

กรรมวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายครีมเทียมผง จากแป้งข้าวด้วยวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง Improvement of Solubility Efficiency of Drum Dried Non-Dairy Creamer from Rice Flour

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ*, ญัฐิกา ศิลาฉาย และธนากรณ เชื้อวงศ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160

ชลธิรา สารวงศ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

Tunyaporn Sirilert*, Nattiga Silalai and Thanakorn Chuewongdee

Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University,

Petchkasem Road, Bang-Wa, Phasi Chareon, Bangkok 10160

Choltira Sarawong

Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of

Technology, Nang Linchi Road, Thung Maha Mek, Sathorn, Bangkok 10120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการละลายครีมเทียมผงจากแป้งข้าวด้วยการแปรผันระยะเวลาในการแช่แป้ง (1, 2 และ 3 ชั่วโมง) อุณหภูมิ (70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส) และปริมาณความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทริน (ร้อยละ 10 และ 15) ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียสจะให้ค่าความคงตัวของสารละลายแป้งสูงกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และสารละลายครีมเทียมที่เติมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 15 ให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นครีมเทียมผงมีค่าความสว่างเท่ากับ 88 ซึ่งสูงกว่าสูตรควบคุมที่มีค่าความสว่างเท่ากับ 85 และผลสัมฤทธิ์พบว่าผลิตภัณฑ์เป็นแผ่นเหลี่ยม มีขอบคม โครงสร้างมีลักษณะเป็นรูพรุนอย่างชัดเจน และให้ค่าการละลายเท่ากับร้อยละ 98 ขณะที่ครีมเทียมสูตรควบคุมให้ค่าการละลายเท่ากับร้อยละ 47

คำสำคัญ : ครีมเทียม; แป้งข้าว; ฟรีเจลาติน; การเพิ่มประสิทธิภาพการละลาย; การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

Abstract

The objective was to increase the efficiency in solubility of non-dairy creamer containing rice flour under the different flour soaking times (1, 2, and 3 hours), temperatures (70, 80 and 90 °C) and maltodextrin concentrations (10 and 15 %, w/v). In this research, it was found that stability of rice flour solution was higher at the gelatinization temperature of 90 °C than that of 80 °C. Total soluble solid (TSS) of the non-dairy creamer containing 15 % (w/w) maltodextrin contents was highest with a statistical significance ($p \leq 0.05$). The apparent color of all the samples was brighter ($L^* = 88$) than that of the control ($L^* = 85$). For morphological test, all powder samples showed facets and sharp edges as well as had more canals and porosities. In addition, the solubility of the non-dairy creamer containing 15 % (w/w) maltodextrin contents was 98 %, while the solubility of the control was 47 %.

Keywords: non-dairy creamer; rice flour; pre-gelatinize; increasing efficiency in solubility; drum drying

1. บทนำ

ครีมเทียม (nondairy creamer) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหารแห้งเลียนแบบครีมจากนมโค โดยผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying technique) ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในเครื่องดื่มสำเร็จรูป นอกจากนั้นครีมเทียมยังมีราคาถูกกว่านมผง และยังเก็บรักษาไว้ได้นาน ครีมเทียมยังมีลักษณะเป็นผงสีขาว เนื้อละเอียด ช่วยทำให้เครื่องดื่มมีรสชาติหวานมัน กลมกล่อม นิยมใส่ในชา และกาแฟ เนื่องจากมีความสะดวกในการบริโภค ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารได้มีการพัฒนาครีมเทียมให้มีสมบัติและคุณภาพที่ดีขึ้น แต่เนื่องจากครีมเทียมประกอบด้วยไขมันพืชเป็นหลัก เช่น น้ำมันปาล์มที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง โดยจะส่งผลต่อระดับปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในร่างกาย และยังลดระดับ HDL (high density lipoprotein) ที่เป็นคอเลสเตอรอลชนิดดีในเลือด ซึ่งหากบริโภคในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดหลอดเลือดอุดตัน มีผลให้เกิดโรคหัวใจ โรคมะเร็ง และไขมันอุดตันในเส้นเลือด [1] โดย

งานวิจัยต่าง ๆ ได้มีการนำน้ำมันรำข้าวทดแทนการใช้ไขมันพืช เช่น การนำน้ำมันรำข้าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ครีมเทียมเหลว เพื่อช่วยลดปัญหาระดับไตรกลีเซอไรด์ อีกทั้งยังมีการนำข้าวเจ้าที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต วิตามินบี และไขมันต่ำ นำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ครีมเทียม [2] แต่เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าประสิทธิภาพในการละลายของครีมเทียมผงจากแป้งข้าวค่อนข้างต่ำ [3,4] ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีความสนใจศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการละลายของครีมเทียมผงจากแป้งข้าวด้วยกระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum drying) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่และอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตไนเซชันของครีมเทียมแป้งข้าวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาระยะเวลาในการแช่แป้งข้าวต่อสมบัติการละลายและการเกิดเจลลิตไนเซชัน

ศึกษาแป้งข้าวเจ้าตราใบหยก (บริษัท บาง

กอกอินเตอร์ฟูด จำกัด) ที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 28.40 โดยเตรียมสารละลายแป้งข้าวที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 [2] แปรผันระยะเวลาในการแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายแป้งไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอ่างน้ำร้อน 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างแป้งที่ได้แต่ละสิ่งทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพ คือ ปริมาณความขึ้นการเกิดเจล (gelatinization) ความคงตัว (stability) ตามงานวิจัยของ กมลพร [2]

2.2 ศึกษาความเข้มข้นของมอลโตเดกซ์ตรินและอุณหภูมิต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารละลายครีมเทียมแป้งข้าว

คัดเลือกระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งข้าวเจ้าตราไบหยก (บริษัท บางกอกอินเตอร์ฟูด จำกัด) โดยใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1:2 แล้วรินน้ำออกเหลือระดับน้ำส่วนสูงจากผิวแป้ง 0.2 มิลลิเมตร เตรียมสารละลายครีมเทียมแป้งข้าวโดยดัดแปลงกระบวนการผลิตและสูตรต้นแบบจากงานวิจัยของ กมลพร [2] จากนั้นนำมาแปรผันปริมาณ

มอลโตเดกซ์ตรินที่ร้อยละ 10 และ 15 และแปรผันปริมาณแป้งข้าวที่ผ่านการแช่น้ำร้อยละ 5 และ 10 ดังตาราง 1 นำสารละลายน้ำแป้งมาให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส กวนผสมด้วยเครื่องกวนผสมที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 25 นาที แล้วทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว จนสารละลายน้ำแป้งมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เติมส่วนประกอบอื่น ๆ (Table 1) กวนผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปปั่นผสมด้วยความเร็วสูงที่ 19,000 รอบต่อนาที ด้วยเครื่องโฮมจิโนเซอร์ (ULTRA-TURRAX รุ่น T-25 basic, ประเทศเยอรมัน) ที่อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และนำมาพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 10 นาที [3]

2.3 ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของครีมเทียมแป้งข้าวที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง

คัดเลือกปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสม และอุณหภูมิในการให้ความร้อนในสารละลายครีมเทียมแป้งข้าวที่ได้ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยนำสารละลายครีมเทียมจากแป้งข้าวใส่เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (ยี่ห้อ Since OFM 1997

Table 1 Formulations of non-dairy cream produced from rice flour

Ingredients	Control (%)	Formula 1 (%)	Formula 2 (%)
Rice flour (non-soaking)	10	-	-
Rice flour (soaking)	-	10	5
Water	71	71	71
Carboxymethyl cellulose (CMC)	0.05	0.05	0.05
N-Creamer 46	3	3	3
Soy protein	0.95	0.95	0.95
Rice bran oil	5	5	5
Maltodextrin	10	10	15
Total	100	100	100

รุ่น DOFM 19/26, ประเทศไทย) โดยเทตัวอย่าง ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงในช่องระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูก ที่มีอุณหภูมิลูกกลิ้ง 140 องศาเซลเซียส ที่ระดับ ความเร็วรอบลูกกลิ้งที่ 0.5 รอบต่อนาที [5] เมื่อสาร ละลายครีมเทียมแห้ง ใบมีดของเครื่องจะชุดตัวอย่างที่ ติดอยู่บนลูกกลิ้งออกมาเป็นผง ลงบนถาดรอง แล้วเก็บ ครีมเทียมผงจากแป้งข้าวที่ได้ใส่ถุงอะลูมิเนียมพอยล์ ปิดสนิท

นำครีมเทียมผงจากแป้งข้าวที่ได้จากการ ทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อน (Sieve) 60 Mesh แล้วนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ คือ ค่า water activity (a_w) ด้วยเครื่องวัด a_w (model series 3 TE, ประเทศอเมริกา) ค่าสีด้วย เครื่องวัดค่าสี CIE ระบบ L^* , a^* และ b^* (Hunterlab รุ่น Color flex, ประเทศอเมริกา) ในการวิเคราะห์จะ วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ศึกษาลักษณะโครงสร้างของอนุภาคผงครีมเทียมจาก แป้งข้าว (morphology) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) โดยใช้ตัวอย่างผงใส่บนฐาน อะลูมิเนียมและเคลือบด้วยทองและถ่ายภาพด้วยเครื่อง electron microscope (ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM 6400, ประเทศญี่ปุ่น) กำลังขยาย 2,000x และ 2,500x โดยใช้กำลังไฟฟ้า 10 kV และขนาดอนุภาคของผงด้วย เครื่อง laser particle size distribution analyzer (Model Mastersizer 3000, ประเทศอเมริกา) ขณะที่ ความสามารถในการดูดความชื้น (hygroscopicity) และการละลาย (solubility) และค่าความหนาแน่น รวม (bulk density) ของครีมเทียมผงจากแป้งข้าว สามารถวัดได้โดยการดัดแปลงตามวิธีของ ัญญาภรณ์ และคณะ [4]

2.4 ศึกษาความสามารถในการคืนรูปของ ผลิตภัณฑ์ครีมเทียมผงจากแป้งข้าว

การคืนรูป (reconstitution) ของครีม เทียมผงทุกสิ่งทดลองจะพิจารณาจากค่าความสามารถ ในการเปียกน้ำ (wettability) และความสามารถใน การจม (sinkability) ด้วยการให้คะแนน ซึ่งดัดแปลง จากวิธีของ Sulieman และคณะ [6]

2.5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ค่าทางเคมีกายภาพ ในทุกสิ่ง ทดลองจะทดลอง 3 ซ้ำ แสดงข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตรวจสอบความแตกต่างด้วย DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ ระดับ นัยสำคัญ 0.05 ($p \leq 0.05$) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1. ระยะเวลาในการแช่แป้งข้าวต่อสมบัติ การเกิดเจลลิตในเซชันและความคงตัวของสาร ละลายแป้งข้าว

ผลของการเกิดเจลลิตในเซชันของแป้งที่ ผ่านการแช่ (soaking time) เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง โดยการวัดอุณหภูมิและเวลาในการเกิดเจลจาก การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศา เซลเซียส เนื่องจากการศึกษาวิจัยของ ัญญาภรณ์ และคณะ [4] แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลลิต ในเซชันของสารละลายแป้งข้าวมีค่าอยู่ในช่วง 83.4- 86.8 องศาเซลเซียส การทดลองนี้พบว่าเวลาในการแช่ มีผลต่อปริมาณความชื้นของน้ำแป้ง โดยความชื้นของ น้ำแป้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการแช่ กล่าว คือ เมื่อแช่เป็นระยะเวลานาน 1, 2 และ 3 ชั่วโมง จะมี ปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 4.87, 5.93 และ 6.27 ตามลำดับ (ตาราง 2) นอกจากนั้นเวลาในการแช่มีผล ต่อการเกิดเจลของสารละลาย โดยระยะเวลาในการแช่ ที่นานขึ้นส่งผลให้เวลาในการเกิดเจลสั้นลงของทุก ๆ อุณหภูมิในการให้ความร้อน ซึ่งแป้งที่ผ่านการแช่เป็น

เวลา 2 และ 3 ชั่วโมง เมื่อนำไปให้ความร้อน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ จะมีเวลาในการเกิดเจลน้อยกว่าแป้งที่ผ่านการแช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งจะใช้เวลาในการเกิดเจลนานที่สุด (รูปที่ 1) เนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งแช่นานขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นโมเลกุลของน้ำจะสามารถแทรกซึมเข้าไปในเม็ดแป้งมากขึ้น และยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเพื่อให้ความร้อนสูงขึ้นจะส่งผลต่อการสร้างพันธะไฮโดรเจนของหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ ใกล้ ๆ กัน กับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้นและแข็งแรงขึ้น [7,8]

Table 2 Moisture contents of rice flour soaked in water for 1, 2 and 3 hours

Soaking time (hour)	Moisture content (%)	Soaking time (hour)
1	4.87±0.50 ^b	1
2	5.93±0.19 ^{ab}	2
3	6.27±0.76 ^a	3

There are significantly different with different superscript alphabets (a, b, c) in the column ($p \leq 0.05$).

การวิเคราะห์ความคงตัวของแป้งที่ผ่านการแช่เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปเก็บไว้ในอุณหภูมิแช่เย็น (ประมาณ 10 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความคงตัวของสารละลายโดยการตรวจสอบตะกอนที่เกิดขึ้น ซึ่งการศึกษานี้จะวัดค่าความสูงของตะกอนชั้นแป้งและชั้นส่วนใส พบว่าแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส มีค่าความคงตัวหรือมีการแยกชั้นน้อยกว่าแป้งที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (รูปที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับ

ค่าของอุณหภูมิในการเกิดเจลในเซชันของสารละลายแป้งข้าว คือ 83.4-86.8 องศาเซลเซียส [4] นอกจากนั้นระยะเวลาในการแช่สัปดาห์ทำให้แป้งมีการดูดซับความชื้นต่ำ เมื่อได้รับความร้อนเม็ดแป้งจึงเกิดการพองตัวและเกิดเจลได้น้อย ส่งผลให้เกิดการแยกชั้นที่มากกว่า [9,10] ดังนั้นในการทดลองจึงคัดเลือกระยะเวลาในการแช่แป้งที่ 2 และ 3 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการให้ความร้อนสารละลายแป้งข้าว คือ ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

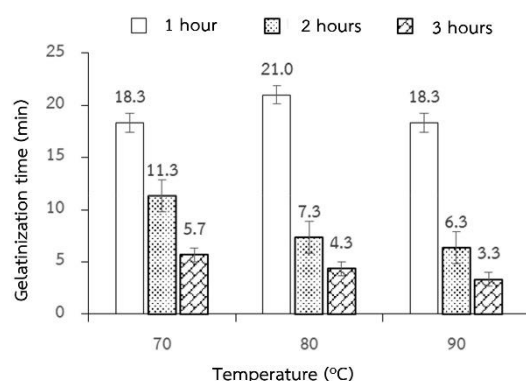
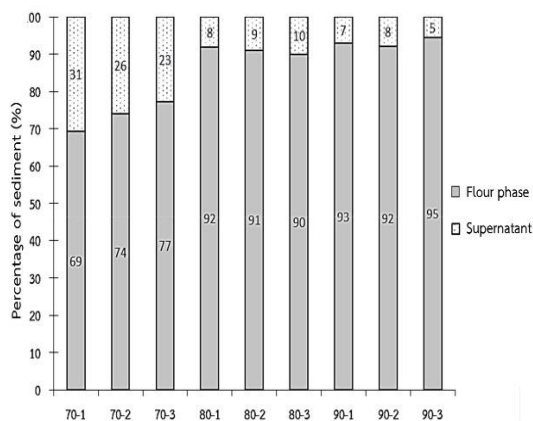


Figure 1 Effect of soaking time on gelatinization time of starch solution with different temperatures

3.2 ผลของมอลโตเด็กซ์ทรินและอุณหภูมิในการให้ความร้อนต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้

ผลของการแช่สารละลายแป้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (2 และ 3 ชั่วโมง) อุณหภูมิในการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (80 และ 90 °C) และปริมาณความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินที่ต่างกัน (ร้อยละ 10 และ 15) พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (TSS) พบว่าตัวอย่างที่เติมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 15 ให้ค่า TSS สูงกว่าตัวอย่างที่เติมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 คือ >20 %TSS (ตาราง 3) เนื่องจากมอลโตเด็กซ์ทริน คือ คาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์

ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสสารบางส่วนให้เป็นสายสั้น ๆ ของน้ำตาลกลูโคส จึงสามารถละลายในน้ำได้ดีกว่าแป้งข้าว [11] นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิในการให้ความร้อนและระยะเวลาในการแช่น้ำของตัวอย่าง พบว่าที่ปริมาณมอลโตเด็คซ์ทรินคงที่นั้น ตัวอย่างมีค่า TSS มากขึ้น เมื่อระยะเวลาในการแช่นานขึ้น ขณะเดียวกันที่ระยะเวลาในการแช่ที่เท่ากัน ตัวอย่างมีค่า TSS สูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการให้ความร้อนสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการแช่ที่มากและความร้อนที่สูงพอที่จะทำให้สารละลายแป้งสามารถดูดซับน้ำได้เต็มที่ จึงส่งผลให้มีค่า TSS ในตัวอย่างสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การทดลองพบว่าสูตรที่เหมาะสมแก่การนำไปผลิตครีมเทียมผงต่อไป คือ สูตรที่ใช้มอลโตเด็คซ์ทรินร้อยละ 15 และระยะเวลาในการแช่นาน 2 และ 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ค่า TSS สูงและให้ความคงตัวค่อนข้างดี



70-1 = rice flour soaking for 1 hour at 70 °C; 70-2 = rice flour soaking for 2 hours at 70 °C; 70-3 = rice flour soaking for 3 hours at 70 °C; 80-1 = rice flour soaking for 1 hour at 80 °C; 80-2 = rice flour soaking for 2 hours at 80 °C; 80-3 = rice flour soaking for 3 hours at 80 °C; 90-1 = rice flour soaking for 1 hour at 90 °C; 90-2 = rice flour soaking for 2 hours at 90 °C; 90-3 = rice flour soaking for 3 hours at 90 °C

Figure 2 Stability of rice flour with different soaking times and temperatures

Table 3 Total soluble solid contents in various treatments of non- dairy cream powders from rice flour

Treatments	Total soluble solid (TSS)
2A-80 (10 %MD)	17.50±0.50 ^f
2B-80 (15 %MD)	22.00±0.00 ^c
3A-80 (10 %MD)	17.53±0.11 ^e
3B-80 (15 %MD)	22.23±0.11 ^c
2A-90 (10 %MD)	18.30±0.10 ^d
2B-90 (15 %MD)	23.73±0.11 ^a
3A-90 (10 %MD)	17.96±0.05 ^{de}
3B-90 (15 %MD)	22.93±0.05 ^b

There are significantly different with different superscript alphabets in the column ($p \leq 0.05$).

3.3 ผลกระทบการทำแห้งแบบลูกกลิ้งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของครีมเทียมจากข้าว

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าว พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันในครีมเทียมผงของทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะมีความแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองควบคุม (control) ดังตาราง 4 โดยปริมาณโปรตีนในสิ่งทดลองจะมีค่าน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม ขณะที่ปริมาณไขมันในสิ่งทดลองจะมีค่ามากกว่าสิ่งทดลองควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณน้ำมันรำข้าวสำหรับสูตรการทดลองนี้สูงกว่าสูตรควบคุม นอกจากนี้ค่า a_w ของครีมเทียมผงจากแป้งข้าวที่ได้จากการทดลองมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม คือ อยู่ในช่วง 0.20-0.27 a_w (ตาราง 4) ซึ่งยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอาหารของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง (dehydrated food) ที่กำหนดไว้ คือ ต้องมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 เพื่อป้องกันและควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียที่เกิดจากรา ยีสต์ และแบคทีเรีย เป็นอาหารประเภทเดียวกันกับนมผง น้ำผลไม้ผง เป็นต้น [12,13]

Table 4 The a_w values and chemical compositions of various treatments of non-dairy cream powders from rice flour

Treatments	a_w	Chemical compositions (%)		
		Moisture	Protein	Fat
control	0.15 ± 0.01^d	0.09 ± 0.02^a	5.03 ± 0.65^a	20.32 ± 0.30^b
2B-80	0.27 ± 0.02^a	0.04 ± 0.01^b	3.08 ± 0.05^b	33.00 ± 1.08^a
2B-90	0.26 ± 0.01^{ab}	0.04 ± 0.01^b	3.09 ± 0.02^b	34.04 ± 0.93^a
3B-80	0.23 ± 0.01^{bc}	0.04 ± 0.01^b	3.09 ± 0.07^b	33.83 ± 1.02^a
3B-90	0.20 ± 0.02^c	0.07 ± 0.01^a	3.20 ± 0.13^b	33.51 ± 1.88^a

There are significantly different with different superscript alphabets in the column ($p \leq 0.05$)

Table 5 Color values of non-dairy cream powders from rice flour

Treatments	L^*	a^*	b^*
control	85.84 ± 0.12^d	-1.71 ± 0.09^a	16.59 ± 0.14^a
2B-80	88.54 ± 0.43^{ab}	-0.80 ± 0.03^c	12.82 ± 0.23^b
2B-90	88.09 ± 0.11^c	-1.36 ± 0.18^b	11.73 ± 0.23^d
3B-80	88.85 ± 0.12^a	-0.19 ± 0.16^d	11.76 ± 0.02^d
3B-90	88.37 ± 0.07^{bc}	-1.30 ± 0.04^b	12.11 ± 0.16^c

There are significantly different with different superscript alphabets in the column ($p \leq 0.05$);

control = rice flour without soaking and heating; 2B-80 = rice flour with 2-hour soaking at 80 °C;

2B-90 = rice flour with 2-hour soaking at 90 °C; 3B-80 = rice flour with 3-hour soaking at 80 °C;

3B-90 = rice flour with 3-hour soaking at 90 °C

ค่าสี (ตาราง 5) พบว่าครีมเทียมผงจากแป้งข้าวสตรควบคุมมีค่าความสว่าง (L^*) น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ที่ให้ค่าความสว่างสูง โดยให้ค่าสีแดง ($-a^*$) และค่าสีเหลือง (b^*) น้อยกว่าสูตรควบคุม จึงให้สีขาวมากกว่าตัวอย่างสูตรควบคุม (รูปที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายในสูตร ส่งผลให้เกิดการเกาะติดของลูกกลิ้งขณะทำแห้งต่ำและให้ระยะเวลาการทำแห้งน้อยกว่าสูตรควบคุม ทำให้การสะสมความร้อนของลูกกลิ้งที่จะส่งผลให้

เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่สร้างสารประกอบสีน้ำตาลเนื่องจากองค์ประกอบของน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกิริยากับโปรตีนในครีมเทียมผงจากแป้งข้าวที่อุณหภูมิสูงน้อยกว่าสูตรควบคุมนั่นเอง [14]

ขณะที่ความหนาแน่นรวม (bulk density) ในทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยตัวอย่างควบคุมมี bulk density สูงสุด คือ 1.30 ในขณะที่ทุกสิ่งทดลองมี bulk density อยู่ในช่วง 0.21-0.23 ดังตาราง 6 ทั้งนี้ค่า

bulk density จะส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพด้าน compressibility และ flowability ที่วัดได้จากค่า Hausner ratio (HR) ซึ่งค่าความหนาแน่น ที่มีค่าสูงจะให้ความสามารถในการจมตัว (sinkability) ของครีมเทียมผงในน้ำได้สูงตามลำดับ [15] ส่วนค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตรที่ผ่านการอัดแน่น (bulk tapped) นำไปคำนวณกับค่า bulk density เพื่อหา

เปอร์เซ็นต์ที่สามารถอัดแน่นได้ (compressibility index) และอธิบายในรูปอัตราส่วนการอัดแน่น (Hausner ratio) พบว่าครีมเทียมแป้งข้าวทงทุกสิ่งทดลองมี Hausner ratio ต่ำกว่าสูตรควบคุม ส่งผลให้ประสิทธิภาพการไหลได้ดีกว่า เนื่องจากความมีรูพรุนมากจะส่งผลให้มีความหนาแน่นต่ำ ให้ความสามารถในการละลายสูงและมีการไหลได้ดีมากขึ้น [16,17]



Figure 3 Characteristics of non-dairy cream powders from rice flour with drum drying

Table 6 Bulk density of non-dairy cream powders from rice flour

Treatments	Physical properties			
	Bulk density	Bulk tapped	Compressibility	Hausner ratio
control	1.30±0.05 ^a	2.70±0.13 ^a	51.50±4.60 ^a	2.07±0.18 ^a
2B-80	0.23±0.02 ^b	0.40±0.03 ^b	42.58±1.43 ^b	1.74±0.04 ^b
2B-90	0.21±0.01 ^b	0.38±0.02 ^b	42.38±2.26 ^b	1.73±0.06 ^b
3B-80	0.22±0.01 ^b	0.42±0.01 ^b	45.68±1.66 ^b	1.84±0.05 ^b
3B-90	0.21±0.01 ^b	0.38±0.01 ^b	44.70±1.82 ^b	1.80±0.05 ^b

There are significantly different with different superscript alphabets in the column ($p \leq 0.05$).

สมบัติในการละลาย (solubility) ของครีมเทียมผงที่ได้จากผลกระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่ามีความแตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสิ่งทดลองควบคุมมีค่า solubility เท่ากับร้อยละ 47.77 ซึ่งให้ค่าต่ำกว่าทุก ๆ สิ่งทดลองอื่น ๆ ที่ให้ค่า solubility มากกว่าร้อยละ 98 (ตาราง 7) ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการกระจายตัว (dispersibility) สัมพันธ์กับความสามารถ

ในการละลายของอาหารผง โดยจะขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมี ขนาดอนุภาค รูปร่าง ความหนาแน่นของอนุภาค รวมทั้งสถานะทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิในการละลาย การกระจายตัวของอาหารผงในน้ำและเกิดการละลายขึ้น รวมถึงเกิดการเสียสภาพของโปรตีนในกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้สิ่งทดลองควบคุมมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำลง [18]

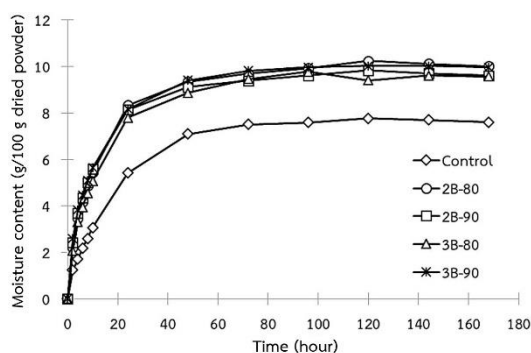
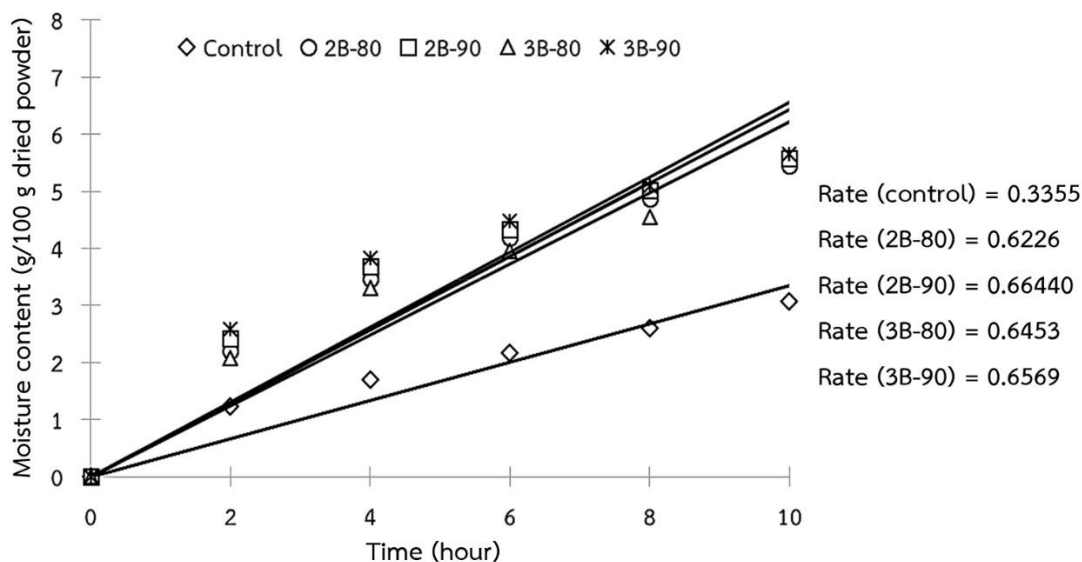
Table 7 Solubility of non-dairy cream powders from rice flour

Treatments	Solubility (%)
control	47.77 ± 2.72^b
2B-80	98.97 ± 0.06^a
2B-90	98.99 ± 0.03^a
3B-80	98.92 ± 0.11^a
3B-90	98.97 ± 0.06^a

There are significantly different with different superscript alphabets in the column ($p \leq 0.05$).

ขณะที่ความสามารถในการดูดความชื้น (hygroscopicity) พบว่าครีมเทียมผงจากแป้งข้าวทูกสิ่งทดลอง มีค่าการดูดซับความชื้นที่เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปหลังจาก 70 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่ามีค่าการดูดซับความชื้นคงที่ เห็นได้จากกราฟสูตรควบคุมมีค่าการดูดซับความชื้นต่ำกว่าสูตรทดลอง โดยสูตร 2B-80 และ 3B-90 มีค่าการดูดซับความชื้นที่มากที่สุดใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการแช่แป้งที่นาน

ขึ้น และอุณหภูมิให้ความร้อนในการเกิดเจลที่สูงขึ้น ทำให้การดูดซับน้ำได้ดีขึ้นตามลำดับ [10] ซึ่งสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ร้อยละของการดูดความชื้นที่ระยะเวลาทั้งหมด 168 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าในระยะ เวลา 10 ชั่วโมงแรก สูตรทดลองทุกสูตรมีปริมาณร้อยละของการดูดความชื้นที่อธิบายอัตราการดูดซับน้ำจากค่าความชันของกราฟ โดยพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วดังแสดงใน รูปที่ 5

**Figure 4** Moisture content of non-dairy cream powders from rice flour during storage at 76 %RH for 168 hours**Figure 5** Absorption rates of non-dairy cream powders from rice flour during 10 hours.

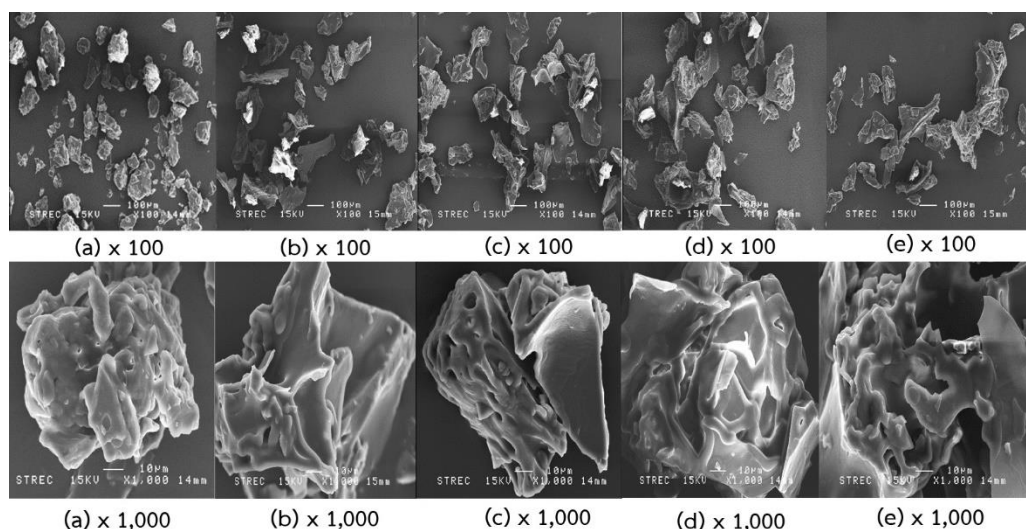


Figure 6 Morphological structure of non-dairy cream powders from rice flour as measured by scanning electron microscope (SEM): control (a), 2B-80 (b), 2B-90 (c), 3B-80 (d) และ 3B-90 (e) with magnification at 100x and 1,000x

ขณะที่สูตรควบคุมมีอัตราการดูดซับน้ำ (rate) ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.3355 ในขณะที่สูตร 3B-90 ที่มีค่าอัตราการดูดซับน้ำเท่ากับ 0.6569 (รูปที่ 5) ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการละลายขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมี ขนาด รูปร่างลักษณะโครงสร้างของอนุภาค ความหนาแน่นของอนุภาค และสถานะทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิในการละลาย [19] จากการส่องกล้อง SEM เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของครีมเทียมผงสูตร 2B-80, 3B-80, 2B-90 และ 3B-90 ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้งจะให้ลักษณะสัญญาณวิทยาไม่แน่นอน มีเหลี่ยมแหลมและขอบคม เช่นเดียวกันกับสิ่งทดลองควบคุม เมื่อเพิ่มกำลังขยายเป็น 1,000x พบว่าครีมเทียมผงจากแป้งข้าวสูตร 2B-80, 3B-80, 2B-90 และ 3B-90 มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูพรุนมากอย่างชัดเจน โดยสูตร 3B-80 และ 3B-90 มีลักษณะเป็นรูพรุนมากที่สุด ในขณะที่ครีมเทียมผงตัวอย่างควบคุมมีลักษณะเป็นรูพรุนน้อย ทำให้พื้นที่ผิวน้อย และมีความยืดเกาะกันเป็นก้อน (รูปที่ 6) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธี

การเตรียมครีมเทียมข้าวผงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Haque และ Roos [20]

ผลการทดลองในการคืนรูปหรือการดูดน้ำกลับของครีมเทียมผงขึ้นอยู่กับปัจจัยของโครงสร้างขนาดของอนุภาค ความหนาแน่นโดยรวม และรูพรุนของอนุภาคที่ส่งผลให้ค่าการคืนรูป (reconstitution) ของครีมเทียมผงมากขึ้น [21,22] โดยความสัมพันธ์พบว่าครีมเทียมผงจากแป้งข้าวสูตร 3B-80 และ 3B-90 มีลักษณะโครงสร้างที่มีรูพรุนมากจึงให้ความสามารถในการกระจายตัวมาก ขณะที่สูตรควบคุมมีค่าความหนาแน่นรวมสูง จึงให้ความสามารถในการเปียกน้ำและความสามารถในการจมตัวมากกว่า (ตาราง 8) จากการทดลองพบว่าสูตร 3B-90 ให้ค่าการละลายและการกระจายตัวดีที่สุด ดังนั้นสามารถอธิบายได้ว่าการแช่แป้งที่เวลานาน 3 ชั่วโมง และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาผ่านการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จะให้ค่าความสามารถในการคืนรูปได้สูง ให้ค่าการละลายเท่ากับร้อยละ 98.97 ซึ่งมีประสิทธิภาพใน

การละลายเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุมถึงร้อยละ 51.2 สัมพันธ์กับร้อยละของตะกอนสูตร 3B-90 ที่มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 10.30 รองลงมา คือ สูตร 2B-90

เท่ากับร้อยละ 14.22 ในขณะที่สูตรควบคุมมีร้อยละของตะกอนมากที่สุดถึงร้อยละ 33.14 ตามลำดับ

Table 8 Reconstitution abilities of non-dairy cream powders from rice flour as evaluated using score levels

Treatments	Wettability	Sinkability	Dispersability	Percentage of sedimentation (%)
control	5	5	1	33.14±0.50 ^a
2B-80	2	2	4	12.71±0.47 ^c
2B-90	2	3	3	14.22±0.19 ^b
3B-80	3	3	4	12.41±0.51 ^c
3B-90	4	4	5	10.30±0.40 ^d

There are significantly different with different superscript alphabets in the column ($p \leq 0.05$); 5 = very high ability, 4 = high ability, 3 = fair, 2 = low ability, 1 = very low ability

4. สรุปผลการวิจัย

ผลของระยะเวลาในการแช่แข็งที่นานและการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาการเกิดเจลของแป้งที่สั้นลง โดยระยะเวลาในการแช่แข็งที่เวลา 3 ชั่วโมง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จะเกิดการแยกชั้นของสารละลายน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (TSS) พบว่าปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินที่ปริมาณร้อยละ 15 ให้ค่า TSS มากกว่าร้อยละ 10 ขณะที่ระยะเวลาการแช่ 2 ชั่วโมง ให้ค่า TSS ไม่แตกต่างจาก 3 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์ค่าสีพบว่าครีมเทียมผงจากแป้งข้าวสูตรควบคุมมีค่าความสว่าง (L^*) น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ในขณะที่ความหนาแน่นรวมในตัวอย่างครีมเทียมแป้งข้าวทุกสิ่งทดลองมีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุม ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการละลายเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นครีมเทียมจากแป้งข้าวที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลูกกลิ้งจะให้ลักษณะโครงสร้างของครีมเทียมแป้งข้าวผงมีลักษณะสีฐานวิทยาไม่แน่นอน ยึดเกาะกันเป็นก้อน มีขอบคม และรูปทรงค่อนข้างมาก ซึ่ง

ส่งผลต่อการสมบัติละลายที่สูงขึ้น โดยครีมเทียมแป้งข้าวที่ผ่านการแช่ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ให้ค่าประสิทธิภาพในการละลายสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกสิ่งทดลอง

5. References

- [1] Mann, C. J., Sutherland, W., Chisholm, A. and Skeaff, M., 1995, Effects of coconut oil, butter, and safflower oil on lipids and lipoproteins in persons with moderately elevated cholesterol levels, *J. Lipid Res.* 36: 1787-1795.
- [2] Chaysuriya, K. , 2015, Effect of drying process on physicochemical properties of non-dairy cream powder from rice flour, Research Project, Siam University, 66 p. (in Thai)
- [3] Sirilert, T., Kamler, S. and Boonpim, S., 2013, Study on stabilizer and emulsifier

- properties in non- dairy cream powder from rice and its applications, Food Technol. J. Siam Univ. 8(1): 21-34. (in Thai)
- [4] Sirilert, T., Silalai, N., Chaysuriya, K. and Sarawong, C. , 2017, Effect of drying process on physicochemical properties of low-calorie non-dairy cream powder from rice flour, Burapha Sci. J. 22(2): 155-168. (in Thai)
- [5] Caparino, O. A. , Tang, J. , Nindo, C. I. , Sablani, S.S., Power, J.R. and Fellman, J.K., 2012, Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine Carabao var.) powder, J. Food Eng. 111: 135-148.
- [6] Sulieman, A.M.E., Abdalla, S.A. and Salih, Z., 2013, Effect of conventional and oven drying on the physicochemical properties of two tomato cultivars fruit powder, Food Publ. Health 3: 346-351.
- [7] Utaphap, D. , 2007, Carbohydrate Technology, Department of Biochemistry, School of Bioresources and Technology, King Mongkut' s University of Technology Thonburi, Bangkok. (in Thai)
- [8] Li., J.Y. and Yeh, A.I., 2001, Relationships between thermal rheological characteristics and swelling power for various starches, J. Food Eng. 50: 141-148.
- [9] Srirod, K. and Piyajoomkwan, K. , 2007, Starch Technology, 4th Ed. , Kasetsart University, Bangkok, 303 p. (in Thai)
- [10] Chainui, C. and Sasakul, T., 2002, Modification of rice starch containing high amylose content with pre- gelatinization and acidification methods, Master' s Thesis, Prince of Songkhla University, Songkhla. (in Thai)
- [11] Rattanapanon, N., 2006, Food Chemistry, 2nd Ed, Odian Store, Bangkok, 504 p. (in Thai)
- [12] Labuza, T. , 1980, The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration, Food Technol. 34(4): 36-59.
- [13] Sirisoontaralak, P. and Noomhorm, A. , 2007, Changes in physicochemical and sensory-properties of irradiated rice during storage, J. Stored Prod. Res. 43: 282-289.
- [14] Natchayangkul, K. , 2003, Comparison of reconstituted soy protein powder from spray drying, foam drying and freeze drying techniques, Research Project, King Mongkut' s University of Technology Thonburi, Bangkok, 102 p. (in Thai)
- [15] Jinapong, N. , Supphantharika, M. and Jamnong, P. , 2008, Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration, J. Food Eng. 84: 194-205.
- [16] Martin, S.I.F.S., Jongen, W.M.F., van Boekel M. A. J. S. , 2000, A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling, Trends Food Sci. Technol. 11: 364-373.
- [17] Sharma, A. , Jana, A.H. and Chavan, R. S. , 2012, Functionality of milk powders and

- milk- based powders for end use applications: A review, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 11: 518-528.
- [18] Baldwin, A. and Pearce, D. , 2005, Milk powder, pp. 387-434, In Onwulata, C. (Ed.), Encapsulated and Powdered Foods, Taylor and Francis Group, New York.
- [19] Monton, C., Kraisintu, K., Suksaeree, J., and Charoenchai, L., 2014, Flowability study of herbal powder for solid dosage form preparation, J. Sci. Technol. 22(5): 743-754.
- [20] Haque, K. and Roos, Y. H. , 2006, Differences in the physical state and thermal behavior of spray- dried and freeze-dried lactose and lactose/protein mixtures, Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 7: 62-73.
- [21] Abadio, F.D.B. , Domingues, A.M. , Borges, S. V. and Oliveira, V. M. , 2004, Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice- effect of malt dextrin concentration and atomization speed, J. Food Eng. 64: 285-287.
- [22] Sommanus, K. , 1995, Production of dried banana with spray drying and foam drying methods, Research Project, Kasetsart University, Bangkok, 146 p. (in Thai)