



รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย (research project)

ทุนงบประมาณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2552

โครงการวิจัยเรื่อง

การเพิ่มมูลค่าข้าวเหนียวโดยการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมโปรตีนเพื่อสุขภาพ

(Value Addition of Sticky Rice by Production of Protein-Enrichment-Quick-Cooking-Sticky Rice
for Health)

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวพนิดา รัตนปิติกรณ์

หน่วยงาน

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



การเพิ่มมูลค่าข้าวเหนียวโดยการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมโปรตีนเพื่อสุขภาพ

(Value Addition of Sticky Rice by Production of Protein-Enrichment-Quick-Cooking-Sticky Rice
for Health)

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวพนิดา รัตนปิติกรณ์

หน่วยงาน

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ผลของวิธีการแช่ที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคและนมแพะ โดยการทดลองผันแปรวิธีในการแช่เพื่อเสริมนมโคและนมแพะในข้าวเหนียวเป็น 3 วิธี คือ แช่ข้าวเหนียวที่ผ่านการเจลาติไนซ์แล้วในน้ำนม แช่ข้าวเหนียวในน้ำนมพร้อมกับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่กำลังคลื่นปานกลางเป็นเวลา 5 นาทีและแช่ข้าวเหนียวในน้ำนมพร้อมกับการให้ความร้อนด้วยไอน้ำร้อนเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทำการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วโดยหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง ทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการแปรรูป ส่วนที่ 2 สมบัติทางเคมีกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัสและสมบัติในการเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวโดยการทดลองผันแปรปริมาณนมผงต่อน้ำ 3 ระดับ คือ 12.5:100, 25.0:100 และ 37.5:100 โดยน้ำหนัก ร่วมกับการผันแปรความเข้มข้นชาเขียวเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.44, 0.88 และ 1.32 และส่วนที่ 3 สมบัติทางเคมีกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ต ทดลองผันแปรพันธุ์ข้าวเหนียว 2 สายพันธุ์ คือ กข6 และสันป่าตอง ผันแปรปริมาณข้าวเหนียวต่อโยเกิร์ตที่อัตราส่วนดังนี้ 2:0, 2:0.5, 2:1 และ 2:1.5 โดยน้ำหนัก ผันแปรชนิดของโยเกิร์ต 2 ชนิด คือ โยเกิร์ตสดและโยเกิร์ตผง

ผลการทดลองเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคและนมแพะ พบว่า วิธีการแช่เพื่อเสริมนมสดในข้าวเหนียวทั้งสามวิธีมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ หลังการอบแห้งเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเพื่อสุขภาพ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ผ่านการแช่ร่วมกับการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟมีค่าสีขาว-ดำ (ค่าสี L) สูงที่สุด ตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคภายหลังการอบแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.6-6.5 และมีค่ากิจกรรมของน้ำอยู่ในช่วง 0.15-0.3 ตัวอย่างที่มีการเสริมนมโคจะมีลักษณะสีเข้มกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มี การเสริมนมโคและสีออกโทนเหลืองอ่อนมากกว่า ตัวอย่างที่เสริมนมโคจะมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่ได้เสริมนมโคอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.2-10.9 ปริมาณไขมันร้อยละ 4.0-6.9 และปริมาณเถ้าร้อยละ 0.8-1.3 และตัวอย่างที่เสริมนมแพะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อยแต่ไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ผลการทดลองเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัสและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมสารอาหารจากนมโคกลั่นรสชาเขียว พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.5

ข้าวโฌง ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 แช่น้ำนํ้ามะขามที่อัตราส่วนปริมาณนํ้า ต่อ นํ้า 37.5:100 โดยนํ้าหนัก ความเข้มข้นชาเขียวร้อยละ1.32 มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีค่าความสามารถในการยับยั้งสาร DPPH เท่ากับร้อยละ 92.51±1.28 และมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 10.23±0.09 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีสมบัติทางเคมีกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัส เป็นที่ยอมรับสูงสุด

ผลการทดลองเกี่ยวกับสมบัติทางเคมี กายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ต พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการแปรรูปคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5.5-6 ชั่วโมง ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับอัตราส่วนข้าวเหนียวต่อ โยเกิร์ตสดที่อัตราส่วน 2:0.5 มากที่สุด และการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างที่ใช้โยเกิร์ตสดและ โยเกิร์ตผงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างข้าวเหนียว ที่ผ่านการคืนรูประหว่างสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยตัวอย่าง ข้าวเหนียวที่ เสริมโยเกิร์ตผงมีลักษณะค่อนข้างนุ่ม มีความยืดหยุ่น การเกาะตัวน้อย และมีเวลาในการเคี้ยวข้าวจน ละเอียดสั้น ส่วนข้าวเหนียวที่เสริมโยเกิร์ตสดมีค่าความเกาะติดกันสูงกว่าข้าวเหนียว ที่ไม่ผ่านการแช่ โยเกิร์ตสดและโยเกิร์ตผง ($p\leq0.05$) ส่วนประกอบทางเคมีโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ ภายหลังจากการคืน รูป พบว่า มีปริมาณโปรตีน แตกต่างไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($P>0.05$) โดยข้าวเหนียว พันธุ์ กข6 เสริมโยเกิร์ตสดและเสริมโยเกิร์ตผง มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.10 ± 1.68 และ 5.85 ± 0.96 ตามลำดับ และตัวอย่างควบคุมมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.78 ± 1.09

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็ว ชาเขียว สมบัติในการเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน นมโค นมแพะ โยเกิร์ต การทำแห้งแบบลมร้อน

Abstract

This experiment comprised of 3 parts. The first part aimed to determine the physical and chemical properties of protein-enrichment-quick-cooking-sticky rice by varying soaking methods (soaking gelatinized sticky in fluid milk, soaking non-gelatinized sticky rice in fluid milk and heat with microwave at medium power for 5 minutes and soaking non-gelatinized sticky rice in fluid milk and heat with hot steam for 30 minutes) in order to enrich cow milk and goat milk into sticky rice. The samples were dried with hot air oven and the optimum time was investigation. The properties of protein-enrichment-quick-cooking-sticky rice were examined before and after process. The second part was study of the physical and chemical properties sensory characteristics and antioxidant property of milk-enrichment-quick-cooking-sticky rice flavoured green tea. The experiments was varied the ratio by weight of milk powder per water of 12.5:100, 25.0:100 and 37.5:100 and varied the concentration of green tea of 0.44, 0.88 and 1.32 %, respectively. And the third part of study focuses on the physical and chemical properties and sensory characteristics of quick-cooking-sticky rice flavoured yoghurt. The experiments were varied 2 varieties of sticky rice namely Sanpatong and RD 6, varied 4 ratio by weight of sticky rice per yoghurt (2:0, 2:0.5, 2:1 and 2:1.5) and varied 2 types of yoghurt (fresh yoghurt and dried yoghurt).

Soaking methods had a significantly different effect on the color value of dried protein-enrichment-quick-cooking-sticky rice ($p \leq 0.05$). Soaking non-gelatinized sticky rice in fluid milk and heat with microwave at medium power for 5 minutes showed the highest whiteness value (L value) of sample. Dried samples contained moisture content in the range of 3.6-6.5 % and contained the water activity of 0.15-0.3. The sample of cow milk-enrichment-quick-cooking-sticky rice had a higher chroma value and more yellowish color than the control sample. Cow milk-enrichment-quick-cooking-sticky rice composed of higher protein, fat and ash contents than the control ($p \leq 0.05$). The sample contained protein content of 9.2-10.9%, fat content of 4.0-6.9% and ash content of 0.8-1.3. Whereas the sample of goat milk-enrichment-quick-cooking-sticky rice had non-significantly different of protein content when compared with the control sample.

The optimum drying condition for milk-enrichment-quick-cooking-sticky rice was drying at temperature of 100 degree Celsius for 3.5 hours. The sample from RD 6 variety, soaking in green tea and cow milk at the ratio of powder milk per water per green tea concentration of 37.5:100:1.32 showed the highest antioxidant property and acceptability test ($p \leq 0.05$). The inhibition of DPPH and the total phenolic content of the sample was $92.51 \pm 1.28\%$ and 10.23 ± 0.09 milligram per gram of sample, respectively.

The optimum drying condition for quick-cooking-sticky rice flavoured yoghurt was drying at temperature of 100 degree Celsius for 5.5-6 hours. The sensory acceptant score showed that the weight ratio of sticky rice per fresh yoghurt of 2:0.5 got the highest score. Whereas the acceptant score of the sample which used fresh yoghurt was non-significantly different when compared with the sample which used dried yoghurt ($P > 0.05$). Texture characteristics of reformed samples among treatment were significantly different ($p \leq 0.05$). The sample which used fresh yoghurt had higher cohesiveness, hardness, gumminess, chewiness and springiness but lower adhesiveness than the sample which used dried yoghurt. The approximate analysis of reformed quick-cooking-sticky rice flavoured yoghurt showed non-significantly different of protein and ash content when compared with control ($P > 0.05$). Protein contents of the sample which used fresh and dried yoghurt were 6.10 ± 1.68 and $5.85 \pm 0.96 \%$, respectively. Whereas the control composed the protein content of $5.78 \pm 1.09 \%$.

Keywords : quick-cooking-sticky rice, green tea, antioxidant properties, cow milk, goat milk, yoghurt, hot air drying

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย เรื่อง การเพิ่มมูลค่าข้าวเหนียว โดยการแปรรูปผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมโปรตีนเพื่อสุขภาพ (Value Addition of Sticky Rice by Production of Protein-Enrichment-Quick-Cooking-Sticky Rice for Health) ขอขอบคุณ ผู้ช่วยวิจัยนางสาวสุปรียา ชาญชัยสมจิตรและนักศึกษาผู้ช่วยวิจัยในระดับปริญญาตรี สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คือ นางสาวฉัตรทิพย์ ดีบศรีบุตร นางสาวปิยวรรณ รอดดารา นางสาวกัลยา บัวหอม นายภัทร พิมสารและนางสาวสิรินภา สีดาที่มีความความสนใจเข้ามามีส่วนร่วมในการวิจัย พร้อมทั้งใช้ความวิริยะ อุตสาหะ ในการช่วยทำงานวิจัยนี้ให้ลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยและ ขอขอบคุณศูนย์บริหารงานวิจัย สำนักงานอธิการบดี และคณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ที่สนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

หัวหน้าโครงการวิจัย

กันยายน 2553

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์	4
บทที่ 3 การทดลอง	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	49
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	111
บรรณานุกรม	115
ภาคผนวก	118

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	ลักษณะของข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 และสันป่าตอง 1
ตารางที่ 2.2	ประโยชน์ของสารอาหารที่มีในข้าว
ตารางที่ 2.3	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวขาวในส่วนที่รับประทานได้ต่อ 100 กรัม
ตารางที่ 2.4	ขนาดของไมเซลล์และร้อยละที่พบในน้ำมัน
ตารางที่ 2.5	การเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของนมแพะและนมโค
ตารางที่ 2.6	การเปรียบเทียบองค์ประกอบกรดอะมิโน (กรัมต่อ 100 กรัมของกรดอะมิโน) ของนมแพะและนมโค
ตารางที่ 2.7	การเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของนมและโยเกิร์ต
ตารางที่ 2.8	รูปแบบของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวหุงสุกเร็ว
ตารางที่ 2.9	อุณหภูมิการเกิดเจลลาติไนส์ของแป้งชนิดต่างๆ
ตารางที่ 2.10	การจัดแบ่งประเภทของข้าวตามปริมาณอะไมโลสและลักษณะของข้าวสุก
ตารางที่ 2.11	ความหมายของคุณลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆ ในเชิงคุณภาพทางกายภาพจากการวิเคราะห์โครงสร้างด้านเนื้อสัมผัส (texture profile analysis) และในเชิงคุณภาพทางประสาทสัมผัส
ตารางที่ 2.12	คำจำกัดความของเนื้อสัมผัสของข้าวเหนียวหุงสุกจากการทดสอบชิม
ตารางที่ 4.1	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพด้านความชื้นของตัวอย่างข้าวเหนียวหุงสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวก่อนและหลังการคั้นรูป
ตารางที่ 4.2	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียวหุงสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวก่อนการคั้นรูป
ตารางที่ 4.3	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพค่าสี (L, a, b, Hue, Chroma) ของตัวอย่างข้าวเหนียวหุงสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป
ตารางที่ 4.4	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างข้าวเหนียวหุงสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป

		หน้า
ตารางที่ 4.5	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างข้าวเหนียว สุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสาเขียวหลังการอบแห้งหรือก่อนการคั่วรูป	78
ตารางที่ 4.6	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของสมบัติในการเป็นสารป้องกันการ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโค กลั่นรสาเขียว	81
ตารางที่ 4.7	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นร สาเขียวหลังการคั่วรูป	82
ตารางที่ 4.8	การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความแข็ง ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์ กข 6) เสริม นมโคกลั่นรสาเขียว	87
ตารางที่ 4.9	การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความแข็ง ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์ สันป่าตอง) เสริมนมโคกลั่นรสาเขียว	88
ตารางที่ 4.10	ผลของความเข้มข้นของสาเขียว และพันธุ์ข้าวเหนียว (ปัจจัยเดียว) ต่อสมบัติ ประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความแข็ง ความเหนียว และการยอมรับ โดยรวมของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสาเขียว	89
ตารางที่ 4.11	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณนมผงกับพันธุ์ข้าวเหนียวต่อสมบัติ ทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสาเขียวของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริม นมโคกลั่นรสาเขียว	89
ตารางที่ 4.12	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความเข้มข้นของสาเขียว (ร้อยละ) กับพันธุ์ ข้าวเหนียวต่อสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านความเหนียว และการยอมรับ รวมของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสาเขียว	90
ตารางที่ 4.13	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความแข็ง ความเหนียว และการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์ กข 6) เสริมนมโคกลั่นรสาเขียว	90

	หน้า
ตารางที่ 4.14	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส ความแข็ง ความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์สันป่าตอง) เสริมนม โคลกลิ่นรสชาเขียว
ตารางที่ 4.15	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของสมบัติทางกายภาพด้าน ค่าสีหลัก (chroma) และสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ ข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์กข6) เสริมนม โคลกลิ่นรสชาเขียวหลังการคืนรูป
ตารางที่ 4.16	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของสมบัติทางกายภาพด้านค่าสี หลัก (chroma) และสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียว สุกเร็ว (พันธุ์สันป่าตอง) เสริมนม โคลกลิ่นรสชาเขียวหลังการคืนรูป
ตารางที่ 4.17	สมบัติด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์ กข 6) กลิ่นรสโยเกิร์ตที่ผ่านการอบแห้งและคืนตัวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน
ตารางที่ 4.18	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของสมบัติทางประสาทสัมผัส ด้านสี การเกาะตัว เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของ ผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์ กข 6) กลิ่นรสโยเกิร์ตที่ผ่านการอบแห้ง และคืนตัวด้วยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน
ตารางที่ 4.19	สมบัติด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์สันป่าตอง) กลิ่นรสโยเกิร์ตที่ผ่านการอบแห้งและคืนตัวด้วยการนึ่ง ไอน้ำร้อน
ตารางที่ 4.20	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของสมบัติทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสโยเกิร์ต (พันธุ์สันป่าตอง) ที่ผ่าน การอบแห้งและคืนตัวด้วยการนึ่งด้วยไอน้ำร้อน
ตารางที่ 4.21	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านการ เกาะตัว เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็ว กลิ่นรสโยเกิร์ตที่ผ่านการอบแห้งและคืนตัวด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	การเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างการทำแห้ง	25
รูปที่ 2.2	วงจรการเกิดอนุมูลอิสระ	30
รูปที่ 2.3	วงจรการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ	31
รูปที่ 2.4	โครงสร้างโมเลกุลของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ	32
รูปที่ 2.5	กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างเนื้อสัมผัส (texture profile analysis)	35
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนในการหาระยะเวลาการอบแห้งและอัตราส่วนน้ำนมชาเขียวที่เหมาะสม	43
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนการศึกษาผลของอัตราส่วนนมผง ความเข้มข้นของชาเขียวและสายพันธุ์ข้าวเหนียวที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์	45
รูปที่ 4.1	สมบัติของข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 (ก) ค่าสี และ (ข) ปริมาณความชื้นและส่วนประกอบทางเคมี	49
รูปที่ 4.2	ค่าสีของข้าวเหนียวเสริมนมโคที่ผ่านวิธีการแช่ที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	50
รูปที่ 4.3	ค่าสีของข้าวเหนียวเสริมนมแพะที่ผ่านวิธีการแช่ที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	50
รูปที่ 4.4	ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวเสริมนมโคและนมแพะที่ผ่านวิธีการแช่ที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	51
รูปที่ 4.5	ค่าสีของข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคที่ผ่านวิธีการแช่ที่แตกต่างกันและการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยลมร้อน	52
รูปที่ 4.6	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมแพะที่ผ่านวิธีการแช่ที่แตกต่างกันและการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยลมร้อน เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	53
รูปที่ 4.7	ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคและนมแพะที่ผ่านวิธีการแช่ที่แตกต่างกันและภายหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	54

		หน้า
รูปที่ 4.8	ค่ากิจกรรมของน้ำของข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคและนมแพะที่ผ่านวิธีการแช่ที่แตกต่างกันและการอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	54
รูปที่ 4.9	ค่าสีของข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคภายหลังการคั้นรูป	55
รูปที่ 4.10	ค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมแพะภายหลังการคั้นรูป	56
รูปที่ 4.11	ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคและนมแพะที่ผ่านการคั้นรูปเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	56
รูปที่ 4.12	ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคที่ผ่านการคั้นรูปเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	57
รูปที่ 4.13	ส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมแพะที่ผ่านการคั้นรูปเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม	58
รูปที่ 4.14	สมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง (ก) ปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวพันธุ์กข 6 พันธุ์สันป่าตอง นมผงและชาเขียวผงที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการทดลอง (ข) ส่วนประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเหนียวพันธุ์กข 6 พันธุ์สันป่าตอง (ค) ค่าสี (ง) สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ	59
รูปที่ 4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทำแห้ง (อบด้วยลมร้อน) กับร้อยละปริมาณความชื้น	60
รูปที่ 4.16	ค่ากิจกรรมของน้ำของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายนมชาเขียวที่อัตราส่วนนมต่อชาเขียวในระดับต่างๆ ภายหลังการอบแห้ง	61
รูปที่ 4.17	ปริมาณความชื้นของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวที่ผ่านการแช่สารละลายนมชาเขียวที่อัตราส่วนนมต่อชาเขียวในระดับต่างๆ (ก) ก่อนการคั้นรูป (ข) ภายหลังการคั้นรูป	62
รูปที่ 4.18	ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสชาเขียว (ก) ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว (ปัจจัยเดียว) ภายหลังการอบแห้งหรือก่อนการคั้นรูป (ข) ผลของความเข้มข้นของชาเขียว (ปัจจัยเดียว) ภายหลังการคั้นรูป	63
รูปที่ 4.19	ผลของปริมาณนมโค และความเข้มข้นของชาเขียวต่อค่าสี L, a, b, Hue และ Chroma ของตัวอย่างข้าวเหนียว กข 6 ที่ผ่านการแปรรูปเป็นข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสชาเขียวภายหลังการอบแห้ง	65

		หน้า
รูปที่ 4.20	ผลของปริมาณนมโค และความเข้มข้นของชาเขียวต่อค่าสี L, a, b, Hue และ Chroma ของตัวอย่างข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตองที่ผ่านการแปรรูปเป็นข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสชาเขียวหลังการอบแห้ง	65
รูปที่ 4.21	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลิ่นรสชาเขียวก่อนการคั้นรูป (ปัจจัยเดียว): ผลของปริมาณนมผง	66
รูปที่ 4.22	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลิ่นรสชาเขียวก่อนการคั้นรูป (ปัจจัยเดียว) : ผลของความเข้มข้นของชาเขียว	67
รูปที่ 4.23	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลิ่นรสชาเขียวก่อนการคั้นรูป (ปัจจัยเดียว) : ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว	67
รูปที่ 4.24	ผลของปริมาณนมโค และความเข้มข้นของชาเขียวต่อค่าสี L, a, b, Hue และ Chroma ของตัวอย่างข้าวเหนียว กข 6 ที่ผ่านการแปรรูปเป็นข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	68
รูปที่ 4.25	ผลของปริมาณนมโค และความเข้มข้นของชาเขียวต่อค่าสี L, a, b, Hue และ Chroma ของตัวอย่างข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตองที่ผ่านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลิ่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	69
รูปที่ 4.26	ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว (ปัจจัยเดียว) ที่มีต่อค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลิ่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	70
รูปที่ 4.27	สมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียวเป็นยาง การทนต่อการเคี้ยว) ของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์ กข6) เสริมนมโคกลิ่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	72
รูปที่ 4.28	สมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส (ค่าความยืดหยุ่น ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความยืดหยุ่น) ของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์ กข6) เสริมนมโคกลิ่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	72

		หน้า
รูปที่ 4.29	สมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความเหนียวเป็นยาง การทนต่อการเคี้ยว) ของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์สันป่าตอง) เสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	73
รูปที่ 4.30	สมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส (ค่าความยืดหยุ่น ความสามารถเกาะรวมตัวกัน ความยืดหยุ่น) ของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็ว (พันธุ์สันป่าตอง) เสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	73
รูปที่ 4.31	สมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป (ปัจจัยเดียว) (ก) ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว (ข) ผลของปริมาณนมโค (ค) ผลของความเข้มข้นชาเขียว	75
รูปที่ 4.32	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณนมโคและความเข้มข้นของชาเขียวต่อสมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส (ก) การทนต่อการเคี้ยว (ข) ความยืดหยุ่นของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวภายหลังการคั้นรูป	76
รูปที่ 4.33	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณนมโคและพันธุ์ข้าวเหนียวต่อสมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส ของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	76
รูปที่ 4.34	(ก) สมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและ (ข) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการอบแห้ง	78
รูปที่ 4.35	(ก) ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว (ข) ปริมาณนมโค และ (ค) ความเข้มข้นชาเขียว (ปัจจัยเดียว) ต่อสมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการอบแห้ง	79
รูปที่ 4.36	ผลของปริมาณนมโคและความเข้มข้นของชาเขียว (ปัจจัยร่วม) ที่มีต่อสมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียว	80
รูปที่ 4.37	ผลของพันธุ์ข้าวเหนียวและความเข้มข้นของชาเขียว (ปัจจัยร่วม) ที่มีต่อสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH inhibition) ของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการอบแห้ง	80

		หน้า
รูปที่ 4.38	สมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	81
รูปที่ 4.39	ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	82
รูปที่ 4.40	ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว (ก) ปริมาณนมโค (ข) และความเข้มข้นชาเขียว (ค) (ปัจจัยเดียว) ต่อสมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	83
รูปที่ 4.41	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณนมโค และความเข้มข้นของชาเขียวต่อสมบัติในการเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป (ก) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (ข) ร้อยละของการยับยั้งสาร DPPH	84
รูปที่ 4.42	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวเหนียว และความเข้มข้นของชาเขียว ต่อสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH inhibition) ของตัวอย่างข้าวเหนียวสุกเร็วเสริมนมโคกลั่นรสชาเขียวหลังการคั้นรูป	84
รูปที่ 4.43	(ก) ปริมาณความชื้น ส่วนประกอบทางเคมี (dry basis) และ (ข) ค่าสีของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 และสันป่าตอง	93
รูปที่ 4.44	(ก) ส่วนประกอบทางเคมี (Dry basis) (ข) ค่าสีและ (ค) ปริมาณความชื้นของโยเกิร์ตสดและโยเกิร์ตผง	94
รูปที่ 4.45	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นที่ระยะเวลาต่างๆ ของการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียว (พันธุ์ กข 6) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตที่มีการผันแปรปริมาณโยเกิร์ตในอัตราส่วนต่างๆ	95
รูปที่ 4.46	ปริมาณความชื้นก่อนการอบแห้งและหลังอบแห้งของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียว (กข 6) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ต (อบเป็นเวลา 6 ชั่วโมงและความชื้นของข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 หลังผ่านการนึ่งหรือก่อนการอบแห้ง มีค่าร้อยละ 38.25 ± 0.57)	96
รูปที่ 4.47	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตองต่อโยเกิร์ตในอัตราส่วนต่างๆ ที่เวลาการอบแห้งต่างๆกัน	97
รูปที่ 4.48	ปริมาณความชื้นก่อนการอบแห้งและหลังอบแห้งของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียว (สันป่าตอง) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ต (อบแห้งเป็นเวลา 5.5 ชั่วโมง)	97

		หน้า
รูปที่ 4.49	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียว (พันธุ์ กข6) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตก่อนการอบแห้ง	98
รูปที่ 4.50	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียว (พันธุ์ กข6) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตหลังการอบแห้ง (อบแห้งเป็นเวลา 6 ชั่วโมง)	99
รูปที่ 4.51	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียว (พันธุ์สันป่าตอง) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตก่อนการอบแห้ง	100
รูปที่ 4.52	ค่าสีของตัวอย่างข้าวเหนียว (พันธุ์สันป่าตอง) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตหลังการอบแห้ง (อบแห้งเป็นเวลา 5.5 ชั่วโมง)	100
รูปที่ 4.53	ค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียว (พันธุ์ กข6) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตหลังจากการคั่วด้วยไอน้ำร้อน	105
รูปที่ 4.54	สมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียว (พันธุ์ กข 6) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตผั้แปรชนิดของโยเกิร์ตและคั่วด้วยไอน้ำร้อน	106
รูปที่ 4.55	สมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียว (พันธุ์สันป่าตอง) สุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตผั้แปรชนิดของโยเกิร์ตและคั่วด้วยไอน้ำร้อน	106
รูปที่ 4.56	สมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตที่ผ่านการอบแห้งและคั่วด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน : ผลของพันธุ์ข้าวเหนียว (ปัจจัยเดียว)	107
รูปที่ 4.57	สมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตที่ผ่านการอบแห้งและคั่วด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน : ผลของชนิดโยเกิร์ต (ปัจจัยเดียว)	108
รูปที่ 4.58	สมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตที่ผ่านการอบแห้งและคั่วด้วยการนึ่งไอน้ำร้อน : ผลของพันธุ์ข้าวเหนียวและชนิดของโยเกิร์ต (ปัจจัยร่วม)	108
รูปที่ 4.59	ส่วนประกอบทางเคมี (dry basis) ของผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวสุกเร็วกลั่นรสโยเกิร์ตหลังจากการคั่วด้วยไอน้ำร้อน	110