

Research Article

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสะเกษ

Product development of massaman flavored sangyod rice

(*Oryza sativa* L.) spread

สุทธาทิพย์ คงกัน, อรวรรณ อูปถัมภ์นันท์ *

Suthatip Kongkan, Orawan Oupathumpanont *

สาขาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110
ประเทศไทย

Department of Home Economics Technology, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi 12110, Thailand

*E-mail: orawan_o@rmutt.ac.th

Received: 15/03/2022; Revised: 19/07/2022; Accepted: 17/08/2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดศรีสะเกษ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง บัญชีที่ศึกษา คือ อุณหภูมิของลูกกลิ้งแปรเป็น 3 ระดับ คือ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส และอัตราการหมุนของลูกกลิ้ง แปรเป็น 2 ระดับ คือ 1 และ 2 รอบต่อนาที วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสะเกษ โดยแปรปริมาณสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดศรีสะเกษ ร้อยละ 30 และ 40 ปริมาณพริกแกงมัสมั่นร้อยละ 20, 25 และ 30 และปริมาณเนยสดร้อยละ 10 และ 20 จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดศรีสะเกษ คือ อุณหภูมิลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาที ซึ่งลักษณะของแป้งศรีสะเกษที่ได้จะหลุดร่อนออกจากผิวหน้าลูกกลิ้งได้ดี และมีค่าความหนืดสุดท้ายกับค่าการคืนตัวที่มีค่าต่ำ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์สเปรดมีการป้ายทาที่ง่ายกว่าแป้งศรีสะเกษในสภาวะอื่น สูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสะเกษ คือ สารละลายแป้งข้าวสังข์หยดศรีสะเกษร้อยละ 30 พริกแกงมัสมั่นร้อยละ 20 และเนยสดร้อยละ 10 ซึ่งมีค่าการป้ายทาที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับผลิตภัณฑ์เนยถั่ว (สูตรควบคุม) ผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสะเกษที่พัฒนาได้มีใยอาหาร 3.91 กรัม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 45.18 mg/eq (Trolox) และเมื่อนำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า มีค่าความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: สเปรด, ข้าวสังข์หยด, ศรีสะเกษ, เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

Abstract

The objective of this research was to investigate the optimum conditions for producing Sangyod pregelatinized rice flour by using a twin drum dryer. This study explored factors, namely: temperature levels of a twin drum dryer adjusted into three levels: 120, 130 and 140 degrees Celsius and the rotational speed adjusted into 2 levels: 1 and 2 rpm. Factorial CRD was used as research design to study the optimal recipe of Massaman Flavored Sangyod Rice Spread. The content of Sangyod pregelatinized rice flour solution was adjusted to be 30% and 40% with 20, 25% and 30% of Massaman curry paste and 10 and 20% of fresh butter. Later, the physical, chemical and consumer acceptance were tested. The testing results indicated that the optimum conditions for producing Sangyod pregelatinized rice flour were a twin drum dryer's temperature of 140 degrees Celsius with 1 rpm. Under these conditions, obtained Sangyod pregelatinized rice flour were slipped off the surface of the dryer very well with low final viscosity and recovery values. The obtained spread products were more easily applied than pregelatinized flours under other conditions. Furthermore, the optimal recipe of Massaman Flavored Sangyod Rice Spread was the ingredients of 30% Sangyod pregelatinized rice flour solution, 20% Massaman curry paste and 10% fresh butter content. There were no statistically significant differences in the spreadability ($p>0.05$) between the obtained product and the peanut butter product (control) with 3.91 gram of dietary fiber and antioxidant activity by DPPH of 45.18 mg / eq (Trolox). When consumer acceptance was tested, it was found that the overall preference was at a moderate level.

Key word : Spread, Sangyod Rice, Pregelatinized, Twin drum dryer

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทยและภูมิภาคเอเชีย โดยประเทศไทยเป็นอันดับต้นๆ ที่ส่งออกจำหน่ายในตลาดโลก ทั้งในรูปของข้าวเปลือกและข้าวสาร (Phosanam, 2006) โดยการส่งออกข้าวของไทยในปี 2559 - 2560 จำนวน 10 ล้านตัน ปี 2560 - 2561 จำนวน 10.5 ล้านตัน และปี 2561 - 2562 จำนวน 11 ล้านตัน (Hunnak, 2020) ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวโดยใช้วัตถุดิบในรูปข้าวกล้อง ข้าวกล้องงอก ข้าวขาว ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว เพื่อตอบสนองต่อการบริโภค ทั้งในรูปของอาหารสำเร็จรูป กึ่งสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน หรือพร้อมปรุง และในรูปของส่วนผสมประกอบเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อาหารเพื่อสุขภาพ และความงาม กระจก ยาและเครื่องสำอาง โดยมีแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรมที่สอดคล้องกับกระแสความต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศอีกด้วย (Trakoolchokumnuay, 2015) ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของภาคใต้ เป็นข้าวเจ้าพื้นเมืองพันธุ์เบา เมล็ดเรียวยาว มีสีข้าวปนแดง เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง เมื่อหุงสุกจะมีความนุ่มมากและยังคงนุ่มอยู่เมื่อเย็นตัวลง มีคุณค่าทางสารอาหารสูง โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ แกมมา โอริซานอล และกาบา มีประโยชน์ในการชะลอความแก่ และป้องกันการเกิดโรคหลายชนิด อีกทั้งยังมีใยอาหารและวิตามินบี ซึ่งมีประโยชน์ในด้านการขับถ่ายและช่วยป้องกันโรคเหน็บชา จึงนับได้ว่าข้าวสังข์หยดพัทลุงเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางภูมิปัญญาและคุณค่าทางโภชนาการอย่างสูง ซึ่งในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านเขากลาง ปี พ.ศ. 2562 มีการปลูกข้าวสังข์หยดที่ขยายตัวได้ประมาณ 5% แต่ในปี พ.ศ. 2562-2563 มีการปลูกข้าวสังข์หยดที่เติบโตและขยายตัวมากที่สุดประมาณ 20% ทั้งนี้ ปริมาณข้าวสังข์หยดที่ปลูกได้ยังไม่พอกับความต้องการของตลาด เพราะตอนนี้

มีการนำข้าวสังข์หยดไปเป็นส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพประมาณกว่า 200 ผลิตภัณฑ์ เช่น ผสมในการผลิตเห็ดถั่งเช่าสีทอง และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกมากมาย ดังนั้นชาวนาต้องปรับตัวปลูกข้าวสังข์หยด เพิ่มลำดับมูลค่าเพิ่มจนเป็นข้าว

อินทรีย์จีไอ เพราะตลาดทั้งในและต่างประเทศยังมีความต้องการสูงมาก ซึ่งในปัจจุบันศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้ดำเนินการเสนอคำขอขึ้นทะเบียนเป็นสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ข้าวจีไอ : GI (Geographical Indications) ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2546 โดยใช้ชื่อว่า “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง” (Wattanakul., et al. 2013; Kannuch, 2010)

ผลิตภัณฑ์สเปรด เป็นผลิตภัณฑ์ผสมกึ่งแข็งที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม สามารถปายทาได้ มีกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด สำหรับใช้ทาบนอาหาร เช่น ขนมปัง หรือแครกเกอร์ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรดออกมาหลากหลายรูปแบบ เช่น แยม (jam) เนยถั่วลิสง (peanut butter) (Charoenphun, 2009) ผลิตภัณฑ์สเปรด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเนยหรือมาการีน เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการลดการบริโภคไขมัน (Chairasop, 2004)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตสเปรดข้าวสังข์หยดรสสมัน ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ข้าวสังข์หยด และเพิ่มความหลากหลายในการแปรรูปผลิตภัณฑ์สเปรดให้มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ไทย อีกทั้งศึกษาสมบัติด้านกายภาพ โภชนาการ จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภค เป็นผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

วิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

แป้งข้าวสังข์หยด ตราเขากวาง (อำเภอควนขนุน, จังหวัดพัทลุง) เนยสด ตราอลาเว่ (ร้านสะดวกซื้อ) พริกแกงมัสมั่นสำเร็จรูป ตราโลโบ (ร้านสะดวกซื้อ) น้ำตาลพาลาติน ตราพาลาติน (Palatyn) (บริษัท อีทเวลล์ จำกัด, กรุงเทพฯ)

2. ศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของแป้งข้าวสังข์หยด

ปริมาณเส้นใย (AOAC, 1990) ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990) ความชื้น โดยใช้เครื่อง Halogen Moisture Analyzer (รุ่น HB 43-S Halogen, ประเทศสหรัฐอเมริกา) Water activity (a_w) โดยใช้เครื่อง AquaLab Lite (รุ่น CX3 TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ค่าสี โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (รุ่น Colorflex EZ, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดไนซ์ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.เอส.เอ.21, จังหวัดปทุมธานี)

โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิของลูกกลิ้งแปรเป็น 3 ระดับ คือ 120, 130 และ 140 องศาเซลเซียส และอัตราการหมุนของลูกกลิ้งแปรเป็น 2 ระดับ คือ 1 และ 2 รอบต่อนาที โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD (Completely Randomized Design) จากนั้นทำการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดไนซ์ โดยนำแป้งข้าวสังข์หยดที่ทำการศึกษาคูณภาพทางเคมีและทางกายภาพแล้ว มาละลายน้ำแป้งที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก นำไปพรีเจลไดไนซ์ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ตามสภาวะที่กำหนด จะได้แผ่นข้าวสังข์หยดพรีเจลไดไนซ์และนำไปอบคั่วให้ละเอียด จากนั้นนำแผ่นข้าวสังข์หยดพรีเจลไดไนซ์ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ Water activity (a_w) ความชื้น ความหนืดของแป้ง โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Amylograph (รุ่น RVA 4500, ประเทศสหรัฐอเมริกา) (Newport Scientific Method, 1997) และกำลังการพองตัวและดัชนีการละลายน้ำ (Rungruangaree, 1998; Li & Yeh, 2001)

4. ศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดรสสมัน

โดยปัจจัยที่ศึกษามี 3 ปัจจัย คือ สารละลายแป้งข้าวสาลีหอยคัพรีเจลาไดโนซ์ ร้อยละ 30 และ 40 ปริมาณพริกแกงมัสมั่น ร้อยละ 20, 25 และ 30 และปริมาณเนยสดร้อยละ 10 และ 20 โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD (Completely Randomized Design) จากนั้นทำการผลิตผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสาลีหอยคัพรีเจลาไดโนซ์ โดยการผลิตพริกแกงมัสมั่นที่อุณหภูมิ

80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที พักไว้จนถึงอุณหภูมิห้อง ตีเนยสดด้วยเครื่องผสมอาหารด้วยความเร็วระดับ 5 เป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้เนยแตกตัว นำพริกแกงมัสมั่นที่พักไว้ ผสมกับเนยสดและสารให้ความหวานพาลาทีน ด้วยความเร็วระดับ 1 ให้เข้ากันเป็นเวลา 3 นาที เติมน้ำตาลทรายแป้งข้าวสาลีหอยคัพรีเจลาไดโนซ์ ตีให้เข้ากันอีกครั้งเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นบรรจุใส่ขวดแก้วฝาเกลียวที่ล้างทำความสะอาด และผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสาลีหอยคัพรีเจลาไดโนซ์ ไปพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA.TX Plus Extended Height, ประเทศอังกฤษ) โดยการบรรจุตัวอย่างประมาณ 2.5 เซนติเมตรในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตรสูง 2.5 เซนติเมตร วางถ้วยพลาสติกบนแท่นวางตัวอย่าง วัดเนื้อสัมผัสด้วยหัววัดแบบกรวย (cone probe) ขนาดมุม 60 องศาความเร็วขณะวัด 3 มิลลิเมตรต่อวินาที (Charoenphun, 2009) Water activity (a_w) และค่าสี คัดเลือกสูตรที่มีค่าความคงตัวทางสถิติที่ไม่แตกต่างกับสเปรดตามท้องตลาด (control) โดยทำการคัดเลือกให้เหลือ 4 สูตร จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรโดยทำการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้สอบถามทางความชอบด้านลักษณะปรากฏ ด้านกลิ่นพริกแกงมัสมั่น ด้านกลิ่นรสพริกแกงมัสมั่น ด้านรสเผ็ด ด้านรสหวาน ด้านความง่ายในการสเปรด และด้านความชอบโดยรวม ให้คะแนนด้วยวิธี 9-Point hedonic scale

5. ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสาลีหอยคัพรีเจลาไดโนซ์

5.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ Water activity (a_w) และค่าสี

5.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน (AOAC, 2019) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2019) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Nutrition Labeling, 1993) ปริมาณเส้นใย (AOAC, 2019) ปริมาณเถ้า (AOAC, 2019) ความชื้น (AOAC, 2019) ความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง Professional Benchtop pH Meter (รุ่น BP3001, ประเทศสิงคโปร์) ความหืนโดยการหา Thiobarbituric Acid Number (TBA) (The Chemical Analysis of Food, 1976) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (DPPH Method) จุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2019) ยีสต์และรา (AOAC, 2019)

5.3 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ทำการศึกษารับรองของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสาลีหอยคัพรีเจลาไดโนซ์ ที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปี ขึ้นไป จำนวน 100 คน ในพื้นที่ตำบลคลองหก อำเภอลำลูกหลวง จังหวัดปทุมธานี ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยสอบถามความชอบด้านลักษณะปรากฏ ด้านกลิ่นพริกแกงมัสมั่น ด้านกลิ่นรสพริกแกงมัสมั่น ด้านรสเผ็ด ด้านรสหวาน ด้านความง่ายในการสเปรด และด้านความชอบโดยรวม ให้คะแนนด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาแนวความคิดของผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรด

จากกลุ่มตัวอย่าง เป็นกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 150 คน มีอายุตั้งแต่ 16 ปีขึ้นไป ในพื้นที่ตำบลคลองหก อำเภอลำลูกหลวง จังหวัดปทุมธานี พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานผลิตภัณฑ์สเปรดกับขนมปัง เนื่องจากขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีสัดส่วนการจำหน่ายในประเทศมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.0 ของมูลค่าตลาดเบเกอรี่ทั้งหมด ซึ่งมุ่งเน้นตลาดระดับกลางและระดับล่าง

ราคจำหน่ายจึงไม่สูงมาก สถานที่ที่ซื้อผลิตภัณฑ์คือ ร้านสะดวกซื้อ เช่น เซเว่น อีเลฟเว่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรรณ ใจเมือง (2005) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้บริการร้าน 7-Eleven ในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อความสะดวก

ภายในร้านเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ การจัดระเบียบของสินค้า ความสะดวกบริเวณหน้าร้าน และสินค้ามีครบตรงกับความต้องการ ขนาดบรรจุของผลิตภัณฑ์สเปรค คือ ขนาดเล็ก (130 กรัม) รสชาติที่ซื้อ คือ รสหมู่น้ำ โดยเหตุผลที่เลือกซื้อรสหมู่น้ำคือ รสชาติดี ปัญหาที่พบคือ มีรสชาติให้เลือกน้อย ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติดูหวาน และอยากให้มีรสแกงมัสมั่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรณี ประสารชัยมนตรี (2001) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับพริกแกงไทยที่คนไทยนิยมบริโภค มีจำนวน 10 ชนิด และได้ศึกษาความสามารถการต้านฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของสารก่อมะเร็ง พบว่า พริกแกงมัสมั่นสามารถยับยั้งการก่อกลายพันธุ์ของสารก่อมะเร็งได้สูงสุด โดยรูปแบบของบรรจุภัณฑ์คือ ขวดแก้ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประเสริฐ รัตนะ (2002) กล่าวว่าหากจะวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์สเปรคนั้น ควรบรรจุในขวดแก้วใสเพื่อผู้บริโภคจะได้มองเห็นตัวผลิตภัณฑ์

2. การศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของแป้งข้าวสังข์หยด

คุณภาพทางเคมีและกายภาพของแป้งข้าวสังข์หยด พบว่า แป้งข้าวสังข์หยดมีเส้นใย เท่ากับ 0.85 กรัม ซึ่งเส้นใยอาหารมีความสำคัญต่อภาวะโภชนาการ เพราะเส้นใยอาหารช่วยทำให้ระบบทางเดินอาหารทำงานเป็นปกติ และช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น เบาหวาน คลอเรสเตอรอลในเลือดสูงและมะเร็ง เป็นต้น (Ninchan, 2005) ค่า Water activity (a_w) เป็นปัจจัยชี้ถึงปริมาณอิสระในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญอาหาร และเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งในแป้งข้าวสังข์หยดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.6 เนื่องจากค่า a_w สูงทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถดึงน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารไปใช้ ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพและการเน่าเสียของอาหารได้ (Department Food Science and Technology, 2016) และจากการศึกษาค่าความชื้นของแป้งข้าวสังข์หยด พบว่า ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์แป้งที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 13 (Ministry of Industry, 1991; Jungtheerapanich, 2008)

3. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์

จากการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

สถานะต่างๆ	รูปของลักษณะปรากฏ	ลักษณะปรากฏ
สถานะที่ 1 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 120 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาที		มีลักษณะแห้งเป็นแผ่นเล็ก หลุดร่อนออกจากผิวหน้าลูกกลิ้งได้ค่อนข้างยาก และบางส่วนจับตัวกันเป็นก้อนแข็ง

สภาวะที่ 2 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 120 องศา- เซลเซียส ความเร็วรอบ 2 รอบ ต่อนาที		มีลักษณะแห้งเป็นแผ่นเล็ก ๆ หลุดร่อนออกจาก ผิวหน้าลูกกลิ้งได้ยาก และส่วนใหญ่จับตัวกัน เป็นก้อนแข็ง
สภาวะที่ 3 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 130 องศา- เซลเซียส ความเร็วรอบ 1 รอบ ต่อนาที		มีลักษณะส่วนใหญ่เป็นแผ่นบาง มีความแห้ง หลุดร่อนออกจากผิวหน้าลูกกลิ้งได้ดี และมี บางส่วนเป็นแผ่นเล็ก ๆ
สภาวะที่ 4 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 130 องศา- เซลเซียส ความเร็วรอบ 2 รอบ ต่อนาที		มีลักษณะส่วนใหญ่เป็นแผ่นบาง มีความแห้ง หลุดร่อนออกจากผิวหน้าลูกกลิ้งได้ค่อนข้างดี และมีบางส่วนเป็นแผ่นเล็ก ๆ
ตารางที่ 1 ลักษณะของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาคีโนซ์ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (ต่อ)		
สภาวะที่ 5 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศา- เซลเซียส ความเร็วรอบ 1 รอบ ต่อนาที		มีลักษณะเป็นแผ่นบาง หลุดร่อนออกจากผิวหน้า ลูกกลิ้งได้ดี และบางส่วนจะเป็นผงละเอียดแห้ง
สภาวะที่ 6 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 140 องศา- เซลเซียส ความเร็วรอบ 2 รอบ ต่อนาที		มีลักษณะเป็นแผ่นบาง หลุดร่อนออกจากผิวหน้า ลูกกลิ้งได้ค่อนข้างดี และบางส่วนจะเป็นผง ละเอียดแห้ง

จากตารางที่ 1 พบว่า สภาวะที่ 1 และ 2 แผ่นแป้งที่ได้มีลักษณะหลุดร่อนออกจากผิวหน้าลูกกลิ้งได้ค่อนข้างยาก และบางส่วนจับตัวกันเป็นก้อนเหนียวแข็ง เพราะมีปริมาณความชื้นสูง เนื่องจากอุณหภูมิของลูกกลิ้งที่ใช้เป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด ส่วนในสภาวะที่ 3, 4, 5 และ 6 นั้น แผ่นแป้งที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีความแห้ง หลุดร่อนออกจากผิวหน้าลูกกลิ้งได้ดี และมีส่วนเป็นแผ่นเล็ก ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนฤดี (1999) กล่าวว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่จะมีลักษณะเป็นแผ่นบางกรอบ สามารถนำไปบดเป็นผงหรือลดขนาดได้ตามต้องการ (Sirikong, 2016; Panchan, 2011)

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาคีโนซ์

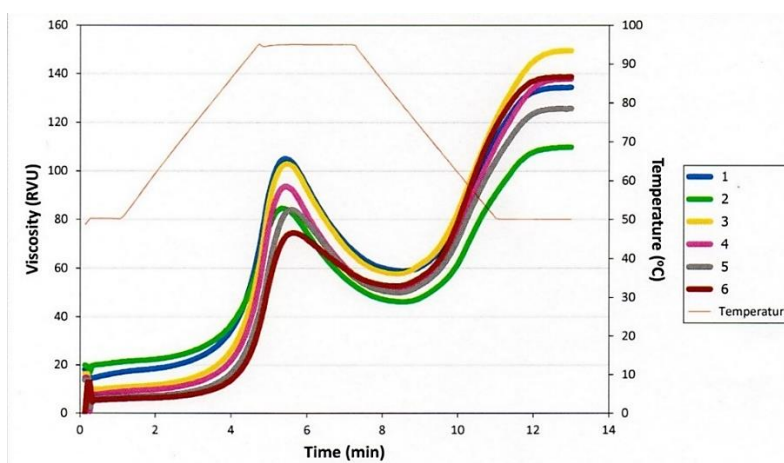
จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า Water activity (a_w) และค่าความชื้นของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ ทั้ง 6 สภาวะ

สภาวะที่	อุณหภูมิของลูกกลิ้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง (นาทิต่อรอบ)	ค่า Water activity	ค่าความชื้น (ร้อยละ)
1	120	1	0.57 ± 0.00	9.84 ± 0.11
2	120	2	0.60 ± 0.01	10.59 ± 0.14
3	130	1	0.49 ± 0.00	8.62 ± 0.12
4	130	2	0.48 ± 0.00	8.87 ± 0.03
5	140	1	0.32 ± 0.00	6.34 ± 0.04
6	140	2	0.43 ± 0.00	7.81 ± 0.11

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่า a_w มีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิของลูกกลิ้งเพิ่มสูงขึ้น และความเร็วรอบของลูกกลิ้งลดลง โดยค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.32 – 0.60 เนื่องจากค่า a_w เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร และมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.6 (Department Food Science and Technology, 2016) และจากการศึกษาค่าความชื้นของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ ทั้ง 6 สภาวะ พบว่า ค่าความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิของลูกกลิ้งเพิ่มสูงขึ้นและความเร็วรอบของลูกกลิ้งลดลง ซึ่งค่าความชื้นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แป้งกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 13 (Sirikong, 2016; Panchan, 2011)

3.2 การวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ด้วยเครื่อง RVA ทั้ง 6 สภาวะ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ด้วยเครื่อง RVA

จากรูปที่ 1 การวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ด้วยเครื่อง RVA พบว่า อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด (Pasting temperature) อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดหรืออุณหภูมิต่ำสุด (Wongpreedee, 2009) ของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ที่สภาวะต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืด พบว่า แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์สภาวะที่ 1 2 และ 3 เป็นอุณหภูมิที่

เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดหรืออุณหภูมิต่ำสุดที่ต้องการใช้ในการให้ความร้อนแก่แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ (Thanasukam, 2001) ส่งผลให้แป้งมีค่ากำลังการพองตัวและการดูดซับน้ำได้ดี อีกทั้งอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่มีค่าต่ำยังช่วยในเรื่องการประหยัดค่าใช้จ่าย (Phupet et al., 2009) และยังสามารถลดคุณค่าทางโภชนาการได้ดีกว่าแป้งข้าวสังข์หยดที่ผ่านการพรีเจลลิตไนซ์ในอุณหภูมิสูงอีกด้วย

ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) เป็นค่าความหนืด ณ จุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ บอกถึงความสามารถของแป้งในการจับตัวกับน้ำและแรงที่ต้องใช้ในการกวนหรือผสมในอาหารซึ่งสัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Ritthiruangdej et al. 2003) เมื่อพิจารณาจากค่าความหนืดสูงสุดของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ที่สภาวะต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่า แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ในสภาวะที่ 6 ที่ความหนืดสูงที่สุดมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 75.00 RVU รองลงมาคือ สภาวะที่ 2 และสภาวะที่ 5 มีค่าเท่ากับ 84.00 RVU ทั้ง 2 สภาวะ จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แป้งข้าวสังข์หยดที่ผ่านการพรีเจลลิตไนซ์ในอุณหภูมิต่ำจะมีค่าความหนืดสูงสุดลดลง เนื่องจาก

การเพิ่มขึ้นของพันธะเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชมีความแข็งแรงจนส่งผลขัดขวางหรือยับยั้งการพองตัวของเม็ดสตาร์ช จึงทำให้ความหนืดของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ลดลง (Chatchawan, 2017) ในการใช้แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สเปรดนั้นควรใช้แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ที่ความหนืดสูงที่สุดมีค่าต่ำ เพราะใช้กำลังน้อยในการกวนผสมและทำให้สเปรดให้เป็นเนื้อเดียวกันง่ายขึ้น

ความหนืดต่ำสุด (Trough) เป็นความหนืดที่เกิดขึ้นหลังจากการให้ความร้อนและแรงกวนที่ใช้ผสม ส่งผลให้เม็ดสตาร์ชพองตัวเต็มที่จากกระบวนการเจลลิตไนซ์ และเกิดการแตกออก ทำให้ความหนืดของเพสต์ค่อยๆลดลงจนมีความหนืดต่ำสุด (Ritthiruangdej et al. 2003; Chueamchaitrakun, 2011) เมื่อพิจารณาความหนืดต่ำสุดของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ที่สภาวะต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่า แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ในสภาวะที่ 2 มีความหนืดต่ำสุดที่มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 45.33 RVU รองลงมาคือสภาวะที่ 4 และสภาวะที่ 5 เท่ากับ 50.00 RVU จากผลแสดงให้เห็นว่าในการผลิตสเปรดนั้นควรใช้แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ที่ความหนืดต่ำสุดมีค่าน้อย เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์สเปรดที่ได้นั้นมีการปาดหรือการสเปรดบนขนมปังที่ง่าย

ความหนืดลดลง (Breakdown) เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการคงทนต่ออุณหภูมิและแรงกวนหรือแรงเฉือนของเม็ดสตาร์ชที่พองตัวแล้ว ต่ำสุด (Ritthiruangdej et al., 2003; Chueamchaitrakun, 2011) เมื่อพิจารณาความหนืดลดลงของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ที่สภาวะต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่า แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ ในสภาวะที่ 6 มีความหนืดลดลงที่มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 22.00 RVU รองลงมาคือสภาวะที่ 5 เท่ากับ 34.00 RVU จากผลแสดงให้เห็นว่าแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลิตไนซ์ที่อุณหภูมิสูง จะทำให้ความหนืดลดลงมีค่าต่ำลง เนื่องจากแป้งข้าวสังข์หยดที่ผ่านการพรีเจลลิตไนซ์ที่อุณหภูมิสูงมีความคงตัวต่อความร้อนและการกวนผสมสูงกว่าแป้งข้าวสังข์หยดที่ผ่านการพรีเจลลิตไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำ (Phupet et al., 2009; Rattanachon, 2002) ซึ่งการที่ความหนืดลดลงมีค่าต่ำนี้จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สเปรดยังมีความคงตัวดีเมื่อต้องพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน

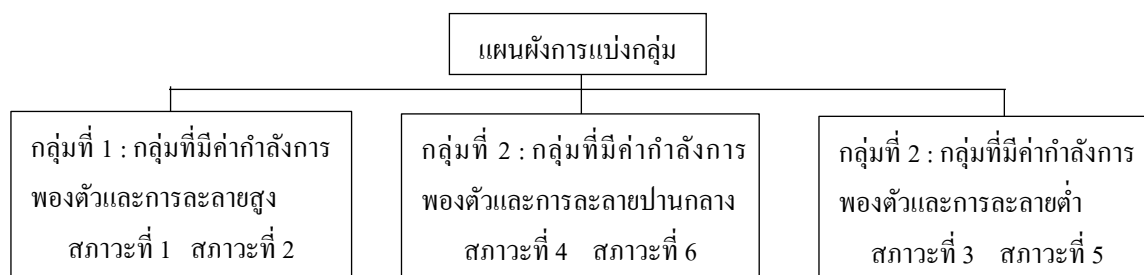
ความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) และการคืนตัว (Setback) เป็นค่าที่ใช้ในการอธิบายลักษณะความหนืดหรือเจลที่เกิดขึ้นหลังจากการให้ความร้อนและทำให้เย็น เกิดจากเมื่อทำการลดอุณหภูมิลงทำให้โมเลกุลของแป้งเกิดการจัดเรียงตัวอีกครั้ง หรือที่เรียกว่าการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ส่งผลให้แป้งพรีเจลาติไนซ์มีความหนืดมาก ทำให้ความหนืดสุดท้ายสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของอาหาร (Phupet et al., 2009) เมื่อพิจารณาความหนืดสุดท้ายและค่าการกลับคืนของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ที่สภาวะต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่า แป้งข้าวสังข์

หยดพรีเจลาติไนซ์ในสภาวะที่ 2 มีความหนืดสุดท้ายที่มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 110.00 RVU รองลงมาคือ สภาวะที่ 5 เท่ากับ 126.00 RVU และพบว่า แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ในสภาวะที่ 2 มีการคืนตัวที่มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 64.33 RVU รองลงมาคือ สภาวะที่ 1 เท่ากับ 75.00 และสภาวะที่ 5 เท่ากับ 76.00 RVU เนื่องจากเมื่อทำการลดอุณหภูมิลง โมเลกุลของแป้งเกิดการจัดเรียงตัวอีกครั้ง ทำให้ความหนืดสุดท้ายและการคืนตัวที่ค่าต่ำมีการเกิดเจลที่ต่ำลงหรือความแข็งแรงของเจลลดลง ซึ่งแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ที่มีค่าการคืนตัวต่ำจะทำให้เนื้อสัมผัสของแป้งมีความนิ่ม (Phatrakikhomjorn, 2004) ช่วยให้ผู้ผลิตภัณฑ์สเปรตมีการแปดหรือการสเปรตบนขนมปังได้ง่ายกว่าแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ที่มีค่าความหนืดสุดท้ายและค่าการคืนตัวสูง (Tanasombun & Pichaiyongvongdee, 2017)

3.3 กำลังการพองตัวและดัชนีการละลายของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ ทั้ง 6 สภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 3 และจัดกลุ่มกำลังการพองตัวและดัชนีการละลายของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 3 ค่ากำลังการพองตัวและดัชนีการละลายของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ ทั้ง 6 สภาวะ

แป้งข้าวสังข์หยด พรีเจลที่สภาวะต่างๆ	อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์กำลังการพองตัว (องศาเซลเซียส)			อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัชนีการละลาย (องศาเซลเซียส)		
	65	75	85	65	75	85
สภาวะที่ 1	10.18	10.98	11.06	6.82	6.01	5.97
สภาวะที่ 2	9.63	10.38	10.44	7.05	6.75	6.55
สภาวะที่ 3	8.87	10.37	10.44	4.39	4.41	5.60
สภาวะที่ 4	9.55	9.92	10.01	6.44	4.37	3.58
สภาวะที่ 5	9.01	9.08	9.39	4.21	4.18	4.05
สภาวะที่ 6	10.18	9.83	9.18	6.82	4.15	3.18



รูปที่ 2 แผนผังการจัดกลุ่มกำลังการพองตัวและดัชนีการละลายของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาติไนซ์ ทั้ง 6 สภาวะ

จากรูปที่ 2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มตามความสามารถ เพื่อคัดเลือกแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตสเปรดข้าวสังข์หยดนมสด โดยใช้วิธี Cluster Analysis แบบ K-Means Cluster (KMO) ซึ่งมีเป้าหมายในกลุ่มเดียวกัน มีความคล้ายกันในปีจายหรือตัวแปร 2 ตัว คือ กำลังการพองตัวและดัชนีการละลาย ที่อุณหภูมิ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส พบว่า แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ในสภาวะที่ 3 และ สภาวะที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ ทั้ง 6 สภาวะ ด้วยเครื่อง RVA ทำให้แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ ในสภาวะที่ 5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสเปรดข้าวสังข์หยดนมสด เนื่องจากความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ที่มีค่าต่ำจะมีการคงตัว (breakdown) ของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ที่สูง ซึ่งการที่ความหนืดลดลงมีค่าต่ำนี้จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สเปรดยังมีความคงตัวดีเมื่อต้องพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน และค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) กับค่าการคืนตัว (setback) ที่มีค่าต่ำจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สเปรดมีการสเปรดหรือการป้ายทาที่ง่ายกว่าแป้งพรีเจลไดโนซ์ในสภาวะอื่นอีกด้วย

4. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดนมสด

4.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดนมสด

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดนมสดทั้งหมด 12 สูตร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่าการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดนมสดเมื่อเปรียบเทียบกับสเปรดในท้องตลาด

สูตรที่	สารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์ร้อยละ	ปริมาณพริกแกงนมสดร้อยละของสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์	ปริมาณเนยสดร้อยละของสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลไดโนซ์	ความสามารถในการป้ายทา (วินาที/กรัม)		
Control				184.95 ^c	±	14.32
1	30	20	10	180.80 ^c	±	04.62
2	30	25	20	156.87 ^f	±	09.58
3	30	30	10	184.42 ^c	±	10.56
4	30	20	20	157.20 ^f	±	11.10
5	30	25	10	171.44 ^{ef}	±	11.35
6	30	30	20	192.34 ^c	±	12.07
7	40	20	10	236.98 ^{cd}	±	04.65
8	40	25	20	297.25 ^a	±	18.52
9	40	30	10	228.01 ^d	±	19.68
10	40	20	20	275.37 ^b	±	09.50
11	40	25	10	254.53 ^{bc}	±	00.40
12	40	30	20	254.85 ^{bc}	±	14.33

หมายเหตุ : a,b,c... ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4 ค่าการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมันเมื่อเปรียบเทียบกับสเปรดในท้องตลาด ด้วยเครื่อง Texture Analyzer จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับสเปรดในท้องตลาด (control) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมันที่มีค่าการป้ายทาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสเปรดในท้องตลาด

(control) คือ สูตร 1, 3, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 180.80, 184.42, 171.44 และ 192.34 กรัม/วินาที ซึ่งสเปรดในท้องตลาดมีค่าการป้ายทาเท่ากับ 180.95 กรัม/วินาที เนื่องจากเนื้อสัมผัสของสเปรดเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดสำหรับการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ของตัวอย่างที่วัดได้จากเครื่อง texture analyzer เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการป้ายทา หรือการกระจายตัว (spreadability) ของผลิตภัณฑ์ จะแสดงผลในค่าของความแน่นหรือแรงสูงสุดในการเจาะของตัวอย่าง ถ้าหากตัวอย่างมีน้ำหรือไขมันผสมอยู่น้อยจะทำให้ค่าของความแน่นหรือแรงสูงสุดในการเจาะสูงขึ้น ทำให้มีความสามารถในการป้ายทา หรือการกระจายตัวได้ยาก จึงบ่งบอกถึงค่าในการป้ายทาที่สูง (Bascuasa, 2017) ค่าการป้ายทาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาคีโนซ์ และปริมาณพริกแกงมัสมั่น โดยทั่วไปแป้งพรีเจลาคีโนซ์มีคุณสมบัติกระจายตัวได้ในน้ำเย็น สามารถสามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าแป้งที่ไม่ผ่านการพรีเจลาคีโนซ์ และมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Nanthachai et al., 2018) แต่การใช้แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาคีโนซ์มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สเปรดนั้นควรใช้แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาคีโนซ์กลุ่มที่มีค่ากำลังการพองตัวและการละลายต่ำ เนื่องจากความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) ที่มีค่าต่ำจะมีการคงตัว (Breakdown) ของแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลาคีโนซ์ที่สูง ซึ่งการที่ความหนืดลดลงมีค่าต่ำนี้จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สเปรดยังมีความคงตัวเมื่อต้องพาสเจอร์ไรซ์ด้วยความร้อน และค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) กับค่าการคืนตัว (Setback) ที่มีค่าต่ำจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์สเปรดมีการสเปรดหรือการป้ายทาที่ง่ายกว่าแป้งพรีเจลาคีโนซ์ในสภาวะอื่นอีกด้วย ส่วนปริมาณพริกแกงมัสมั่นส่งผลให้ค่าการป้ายทาเพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน เนื่องจากในพริกแกงมีเครื่องปรุงต่างๆ โดยมีพริกและพืชสมุนไพรเป็นส่วนประกอบสำคัญ นำมาผสมกัน จึงทำให้มีลักษณะเปียกชื้น (Industrial product standards, 2006) อีกทั้งในพริกและพืชสมุนไพรประกอบด้วยเส้นใยอาหาร ซึ่งเส้นใยอาหารก็จะช่วยเพิ่มเนื้อให้ผลิตภัณฑ์สเปรด ทำให้ค่าการป้ายทาเพิ่มขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ส่วนเนยสดเป็นสารอาหารประเภทไขมัน ซึ่งจะช่วยให้อาหารมีรส กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้การป้ายทาทนนานมากยิ่งขึ้นอีกด้วย หลังจากนั้นจึงทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม

ตารางที่ 5 ค่า a_w และค่าสี $L^* a^* b^*$ ของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมัน

สูตรที่	Water activity (a_w)	ค่าสี		
		L^*	a^*	b^*
1	$0.85^f \pm 0.01$	$39.49^{bc} \pm 1.55$	$22.36^c \pm 0.81$	$33.99^f \pm 0.71$
2	$0.89^e \pm 0.01$	$39.83^{bc} \pm 0.03$	$23.82^c \pm 0.13$	$38.19^e \pm 0.28$
3	$0.90^e \pm 0.00$	$38.42^{de} \pm 0.59$	$24.43^b \pm 0.22$	$38.32^e \pm 0.50$
4	$0.91^{cd} \pm 0.01$	$41.46^a \pm 0.41$	$22.65^{de} \pm 0.14$	$35.49^d \pm 0.41$
5	$0.93^{abc} \pm 0.01$	$40.15^b \pm 0.28$	$22.93^d \pm 0.40$	$34.69^{de} \pm 0.81$
6	$0.94^a \pm 0.00$	$40.20^b \pm 0.22$	$23.12^d \pm 0.18$	$34.41^e \pm 0.59$
7	$0.91^{cd} \pm 0.00$	$40.30^b \pm 0.04$	$23.14^d \pm 0.13$	$38.40^{bc} \pm 0.25$

8	0.92 ^{bcd} ± 0.00	39.65 ^{bc} ± 0.03	24.09 ^{bc} ± 0.10	39.16 ^b ± 0.07
9	0.91 ^d ± 0.00	37.91 ^c ± 0.01	23.70 ^c ± 0.04	37.60 ^c ± 0.06
10	0.92 ^{bcd} ± 0.00	40.20 ^b ± 0.33	23.68 ^c ± 0.38	37.98 ^c ± 0.61
11	0.92 ^{bcd} ± 0.00	38.48 ^{dc} ± 0.22	23.11 ^d ± 0.20	34.97 ^{dc} ± 0.24
12	0.93 ^{ab} ± 0.00	39.15 ^{cd} ± 0.05	25.26 ^a ± 0.08	40.15 ^a ± 0.12

หมายเหตุ : a,b,c... ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 5 แสดงค่า Water activity (a_w) และค่าสี $L^* a^* b^*$ ของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมัน พบว่า ค่า a_w มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.85 – 0.94 จัดอยู่ในประเภทอาหารสด เป็นอาหารที่เกิดการเน่าเสียได้ง่าย ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร (Ratnapon, 2008) ส่วนค่าสี $L^* a^* b^*$ ของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมันทั้ง 12 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่มีค่า L^* มีค่าอยู่ระหว่าง (ความสว่าง) 37.91 – 41.46 ส่วนค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง 22.36 – 25.26 มีค่าเป็น + ทำให้ค่าสีเป็นไปในทิศทางสีแดง และค่า b^* มีค่าอยู่ระหว่าง 33.99 – 40.15 มีค่าเป็น + ทำให้ค่าสีเป็นไปในทิศทางเหลือง ซึ่งพริกแกงมัสมั่นมีสีแดงส้ม เมื่อปริมาณพริกแกงมัสมั่นเพิ่มขึ้นทำให้แนวโน้มของค่าสีเป็นไปในทิศทางสีแดง-เหลือง เนื่องจากผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดประกอบด้วยแอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง (Ratnapon, 2008) และพริกแกงมัสมั่นประกอบด้วยพริก ซึ่งเป็นรงควัตถุให้สีเช่นกัน จัดอยู่ในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ที่มีสีเหลือง ส้ม แดง และในผลิตภัณฑ์สเปรดมีส่วนผสมของเนยสด ซึ่งในเนยสดมีวิตามินเอที่อยู่ในรูปของเบต้าแคโรทีนอีกด้วย (Ratnapon, 2008)

4.2 การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมัน

คัดเลือกสูตรสเปรดที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ได้รับคะแนนสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตรที่ 1	สูตรที่ 3	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
ลักษณะปรากฏ	7.88 ^a ± 0.98	7.42 ^b ± 0.97	7.12 ^b ± 1.12	7.42 ^b ± 1.03
กลิ่นพริกแกงมัสมั่น	7.84 ^a ± 0.98	6.88 ^b ± 1.30	6.90 ^b ± 0.95	7.26 ^b ± 1.17
กลิ่นรสพริกแกงมัสมั่น	7.72 ^a ± 1.03	6.74 ^b ± 0.92	6.84 ^b ± 0.98	7.24 ^b ± 1.13
รสเผ็ด	7.84 ^a ± 1.02	6.84 ^c ± 0.77	6.82 ^c ± 0.90	7.34 ^b ± 1.15
รสหวาน	7.74 ^a ± 1.03	6.84 ^{bc} ± 0.77	6.62 ^c ± 0.85	7.04 ^b ± 1.2
ความง่ายในการสเปรด	8.10 ^a ± 0.89	6.82 ^b ± 0.82	6.54 ^b ± 0.86	7.46 ^b ± 0.86
ความชอบโดยรวม	7.98 ^a ± 0.87	6.84 ^c ± 0.767	6.64 ^c ± 0.85	7.50 ^b ± 0.93

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 ปริมาณสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพริกเจลาตินซ์ ร้อยละ 30 ปริมาณพริกแกงมัสมั่นร้อยละ 20 และปริมาณเนยสดร้อยละ 10 สูตรที่ 3 ปริมาณสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพริกเจลาตินซ์ ร้อยละ 30 ปริมาณพริกแกงมัสมั่นร้อยละ 30 และปริมาณเนยสดร้อยละ 10 สูตรที่ 5 ปริมาณสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพริกเจลาตินซ์ ร้อยละ 30 ปริมาณพริกแกงมัสมั่นร้อยละ 25 และปริมาณเนยสดร้อยละ 10 สูตรที่ 6 ปริมาณสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพริกเจลาตินซ์ ร้อยละ 30 ปริมาณพริกแกงมัสมั่นร้อยละ 30 และปริมาณเนย

ศรียะละ 20 a,b,c... ที่แตกต่างกันในแนวอนหมายถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมัน ในสูตรที่ 1 มีค่า

ความชอบมากที่สุดในทุกปัจจัย ซึ่งสูตรดังกล่าวเป็นสูตรที่มีปริมาณพริกแกงมันที่น้อยกว่าสูตรอื่นๆ ดังนั้นจึงมีกลิ่นรสพริกแกงมัน และรสเผ็ดน้อย ซึ่งจากการสำรวจพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของประชากร พ.ศ. 2560 พบว่า รสชาติอาหารมีผลหลักที่รับประทานเป็นประจำ คือรสจืด รสเค็ม รสเปรี้ยว (National Statistical Office, 2018) การบริโภคอาหารเช่นนั้นไม่ควรจะระมัดระวังไป เพราะในคนเขายังไม่มีน้ำย่อยและกระเพาะอาหารยังไม่ยับยั้งเต็มที่ หากเราทานอาหารที่มีความมัน หรือเผ็ดเกินไป มันจะทำให้เกิดข้อเสียต่อร่างกาย อีกทั้งปริมาณสารละลายแป้งข้าวสังข์หยดพริกแกงมัน ปริมาณพริกแกงมัน และปริมาณเนยสดมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์สเปรดทำให้มีความความเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน และยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมออีกด้วย (Rakyoo & Khwanmuang, 2016)

5. ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมัน

จากการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมัน โดยนำผลิตภัณฑ์สเปรดสูตรที่ 1 มาทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี จุลินทรีย์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดผสมมัน

	สมบัติ	ปริมาณ	
ทางกายภาพ			
ค่า Water activity (a_w)		0.81	
ค่าสี L^*		43.38	
a^*		22.55	
b^*		36.96	
ทางเคมี (ต่อตัวอย่าง 100 กรัม)			
ความชื้น		70.19	กรัม
พลังงานทั้งหมด		146.60	กิโลแคลอรี
พลังงานจากไขมัน		66.60	กิโลแคลอรี
ไขมันทั้งหมด		7.40	กรัม
ไขมันอิ่มตัว		4.95	กรัม
โคเลสเตอรอล		17.14	มิลลิกรัม
โปรตีน		2.08	กรัม
คาร์โบไฮเดรต		17.92	กรัม
ใยอาหาร		3.91	กรัม
น้ำตาล		2.53	กรัม

โซเดียม	846.70	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	420.23	ไมโครกรัม
วิตามินบี 1	0.05	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.03	มิลลิกรัม
แคลเซียม	43.94	มิลลิกรัม

ตารางที่ 7 สมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสมัน (ต่อ)

สมบัติ	ปริมาณ	
เหลืก	0.82	มิลลิกรัม
เถ้า	2.41	กรัม
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5.18	
ค่าความหืน โดยการหา Thiobarbituric Acid Number	0.20	กิโลกรัม/100 กรัม
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH	45.18	Mg/eq (Trolox)
จุลินทรีย์		
จุลินทรีย์ทั้งหมด	$<2.7 \times 10^2$	cfu/g
ยีสต์และรา	<10	cfu/g

จากตารางที่ 7 พบว่า คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสมันที่แตกต่างจากท้องตลาด คือ มีใยอาหาร ซึ่งใยอาหารช่วยป้องกันท้องผูก สามารถรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้คงที่ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ป่วยเบาหวาน อีกทั้งใยอาหารยังทำให้เรารู้สึกอิ่มนาน จึงช่วยควบคุมความอยากอาหารและช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัวได้ มีวิตามินเอ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการมองเห็น ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดีขึ้น และส่งเสริม ความแข็งแรงของกระดูก วิตามินบี 1 ซึ่งจะช่วยเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อและช่วยป้องกันโรคเหน็บชา วิตามินบี 2 จะช่วยในเรื่องเกี่ยวกับการสร้างเส้นผม เล็บ และผิวหนัง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และยังช่วยป้องกันโรคปากนกกระบอกอีกด้วย แคลเซียม ช่วยการทำงานของระบบประสาท ปรับสมดุลความดัน ลดการเกิดตะกั่ว และช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ และสารต้านอนุมูลอิสระ จัดเป็นสารที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชันซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระโดยจะช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้มีผลทำลายเซลล์ (Chomsawan, 2017) และยังช่วยชะลอความเสื่อมของร่างกาย ทำให้เราแก่ช้าลง ด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสมัน พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด $<2.7 \times 10^2$ cfu/g ยีสต์และรา <10 cfu/g ซึ่งไม่เกินข้อกำหนดตามมาตรฐานน้ำพริกเผา (มพช.4/2556) ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1×10^4 cfu/g (Industrial product standards, 2006).

5.1 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดศรีสมัน

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบของผู้บริโภคจำนวน 100 คน

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยความชอบ	การแปลผลค่าเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	7.25 ± 1.41	ชอบปานกลาง
กลิ่นพริกแกงมัสมั่น	7.22 ± 1.43	ชอบปานกลาง
กลิ่นรสพริกแกงมัสมั่น	7.06 ± 1.54	ชอบปานกลาง

รสเผ็ด	6.97 ± 1.42	ชอบปานกลาง
รสหวาน	6.74 ± 1.67	ชอบปานกลาง
ความง่ายในการสเปรด	7.42 ± 1.41	ชอบปานกลาง
ความชอบโดยรวม	7.45 ± 1.67	ชอบปานกลาง

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 8 การศึกษาความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมัน โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นพริกแกงมัสมั่น กลิ่นรสพริกแกงมัสมั่น รสเผ็ด รสหวาน ความง่ายในการสเปรด และความชอบโดยรวม โดยใช้กลุ่มผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ในพื้นที่ตำบลคลองหก อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 7.45 ± 1.67 คะแนน

ตารางที่ 9 ข้อมูลการยอมรับของผู้บริโภค จำนวน 100 คน

ข้อมูลการยอมรับของผู้บริโภค	ความถี่	ร้อยละ
1. หากวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมัน ในปริมาณ 100 กรัม ราคา 99 บาท ท่านมีความสนใจจะซื้อหรือไม่		
ซื้อ	53	53.0
ไม่แน่ใจ	36	36.0
ไม่ซื้อ	11	11.0
รวม	100	100.0
2. เมื่อทราบประโยชน์ของข้าวสังข์หยดแล้ว ท่านคิดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมันหรือไม่		
ซื้อ	67	67.0
ไม่แน่ใจ	27	27.0
ไม่ซื้อ	6	6.0
รวม	100	100.0

จากตารางที่ 9 พบว่า หากมีผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมันวางจำหน่ายในปริมาณ 100 กรัม ราคา 99 บาท ผู้บริโภคมีความสนใจจะซื้อ ร้อยละ 53 และเมื่อผู้บริโภคทราบถึงคุณประโยชน์ของข้าวสังข์หยดแล้วจึงเลือกซื้อ ร้อยละ 67 เนื่องจากผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดธรรม์สมันเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่มีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โยฮารอาหาร เนื่องจากโยฮารอาหารช่วยป้องกันท้องผูก และดูดซับสารก่อมะเร็งที่ปนมากับอาหารซึ่งจะขับถ่ายออกมาพร้อมกับอุจจาระ อีกทั้งโยฮารอาหารยังทำให้เรารู้สึกอิ่มนาน จึงช่วยควบคุมความอยากอาหารและช่วยในการควบคุมน้ำหนักตัวได้ วิตามินเอ เป็นวิตามินที่จำเป็นต่อสุขภาพของสายตา ผิวหนังและกระดูก โดยจะเข้าไปช่วยเซลล์ประกอบความสมบูรณ์ และเรียงเป็นระเบียบของผิวหนัง เลนส์ตา เคลือบผิวฟันและกระดูกต่างๆ และช่วยเสริมภูมิคุ้มกัน ป้องกันการติดเชื้อโรคต่างๆ ซ่อมแซมเนื้อเยื่อและเซลล์กระดูก ได้ดี (Kongsuwan, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พวงพรภัสสร วิริยะ และคณะ (2018) พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยเหตุผลสำคัญ คือ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ มีคุณค่าและคุณประโยชน์ครบถ้วน (Viriyai, 2018)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลาติไนซ์ คือ สภาวะที่ 5 ซึ่งมีอุณหภูมิสูงถึง 140 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาที และสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลาติไนซ์ คือ สูตรที่ 1 ประกอบด้วย แป้งข้าวสังข์หยดพรีเจลลาติไนซ์ ร้อยละ 30 พริกแกงมัสมั่นร้อยละ 20 และเนยสดร้อยละ 10 ผลิตภัณฑ์สเปรดข้าวสังข์หยดรสมัสมั่นมี

คุณค่าทางโภชนาการได้แก่ โยอาหาร ร้อยละ 3.91 วิตามินเอ ร้อยละ 420.23 วิตามินบี 1 ร้อยละ 0.05 วิตามินบี 2 ร้อยละ 0.03 แคลเซียม ร้อยละ 43.94 เหล็ก ร้อยละ 0.82 และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 45.18 mg/eq (Trolox) การยอมรับของผู้บริโภคให้คะแนนในด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 7.45 ± 1.67 รองลงมาคือด้านความง่ายในการสเปรด 7.42 ± 1.41 และเมื่อผู้บริโภคทราบถึงคุณประโยชน์ของข้าวสังข์หยดแล้ว จึงเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 67

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.เอส.เอ.21 จังหวัดปทุมธานี ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington, USA: The Association of official analytical chemists Inc.
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis* (21st ed.). Washington, USA: The Association of official analytical chemists Inc.
- Bascuasa, S., Espertb. M., Llorcaa. E., Quilesa. A., Salvadorb. A., & Hernando. I. (2021). Structural and Sensory Studies on Chocolate Spreads with Hydrocolloid-Based Oleogels as a Fat Alternative. *Journal of LWT - Food Science and Technology*, 135, 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110228>
- Chaiprasop. O. (2004). *Dairy Technology* (2nd ed.). Bangkok, Thailand : Ramkhamhaeng University.
- Charoenphun, N. (2009). *Formulation and Shelf-life Studies of Spreads from Coconut Protein* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Chatchawan. K. (2017). *Modified Starch Tapioca Starch Dry Heating Heat-Moisture Hydrothermal* [Unpublished master's thesis]. Silpakorn University. (in Thai)
- Chomsawan, B., Thanasarn, T., Waiyak, P., & Jaikla, S. (2017) Antioxidant and Biological Activities of Ardisia polycephala Wall. *Kasalong kham Journal*, 11(3)(Special), 1-9. (in Thai)
- Chueamchaitrakun, P. (2011). *Characterization of Physicochemical Properties of Glutinous rice and Mixed Glutinous-Hom-Mali Rice Fours and Theirs Utilization for Butter Cake* [Unpublished doctoral thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Department Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry. (2016). *Food Science and Technology* (6th ed.). Bangkok, Thailand : Kasetsart University.
- Charoenphun, N. (2009). *Formulation and Shelf-life Studies of Spreads from Coconut Protein* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)

- Hunnak, P. (2020). The practical approach of development for production and marketing of Thai rice. *Journal of Thai Ombudsman*, 27(1), 91-116. (in Thai)
- Industrial product standards, (1991). *Standard for modified starch for food industry*. TIS 1073-2535. (1st ed.). Bangkok, Thailand : Thai Industrial Standards Institute.
- Industrial product standards, (2006). *Curry Paste and Seasoning Paste*. TIS 429-2548. (1st ed.). Bangkok, Thailand : Thai Industrial Standards Institute.
- Jaimung, K. (2005). *Satisfaction of Seven Eleven customer in Bangkok* [Unpublished master's thesis]. Thammasat University. (in Thai)
- Jungtheerapanich, S. (2008). *Development of Azuki Bean Powder by Drum Dryer for Food Industry* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Kannuch, L. (2010). *Sangyod Rice Phatthalung : GI (Geographical Indications)* (1st ed.). Bangkok, Thailand : Rice Product Development Division.
- Kongsuwan, W. (2004). *Vitamin, nature of body* (1st ed.). Samut Prakan, Thailand : M.T. Print Company Limited.
- Li, J. Y., & Yeh, A. I. (2001). Relation between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starch. *Journal of Food Engineering*, 50(3), 141-148. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00236-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00236-3)
- National Assembly, Ministry of Science and Technology, (2011). *Miracle of Thai rice innovation* (1st ed.). Bangkok, Thailand.
- Naksing, P. (2550). *Inhibitory Effect of Pomegranate (Punica granatum Linn.) Peel Ethanol Extract on Colletotrichum Gloeosporioides, the Causal Agent of Chilli Anthracnose*. Department of Agriculture Biotechnology, Faculty of Agriculture Kamphaeng Sean, Kasetsart University. Chon Buri. (in Thai)
- Nanthachai, N., Pancharoen, P., & Noytheaw, P. (2018). Physical and Chemical Properties of Khanom-pun-klib from Pregelatinized Rice-berry Flour. *Journal of Agricultural Science*, 49(2), 649-652. (in Thai)
- Newport Scientific. (1997). *RVA World the New Standard*, RVA World, 11, 1-4.
- Ninchan, B. (2005). *Physico-chemical Properties of Rice Flour and Starches of Different Thai Varieties* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Panchan, K. (2011). *Effect of Pre-Germinated Paddy Rice Production on Parboiled Brown Rice and Expanded Rice Product Qualities* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Phatrakithomjon, P. (2004). *A Study of Optimized Formulation and Frying Conditions of Low Oil Uptake Food Batter from High Amylose Maize Starch, Pregelatinized Rice Starch and Rice Flour* [Unpublished master's thesis]. KhonKaen University. (in Thai)
- Phongkitwithoon, N. (1999). *Process Parameters for Banana Power Production Using Drum Dryer* [Unpublished master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Thonburi University. (in Thai)
- Phosanam, A. (2006). *Factors Affecting Texture of Imitation Cheese from Rice Flour* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)

- Phupet, P., Suwannasichin, S., & Limanon, B. (2009). *Chemical and Physical Characteristics of Sinin Rice Flour and Qualities of Sinin Rice Flour Substituted Bread Dough*, 20-27. In *The 47th Kasetsart University Annual Conference, 17-20 March 2009, Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok*. (in Thai)
- Prasarnchaimontree, P. (2001). *The effect of Thai Curry Paste on Somatic Mutation and Recombination Induced by Urethane in Drosophila Melanogaster* [Unpublished master's thesis]. Mahidol University. (in Thai)
- Rakyoo, W., & Khwanmuang, M. (2016). *Reduced calories Khiao Wan Kai spread (RKS)* [Unpublished master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang University. (in Thai)
- Rattana, P. (2002). *Development of Legumes Sandwich Spread* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Rattanachon, W. (2002). *Comparative of Genetics and Physico-Chemical Properties of Cassava (Manihot Esculenta Crantz) Between Bitter and Sweet Types* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Ratnapnon, N. (2008). *Food chemistry*. (3th ed.). Bangkok, Thailand : Odeon Store.
- Ritthiruangdej, P., Suwonsichon, T., Haruthaithanasan, V., & Sriroth, K. (2003) *Pasting behavior and mechanical properties of Thao Yai Mom flour (Tacca leontopetaloides Ktze)*, 53-60. In *The 41th Kasetsart University Annual Conference, 3-7 February 2003, Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok*. (in Thai)
- Rungruangaree, P., (1998). *Effect of Pregelatinized Rice Flour and Protein Supplementation on Quality of Bread from Rice Flour* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Sirikong, P. (2016). *Effect of Pregelatinized Mung Bean Flour and Hydrocolloid Addition on the Qualities of Gluten Free Rice Bread* [Unpublished master's thesis]. Naresuan University. (in Thai)
- National Statistical Office. (2018). *The 2017 Food Consumption Behavior Survey*. Bangkok, Thailand : National Statistical Office Ministry of Digital Economy and Society.
- Tanasombun, P., & Pichaiyongvongdee, S. (2017). Utilization of broken rice as a fat replacer in low calorie tofu salad dressing. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*, 10(3), 105-128. (in Thai)
- Tanthapanichkul, R. (1999). *Food chemistry* (7th ed.). Bangkok, Thailand : Ramkhamhaeng University
- Tantivirasut, P., Laohakunjit, N., Suttisansanee, U., Hudthagool, C., & Somboonpanyakul, P. (2014). Effect of pregelatinized riceberry flour for reducing fat in salad dressing. *Journal Agricultural Science*, 45(2), 125-128. (in Thai)
- Thanasukarn, P. (2001). *A Study of the Physical Properties of Tapioca Starch-Xanthan Gum Mixed Gels and Their Application in Food Product* [Unpublished master's thesis]. Kasetsart University. (in Thai)
- Trakoolchokumnuay, K. (2015). Innovation of Rice Production, Rice Processing and Rice Trade in Thailand. *Journal Social Development*, 17(2), 51 – 67. (in Thai)
- Viriya, P., Laksameethanasarn, S., & Suraphoppisitt, P. (2018). Marketing factors Influencing the Decision to buy Products of Jasmine Rice Processed. *Journal of the Association of Researchers*, 23(3), 137-150. (in Thai)

- Wattanakul, U., Sa-i. S., & Khao Baht. W. (2013). *Effect of temperature on roast of Sungyod Phatthalung popped rice to nutritional values*, 338-343. In *The 5th Rajamangala University of Technology National Conference, 28 March 2013, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. Bangkok.*
- Wongpreedee, P. (2009). *Process Development of Cold Water Soluble Rice Starch Production* [Unpublished master's thesis]. Mahasarakham University. (in Thai)