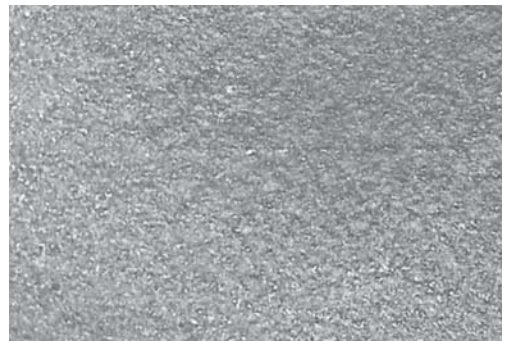
ก. แบ่งพุทธรักษา:แบ่งข้าวเจ้า = 0:100



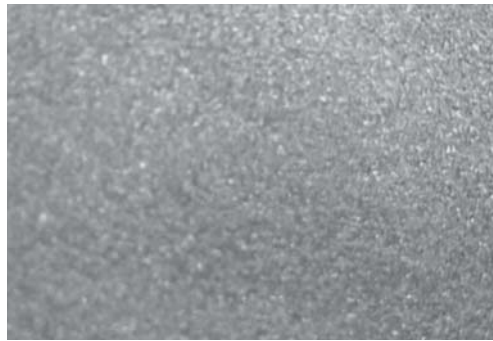
ข. แบ่งพุทธรักษา:แบ่งข้าวเจ้า = 10:90



ค. แบ่งพุทธรักษา:แบ่งข้าวเจ้า = 20:80



ง. แบ่งพุทธรักษา:แบ่งข้าวเจ้า = 30:70

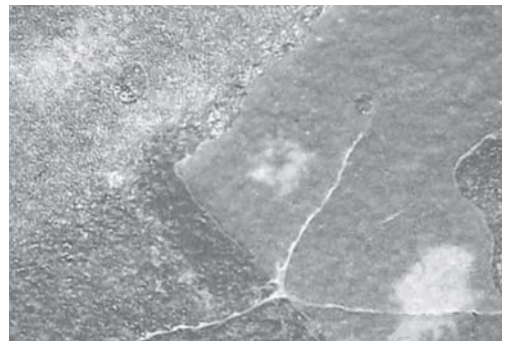


จ. แป้งพุทรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 40:60

รูปที่ 2 ลักษณะพื้นผิวของแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนและแป้งข้าวเจ้าผสมแป้งพุทรักษาในอัตราส่วนต่างๆ ศึกษาโดย stereo microscope ที่กำลังขยาย 120 เท่า

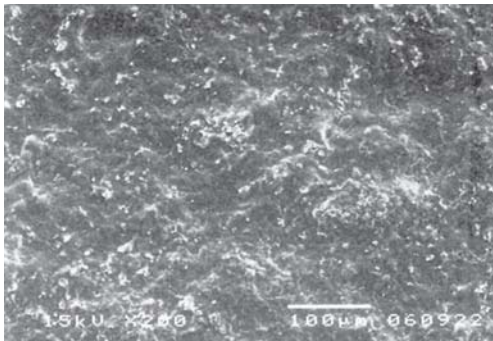


ก. แป้งพุทรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 0:100

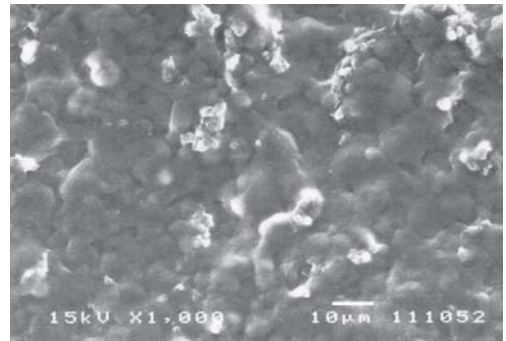


ข. แป้งพุทรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 10:90

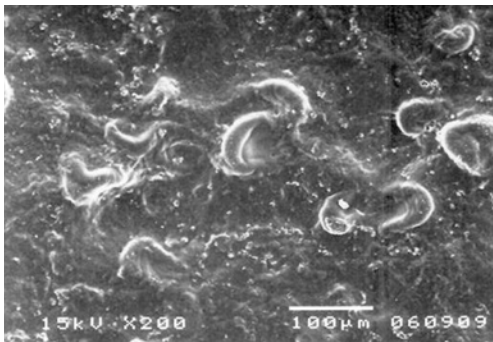
รูปที่ 3 ลักษณะพื้นผิวของแผ่นแป้งที่มีรอยร้าวศึกษาโดย stereo microscope ที่กำลังขยาย 120 เท่า



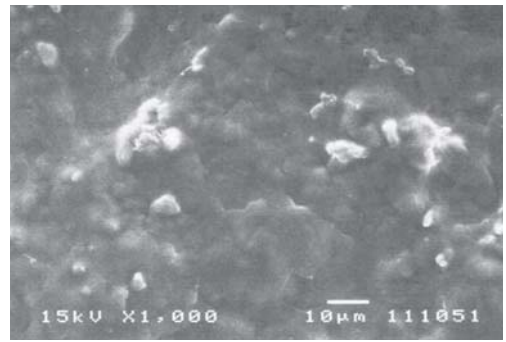
ก. แป้งพุทธรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 0:100



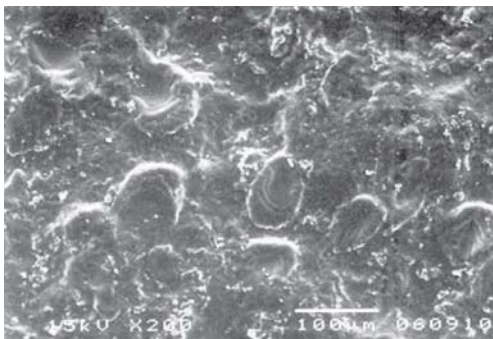
ข. แป้งพุทธรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 0:100



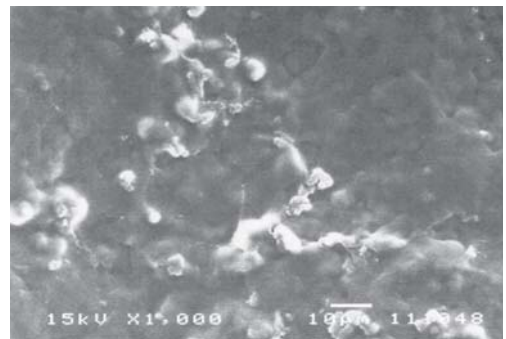
ค. แป้งพุทธรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 10:90



ง. แป้งพุทธรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 10:90



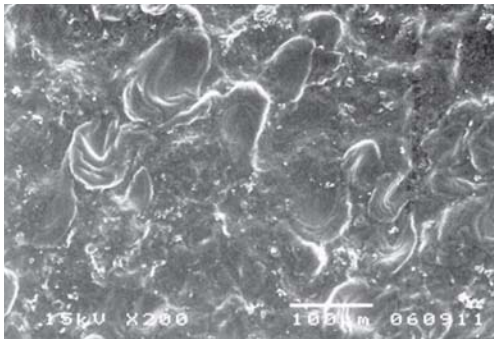
จ. แป้งพุทธรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 20:80



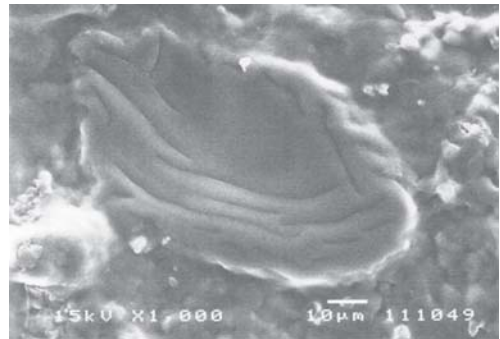
ฉ. แป้งพุทธรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 20:80

กำลังขยาย 200 เท่า

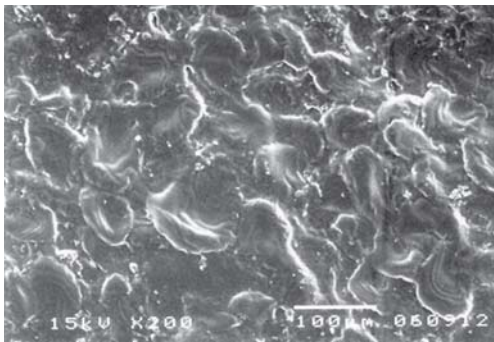
กำลังขยาย 1,000 เท่า



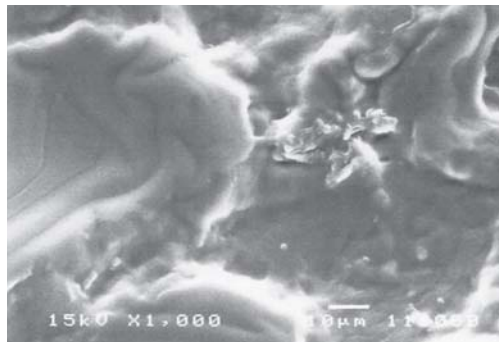
ช. แป้งพุดธรรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 30:70



ซ. แป้งพุดธรรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 30:70



ฅ. แป้งพุดธรรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 40:60



ณ. แป้งพุดธรรักษา:แป้งข้าวเจ้า = 40:60

กำลังขยาย 200 เท่า

กำลังขยาย 1,000 เท่า

รูปที่ 4 ลักษณะพื้นผิวของแผ่นแป้งศึกษาโดย SEM ที่กำลังขยาย 200 และ 1,000 เท่า

3.4 ปริมาณน้ำอิสระ (water activity) ในแผ่นแป้ง

ปริมาณน้ำอิสระเป็นค่าหนึ่งที่ยบบอกถึงสภาพของผลิตภัณฑ์ว่าจุลินทรีย์จะสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีหรือไม่ โดยปริมาณน้ำอิสระที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์และราแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นแป้งเหนมเนืองทั้งหมด 5 สูตรแสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่า

ปริมาณน้ำอิสระของแผ่นแป้งอยู่ในช่วง 0.50-0.51 โดยที่ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 95% โดยปกติแล้วผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งเหนมเนืองมักมีการปนเปื้อนหรือการเจริญเติบโตของเชื้อราในระหว่างเก็บรักษาและการขนส่ง ซึ่งโดยทั่วไปปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อราสามารถนำไปใช้ได้คือในช่วง 0.6-0.89 [19] ดังนั้นแผ่นแป้งตัวอย่างทั้งหมดจึงมีค่าปริมาณน้ำอิสระที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรา

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณน้ำอิสระของแผ่นแป้งแทนมเนียง

แป้งพุทธรักษา : แป้งข้าวเจ้า	ปริมาณน้ำอิสระ ^(ns)
0 : 100	0.51±0.02
10 : 90	0.50±0.01
20 : 80	0.51±0.01
30 : 70	0.50±0.02
40 : 60	0.50±0.01

3.5 การละลายของแผ่นแป้งในน้ำ

เมื่อนำแผ่นแป้งตัวอย่างทั้ง 5 สูตร มาแช่น้ำเป็นเวลา 1, 5, 10 และ 15 นาที เพื่อทดสอบค่าการละลายของแผ่นแป้งในน้ำ ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าแผ่นแป้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วนมีค่าการละลายที่เวลาต่างๆ สูงกว่าแผ่นแป้งที่มีการใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน โดยแผ่นแป้งมีแนวโน้มที่มีค่าการละลายในน้ำลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งพุทธรักษาให้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นแป้งตัวอย่างทั้ง 5 สูตร จะมีค่าการละลายสูงขึ้นตามลำดับเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำสูงขึ้น การที่แป้งพุทธรักษาช่วยให้แผ่นแป้งมีค่าการละลายในน้ำลดลงอาจอธิบายได้จากปริมาณ อะไมโลสและสมบัติในการเกิดเจลลาติโนเซชันและการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ของแป้งทั้งสองชนิด เนื่องจากแป้งพุทธรักษาที่มีปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าและอุณหภูมิในการเกิด เจลาติโนเซชันที่ต่ำกว่าแป้งข้าว เม็ดแป้งพองตัวได้ดี เมื่อทำการละลายแผ่นแป้งพร้อมกับทำกาาหนึ่งด้วยไอน้ำ เม็ดแป้งพุทธรักษาพองตัวและแตกออกดังรูปที่ 4 โมเลกุลแป้งที่อยู่ภายในโดยเฉพาะอะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่มีขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมา นอกจากนี้การเจลาติโนเซชันของแป้งพุทธรุชานำจะส่งผลให้เม็ดแป้งข้าวเจ้าที่อยู่รอบๆ เกิดการเจลาติโนเซชันได้ง่ายขึ้น ดังนั้น

อะไมโลสและอะไมโลเพคตินของแป้งข้าวเจ้าก็น่าจะหลุดออกมาจากเม็ดแป้งได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่มีแต่แป้งข้าวเจ้าเพียงชนิดเดียวหรือเมื่อผสมแป้งพุทธรักษาในปริมาณต่างๆ เมื่อทิ้งแผ่นแป้งให้เย็นลงและทำให้แห้ง แป้งจะเกิดรีโทรเกรเดชันหรือการคืนตัวโดยอะไมโลสที่หลุดออกมาจะกลับมาจัดเรียงตัวกันใหม่โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล เมื่อมีแป้งพุทธรักษาอยู่ด้วยการกลับมาสร้างโครงสร้างที่เป็นระเบียบจะเกิดได้ดีขึ้นเนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสที่กระจายออกมาสูง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสายโซ่ของอะไมโลเพคตินจากแป้งพุทธรักษาที่มีขนาดยาว [20] ซึ่งจะช่วยให้การเกิดรีโทรเกรเดชันให้ดีขึ้น ดังนั้นแผ่นแป้งที่ผสมแป้งพุทธรักษาจึงมีโครงสร้างการจับกันภายในที่แข็งแรงมากขึ้น เมื่อนำมาละลายในน้ำจึงละลายได้ต่ำกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียว และจากการสังเกตระหว่างทำการทดลอง เมื่อนำแผ่นแป้งซ้อนกันเป็นชั้นๆ และจุ่มน้ำเลียนแบบขั้นตอนการเตรียมก่อนบริโภคพบว่าแผ่นแป้งจากแป้งข้าวเจ้าล้วนจะติดกันระหว่างแผ่นลอกออกยาก เมื่อลอกออกจะเกิดความเสียหายมากกว่าแผ่นแป้งที่มีส่วนผสมของแป้งพุทธรักษาอยู่ ซึ่งเป็นข้อดีของแผ่นแป้งที่มีส่วนผสมของแป้งพุทธรักษาเมื่อมีการนำไปบริโภคร่วมกับเครื่องเคียงต่างๆ

ตารางที่ 3 ร้อยละของการละลายของแผ่นแป้งในน้ำที่เวลาต่างๆ

แป้งพุทธรักษา : แป้งข้าวเจ้า	ร้อยละของการละลาย			
	1 นาที	5 นาที	10 นาที	15 นาที
0 : 100	5.42±0.07 ^a	11.53±0.30 ^a	13.07±0.24 ^a	18.57±0.24 ^a
10 : 90	4.23±0.30 ^b	9.72±0.07 ^b	12.60±0.08 ^b	15.08±0.17 ^b
20 : 80	4.12±0.15 ^b	8.38±0.06 ^c	12.53±0.06 ^b	14.42±0.09 ^c
30 : 70	4.03±0.23 ^b	8.05±0.22 ^{cd}	12.50±0.03 ^b	13.13±0.05 ^d
40 : 60	3.50±0.07 ^c	7.78±0.19 ^d	11.52±0.08 ^c	12.67±0.14 ^e

3.6 การทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นแป้งโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ผลการทดสอบสมบัติทางกลด้านความต้านทานแรงดึงขาด การยืดตัวและแรงต้านทานการตัดขาดของแผ่นแป้งที่ผ่านการแช่น้ำ (แผ่นเปียก) แสดงดังตารางที่ 4 ค่าความต้านทานแรงดึงขาดของแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนมีค่าความต้านทานแรงดึงขาด 0.14 MPa ในขณะที่แผ่นแป้งที่ใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงขาดมีค่าสูงขึ้น (อยู่ในช่วง 0.29-0.32 MPa) โดยแผ่นแป้งที่มีการเติมแป้งพุทธรักษา ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 มีค่าต้านทานแรงดึงขาด 0.30, 0.29, 0.31 และ 0.32 MPa ตามลำดับ การที่แผ่นแป้งมีความต้านทานแรงดึงขาดสูงขึ้นเมื่อผสมแป้งพุทธรักษาชี้ให้เห็นว่าแผ่นแป้งมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งอาจอธิบายได้จากสมบัติการเกิดรีโพรเกรเดชันของแป้งทั้งสองชนิดเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 3.5 ค่าการยืดตัวของแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนมีค่าเท่ากับร้อยละ 41 การใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนพบว่าทำให้แผ่นแป้งมีการยืดตัวที่สูงขึ้น โดยการทดแทนแป้งพุทธรักษาที่ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ทำให้แผ่นแป้งมีการยืดตัวเท่ากับร้อยละ 44, 56, 57 และ 57 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการแทนที่ด้วยแป้งพุทธรักษาในช่วงร้อยละ 20-40 ไม่ส่งผลให้การยืดตัวของแผ่นแป้งมีค่าสูงขึ้น การยืดตัวของแผ่นแป้งน่าจะเกี่ยวข้องกับลักษณะของแป้งสุกหลังการนึ่งว่าเป็นแบบ short paste หรือ long paste กรณีของแป้งข้าวเจ้าหลังการนึ่งเม็ดแป้งส่วนใหญ่ยัง

คงอยู่ในสภาพที่เป็นเม็ด ดังนั้นลักษณะของแป้งสุกจะค่อนข้างไปทาง short paste ในขณะที่เม็ดแป้งพุทธรักษามีการแตกมากกว่าทำให้มีการกระจายของโมเลกุลแป้งสูง ลักษณะของแป้งสุกจึงค่อนข้างไปทาง long paste มากกว่า เมื่อทำการดึงแผ่นแป้งที่ผสมแป้งพุทธรักษาจึงยืดตัวได้ดีตามแนวการจัดเรียงตัวของโมเลกุล ผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับรายงานของสายตะวัน เลี้ยววสุต [11] ที่วิเคราะห์เปรียบเทียบการยืดตัวของแผ่นฟิล์มแป้งพุทธรักษากับแผ่นแป้งเหนมเนื่อง โดยพบว่าฟิล์มแป้งพุทธรักษามีการยืดตัว (ร้อยละ 33.7) มากกว่าแผ่นแป้งเหนมเนื่อง (ร้อยละ 29.2)

ค่าแรงต้านทานการตัดขาดเป็นแรงที่แผ่นแป้งรับได้ก่อนถูกตัดขาดซึ่งเปรียบเทียบกับแรงจากการบิดเคี้ยวของคน จากผลการทดลองในตารางที่ 4 พบว่าแผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนและแผ่นแป้งที่ทดแทนแป้งพุทธรักษา ร้อยละ 10 มีค่าแรงต้านทานการตัดขาดที่ใกล้เคียงกันคือ 7.23 และ 7.75 N ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างแผ่นแป้งที่ผสมแป้งพุทธรักษา ร้อยละ 20, 30 และ 40 นั้นมีค่าเท่ากับ 3.10, 3.32 และ 3.48 N ตามลำดับ ผลที่ได้นี้ตรงข้ามกับค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่พบว่าการเติมแป้งพุทธรักษาทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงขาดมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณาถึงแรงที่กระทำต่อแผ่นแป้ง การทดสอบความต้านทานแรงดึงขาด แรงที่กระทำจะอยู่ในทิศทางที่ขนานกับแผ่นแป้ง ในขณะที่การทดสอบแรงต้านทานการตัดขาด แรงที่กระทำจะอยู่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับแผ่นแป้ง ดังนั้นความสัมพันธ์ของค่าที่ได้กับลักษณะ

โครงสร้างของฟิล์มแป้งจึงมีความแตกต่างกัน การคงสภาพของเม็ดแป้งข้าวเจ้าที่สมบูรณ์มากกว่าน่าจะส่งผลให้แผ่นแป้งที่เตรียมจากแป้งข้าวเจ้าล้วนหรือที่ทดแทนด้วยแป้งพุทธรักษาในปริมาณต่ำทนต่อแรงกระทำในแนวตั้งฉากได้ดีกว่าแผ่นแป้งที่มีแป้งพุทธรักษาในปริมาณสูง

สำหรับแรงที่ทำให้เกิดการแตกหัก ทำการทดสอบโดยใช้แผ่นแป้งแห้ง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4 พบว่าแผ่นแป้งจากแป้งข้าวเจ้าล้วนและแผ่นแป้งที่มีการเติมแป้งพุทธรักษาร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 มีค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักเท่ากับ 2.80, 2.40, 2.24, 2.51 และ

2.40 N ตามลำดับ ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ที่มีค่า standard deviation ที่ค่อนข้างสูง (coefficient of variation ประมาณ 20%) เมื่อเก็บรักษาแผ่นแป้งทุกสูตรในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนที่สภาวะเดียวกันเป็นระยะเวลา 10 เดือนพบว่าปริมาณความแตกหักเสียหายของแผ่นแป้งจากแป้งข้าวเจ้าล้วนเกิดขึ้นมากกว่าแผ่นแป้งที่มีแป้งพุทธรักษาเป็นส่วนผสม ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนี้มีความแตกต่างจากผลที่วิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ตารางที่ 4 สมบัติทางกลของแผ่นแป้งวัดโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

แป้งพุทธรักษา : แป้งข้าวเจ้า	ค่าต้านทานแรงดึงขาด (MPa)	ค่าการยืดตัว (%)	ค่าต้านการตัดขาด (N)	ค่าต้านทานการแตกหัก* (N) ^(ns)
0 : 100	0.14±0.008 ^e	41.06±1.71 ^d	7.23±0.96 ^b	2.80±0.54
10 : 90	0.30±0.007 ^c	44.23±1.36 ^c	7.75±0.15 ^a	2.40±0.72
20 : 80	0.29±0.005 ^d	55.53±1.40 ^b	3.10±0.08 ^e	2.24±0.45
30 : 70	0.31±0.006 ^b	57.31±1.36 ^a	3.32±0.07 ^d	2.51±0.64
40 : 60	0.32±0.007 ^a	57.36±1.00 ^a	3.48±0.08 ^c	2.40±0.66

* ทดสอบโดยใช้แผ่นแป้งแห้ง

3.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบความชอบและความยอมรับในผลิตภัณฑ์ของผู้ทดสอบแสดงในตารางที่ 5 พบว่าผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งทั้ง 5 สูตรนั้นไม่มีความแตกต่างทางการยอมรับในด้านความชุ่ม-ใสและความเหนียว แผ่นแป้งที่ใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนบางส่วนได้รับการยอมรับทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ในระดับเดียวกับแผ่นแป้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน ยกเว้นสูตรที่ผสมแป้งพุทธรักษาร้อยละ 20 ที่พบว่าได้คะแนนความชอบมากกว่าแผ่นแป้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน ความยอมรับทางด้านกลิ่นพบว่าให้ผลในทำนองเดียวกัน กล่าวคือแผ่นแป้งที่ใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนบางส่วนได้รับการยอมรับในระดับ

เดียวกับแผ่นแป้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน ยกเว้นสูตรที่ผสมแป้งพุทธรักษาร้อยละ 30 ที่ได้รับการยอมรับสูงกว่าแผ่นแป้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน การยอมรับด้านความนุ่มกระด้างของผลิตภัณฑ์พบว่าแผ่นแป้งที่ใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนบางส่วนได้คะแนนความชอบในระดับเดียวกับแป้งข้าวเจ้าล้วน ยกเว้นสูตรที่ผสมแป้งพุทธรักษาร้อยละ 40 ที่ได้รับการยอมรับต่ำกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งเหนียวพบว่าแผ่นแป้งที่ใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนบางส่วนได้รับการยอมรับในระดับเดียวกับแผ่นแป้งที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าล้วน โดยที่สูตรที่มีแป้งพุทธรักษาร้อยละ 40 ได้การยอมรับต่ำกว่าสูตรที่มีการผสมแป้งพุทธรักษา ร้อยละ 10-30

ตารางที่ 5 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแผ่นแป้งทางด้านต่างๆ

แป้งพุทธรักษา : แป้งข้าวเจ้า	ความขุ่น-ใส (ns)	ความเหนียว (ns)	สี	กลิ่น	ความนุ่ม - กระด้าง	ความชอบ โดยรวม
0 : 100	6.60	6.30	6.53 ^b	5.50 ^b	6.37 ^a	6.53 ^{ab}
10 : 90	6.47	6.40	6.93 ^{ab}	5.47 ^b	6.47 ^a	6.77 ^a
20 : 80	6.87	6.37	7.27 ^a	5.73 ^{ab}	6.3 ^a	6.83 ^a
30 : 70	6.87	6.47	7.03 ^{ab}	6.10 ^a	6.57 ^a	6.77 ^a
40 : 60	6.33	6.03	6.57 ^b	5.20 ^b	5.63 ^b	6.20 ^b

คะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด

4. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองผสมแป้งพุทธรักษากับแป้งข้าวเจ้าในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพของแผ่นแป้งเหนียว พบว่าการทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยแป้งพุทธรักษาทำให้แผ่นแป้งที่ได้มีลักษณะปรากฏของพื้นผิวแผ่นแป้งที่ดีขึ้น กล่าวคือ แผ่นแป้งมีความเรียบมากขึ้นและรอยร้าวบนผิวแผ่นแป้งลดลง แผ่นแป้งมีค่าการละลายในน้ำลดลง ซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปบริโภค เนื่องจากแผ่นแป้งจะไม่เละเหนอะหนะติดมือ ส่วนปริมาณน้ำอิสระของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.50-0.51 ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อรา คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าสูตรที่มีแป้งพุทธรักษามีค่าความต้านทานแรงดึงขาด (บ่งบอกถึงความเหนียวและความแข็งแรง) และค่าการยึดตัว (บ่งบอกถึงความยืดหยุ่น) สูงขึ้น แต่มีค่าความต้านทานการตัดขาด (ความแน่นเนื้อ) ของแผ่นแป้งลดลง ส่วนแรงที่ทำให้เกิดการแตกหัก (บ่งบอกถึงความเปราะ) พบว่าสูตรที่มีการผสมแป้งพุทธรักษาและแป้งข้าวเจ้าล้วนมีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจากการสังเกตการแตกหักของแผ่นแป้งเมื่อเก็บไว้ในช่วงเวลา 10 เดือน พบว่าสูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าล้วนมีปริมาณและระดับการแตกหักที่มากกว่าสูตรที่ใช้แป้งพุทธรักษา การทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่มีแป้งพุทธรักษาเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับที่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าล้วน จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าการใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนสามารถปรับปรุง

คุณสมบัติของแผ่นแป้งในด้านลักษณะปรากฏ การละลายของแผ่นแป้งในน้ำ และความเหนียวและความยืดหยุ่นของแผ่นแป้ง แต่ในส่วนของความเปราะของแผ่นแป้งผลที่ได้ยังไม่ชัดเจนนัก เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องให้ผลไม่ต่างกัน แต่จากการสังเกตจากการเก็บรักษาพบว่าการใช้แป้งพุทธรักษาทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนจะทำให้การแตกหักลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณวิไล โพนสะอาด ที่ให้ความรู้เอื้อเพื่ออุปกรณ์และสถานที่รวมทั้งทำการผลิตแผ่นแป้ง

6. เอกสารอ้างอิง

1. งามชื่น คงเสรี, 2536, *คุณภาพเมล็ดทางเคมี* เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 54-70.
2. อำพร ทับปลา, 2544, *การพัฒนาวิธีการผลิตแป้งแผ่น* วิทยานิพนธ์ปริญญาโทเกษตรศาสตร มหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร ภาควิชาเกษตรศาสตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 1-159.
3. Chiang, P.Y. and Yeh, A.I., 2002, "Effect of Soaking on Wet-Milling of Rice", *Journal of Cereal Science*, Vol. 35, pp. 85-94.
4. อรพิน ภูมิภมร, 2533, *รายงานสถานการณ์*

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากแป้ง ศูนย์บริการข้อมูล อุตสาหกรรมชนบท กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวง อุตสาหกรรม หน้า 57-62.

5. สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์โดยร่วมมือกับ กรมศุลกากร, 2548, *สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ* กระทรวงพาณิชย์ หน้า 67.

6. ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาลิก, ศรีนัย วรธนัจฉริยา, ศิริ ภูพงษ์วัฒนา และเดชารัต สุขกำเนิด, 2537, *รายงาน การวิจัยผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ที่มีอนาคต* มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ หน้า 1-104.

7. Phothiset, S. and Charoenrein, S., 2006, "Morphology and Physicochemical Changes in Rice Flour during Rice Paper Production," *Food Research International*, Vol. 40, No. 2, pp. 266-272.

8. มันทา โอมะคุปต์, 2536, "การออกแบบการควบคุมคุณภาพการผลิตแป้งแผ่น", *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, หน้า 1-153.

9. กล้านรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2543, *เทคโนโลยีของแป้ง*, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ หน้า 1- 292.

10. Thitipraphunkul K., Uttapap D., Piyachomkwan K., and Takeda Y., 2003, "A Comparative Study of Edible Canna (*Canna edulis*) Starch from Different Cultivars. Part I. Chemical Composition and Physicochemical Properties", *Carbohydrate Polymers*, Vol. 53, pp. 317-324.

11. สายตะวัน เลี้ยวสุด, 2547, "ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเตรียมเจลต่อสมบัติฟิล์มแป้งพุทธรักษา กินได้ขึ้นรูปโดยวิธี solvent casting", *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หน้า 85-86.

12. Association of Official Analytical Chemists, 2002, *Official Methods of Analysis*, 17th ed., Gaithersburg : The Association of Official Analytical Chemists.

13. Ratnayake, W.S., Hoover, R., Shahidi, F., Perera, C., and Jane, J., 2001, "Composition, Molecular Structure, and Physicochemical Properties of Starches from Four Field Pea (*Pisum sativum* L.) Cultivar," *Journal of Food Chemistry*, Vol. 74, pp. 189-202.

14. Association of Official Analytical Chemists, 1970, *Official Methods of Analysis*, 11th ed., Washington, DC: The Association of Official Analytical Chemists.

15. American Standard for Testing and Material, 1989, *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM D882-88 of Materials, Annual Book of ASTM Standard*, Philadelphia.

16. Gontard, N., Guilbert, S., and Cuq, J.L., 1992, "Edible Wheat Gluten Films: Influence of the Main Process Variables on Film Properties using Response Surface Methodology", *Journal of Food Science*, Vol. 57, No. 1, pp. 190-195.

17. วัชรินทร์ จันทร์สุวรรณ, 2544, "การศึกษาคุณลักษณะของแป้งที่แยกได้จากเหง้าพุทธรักษา กินได้", *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-94.

18. Van Hung, P. and Morita, N., 2005, "Physicochemical Properties and Enzymatic Digestibility of Starch from Edible Canna (*Canna edulis*) grown in Vietnam", *Carbohydrate Polymers*, Vol. 61, No. 3, pp. 314-321.

19. Kuntz, Lynn A., 1992, "Keeping Microorganism in Control," *Food Product Design*, pp. 44-51.

20. Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwan, K., and Takeda, Y., 2003, "A Comparative Study of Edible Canna (*Canna edulis*) Starch from Different Cultivars. Part II. Molecular Structure of Amylose and Amylopectin", *Carbohydrate Polymers*, Vol. 54, pp. 489-498.