B9

การผลิตและการใช้ประโยชน์แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์เพื่อผลิตโดนัทเค้กไขมันต่ำ

Production and Utilization of Pregelatinized Rice Flour and its Application in Reduced - Fat Donut Cake

อุมาภรณ์ อภิชาชาญ และสุดารัตน์ เจียมยั่งยืน
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร
จังหวัดพิษณุโลก 65000
E-mail: sudaratj@nu.ac.th, sudaratjiam@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตและใช้ประโยชน์แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีในโดนัทเค้ก โดยการคัดเลือกแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสเหมาะสม ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์และอัตราส่วนที่เหมาะสมในสูตรการผลิต ผลการทดลองพบว่าแป้งที่มีอะมัยโลส สูง (24%) ได้รับการคัดเลือก เนื่องจากให้ค่าการคืนตัวต่ำและดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสต่ำ (15%) สูตรโดนัทที่ได้รับการคัดเลือกมี wheat flour: rice flour: pregel rice flour คือ 55 : 30 : 15 ผลการทดสอบความชอบตัวอย่างคู่ของผู้ทดสอบ 50 คน ระหว่างโดนัทเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วนและโดนัทเค้กสูตรดังกล่าว พบว่าผู้ทดสอบมีความชอบต่อโดนัทเค้กทั้ง 2 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าโดนัทเค้กสูตรที่ผลิตขึ้น มีไขมันต่ำกว่าโดนัทเค้กสูตรควบคุมถึง 22.6% ดังนั้นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์สามารถนำมาทดแทนแป้งสาลีได้ในโดนัทเค้กและเป็นทางเลือกหนึ่งของกลุ่มผู้บริโภคที่นิยมรับประทานโดนัท แต่ต้องการลดการบริโภคไขมัน

คำสำคัญ: *อะมัยโลส, แป้งข้าวเจ้า, แป้งดัดแปร, แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์, โดนัทเค้ก, การคืนตัว*

อุมาภรณ์ อภิชาชาญ และ สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน. "การผลิตและการใช้ประโยชน์แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์เพื่อผลิตโดนัทเค้กไขมันต่ำ" *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย* 26, 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2549) 32-45

Abstract

The objectives of this research were to select an appropriate amylose content in rice flour, study the optimum condition of pregelatinized rice flour production, and study the appropriate ratio of donut cake production using rice flour and pregelatinized rice flour to substitute wheat flour. It was found that rice flour with higher amylose content (24%) gave low retrogradation together with lower oil absorption compared to the flour with lower amylose content (15%). Donut cakes made with wheat flour, rice flour and pregelatinized rice flour in ratio 55 : 30 : 15 yielded the most preferred donuts. In addition,it gave 22.6% oil reduction in the product compared to the control sample (100% wheat flour) ;whereas results of a pair preference test showed that both products were not significantly different. The results of this study can be used for donut lovers who prefer reduced fat donuts.

Keywords: *Amylose, rice flour, modified starch, pregelatinized rice flour, donut cakes, retrogradation.*

บทนำ

โดนัท เป็นอาหารทอดที่ทำจากแป้งสาลีและได้รับความนิยมในหมู่วัยรุ่น วัตถุดิบที่ใช้ยังต้องนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศปีละจำนวนมาก ดังนั้น จึงควรมีการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเจ้าให้สูงขึ้นเพื่อทดแทนแป้งสาลี เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากข้าวและเป็นการถนอมเงินตราของประเทศ

แป้งข้าวเจ้า จัดเป็นแป้งดิบ (native starch) ซึ่งมีสมบัติเฉพาะตัวตามชนิดของแป้งตามธรรมชาติ บางประการที่ยังไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร ดังนั้น จึงมีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติต่างๆ ของแป้งดิบ วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ได้แก่ การดัดแปรทางกายภาพโดยใช้ความร้อน ทำให้ได้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ซึ่งเป็นแป้งที่มีความสามารถให้ความหนืดได้ทันที มีการดูดซับน้ำได้มากและจับเชื่อมกับส่วนผสมอื่นๆ ได้ดี

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยนิยมบริโภคอาหารที่มีไขมันต่ำ แต่โดนัทเป็นอาหารที่ต้องทอดและจะมีการดูดซับน้ำมันระหว่างทอด ซึ่งสมบัติการดูดซับน้ำได้มากของแป้งพรีเจลาติไนซ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในสูตรการผลิตโดนัทเค้ก โดยมีสมมุติฐานว่าจะทำให้โดนัทเค้กมีการดูดซับน้ำมันน้อยลงกว่าเดิม

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตและใช้ประโยชน์จากการดัดแปรแป้งข้าวเจ้าโดยวิธีพรีเจลาติไนซ์ และศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวพรีเจลาติไนซ์ในการผลิตโดนัทเค้ก

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้า

นำแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสต่างกัน 2 ระดับ คือ อะมัยโลสปานกลางถึงค่อนข้างสูงและอะมัยโลสต่ำ (ตรานิวเกรดและตราบุษราคัมตามลำดับ) มาหาปริมาณอะมัยโลส (Juliano, 1971) ความชื้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2516) ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl และการเปลี่ยนแปลงความหนืดโดยใช้เครื่อง Brabender Visco - Amylograph (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535)

2. ผลของปริมาณอะมัยโลสต่อความแน่นเนื้อของโดนัทเค้ก

นำแป้งข้าวเจ้าทั้ง 2 ชนิดมาผลิตโดนัทเค้ก โดยใช้แป้งข้าวเจ้า 50% แทนที่แป้งสาลี เทียบกับโดนัทสูตรที่ใช้แป้งสาลีล้วน ตรวจสอบความแน่นเนื้อของโดนัทตามวิธีของ Shih et al. (2001) โดยใช้เครื่อง Instron รุ่น 4411 SN 2082 และใช้หัวกดแบบหัวเจาะ (puncture) กดตัวอย่างด้วยความเร็ว 100 มิลลิเมตรต่อนาที เป็นระยะทาง 80 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของตัวอย่าง

3. การผลิตและตรวจสอบสมบัติของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

นำแป้งข้าวเจ้าที่ได้รับการคัดเลือก มาผลิตแป้งพรีเจลาติไนซ์โดยเตรียมน้ำแป้งข้าวเจ้าเข้มข้น 40% (w/w) นำมาป้อนเข้าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ที่ปรับความดันไอน้ำ 40 lb/in^2 วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Full Factorial โดยแปรผันระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง (0.08 และ 0.25 มม.) และความเร็วรอบของลูกกลิ้ง (12 และ 18 rpm) ตรวจสอบลักษณะของผลิตภัณฑ์และผลผลิตของแต่ละสภาวะในการผลิตแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

นำแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ที่ได้ มาตรวจสอบคุณสมบัติ คือ ความชื้น (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2516) และตรวจสอบสมบัติของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ได้แก่ ดัชนีการดูดซับน้ำ (A.A.C.C, 1976) ดัชนีการละลายน้ำ (Anderson et al., 1969) การเปลี่ยนแปลงความหนืด และลักษณะโครงสร้าง ของเม็ดแป้งด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น NEO 1455 VP โดยใช้กำลังขยาย 500 เท่า

4. การออกแบบและคัดเลือกสูตรโดนัทในการทดลอง

การออกแบบสูตรโดนัทใช้วิธี Mixture design ซึ่งเป็นการทดลองหาส่วนผสมของสูตร โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของส่วนประกอบใด ส่วนประกอบที่เหลือในสูตรจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงด้วย และผลรวมของส่วนประกอบทั้งหมดต้องเท่ากับ 100% จากการทดลองเบื้องต้น (Preliminary experiment) ได้สูตรทั้งหมด 7 สูตร โดยใช้ช่วงของแป้งแต่ละชนิด คือ แป้งสาลี 40 - 60 %, แป้งข้าวเจ้า 30 - 40 %, และแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ 10 - 20 % โดยที่สูตรที่ 1 - 7 มีอัตราส่วนของแป้ง 3 ชนิด คือ แป้งสาลี: แป้งข้าวเจ้า: แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ดังนี้ คือ 60 : 30 : 10, 50 : 40 : 10, 40 : 40 : 20, 50 : 30 : 20, 50 : 35 : 15, 45 : 40 : 15, และ 55 : 30 : 15 ตามลำดับ ทำการทอดโดนัท โดยใช้กะทะทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ใช้อุณหภูมิในการทอดประมาณ 175 °C เวลาประมาณ 45 วินาที สำหรับการทอดแต่ละด้านของโดนัท จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรโดนัท โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9 point-hedonic scale โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 15 คน และเปรียบเทียบปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมัน คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดมา 1 สูตร จากนั้นทดสอบความชอบของผู้บริโภค จำนวน 50 คน โดยวิธีทดสอบความชอบตัวอย่างคู่ (Paired Preference Test) เทียบกับโดนัทเค้กสูตรมาตรฐานที่ทำจากจากแป้งสาลี 100% โดยที่ผู้ทดสอบต้องตอบว่าตนเองชอบตัวอย่างใดมากกว่ากัน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ใช้ Analysis of variance และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT สำหรับตัวแปรที่มีค่า Significant F - Values ($P<0.05$)

ในการวิเคราะห์ผลของการทดสอบความชอบของตัวอย่างคู่ อ่านผลจากตารางตามวิธีของ O' Mahony (1985)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้า

ในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและปริมาณโปรตีนของแป้งข้าวเจ้า 2 ชนิด ปรากฏว่ามีปริมาณความชื้นและโปรตีนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังตาราง 1

ตาราง 1 สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลส 15% และ 24%

แป้งข้าวเจ้า	อะมัยโลส (% dry wt.)	ความชื้น (%)	โปรตีน (%)
อะมัยโลสต่ำ	15	11.3[a]	6.8 [a]
อะมัยโลสปานกลางถึงสูง	24	11.2 [a]	7.3 [a]

*ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแถวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

การศึกษาสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อให้ความร้อนทำโดยเครื่อง Brabender Visco - Amylograph นำค่าที่อ่านได้จากบันทึกกราฟมาสร้างเป็นตาราง ดังแสดงในตาราง 2 พบว่าแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลส 15% และ 24% มีอุณหภูมิเจลาติไนซ์เซชัน (GT) 82.5°C และ 85.5°C ตามลำดับ ค่า GT มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ข้าวที่มี GT สูงต้องใช้เวลาหุงต้มนานกว่าข้าวที่มี GT ต่ำ (งามชื่น, 2532) หลังจากเกิดการเจลาติไนซ์เซชันแล้ว เม็ดแป้งจะพองตัวทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยค่าความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลส 15% และ 24% คือ 159 และ127 ตามลำดับ แสดงว่าแป้งข้าวเจ้าปริมาณอะมัยโลส 15% พองตัวได้ดีกว่าแป้งข้าวเจ้าปริมาณอะมัยโลส 24% ความหนืดที่อุณหภูมิ 50°C ของแป้งข้าวเจ้าปริมาณอะมัยโลส 15% และ 24% มีค่าเท่ากับ 427 และ 322 ตามลำดับ การลดอุณหภูมิที่ 50°C แสดงให้เห็นถึงสมบัติการเกิดการคืนตัวของสตาร์ช (retrogradation) การคำนวณหาค่าการคืนตัว (set back) คือ ความหนืดที่ 50°C ลบด้วยความหนืดสูงสุด ปรากฏว่าแป้งที่มีการคืนตัวต่ำคือแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลส 24% ซึ่งมีค่าการคืนตัวเท่ากับ +195 ส่วนแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลส 15% จะมีค่าการคืนตัวสูงถึง +268

ตาราง 2 การเปลี่ยนแปลงความหนืดเมื่อได้รับความร้อนของแป้งข้าวเจ้าที่มีอะมัยโลสต่างกัน

% อะมัยโลสใน แป้งข้าวเจ้า	Gelatinization Temperature (°C)	ความหนืดสูงสุด (BU)	ความหนืดที่ 50 °C (BU)	การคืนตัว (BU)
15	82.5	159	427	+268
24	85.5	127	322	+195

BU = Brabender Unit

2. ผลของปริมาณอะมัยโลสต่อความแน่นเนื้อของโดนัทเค้ก

ตาราง 3 แสดงความแน่นเนื้อของโดนัทที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วนและแทนที่บางส่วนด้วยแป้งข้าวเจ้า จากตาราง การใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลส 15% และ 24% ให้ค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับโดนัทเค้กสูตรควบคุม

จากผลการทดลองทั้งสองขั้นตอน จึงเลือกแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสสูง (24%) ไปใช้ในการทดลองต่อไป เนื่องจากให้ค่าการคืนตัวต่ำ (ค่าการคืนตัวสูงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อในแน่นแข็งและเปลือกนอกเหนียว) และแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสสูงสามารถดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสต่ำ (Deobald, 1972; Pomeranz, 1971) ดังนั้น จึงช่วยลดการอมน้ำมันของโดนัท นอกจากนี้แป้งข้าวเจ้าทางการค้าส่วนใหญ่จะมีอะมัยโลส ปานกลางถึงสูงจึงหาซื้อได้สะดวกกว่าแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสต่ำที่ให้ผลที่คล้ายกัน

ตาราง 3 ความแน่นเนื้อของโดนัทเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีและโดนัทเค้กที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า

ตัวอย่าง	ความแน่นเนื้อ (kg-f)
โดนัทเค้กที่ทำจากแป้งสาลี 100 % (สูตรควบคุม)	4.4 [a]
โดนัทเค้กที่แทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าอะมัยโลสต่ำ	4.6 [a]
โดนัทเค้กที่แทนที่แป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าอะมัยโลสสูง	4.7 [a]

*ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแถวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3. ผลของการผลิตและสมบัติของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

3.1 ผลของการผลิตแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ เป็นดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลของความเร็วรอบและช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งต่อลักษณะแผ่นแป้ง และปริมาณผลผลิตของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

สภาวะที่	ความเร็วรอบ (rpm)	ระยะห่างลูกกลิ้ง (มม.)	ลักษณะแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์	ผลผลิต (%)
1	18	0.08	ได้แผ่นแป้งที่ไม่แห้งสนิท แผ่นแป้งมีความเหนียวเล็กน้อย	78
2	18	0.25	ได้แผ่นแป้งที่ไม่แห้งสนิท แผ่นแป้งมีความเหนียวมากกว่าที่สภาวะที่ 1	71
3	12	0.08	ได้แผ่นแป้งที่แห้ง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นแผ่นสมบูรณ์ เนื่องจากมีแป้งบางส่วนหลุดออกมาเป็นลักษณะป่น	80
4	12	0.25	ได้แผ่นแป้งที่แห้ง มีความเรียบและเป็นแผ่นค่อนข้างสมบูรณ์	88

จากตาราง 4 พบว่า ที่สภาวะที่ 1 และสภาวะที่ 2 ให้แผ่นแป้งที่ไม่แห้งสนิท และในการบดเป็นแป้งจำเป็นต้องทิ้งส่วนที่ไม่แห้งสนิท ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ทั้งนี้ เนื่องจากความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 18 รอบต่อนาที มีอัตราเร็วมากเมื่อเทียบกับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 0.08 และ 0.25 มิลลิเมตร ทำให้แผ่นแป้งทั้ง 2 สภาวะ คงมีความชื้นอยู่ ได้แผ่นแป้งหนาเกินไปทำให้ใบมีดทำงานไม่สะดวก และผิวหน้าแผ่นแป้งจะไม่เรียบ แต่เมื่อปรับสภาวะความเร็วรอบของลูกกลิ้งให้ช้าลงเป็น 12 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.08 มิลลิเมตร ทำให้แผ่นแป้งได้รับความร้อนมากไป จึงได้แผ่นแป้งที่บางเปราะ แตกหักง่าย จึงเกิดเป็นการสูญเสียเช่นกัน ส่วนความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 12 รอบต่อนาที และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.25 ได้แผ่นแป้งที่แห้งดี และได้ผลผลิตของแป้งพรีเจลาติไนซ์ที่สูงที่สุด ดังนั้น จึงเลือกใช้สภาวะการผลิตแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์จากการทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ดังนี้ คือ น้ำแป้งข้าวเจ้า เข้มข้นร้อยละ 40 ความดันไอน้ำ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 12 รอบต่อนาที และช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.25 มิลลิเมตร จากนั้นนำแผ่นแป้งมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช จัดเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

3.2 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

3.2.1 ความชื้น ดัชนีการดูดซับน้ำ และดัชนีการละลายน้ำ

ดัชนีการละลายน้ำ หมายถึง ร้อยละของตะกอนที่ได้จากการนำส่วนใสหลังจากการหมุนเหวี่ยงไประเหยให้แห้ง ส่วนดัชนีการดูดซับน้ำ คิดจากน้ำหนักของเจลต่อกรัมของตัวอย่างแห้ง จากตาราง 5 พบว่า แป้งข้าวเจ้าที่ไม่ได้ดัดแปร มีดัชนีการดูดซับน้ำและดัชนีการละลายน้ำต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ โดยมีค่าดังกล่าว 2.5 g/g dry wt. และ 2.2% ตามลำดับ สำหรับแป้งข้าวเจ้าและ 13 g/g dry wt และ 4.2% สำหรับแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ทั้งที่เนื่องจากโมเลกุลของแป้งข้าวเจ้าที่ไม่ได้ดัดแปร จับตัวกันแน่นด้วยพันธะไฮโดรเจน เป็นผลให้แป้งข้าวเจ้าที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปรละลายน้ำและสามารถพองตัวในน้ำเย็นได้เล็กน้อย (อรพิน, 2533)

ตาราง 5 ความชื้น ดัชนีการดูดซับน้ำและดัชนีการละลายน้ำของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	ดัชนีการดูดซับน้ำ (กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	ดัชนีการละลายน้ำ (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแห้ง)
แป้งข้าวเจ้า	11.2	2.5	2.2
แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์	7.6	13.0	4.2

3.2.2 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ แสดงในตาราง 6 พบว่า แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ มี GT 85.5°C และ 72.4°C ตามลำดับ ซึ่งแป้งข้าวเจ้ามี GT สูงกว่าแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ เนื่องจากแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์เป็นแป้งดัดแปรทางกายภาพที่ทำโดยให้ความร้อนแก่แป้ง ทำให้แป้งสุกหรือเกิดการเจลาติไนซ์ผ่านความร้อนมาแล้วรอบหนึ่ง จึงทำให้มี GT ต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้า (กล้าณรงค์และเกื้อกูล 2543) หลังจากเกิดการเจลาติไนเซชันแล้ว เม็ดแป้งจะพองตัวทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยค่าความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ คือ 127 และ 172 ตามลำดับ เนื่องมาจากเม็ดแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์เมื่อได้รับความร้อนจะดูดซับน้ำได้มากและพองตัวสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษของแป้งที่ผ่านการดัดแปร

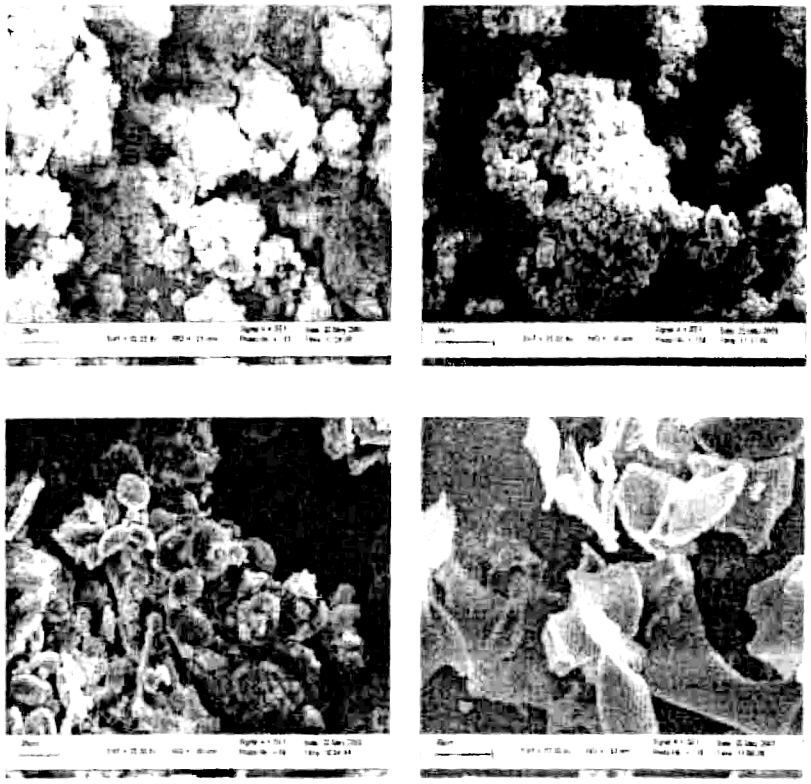
ตาราง 6 ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์เทียบกับแป้งข้าวเจ้า

ตัวอย่าง	อุณหภูมิเจลาติไนเซชัน (°ซ) สูงสุด	ความหนืด (BU)	ความหนืดที่ 50°ซ (BU)	การคืนตัว (BU)
แป้งข้าวเจ้า	85.5	127	322	+195
แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์	72.4	172	333	+161

BU = Brabender Unit

3.2.3 ลักษณะเฉพาะของเม็ดแป้ง

ภาพ 1 แสดงลักษณะของแป้งชนิดต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาโดยใช้ Scanning Electron Microscope พบว่า แป้งข้าวสาลี มีขนาดเม็ดแป้งใหญ่ มน กลม และรี ปนกับเม็ดแป้งขนาดเล็ก กลม ทั้งยังเห็นสารเกาะเกี่ยวเม็ดแป้งอื่นๆ เช่น โปรตีนและไขมัน อยู่มากกว่าในแป้งชนิดอื่น แป้งข้าวเจ้าที่มีอะมัยโลสสูงและต่ำ มีเม็ดแป้งขนาดเล็กมาก รูปร่างเป็นเหลี่ยม ส่วนแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ มีขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน เป็นแผ่นเนื่องมาจากการดัดแปรแป้งทางกายภาพโดยวิธีพรีเจลาติไนซ์ทำให้เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนแปลงจากรูปร่างกลม มีลักษณะเป็นแผ่นที่มีขนาดและรูปร่างต่างกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพดังกล่าวส่งผลต่อสมบัติต่างๆ เช่น ความหนืดและรวมถึงความสามารถในการดูดซับน้ำและการละลายน้ำดังที่กล่าวไปแล้ว



ภาพ 1. ภาพขยาย 500 เท่าของลักษณะของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ

ภาพบนซ้าย: แป้งข้าวเจ้าอะมัยโลส 15%, ภาพบนขวา: แป้งข้าวเจ้าอะมัยโลส 24%,

ภาพล่างซ้าย : แป้งสาลี , ภาพล่างขวา: แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไซ์

4. ผลออกแบบและคัดเลือกสูตรโดนัทเค้ก

การวางแผนการทดลองแบบ Mixture design ได้สูตรการผลิต 7 สูตร ผลการการเปรียบเทียบโดนัทเค้กที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์แทนที่แป้งสาลีบางส่วนด้านประสาทสัมผัสและปริมาณโปรตีน ความชื้นและไขมัน แสดงในตาราง 7 - 8

จากตาราง 7 ด้านกลิ่น พบว่าทุกสูตรได้รับระดับความชอบที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านลักษณะเซลล์อากาศและรสชาติ สูตร 7 ได้คะแนนมากที่สุด ด้านเนื้อสัมผัส พบว่าสูตร 7 ได้คะแนนสูงสุด และไม่แตกต่างจากสูตร 1, 2, 3, 5 และ 6

ในทำนองเดียวกันด้านการยอมรับรวม พบว่า สูตร 7 เป็นสูตรที่ได้รับความชอบรวมแตกต่างจากสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)มีคะแนนการยอมรับรวมสูงสุด คือ 7.20

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเพิ่มและลดสัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิด พบว่า คะแนนเฉลี่ยความชอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสาลี (w) และเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ (P) จาก 10% ขึ้นเป็น 15% ในทางตรงกันข้าม การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้า (R) จาก 30% ไปใกล้ 40% และเพิ่มปริมาณ P จาก 15% เป็น 20% จะทำให้คะแนนเฉลี่ยความชอบมีแนวโน้มลดลง จะเห็นได้ว่าปริมาณที่พอเหมาะสำหรับ W, R, และ P คือ ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง, ต่ำ, และปานกลาง ตามลำดับ ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ประกอบกับผลของแนวโน้มการเพิ่มและลดสัดส่วนของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด จึงคัดเลือกสูตร 7 ที่มีอัตราส่วนของ W: R: P เป็น 55 : 30 : 15 เป็นสูตรที่ดีที่สุดและทำการทดลองต่อไป

ตาราง 7 ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของโดนัทเค้กที่ผลิตโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์แทนที่แป้งสาลีบางส่วน

สูตร	Wheat: Rice: Pregel (W: R: P)	คะแนนเฉลี่ยความชอบ				
		ลักษณะเซลล์อากาศ	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	การยอมรับรวม
1	60 : 30 : 10	6.1 ^{ab}	6.6 ^{a}	5.8 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.3 ^{b}
2	50 : 40 : 10	6.2 ^{ab}	5.9 ^{a}	6.0 ^{ab}	6.6 ^{ab}	6.2 ^{b}
3	40 : 40 : 20	5.7 ^{b}	6.1 ^{a}	5.7 ^{ab}	5.9 ^{b}	6.1 ^{b}
4	50 : 30 : 20	5.3 ^{b}	6.4 ^{a}	5.5 ^{b}	6.1 ^{ab}	6.5 ^{b}
5	50 : 35 : 15	6.6 ^{ab}	6.1 ^{a}	6.3 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.9 ^{b}
6	45 : 40 : 15	5.8 ^{b}	6.7 ^{a}	5.9 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.7 ^{b}
7	55 : 30 : 15	7.2 ^{a}	7.0 ^{a}	7.0 ^{a}	7.3 ^{a}	7.2 ^{a}

*ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแถวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 8 ผลของการแทนที่ด้วยแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ ต่อปริมาณโปรตีน ความชื้น และปริมาณไขมันของโดนัทเค้ก เปรียบเทียบกับโดนัทเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วน

สูตรที่	W : R : P	โปรตีน (%)	ความชื้น (%)	ปริมาณไขมัน (%)
1	60 : 30 : 10	4.6 ^{b}	25.8 ^{b}	18.3 ^{b}
2	50 : 40 : 10	4.5 ^{b}	25.5 ^{b}	18.4 ^{b}
3	40 : 40 : 20	4.1 ^{e}	28.7 ^{a}	13.8 ^{e}
4	50 : 30 : 20	4.1 ^{de}	28.3 ^{a}	13.3 ^{e}
5	50 : 35 : 15	4.1 ^{cde}	28.4 ^{a}	15.4 ^{cd}
6	45 : 40 : 15	4.2 ^{cd}	28.7 ^{a}	15.9 ^{c}
7	55 : 30 : 15	4.2 ^{c}	28.7 ^{a}	15.0 ^{d}
8	100 : 0 : 0	5.7 ^{a}	21.5 ^{c}	19.4 ^{a}

*ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแถวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากตาราง 8 โดนัทเค้กสูตร 3 มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด อาจเนื่องมาจากมีแป้งสาลีในปริมาณต่ำที่สุด โดนัทที่ผลิตจากแป้งสาลี 100% มีปริมาณโปรตีนสูงสุด และสูงกว่าสูตรทดลองทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)เนื่องมาจากแป้งข้าวสาลีมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า

ผลการวิเคราะห์ความชื้น พบว่าโดนัทเค้กที่มีผลิตจากแป้งสาลี 100 % มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 21.45% และต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตรการทดลองทุกสูตร สูตร 3 , 4 , 5 , 6 และ 7 มีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)และมีปริมาณความชื้นสูงสุด อาจเนื่องมาจากมีการแทนที่ด้วยแป้งพรีเจลาติไนซ์ในปริมาณที่สูงจึงทำให้มีการดูดซับน้ำไว้ในระดับที่มากกว่าการแทนที่แป้งพรีเจลาติไนซ์ในระดับที่ต่ำกว่า

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในโดนัทเค้ก พบว่า โดนัทเค้กทุกสูตรที่ทำการทดลอง (สูตร 1 ถึง 7) มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม (สูตร 8) ที่ทำจากแป้งสาลี 100% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ มีผลต่อการลดการดูดซับน้ำมันได้อย่างมีนัยสำคัญ เป็นที่น่าสังเกตว่า ความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมัน (Shih et al., 2001) ยิ่งมีการแทนที่ด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ในอัตราที่สูง จะมีผลทำให้มีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์นั้นสูงขึ้น เกิดจากการดูดซับน้ำมากขึ้นในส่วนผสมของโด(dough) ทำให้มีการแทนที่น้ำมันเวลาทอด จึงทำให้โดนัทเค้กมีปริมาณไขมันต่ำกว่าโดนัทเค้กที่ไม่มีการแทนที่ด้วยแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์

ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลในตาราง 7 และ 8 สูตรที่ได้รับการคัดเลือก คือ สูตร 7 ซึ่งมีอัตราส่วนของแป้งสาลี : แป้งข้าวเจ้า : แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ เท่ากับ 55 : 30 :15 และมีไขมันลดลงจากสูตร

ควบคุมถึง 22.6% ซึ่งต่ำกว่าไขมันในโดนัทเค้กที่ทำจากแป้งสาลีล้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ถึงแม้ว่าสูตรที่ได้รับการคัดเลือกไม่ได้มีปริมาณไขมันต่ำสุด แต่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบมากที่สุด เพราะสูตรที่มีปริมาณไขมันต่ำสุด (สูตร 3 และ 4) พบว่ามีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดีและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ดังนั้น จึงศึกษาเปรียบเทียบความชอบแบบตัวอย่างคู่ของผู้ทดสอบที่มีต่อโดนัทเค้กสูตรควบคุมและโดนัทเค้กที่ผลิตขึ้นดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 ผลการทดสอบความชอบแบบตัวอย่างคู่

ผลการทดสอบ	จำนวนผู้ตอบ (คน)
ชอบโดนัทเค้กสูตรที่ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนมากกว่า	30
ชอบโดนัทเค้กสูตรควบคุมมากกว่า	20

หมายเหตุ จำนวนผู้ทดสอบ 50 คน

จากความเห็นของผู้ทดสอบ พบว่า เหตุผลที่ผู้ทดสอบชอบตัวอย่างโดนัทเค้กสูตรที่ผลิตขึ้น เนื่องจากเนื้อสัมผัสของโดนัทมีความนุ่มและยืดหยุ่นกว่าโดนัทเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วน อย่างไรก็ตาม โดนัทที่ผลิตจากแป้งสาลีล้วน จะมีกลิ่นหอมของแป้งมากกว่า

จาก O' Mahony (1985)จำนวนตัวเลขที่น้อยที่สุดที่แสดงความชอบที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับจำนวนผู้ทดสอบ 50 คน คือ 33 แต่ผลการทดลอง ได้ค่าเพียง 30 ดังนั้นผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโดนัทเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลี 100% และโดนัทเค้กที่ผลิตขึ้นนั้น ผู้ทดสอบมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปผลการทดลอง

แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสร้อยละ 24 ได้รับการเลือกเพื่อไปใช้ในการทดลองผลิตแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์และแทนที่แป้งสาลีบางส่วนในการผลิตโดนัทเค้ก เนื่องจากให้ค่าการคืนตัวต่ำและดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะมัยโลสต่ำ รวมถึงหาได้ง่ายในท้องตลาด

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ คือ น้ำแป้งเข้มข้น 40% ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.25 นิ้ว ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 12 rpm โดยได้แป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ที่มีคุณสมบัติการดูดซับน้ำได้ดี จึงมีผลทำให้มีการดูดซับน้ำมันได้น้อย จึงเป็นทางเลือกต่อผู้บริโภคอีกทางหนึ่งในการนำมาทดแทนแป้งสาลีในสูตรการผลิตโดนัทเค้ก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันน้อยลง

สูตรที่ได้รับการคัดเลือก คือสูตรที่มีอัตราส่วนแป้งสาลี: แป้งข้าวเจ้า: แป้งพรีเจลาติไนซ์ เท่ากับ 55 : 30 : 15 เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ส่วนใหญ่มากที่สุด โดยผู้ทดสอบมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับโดนัทสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าโดนัทเค้กสูตรที่ผลิตขึ้น มีปริมาณไขมันต่ำกว่าโดนัทเค้กสูตรควบคุม ถึง 22.6% ดังนั้น โดนัทที่ผลิตขึ้นน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งของกลุ่มผู้บริโภค ที่นิยมรับประทานโดนัทแต่มีความใส่ใจในด้านสุขภาพ และต้องการลดการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาการใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเจ้าพรีเจลาติไนซ์ทดแทนแป้งสาลีและลดการดูดซับน้ำมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรีชนิดอื่น ๆ เช่น เค้ก เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคให้มีทางเลือกมากขึ้น

บรรณานุกรม

กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. เอกสาร มอก. ที่ 1073 - 2535. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2535.

กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง. เอกสาร มอก. ที่ 274 - 2521. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2521.

กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง. เอกสาร มอก. ที่ 52 - 2516. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, 2516.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. (พิมพ์ครั้งที่ 2) สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 2543.

งามชื่น คงเสรี. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. การประชุมวิชาการโภชนาการ : ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ 13-15 ธันวาคม 2532. สถาบันวิจัยโภชนาการ, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ, 2532.

อรพิน ภูมิภมร. เทคโนโลยีของแป้ง : เคมีของแป้งและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์จากแป้งบางชนิดที่ผลิตในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2533. หน้า 212.

A.A.C.C.. Approved Methods of the A.A.C.C. Vol. I - II, American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota., 1976.

Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., and Griffin, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. Cereal Sci. Today, 14(1), pp. 4 - 12, 1969.

Deobald, H. J. The rice carbohydrate and its composition. In D. F. Houston (ed.). Rice: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, pp.16-27, 1972.

Juliano, B. O. A. Simplified assay for milled - rice amylose. Cereal Sci. Today, 16(10), pp. 334 -360, 1971.

O' Mahony, M. Sensory Evaluation of Food: Statistical Methods and Procedures. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, p.412, 1985.

Pomeranz, Y. Wheat Chemistry and Technology. American Accociaion of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, p. 821, 1971.

Shih, F. F., Daigle, K. W., and Clawson, E. L. Development of low oil-uptake donuts. J. Food Sci. 66 (1), pp. 141-144, 2001.