สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาเทคนิคมาตรฐานการวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตข้าวสารและข้าวแปรรูป

Development of Standard Technique for measuring Cooked Rice Texture for Milled Rice and Processed Rice Industry

น.ส. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์
นาง พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
นาย เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2555
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
ป457ก
2555

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สำนักหอสมุดกลาง
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 140750
วันเดือนปี 24 ก.พ. 2559

.b 12748729

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of Standard Technique for measuring Cooked Rice Texture for Milled Rice and Processed Rice Industry

Researcher: Panmanas Sirisomboon[a], Pimpen Pornchaloempong[b] and Ekkapong Cheevitsopon[b]

Faculty: Engineering **Department:** [a]Mechanical Engineering and [b]Food Engineering

ABSTRACT

This research was to evaluate the reliable method of cooking rice and objective test for texture analysis of the cooked rice to be a standard method for using in rice industry. It was also to research for the alternative objective method for sensory test of texture of cooked rice. The two rice cooking methods, i.e. normal cooking in pot of rice cooking machine and cooking by putting rice in beakers in pot of rice cooking machine, were compared. The coefficient of variation (CV, %) of the texture tests was considered. The CV of cooking rice in beakers was lower than that of normal cooking rice in a pot. The CV of hardness was 10.243%, stickiness was -10.222%, and adhesiveness of -14.629%. The training of sensory panel was aimed the panel to understand the specific texture of cooked rice which included looseliness-adhesiveness, hardness-softness, dryness-wetness and stickiness with 5 score level. The average number of training time until the member of the panel gain their skill in the rice texture evaluation was 9 times. Aforementioned, the training method can be used in sensory test of cooked rice in all research. The selected objective test was evaluated from different methods and compression probes including Texture Profile Analysis (TPA), Back Extrusion, Ottawa cell and KMITL methods. The parameters of the tests determined were Hhardness, adhesiveness and stickiness. It was found that Back extrusion test was the best way with the least coefficient of variance. Therefore it was suitable to be used in research works. The TPA and KMITL tests could be the alternative methods for senseory test for texture analysis due to their high correlation coefficient (R^2) with the sensory test. However, KMITL method was simpler and better imitation of human chewing due to TPA used the sample only 3 grains where KMITL used a spoon of sample. The Back Extrusion and Ottawa test could not be used instead of sensory test due to their very low correlation. The hardness of cooked rice was the texture parameter that had the most correlation coefficient with the sensory test.

Keywords : Standard Technique, Cooked Rice Texture, Milled Rice Industry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย (รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ผศ. ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนาย เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ) และคณะผู้ช่วยวิจัย (นายสมชาย กลัดสุข นายนัฐกรณ์ สอนสงวน และ น.ส. ทรรศิตา กล้าการขาย) ขอขอบคุณที่การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

น.ส. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ (หัวหน้าโครงการ)
นาง พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ (ผู้ร่วมโครงการ)
นาย เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ (ผู้ร่วมโครงการ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... จ

สารบัญภาพ ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2

1.5 คำสำคัญของการวิจัย (ถ้ามี) 2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 เทคนิควิธีที่ใช้เพื่อวัดเนื้อสัมผัส ในโรงงานผลิตข้าวสารในปัจจุบัน 3

2.2 เทคนิควิธีที่ใช้เพื่อวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยในงานวิจัยระดับนานาชาติ 4

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย 6

3.1 การคัดเลือกวิธีหุงข้าวเพื่อการทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวยและฝึกผู้ชิมเพื่อใช้ในงานวิจัย 6

3.2 การคัดเลือกวิธีทดสอบเชิงวัตถุวิสัยเพื่อวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสวยเพื่อใช้ในงานวิจัย 16

3.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัย 26

บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 31

4.1 สรุปผลการวิจัย 31

4.2 ข้อเสนอแนะ 31

เอกสารอ้างอิง 33

ประวัตินักวิจัย 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ค่าทางสถิติเพื่อการเปรียบเทียบวิธีการหุงข้าว 8

3.2 ระดับความแข็ง-นุ่ม ของข้าวสารที่นำมาจัดระดับ ชุดที่ 1 9

3.3 ระดับความแข็ง-นุ่ม ของข้าวสารที่นำมาจัดระดับ ชุดที่ 2 9

3.4 การจัดระดับสมบัติเนื้อสัมผัสข้าวสวยโดยคณะผู้ชิม 10

3.5 ใบเตรียมตัวอย่างซึ่งกำหนดรหัสของตัวอย่างสำหรับผู้เตรียมคนที่ 1 11

3.6 ใบเตรียมตัวอย่างซึ่งกำหนดรหัสของตัวอย่างสำหรับสำหรับเสริฟโดยผู้เตรียมคนที่ 2 12

3.7 ใบแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับเนื้อสัมผัสของข้าวสวย 13

3.8 ตัวอย่างเฉลยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับเนื้อสัมผัสของข้าวสวย 14

3.9 ใบแบบประเมินระดับคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับเนื้อสัมผัสของข้าวสวย 14

3.10 จำนวนครั้งที่ฝึกผู้ชิมจนชำนาญ 15

3.11 ข้อมูลของตัวอย่างข้าว 15 ตัวอย่าง 16

3.12 สรุปการทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยทั้ง 4 วิธี ของข้าวสารทั้ง 15 ตัวอย่าง 20

3.13 จำนวนตัวอย่างข้าวที่ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธีต่างๆแล้วมี C.V. ต่ำสุด 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 แท่นวัดและหัววัดวิธีผลักดันย้อนกลับ (Back Extrusion)	7
3.2 หัวกดแบบ KMITL	9
3.3 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ Back extrusion	18
3.4 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ KMITL	18
3.5 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ Ottawa cell	19
3.6 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ TPA	19
3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี Back Extrusion	28
3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี KMITL	29
3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี Ottawa	30
3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี TPA	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับหนึ่งของประเทศไทย คนไทยบริโภคข้าว เป็นอาหารหลัก อุตสาหกรรมการผลิตข้าวสารและการแปรรูปข้าวในประเทศโดยการผลิตเพื่อการส่งออกและบริโภคในประเทศเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสู'ง ในปี 2553 ประเทศไทยส่งออกข้าวทั้งหมด จำนวน 8.940 ล้านตันข้าวสาร มูลค่า 168,193 ล้านบาท (นลินรัตน์ และ ภูดินันท์ , 2554) ข้าวที่ผลิตในประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม และยังนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าอีกหลาย ชนิด อาทิ เช่น ข้าวกระป๋อง ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ข้าวพอง ข้าวกึ่งสำเร็จรูป เป็นต้น สมบัติทางเนื้อสัมผัสของข้าวสวย ได้แก่ ความนุ่ม-ความแข็ง (Tenderness-Hardness) ความเหนียว (stickiness) การเกาะติด (cohesiveness) ปัจจัยคุณภาพที่สำคัญที่สุดของข้าว คือเนื้อสัมผัสของข้าวสวย หรือข้าวหุงสุก ซึ่งมีผลต่อราคา การยอมรับของผู้บริโภค และ การนำไปแปรรูป การประเมินคุณภาพทางเนื้อสัมผัส ทำได้ทั้งวิธี วัตถุวิสัย (objective) โดยการใช้การวัดด้วย เครื่องวัดเนื้อสัมผัส และการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) จากการสำรวจด้วยการสอบถามไปยังผู้ส่งออกรายใหญ่ 4 โรงงาน พบว่าเทคนิคในการตรวจสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวยของแต่ละโรงงานใช้ไม่เหมือนกัน แม้แต่ในระดับงานวิจัยยังไม่มีวิธีมาตรฐาน ซึ่งทำให้ผลของการวัดไม่สามารถเปรียบเทียบกัน ในระดับของการค้าทั้งภายในและตลาดส่งออก และไม่มีการสื่อสารข้อมูลคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นข้อมูลที่ผู้บริโภคต้องการ ทางฉลากบนผลิตภัณฑ์ คณะผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ที่จะพัฒนาเทคนิคมาตรฐานการวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตข้าวสาร โดยจะคัดเลือกและเปรียบเทียบวิธีการต่างๆที่สืบค้นมาทั้งในอุตสาหกรรมและการวิจัย เพื่อให้ได้เทคนิคที่ดีและเหมาะสมที่สุดในทางปฏิบัติ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวย สะดวกต่อการทำงานและให้ผลที่มีความแปรปรวนต่ำเพื่อใช้เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตข้าวสารและข้าวแปรรูป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการพัฒนา เปรียบเทียบเทคนิควิธีการตรวจสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวยของข้าวสารจากโรงงานผลิตข้าวสารในประเทศไทย เพื่อให้ได้วิธีการที่ดีและเหมาะสมในทางปฏิบัติ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. สืบค้นข้อมูล,วิธีการเตรียมตัวอย่างข้าวสวย และวิธีทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวย
2. การคัดเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่างข้าวสวยที่เหมาะสม จากตัวอย่างข้าวที่เป็นตัวแทนของกลุ่มข้าวที่ผลิตในโรงงาน ได้แก่ ใช้ตัวอย่างข้าวสาร 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาวคัดพิเศษ 1 (ข้าวแสนดี) ข้าวขาวคัดพิเศษ 3 (ข้าวมาบุญครอง),ข้าวหอมปทุมธานี 1 คัดพิเศษ (ข้าวมาบุญครอง) ข้าวหอมมะลิ (ทุ่งกุลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้องไห้ อำนาจเจริญ) ใช้วิธีเตรียมตัวอย่างข้าวสวย วิธีการต่างๆ โดยใช้ตัวอย่างเดียวกัน ทำ 5 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง คัดเลือกวิธีที่ดีที่สุดโดยทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวย โดยวิธีที่คัดเลือกมา 1 วิธี เหมือนกัน นำผลที่ได้มาหาค่า Coefficient of variation (CV) วิธีการเตรียมตัวอย่างข้าวสวยที่ให้ค่า CV น้อยสุดเป็นวิธีที่ดีที่สุด [Coefficient of Variation (CV) โดย $CV = \frac{100SD}{\bar{y}}$ เมื่อ SD คือความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง และ $\bar{y}$ คือค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง]

3. การคัดเลือกวิธีการทดสอบเนื้อสัมผัสข้าวสวยที่ดีที่สุดทำโดยการเตรียมตัวอย่างข้าวสวย โดยวิธีที่คัดเลือกไว้แล้วทดสอบเนื้อสัมผัสโดยวิธีต่าง ๆ รวมถึงวิธีที่พัฒนาขึ้น ต่อตัวอย่างเดียวกันโดยใช้ข้าวสาร 15 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมมะลิสุรินทร์ ตราไก้แจ้เขียว ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 30%) ตราฉัตร ข้าวหอมยโสธร (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 30%) ตราข้าวแสนดี ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 30% ข้าวขาว 70%) ตราฉัตรอรุณ ข้าวขาวเสาไห้ ตรา Home Fresh mart ข้าวหอมปทุมใหม่ 100% ตราหงส์ทอง ข้าวหอมทุ่งกุลา 100% ตราข้าวแสนดี ข้าวขาวหอมมะลิ 5% ตราหงส์ทอง ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 5%) ตรา Home Fresh mart ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ข้าวใหม่ต้นฤดูคัดพิเศษ ตราข้าวมาบุญครอง ข้าวขาวทิพย์ (เสาไห้) ตราปิ่นเงิน ข้าวหอมชลสิทธิ์ ตราอ่อนหวาน ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ตราฉัตรทอง ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ข้าวกลางปี ตราฉัตรอุบล ข้าวขาวหอมมะลิใหม่ 100% และ ข้าวใหม่ต้นฤดู ตราฉัตรเพชรทำ 15 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่างโดยวัดพารามิเตอร์ เช่น ความแข็งหรือความนุ่ม ความเหนียว ความยืดติด เป็นต้น คำนวณค่า CV วิธีทดสอบเนื้อสัมผัสที่ให้ค่า CV น้อยที่สุดเป็นวิธีที่ดีที่สุด
4. คัดเลือกข้าวสวยตัวอย่างที่มีเนื้อสัมผัส 5 ระดับ และนำตัวอย่างดังกล่าวไปฝึกให้ผู้ชิมจดจำลักษณะเนื้อสัมผัส และหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดและการประเมินด้วยผู้ชิมที่ได้รับการฝึกฝน
5. ใช้วิธีที่ได้จากข้อ 2-3 มาประเมินเนื้อสัมผัสข้าวที่เก็บตัวอย่างมาจากโรงงาน 15 ชนิด ทำ 10 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่างทั้งนี้เพื่อกำหนดระดับความนุ่ม และความเหนียวสำหรับช่วงค่าที่วัดได้ด้วยการทดสอบด้วยเครื่อง เพื่อระบุที่ฉลากบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ผู้บริโภคต้องการ
6. สรุปผล เขียนรายงาน

1.5 คำสำคัญของการวิจัย มาตรฐานการวัด เนื้อสัมผัสข้าวสวย อุตสาหกรรมผลิตข้าวสาร

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทำให้โรงงานผลิตข้าวสารหรือแปรรูปมีมาตรฐานการวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสวยอย่างเดียวกัน
2. ทำให้ผลการตรวจวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสวยของโรงงานผลิตข้าวสารเปรียบเทียบกันได้ และได้ข้อมูลที่เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อสื่อสารคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสไปยังผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิควิธีที่ใช้เพื่อวัดเนื้อสัมผัส ในโรงงานผลิตข้าวสารในปัจจุบัน

จากการสัมภาษณ์โรงงานผู้ผลิตข้าวสารรายใหญ่ ของประเทศไทย ทางโทรศัพท์ จำนวน 4 โรงงาน พบว่า โรงงานผลิตข้าวสาร ที่ 1 ตรวจสอบคุณภาพของข้าวสุก ใช้เป็นคุณลักษณะ (Specification) ให้ลูกค้า ทั้งนี้โดยมีการเตรียมโดยหุงข้าวด้วยการนึ่ง โดยใช้กระป๋องขนาดเล็ก ใช้ข้าวสาร 30 กรัมต่อหนึ่งกระป๋อง และใช้อัตราส่วน ข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 1.5 วางกระป๋องบนแผ่นตะแกรงรองในหม้อหุงข้าวไฟฟ้าใส่น้ำในหม้อข้าว 500 มิลลิลิตร และใช้เวลาหุง 1 ช.ม. เมื่อข้าวสุกทิ้งไว้ให้เย็นและตักหน้าออก เนื่องจากแข็งกว่าข้าวที่อยู่ด้านในกระป๋อง ตัวอย่างข้าวสุกที่จะนำมาใช้วัดเนื้อสัมผัสจะใช้ข้าวกลางกระป๋อง โดยเอาข้าวสุกเต็มเมล็ดมาเรียงกันบนถาดวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm ให้เมล็ดข้าวชิดกัน เต็มหน้าตัดโดยไม่ซ้อนกัน ใช้หัวกดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm (P/20 , Stable Micro Systems, UK) กดด้วยความเร็ว 5 mm/s โดยกดลง 90% Strain แล้วถอนขึ้นด้วยความเร็ว 10 mm/s แล้ววัดความแข็งหรือความนุ่ม (Hardness) ซึ่งเป็นค่าแรงสูงสุดในการกดและค่าความเหนียว (Stickiness) ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดในการถอนขึ้น (ค่าติดลบสูงสุด)

โรงงานที่ 2 เตรียมตัวอย่างโดยหุงในหม้อข้าวไฟฟ้าเลย โดยใช้อัตราส่วนน้ำแตกต่างกันไปตามชนิดของข้าว เช่น ข้าวหอมมะลิ ใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1 : 1 โดยน้ำหนัก ส่วนข้าวชนิดอื่นใช้อัตราส่วน 1 : 1.5 เมื่อข้าวสุกจะตักผิวหน้าข้าวออก แล้วแบ่งโดยประมาณชั้นข้าวเป็น 4 – 5 ชั้นจนถึงก้นหม้อ ตักมาชั้นละ 100 กรัม แล้วนำมาวัดเนื้อสัมผัสด้วยหัววัดแบบออตตาวา (Ottawa Cell) ซึ่งมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมสำหรับบรรจุข้าวซึ่งต้องเกลี่ยหน้าให้เรียบแล้วกดด้วยหัวกดแผ่นแบบที่พอดีกับกล่องสี่เหลี่ยม โดยใช้ความเร็วหัวกด 2 mm/s กดลึก 15 mm แล้ววัดค่าความแข็งหรือความนุ่มและค่าความเหนียวเช่นเดียวกัน

โรงงานที่ 3 ใช้เครื่อง Texture Analyzer เพื่อตรวจสอบความแข็งหรือความนุ่มของข้าว ที่หุงจากสูตรส่วนผสมของข้าวที่ประดิษฐ์ขึ้นก่อนที่จะปล่อยสูตรเข้าสู่การผลิต เมื่อผลิตแล้วก่อนบบรรจุ ก็จะมีการสุ่มตัวอย่างมาวัดด้วย ซึ่งเตรียมตัวอย่างโดยการหุงข้าวในหม้อหุงข้าว โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ เมื่อข้าวสุกจะคนข้าวให้คลุกเคล้ากันให้ทั่ว แล้วนำตัวอย่างข้าวปริมาณประมาณ 33 กรัม บรรจุในถ้วยรูปทรงกระบอก แล้วกดด้วยหัววัดขนาดพอดีกับถ้วย ด้วยความเร็วหัววัดที่กำหนดไว้ และกดลึกถึงระดับที่กำหนดไว้ วัดแรงกดสูงสุด ซึ่งบ่งบอก ความนุ่มหรือความแข็งของข้าว

โรงงาน ที่ 4 ตรวจวัดเนื้อสัมผัสข้าวนึ่งโดยเตรียมตัวอย่างโดยใช้ข้าวนึ่งน้ำหนัก 15 กรัม ใส่ตะกร้อที่มีฝาปิด ต้มในน้ำเดือดประมาณ 25-30 นาที ขึ้นกับชนิดของข้าว แล้วเอาขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ 1 นาที แล้วนำมาใส่ชุดหัววัด ซึ่งเป็นกระบอกสเตนเลสสำหรับบรรจุข้าว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-3.5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ส่วนหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่ากระบอกสเตนเลสเล็กน้อยสูง 1 เซนติเมตร ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดลงในตัวอย่างช้าๆ ด้วยความเร็ว 25 มิลิเมตรต่อนาที กดลึกระดับหนึ่ง แล้ววัดค่าแรงกดสูงสุด ซึ่งเป็นจุดยอดของกราฟ แรง-ระยะทาง เรียกว่าความแข็งของข้าวสุก (Hardness)

2.2 เทคนิควิธีที่ใช้เพื่อวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยในงานวิจัยระดับนานาชาติ

Ong and Blanshard (1995) ทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่เตรียมโดยใช้ข้าวนึ่ง 875 g ผสมกับน้ำ 500 ml แล้วให้ความร้อนในน้ำที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 18 นาทีแล้วใช้ข้าวสวย 400 g หลังจากนึ่งแล้ว 2 นาที วัดความแข็งของข้าวสวยโดยใช้ Ottawa cell

Gujral and Kumar (2003) ใช้วิธี Texture Profile Analysis เนื้อสัมผัสของข้าวสวย โดยใช้หัวกดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm กดลงข้าวเมล็ดเดียวด้วยความเร็ว 10 mm./min 2 ครั้งโดยมีระยะเวลาพักระหว่างแต่ละครั้ง 2 นาที โดยวัดค่าความยึดเกาะกัน (Cohesiveness) ความยึดติด (Adhesiveness) ความเด้ง (springiness) ความแข็ง (Hardness)

Mohapatra and Bal (2006) ใช้วิธี Texture Profile Analysis ตรวจสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวย โดยเตรียมตัวอย่างโดยใช้ข้าว 10 g ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 ml เติมน้ำ 200 ml ต้มที่อุณหภูมิ 100°C จนกระทั่งไม่เห็นเนื้อข้าวสีขาวขุ่น แล้วรินน้ำออกจนหมดโดยใช้ตะแกรง แล้วเช็ดน้ำที่ติดอยู่ผิวเมล็ดข้าวออก นำเมล็ดข้าวมาทดสอบทั้งที่ยังร้อนอยู่ ใช้หัวกดยาวแข็ง (Ebonite) เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm กดข้าวสวย 2-3 เมล็ด ด้วยความเร็ว 0.5 mm/min ในการทดลองถึง 90%strain และถอนขึ้นด้วยความเร็ว 1 mm/min ค่าที่ได้คือ ความแข็ง,ความยึดติด และความยืดตัวกันเอง ทำ 5 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง

Yu et al. (2009) ใช้ วิธี Texture Profile Analysis ตรวจสอบเนื้อสัมผัสทางข้าวสวย โดยใช้เมล็ดข้าวสวยเพียง 3 เมล็ดโดยกดหัวกดยาง (Ebonite) เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm. ลงบนเมล็ดข้าวสวย 3 เมล็ด ด้วยความเร็ว 0.5 mm/s (ทั้งกดและถอนขึ้น) โดยกดต่อเนื่องกัน 2 ครั้ง ที่ 90%strain ที่วัดเนื้อสัมผัสของข้าวคือความแข็ง (Hardness) และค่าการยึดติด (Adhesiveness) ทั้งนี้ทำ 10 ซ้ำ การเตรียมตัวอย่างข้างสวยทำโดยหุงข้าวในหม้อหุงข้าว โดยแช่ข้าวสาร 1000 g. เป็นเวลา 30 นาที และหุงข้าวในหม้อหุงข้าว เป็นเวลา 25 นาที ข้าวสวยจะถูกรักษาต่อไว้ในหม้อเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นจะนำออกจากหม้อโดยใส่ไว้ในถาดสเตนเลสเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ -18^0C (pre cooling) แล้วนำออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วสุ่มเฉพาะข้าวตรงกลางถาดมาบรรจุในถุงโพลีเอธีลีน และผนึกอย่างรวดเร็ว แล้วนำไปเก็บในตู้เย็น 4^0C ก่อนใช้นำมาวางในตู้ปรับอุณหภูมิ 22^0C เป็นเวลา 1.5-2.0 ชั่วโมง

Manful et al.(2009) ทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวย โดยเตรียมตัวอย่างโดยใช้ ข้าว 10 g ใส่ในตะแกรงแล้วทำความสะอาดโดยให้น้ำไหลผ่านเป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำเมล็ดข้าวใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 ml เติมน้ำ 20 ml ปิดฝาด้วยจานแก้ว แล้วนำไปใส่ในหม้อหุงข้าวที่มีน้ำเดือด ต้มเป็นเวลา 30 นาที แล้วอุ่นไว้ในหม้อหุงข้าวรอจนกระทั่งทดสอบเนื้อสัมผัส โดยใช้ข้าว 3-4 เมล็ด โดยกดตัวหัวกดทรงกระบอกที่ทำด้วย Perspex Glass เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 cm หนา 1.5 cmใช้ความเร็วหัวกด 0.5mm/s กดครั้งเดียวลงถึง 90%strain ทำ10 ซ้ำต่อ 1ตัวอย่างโดยวัดค่าแรงสูงสุดในการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhu et al. (2010) ทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวย โดยใช้วิธี Texture Profile Analysis. โดยสุ่มตัวอย่างข้าวสวยที่เตรียมโดยใช้เต็มเมล็ด 100 g ผสมด้วยน้ำ 120 g หุงในหม้อหุงข้าวไฟฟ้า บริเวณตอนกลางของข้าว(ไม่ใช่ก้นและชั้นบน)จำนวน 3 เมล็ด ทดสอบโดยใช้หัวกดอลูมิเนียมทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 mm กดลง 70% strain ด้วยความเร็ว 0.5 mm/s และถอนขึ้นด้วยความเร็ว 10 mm/s แล้วกดซ้ำอีก 1 ครั้ง ทั้งนี้วัดค่าความเร็ว ความยึดติด ความยึดตัวกันเอง ความเด้ง ความหยุ่น (Resilience) ความเหนียว (Gumminess) ความเคี้ยวได้(Chewiness)

วิธีที่ใช้ในงานวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ได้แก่ การเตรียมตัวอย่างข้าวหุงสุก ทำโดยใช้ตัวอย่างข้าวน้ำหนัก 25 กรัม พร้อมกับน้ำซึ่งเป็นอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:1.5 หรืออัตราส่วนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการของ Banjong (1986) ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร วางบีกเกอร์ลงในหม้อหุงข้าว และใส่น้ำลงในหม้อหุงข้าวปริมาตร 400 มิลลิลิตร เริ่มหุงข้าวจนกระทั่งสังเกตุพบไอน้ำลอยออกจากหม้อหุงข้าว แล้วจึงปิดสวิตซ์หม้อหุง หลังจากนั้น 10 นาที จึงเอาบีกเกอร์ใส่ข้าวออกจากหม้อหุงข้าว และคว่ำบีกเกอร์บนตะแกรงที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้น้ำไหลออกจากบีกเกอร์ และอุณหภูมิของข้าวลดลงเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเลือกตัวอย่างข้าวจากตรงกลางบีกเกอร์ หรือตำแหน่งที่ห่างจากผนังบีกเกอร์เป็นระยะห่าง 1 เซนติเมตร เพื่อใช้ทดสอบวิเคราะห์ค่าความแข็งของของข้าวหุงสุก (Reyes และ Jindal, 1990; Srisawas และ Jindal, 2007; Parnsakhorn และ Noomhorm, 2008) ส่วนการวิเคราะห์ค่าความแข็งของข้าวหุงสุกดัดแปลงมาจาก Reyes และ Jindal, 1990 โดยใช้วิธี Back extrusion test ซึ่งประกอบด้วยทรงกระบอกสแตนเลสความยาว 80 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15 มิลลิเมตร และหัวกดทรงกลมสแตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงมีช่องว่างระหว่างหัวกดทรงกลม กับผนังของทรงกระบอกเป็นระยะห่าง 1.15 มิลลิเมตร หัวกดทรงกลมสแตนเลสต่อกับเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัสโมเดล (TA.XT.PLUS) ใช้ตัวอย่างข้าวหุงสุกน้ำหนัก 3 กรัม ใส่ลงในทรงกระบอกสแตนเลสโดยไม่ออกแรงกดระหว่างการใส่ตัวอย่าง หลังจากนั้นหัวกดทรงกลมสแตนเลสจะเคลื่อนที่ลงมากดตัวอย่างข้าวซึ่งอยู่ในทรงกระบอกสแตนเลสด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที จนกระทั่งหัวกดทรงกลมสแตนเลสอยู่ห่างจากพื้นล่างของทรงกระบอกสแตนเลสเป็นระยะห่าง 1 มิลลิเมตร จึงหยุดเคลื่อนที่พร้อมทั้งเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเริ่มต้น ค่าความแข็งของข้าวหุงสุกพิจารณาจากค่าความแข็งสูงสุดที่ได้จากการทดลองด้วยวิธี Back extrusion test (Sirisoontaralak และ Noomhorm, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

3.1 การคัดเลือกวิธีหุงข้าวเพื่อการทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวสวยและฝึกผู้ชิมเพื่อใช้ในงานวิจัย

3.1.1 ตัวอย่าง

ข้าวที่นำมาใช้เป็นตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวขาวคัดพิเศษ 1 (ข้าวแสนดี), ข้าวขาวคัดพิเศษ 2 (ข้าวมหานคร), ข้าวขาวคัดพิเศษ 3 (ข้าวมาบุญครอง), ข้าวเสาไห้คัดพิเศษ (ข้าวมาธรรมดัลเจอร์), ข้าวหอมปทุมธานี 1 คัดพิเศษ (ข้าวมาบุญครอง) และ ข้าวหอมมะลิ (ทุ่งกุลาร้องไห้ อำนาจเจริญ) โดยตัวอย่างทั้งหมดนี้ได้จัดซื้อมาจากห้างสรรพสินค้า เดอะมอลล์ ท่าพระ กรุงเทพมหานคร

3.1.2 การเตรียมตัวอย่างข้าวสวย

ได้ศึกษาวิธีเตรียมตัวอย่างข้าวสวยด้วยวิธีที่นิยมใช้กันทั้งในระดับงานวิจัยและในโรงงานอุตสาหกรรม แล้วเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variance, CV) โดยวิธีที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อยกว่าเป็นวิธีที่ดีกว่า ใช้ตัวอย่างข้าวสาร 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาวคัดพิเศษ 1 (ข้าวแสนดี) ข้าวขาวคัดพิเศษ 3 (ข้าวมาบุญครอง),ข้าวหอมปทุมธานี 1 คัดพิเศษ (ข้าวมาบุญครอง) ข้าวหอมมะลิ (ทุ่งกุลาร้องไห้ อำนาจเจริญ)

วิธีที่ 1 ขั้นตอนการหุงข้าวแบบปกติด้วยหม้อหุงข้าว

ชั่งข้าวสารปริมาณ 200 กรัมและชั่งน้ำปริมาณ 300 กรัม(ARC120,OHAUS) (โดยใช้อัตราส่วน 1:1.5) นำข้าวสารและน้ำที่ชั่งไว้ ใส่ในหม้อหุงข้าว(RC-10 MM (WT) A, Toshiba) โดยทันที (เกลี่ยให้เสมอกัน) ปิดฝา แล้วกดปุ่มหุง (Cook) รอจนหุงข้าวเสร็จแล้วกดยกเลิก (Cancel) แล้วปล่อยทิ้งไว้ในหม้อหุงข้าวต่ออีก 10 นาที เมื่อทิ้งไว้จนครบเวลานำข้าวที่หุงเสร็จแล้วมาคว่ำลงบนตะแกรงแล้วปิดฝาครอบข้าวสวยไว้ทิ้งไว้อีก 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วนำช้อนมาค่อยๆขูดข้าวที่อยู่บริเวณด้านบนและด้านข้างออก แล้วนำข้าวที่อยู่ตรงกลางตวงใส่กล่องพลาสติก ปริมาณกล่องละ 3 กรัม จำนวน 5 กล่องต่อตัวอย่าง

วิธีที่ 2 ขั้นตอนการหุงข้าวในบีกเกอร์ในหม้อหุงข้าว

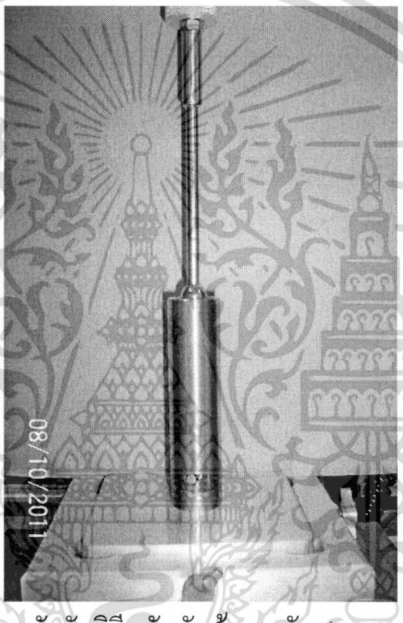
ชั่งข้าวสารปริมาณ 25 กรัมและชั่งน้ำปริมาณ 37.5 กรัม(ARC120,OHAUS)(โดยใช้อัตราส่วน 1:1.5) ใส่โดยทันทีในบีกเกอร์ขนาด 100ml (เกลี่ยให้เสมอกัน) ทำ 5 ซ้ำ (บีกเกอร์ 5 ใบ) จากนั้นชั่งน้ำปริมาณ 400 g พร้อมกับเสียบ Thermocouple (FLUKE-52-2) ลงไปในหม้อหุงข้าว (RC-10 MM (WT) A, Toshiba) เพื่อวัดอุณหภูมิขณะหุงข้าวด้วย ปิดฝาแล้วกดหุง (Cook) เปิดเครื่อง Thermocouple เมื่ออุณหภูมิถึงประมาณ 100 องศาเซลเซียสหรือสังเกตจากไอน้ำ แล้วจับเวลาต่ออีก 20 นาที แล้วกดยกเลิก (Cancel) แล้วทำการปล่อยทิ้งไว้ในหม้อหุงข้าวต่ออีก 10 นาที เมื่อครบเวลา นำข้าวที่หุงเสร็จแล้วพร้อมบีกเกอร์มาคว่ำลงบนตะแกรงแล้วปิดฝาครอบ ทิ้งไว้อีก 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วเคาะออกจากบีกเกอร์ นำช้อนมาค่อยๆขูดข้าวที่อยู่บริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านบนและด้านข้างออก แล้วนำข้าวที่อยู่ตรงกลางใส่กล่องพลาสติก ปริมาณกล่องละ 3 กรัม (ARC120,OHAUS) จำนวน 5 กล่องต่อตัวอย่าง

3.1.3 การทดสอบเนื้อสัมผัสเพื่อคัดเลือกวิธีหุงข้าว

นำข้าวที่ได้แต่ละกล่องมาวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัด (HD Plus,Texture Analyser, StableMicro Systems, UK) โดยวิธีผลักดันย้อนกลับ (Back Extrusion) โดยมีแท่นวัดและหัววัดดังรูปที่ 3.1 เริ่มต้นตั้งหัววัดสูงจากพื้นแท่น 100 mm แล้วนำข้าวที่ชั่งไว้ตัวอย่างละ 3 กรัม (ARC120,OHAUS) มาใส่ลงในแท่นวัดรูปทรงกระบอกโดยใส่จากทางด้านล่างโดยขณะที่ใส่ข้าวลงไปนั้นห้ามกดเมล็ด ใส่จนหมดกล่องที่ชั่งมาแล้วสั่งให้กดลง 99 mm ความเร็วในการกด 1mm/s ความเร็วในการถอนหัววัดขึ้น 1 mm/s ทั้งนี้วัดค่าความแข็ง (Hardness) ค่าการยึดติด (Adhesiveness) ความเหนียว (Stickiness)



รูปที่ 3.1 แท่นวัดและหัววัดวิธีผลักดันย้อนกลับ (Back Extrusion)

3.1.4 ผลการคัดเลือกวิธีการเตรียมตัวอย่าง

ผลการเปรียบเทียบวิธีการหุงข้าวแสดงในตารางที่ 3.1 พบว่า การเตรียมตัวอย่างโดยวิธีหุงในบีกเกอร์ในหม้อหุงข้าวให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%) (CV) ของทุกสมบัติเนื้อสัมผัส ต่ำกว่าวิธีหุงแบบปกติด้วยหม้อหุงข้าว โดย วิธีหุงในบีกเกอร์ในหม้อหุงข้าวให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%) (CV) อยู่ที่ Hardness = 10.243%, Stickiness = -10.222%, Adhesiveness = -14.629% และ วิธีหุงแบบปกติด้วยหม้อหุงข้าวให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%) (CV) อยู่ที่ Hardness = 15.088%, Stickiness = -18.822%, Adhesiveness = -14.873%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ค่าทางสถิติเพื่อการเปรียบเทียบวิธีการหุงข้าว

	วิธีการทดลอง					
	แบบปกติด้วยหม้อหุงข้าว			แบบหุงในบีกเกอร์ในหม้อหุงข้าว		
จำนวนตัวอย่าง	20			20		
ค่าทางสถิติ	Hardness (N)	Stickiness (N)	Adhesiveness (N mm)	Hardness (N)	Stickiness (N)	Adhesiveness (N mm)
ค่าเฉลี่ย (Average)	68.907	-3.65	-135.946	63.361	-3.586	-132. 641
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)	10.667	0.705	20.745	6.659	0.376	19.908
ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%) (CV)	15.088	-18.822	-14.873	10.243	-10.222	-14.629

3.1.5 การกำหนดระดับความแข็งของข้าวสวยเพื่อฝึกคณะผู้ชิม

เลือกตัวอย่างข้าวสาร 5 ชนิดที่ทราบว่ามีค่าอไมโลสต่างๆกันเพื่อวัดระดับความแข็งเพื่อจัดระดับความแข็งเพื่อฝึกคณะผู้ชิมในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่

1) ข้าวขาวคัดพิเศษ 1

2) ข้าวขาวคัดพิเศษ 2

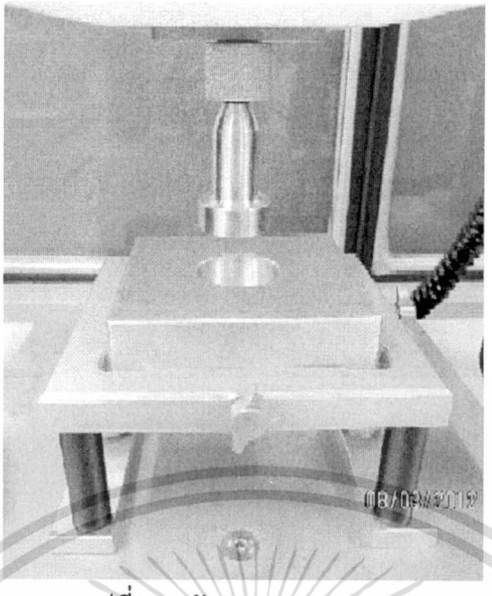
3) ข้าวขาวคัดพิเศษ 3

4) ข้าวเสาไห้คัดพิเศษ

5) ข้าวหอมปทุมธานี 1 คัดพิเศษ

นำตัวอย่างข้าวทั้ง 5 ชนิด มาหุงที่อัตราส่วน 1:1.5 (ข้าว 200 g:น้ำ 300 g) ด้วยวิธีแบบปกติด้วยหม้อหุงข้าว (RC-10 MM (WT) A, Toshiba) นำมาทดสอบเนื้อสัมผัสกับเครื่องตรวจวัดเนื้อสัมผัส (HD Plus,Texture Analyser, StableMicro Systems, UK) โดยใช้หัวกดแบบ KMITL รูปที่ 3.2 โดยใช้ตัวอย่างข้าว 5 g ความเร็วในการกด 5 mm/s กดลงถึง 70% ความเครียด ความเร็วในการถอนหัววัดขึ้น 5 mm/s ได้ค่าความแข็ง (Hardness) ซึ่งคือค่าแรงสูงสุดในกราฟแรง-ระยะทาง และจัดระดับความแข็ง-นุ่ม (1 นุ่มน้อย และ 5 นุ่มมาก) ดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 หัวกดแบบ KMITL

ตารางที่ 3.2 ระดับความแข็ง-นุ่ม ของข้าวสารที่นำมาจัดระดับ ชุดที่ 1

ระดับความนุ่ม	หม้อที่	อัตราส่วน (ข้าว : น้ำ)	ชนิดข้าว	ความแข็ง (N)
1	1	1:1.5	ข้าวขาวคัดพิเศษ 1	78
2	2	1:1.5	ข้าวขาวคัดพิเศษ 2	62
3	3	1:1.5	ข้าวขาวคัดพิเศษ 3	48
4	4	1:1.5	ข้าวเสาไห้คัดพิเศษ	45
5	5	1:1.5	ข้าวหอมปทุมธานี 1 คัดพิเศษ	29

เนื่องจากตัวอย่างที่ 3 และ 4 มีความแข็งต่างกันน้อย จึงเปลี่ยนตัวอย่างในการทดสอบโดยตัดตัวอย่างที่ 4 ในตารางที่ 3.2 ออก แล้วใส่ ตัวอย่างใหม่ที่มีระดับความนุ่มที่นุ่มกว่า โดยตัวอย่างข้าวใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างข้าวกับน้ำเป็น 1:2.5 (ข้าว 200 g:น้ำ 500 g) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ระดับความแข็ง-นุ่ม ของข้าวสารที่นำมาจัดระดับ ชุดที่ 2

ระดับความนุ่ม	หม้อที่	อัตราส่วน (ข้าว : น้ำ)	ชนิดข้าว	Hardness
1	1	1:1.5	ข้าวขาวคัดพิเศษ 1	78
2	2	1:1.5	ข้าวขาวคัดพิเศษ 2	62
3	3	1:1.5	ข้าวขาวคัดพิเศษ 3	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	4	1:1.5	ข้าวหอมปทุมธานี 1 คัดพิเศษ	29
5	5	1:2.5	ข้าวหอมมะลิ(ทุ่งกุลาร้องไห้)	19

3.1.6 การกำหนดระดับเนื้อสัมผัสประเภทต่างๆ ของข้าวสวยเพื่อฝึกคณะผู้ชิม

นำข้าวทั้ง 5 ชนิดดังตารางที่ 3.3 มาทำการฝึกฝนผู้ชิมการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยหุงวิธีเดียวกัน แบบเดียวกัน โดยใช้ผู้ชิม 10 คน ทั้งนี้โดยให้ผู้ชิมทั้งหมดลงความเห็นเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของข้าวสวย ดังต่อไปนี้ ความร่วนหรือการเกาะติด ความนุ่มหรือความแข็ง ความแฉะหรือความแห้ง และ ความเหนียว แล้วนำผลของแต่ละคนมาวิเคราะห์แล้วสรุปโดยเป็นที่ยอมรับของสมาชิก ทุกคนได้ผลดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การจัดระดับสมบัติเนื้อสัมผัสข้าวสวยโดยคณะผู้ชิม

ชนิดข้าว				
1	2	3	4	5
ร่วนมาก	ร่วน	ร่วน	เกาะติดมาก	เกาะติดมากที่สุด
แข็งมากที่สุด	แข็งมาก	แข็งมาก	นุ่มปานกลาง	นุ่มมากที่สุด
แห้งมากที่สุด	แห้งมาก	แห้งมาก	แห้งปานกลาง	แฉะมากที่สุด
ไม่เหนียวเลย	ไม่เหนียวเลย	เหนียวน้อย	เหนียวปานกลาง	เหนียวมาก

ตารางที่ 3.4 นี้เป็นคำตอบที่ผู้วิจัยต้องการฝึกฝนความชำนาญของผู้ชิม ของข้าวแต่ละชนิดตั้งแต่ชนิดที่ 1-5 นั้นมีสมบัติที่แตกต่างซึ่งตางรางนี้ได้แบ่ง สมบัติออกเป็น ความร่วน – การเกาะติด, ความแข็ง – ความนุ่ม, ความแห้ง – ความแฉะ และความเหนียว ซึ้งแต่ละสมบัติจะแบ่งออกเป็น 5 ระดับในการให้คะแนน โดยที่ชนิดของข้าวชนิดที่ 1-5 นั้นคือข้าวที่เรียงลำดับตามตารางที่ 3.3

3.1.7 การฝึกคณะผู้ชิม

ในการฝึกผู้ชิม ผู้เตรียมจะเตรียมตัวอย่างในการเสิร์ฟให้ผู้ชิมได้ชิมโดยจะตักตัวอย่างข้าวปริมาณเพียงพอสำหรับชิมใส่ถ้วย แล้วเขียนตัวเลขกำกับตามใบเตรียมตัวอย่างสำหรับผู้เตรียมคนที่ 1 ดังตารางที่ 3.5 แล้วยกเสิร์ฟตามใบเตรียมตัวอย่างสำหรับผู้เตรียมคนที่ 2 ดังตารางที่ 3.6 ผู้ชิมทำการชิมและประเมินตามประสาทสัมผัส ลงในใบแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.7 โดยการฝึกฝนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะทำการทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ภายในเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส เมื่อผู้ชิมประเมินเสร็จก็จะเฉลยให้ผู้ชิมได้ทราบผลการฝึกดังตัวอย่างเฉลยในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 3.8 ฝึกจนกระทั่งผู้ชิมมีความชำนาญโดยฝึกทุกๆสัปดาห์ จนไม่มีผู้ชิมตอบผิดเลย ถือเป็นการสิ้นสุดการฝึก หมายเหตุ ก่อนที่ผู้ชิมจะเปลี่ยนตัวอย่างเพื่อทดสอบให้ใช้น้ำกลั้วปากและดื่มก่อนทุกครั้ง

3.1.8 การทดสอบเนื้อสัมผัสโดยคณะผู้ชิม

เมื่อฝึกคณะผู้ชิมเรียบร้อยแล้ว ถึงเวลาที่ต้องทดสอบเนื้อสัมผัสของข้าวตัวอย่างจริง จะต้องกำหนดคะแนนของสมบัติเนื้อสัมผัสต่างๆ ดังตัวอย่างใบแบบประเมินในตารางที่ 8 ซึ่งเมื่อคณะผู้ชิมให้คะแนนแล้วจะนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสมบัติเนื้อสัมผัสของแต่ละตัวอย่าง

ตารางที่ 3.5 ใบเตรียมตัวอย่างซึ่งกำหนดรหัสของตัวอย่างสำหรับผู้เตรียมคนที่ 1

ผู้เตรียมคนที่ 1 (ตักข้าวจากหม้อและเรียงลำดับ)

ชื่อผลิตภัณฑ์ :		ข้าวสุก
วันที่ทดสอบ :		18-Jan-12
จำนวนผู้ชิม :		10
ชื่อตัวอย่าง :	A=	ข้าวขาวคัดพิเศษ 1 Hardness = 78 N
	B=	ข้าวขาวคัดพิเศษ 2 Hardness = 62 N
	C=	ข้าวขาวคัดพิเศษ 3 Hardness = 48 N
	D=	ข้าวหอมปทุมธานี 1 Hardness = 29 N
	E=	ข้าวหอมมะลิ (ทุ่งกุลาร้องไห้) Hardness = 19 N

No	A	B	C	D	E
1	013	250	800	740	412
2	412	715	980	983	200
3	121	602	740	980	015
4	300	015	269	045	150
5	983	107	089	016	208
6	850	178	045	269	011
7	800	603	150	715	601
8	016	208	430	115	759
9	759	412	620	740	733
10	715	250	013	620	840
1	150	178	530	107	800
2	250	475	300	605	850
3	115	800	733	740	003
4	601	980	125	840	089
5	850	011	208	090	630

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	630	045	107	983	269
7	125	800	759	011	603
8	840	620	983	045	980
9	015	269	250	733	115
10	412	023	740	013	125

ตารางที่ 3.6 ใบเตรียมตัวอย่างซึ่งกำหนดรหัสของตัวอย่างสำหรับสำหรับเสริฟโดยผู้เตรียมคนที่ 2

ผู้เตรียมคนที่ 2 (ผู้เสริฟข้าวให้ผู้ชิม)

ชื่อผลิตภัณฑ์ :		ข้าวสุก
วันที่ทดสอบ :		18-Jan-12
จำนวนผู้ชิม :		10
ชื่อตัวอย่าง :	A=	ข้าวขาวคัดพิเศษ (แสนดี) Hardness = 78 N
	B=	ข้าวขาวคัดพิเศษ (มหานคร)Hardness = 62 N
	C=	ข้าวขาวคัดพิเศษ (มาบุญครอง)Hardness = 48 N
	D=	ข้าวหอมปทุมธานี 1 (มาบุญครอง)Hardness = 29 N
	E=	ข้าวหอมมะลิ (ทุ่งกุลาร้องไห้ อำนาจเจริญ)Hardness = 19 N

No	A	B	C	D	E
1	013	250	800	740	412
2	980	715	412	200	983
3	602	121	740	980	015
4	269	300	015	045	150
5	983	107	089	016	208
6	850	178	045	269	011
7	800	150	603	601	715
8	208	430	016	115	759
9	620	412	759	740	733
10	715	013	250	620	840
1	178	530	150	107	800
2	475	250	300	605	850
3	115	800	733	740	003
4	601	980	125	840	089
5	208	850	011	630	090
6	045	630	107	983	269
7	125	800	759	011	603
8	620	840	983	045	980
9	015	250	269	115	733
10	412	023	740	013	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 ใบแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับเนื้อสัมผัสของข้าวสวย

ผู้ชิมลำดับที่ 1 วันที่ทดสอบ 18/1/2012

การฝึกฝนผู้ชิมครั้งที่ 1/1

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง ข้าวสวย

ชื่อ_____เพศ_____อายุ_____ปี

รหัสตัวอย่าง 013 250 800 740 412

คำแนะนำ 1.กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และเรียงลำดับความชอบของตัวอย่างโดยใส่รหัสตัวอย่างในช่อง

2.ดื่มน้ำระหว่างชิมตัวอย่าง

ร่วนมาก	ร่วน	เกาะติดปานกลาง	เกาะติดมาก	เกาะติดมากที่สุด
นุ่มมากที่สุด	นุ่มมาก	นุ่มปานกลาง	แข็งมาก	แข็งมากที่สุด
แฉะมากที่สุด	แฉะมาก	แห้งปานกลาง	แห้งมาก	แห้งมากที่สุด
ไม่เหนียวเลย	เหนียวน้อย	เหนียวปานกลาง	เหนียวมาก	เหนียวมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างเฉลยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับเนื้อสัมผัสของข้าวสวย

ผู้ชิมลำดับที่ 1 การฝึกฝนผู้ชิมครั้งที่ 1/1 วันที่ 18/01/2012

ร่วนมาก	ร่วน	เกาะติดปานกลาง	เกาะติดมาก	เกาะติดมากที่สุด
013	250,800		740	412
นุ่มมากที่สุด	นุ่มมาก	นุ่มปานกลาง	แข็งมาก	แข็งมากที่สุด
412		740	250,800	013
แฉะมากที่สุด	แฉะมาก	แห้งปานกลาง	แห้งมาก	แห้งมากที่สุด
412		740	250,800	013
ไม่เหนียวเลย	เหนียวน้อย	เหนียวปานกลาง	เหนียวมาก	เหนียวมากที่สุด
013,250	800	740	412	

ตารางที่ 3.9 ใบแบบประเมินระดับคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับเนื้อสัมผัสของข้าวสวย

ผู้ชิมลำดับที่ 1 วันที่ทดสอบ 27/4/2012

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวสวย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อ_____เพศ_____อายุ_____ปี

รหัสตัวอย่าง 021 261 520 640 431

คำแนะนำ 1.กรุณาชิมตัวอย่างและให้คะแนนให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในช่อง

2.ให้คะแนนได้ละเอียดถึงทศนิยม 1 ตำแหน่ง

3.ดื่มน้ำระหว่างชิมตัวอย่าง

021	261	520	640	431
ร่วนมาก=5 ร่วน=4 เกาะติดปานกลาง=3 เกาะติดมาก=2 เกาะติดมากที่สุด=1				
นุ่มมากที่สุด=5 นุ่มมาก=4 นุ่มปานกลาง=3 แข็งมาก=2 แข็งมากที่สุด=1				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฉะมากที่สุด=5 แฉะมาก=4 แห้งปานกลาง=3 แห้งมาก=2 แห้งมากที่สุด=1				
ไม่เหนียวเลย=5 เหนียวน้อย=4 เหนียวปานกลาง=3 เหนียวมาก=2 เหนียวมากที่สุด=1				

3.1.9 ผลการฝึกการทดสอบเนื้อสัมผัสโดยคณะผู้ชิม

ตารางที่ 3.10 จำนวนครั้งที่ฝึกผู้ชิมจนชำนาญ

ลำดับผู้ชิม	จำนวนครั้งที่ฝึกจนชำนาญจาก 12 ครั้ง
1	6
2	9
3	6
4	6
5	9
6	12
7	9
8	12
9	12
10	9
เฉลี่ย	9

จากตารางที่ 3.10 แสดงถึงจำนวนครั้งที่ฝึกผู้ชิมจนชำนาญนั้นแสดงให้เห็นว่ากว่าที่ผู้ชิมจะฝึกจนชำนาญนั้นต้องให้เวลาในการฝึกเฉลี่ย 9 ครั้ง คิดเป็น 75% ของเวลาที่กำหนดไว้ทั้งหมด ซึ่งทั้งนี้เกิดจากความสามารถในการจำแนกคุณสมบัติต่างๆของข้าวสวยและผู้ชิมนั้นได้คัดเลือกมาจากชายหญิง แต่ละอายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งผู้ชิมลำดับที่ 6, 9, 12 ที่ใช้เวลาเต็มในการฝึกนั้นอาจจะมาจากอายุที่ค่อนข้างสูงซึ่งผลของอายุอาจจะทำให้ต้องใช้เวลามากในการฝึกฝนซึ่งต่างจากผู้ชิมคนอื่นๆที่ อายุน้อยกว่าที่มีการใช้เวลาในการฝึกฝนน้อยกว่า

3.2 การคัดเลือกวิธีทดสอบเชิงวัตถุวิสัยเพื่อวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสวยเพื่อใช้ในงานวิจัย

3.2.1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างข้าวสาร 15 ตัวอย่างซื้อจากห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (ตารางที่ 3.11)

ตารางที่ 3.11 ข้อมูลของตัวอย่างข้าว 15 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่	ตัวอย่างข้าวที่ใช้ทดสอบ(ยี่ห้อ)
1	ข้าวหอมมะลิสุรินทร์ ตราไก่แจ้เขียว
2	ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 30%) ตราฉัตร (ถุงส้ม)
3	ข้าวหอมยโสธร (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 30%) ตราข้าวแสนดี
4	ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 30% ข้าวขาว 70%) ตราฉัตรอรุณ (ถุงเขียวเข้ม)
5	ข้าวขาวเสาไห้ ตรา Home Fresh mart (ถุงน้ำเงิน)
6	ข้าวหอมปทุมใหม่ 100% ตราหงษ์ทอง (ถุงส้ม)
7	ข้าวหอมทุ่งกุลา 100% ตราข้าวแสนดี (ถุงชมพู)
8	ข้าวขาวหอมมะลิ 5% ตราหงษ์ทอง (ถุงเขียว)
9	ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 5%) ตรา Home Fresh mart (ถุงเขียว)
10	ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ข้าวใหม่ต้นฤดูคัดพิเศษ ตราข้าวมาบุญครอง (ถุงแดง)
11	ข้าวขาวทิพย์ (เสาไห้) ตราปิ่นเงิน (ถุงชมพู)
12	ข้าวหอมชลสิทธิ์ ตราอ่อนหวาน
13	ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ตราฉัตรทอง (ถุงแดง)
14	ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ข้าวกลางปี ตราฉัตรอุบล (ถุงเหลืองเข้ม)
15	ข้าวขาวหอมมะลิใหม่ 100% ข้าวใหม่ต้นฤดู ตราฉัตรเพชร (ถุงเหลืองเขียว)

3.2.2 วิธีการหุงข้าวและทดสอบเนื้อสัมผัสวิธีต่างๆ

1. นำตัวอย่างข้าวสารทั้ง 15 ตัวอย่าง ไปหุง โดยใช้อัตราส่วน 1:1.5 (ข้าวสาร 25 กรัม : น้ำ 37.5 กรัม) หุงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร หุงในหม้อหุงข้าว Toshiba electric rice cooker (Model : RC-100, Thailand) หม้อละ 5 ตัวอย่างๆ ละ 15 ซ้ำ (3 ครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หมายเหตุ วิธีการทดสอบแบบ Ottawa cell ใช้วิธีการหุงด้วยหม้อหุงข้าว (ข้าว 200 กรัม : น้ำ 300 กรัม) เนื่องจากวิธีทดสอบแบบ Ottawa จะใช้ข้าวสวยในปริมาณมาก ในการทดสอบแต่ละครั้ง การหุงในบีกเกอร์อาจไม่เพียงพอและจะทำให้การทดสอบคลาดเคลื่อนได้

2. นำตัวอย่างข้าวสวยมาทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบทางกล (Texture Analyzer, Stable Micro System model TA HD Plus, London, UK.) ด้วยวิธี TPA, Back Extrusion, Ottawa cell, และ KMITL โดยก่อนทำการทดสอบควรทำการ Calibration เครื่องทุกครั้ง โดยทำการ Calibration Height และ Calibration Force

3. วิธี Back Extrusion ใช้ตัวอย่างข้าวสวย 3 กรัม ในการทดสอบ ใช้ความเร็วในการกด 1 mm/s กดที่ระยะทาง 99 มิลลิเมตร ทดสอบกับตัวอย่าง 15 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 15 ซ้ำ บันทึกแรงและเวลา (รูปที่ 3.3) และวิเคราะห์ผล

4. วิธี KMITL ใช้ตัวอย่างข้าวสวย 5 กรัม ในการทดสอบ ใช้ความเร็วในการกด 5 mm/s ที่ 70% Strain ทดสอบกับตัวอย่าง 15 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 15 ซ้ำ บันทึก (รูปที่ 3.4) และวิเคราะห์ผล

5. วิธี Ottawa cell ใช้ตัวอย่างข้าวสวย 100 กรัม ในการทดสอบ ใช้ความเร็วในการกด 2 mm/s กดที่ระยะทาง 15 มิลลิเมตร ทดสอบกับตัวอย่าง 15 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 15 ซ้ำ บันทึก (รูปที่ 3.5) และวิเคราะห์ผล

6. วิธี TPA ใช้ตัวอย่างข้าวสวย 3 เมล็ด ในการทดสอบ ใช้ความเร็วในการกด 0.5 mm/s กด 2 ครั้งติดกัน ที่ 90% Strain ทดสอบกับตัวอย่าง 15 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 15 ซ้ำ บันทึก (รูปที่ 3.6) และวิเคราะห์ผล

7. นำผลจากการทดสอบทั้ง 4 วิธี ได้แก่ค่า

- ความแข็ง (Hardness) คือ แรงสูงสุดถึง % Strain หรือ ระยะทางที่กำหนดในการกด เทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
- ความเหนียว (Stickiness) คือ แรงสูงสุดที่ติดลบ เป็นค่าการยึดติด มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
- ความเกาะติด (Adhesiveness) คือ พื้นที่ใต้กราฟด้านลบ มีหน่วยเป็น Ns

หาวิธีการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Coefficient of Variation)

$$CV(\%) = \frac{100sd}{\bar{Y}}$$

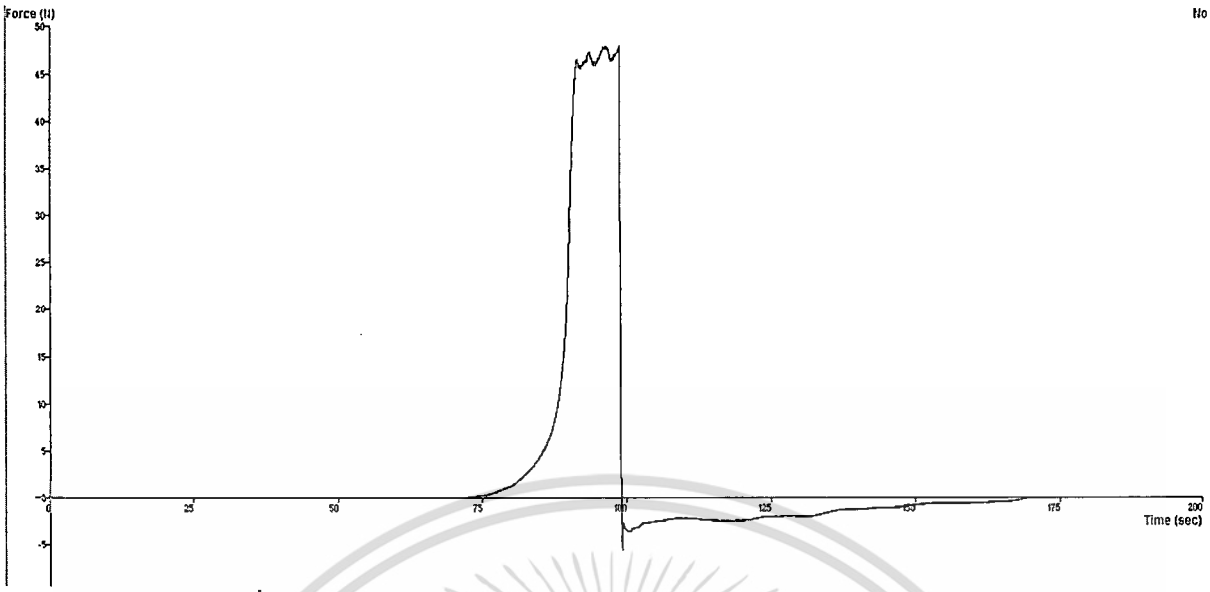
CV คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน

sd คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

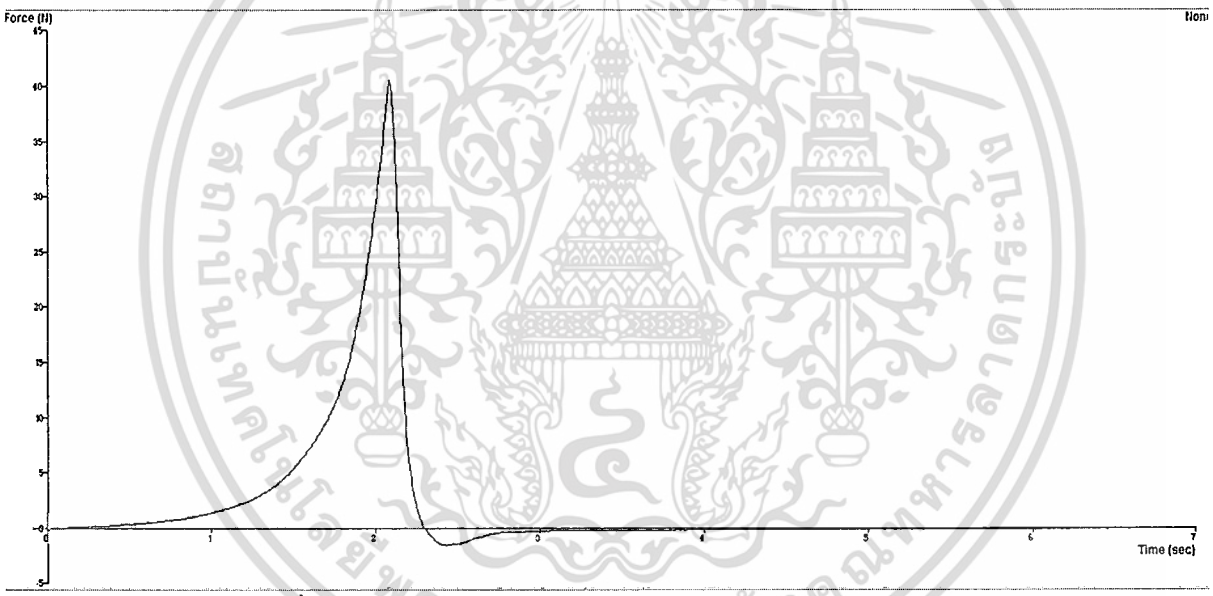
$\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

140750

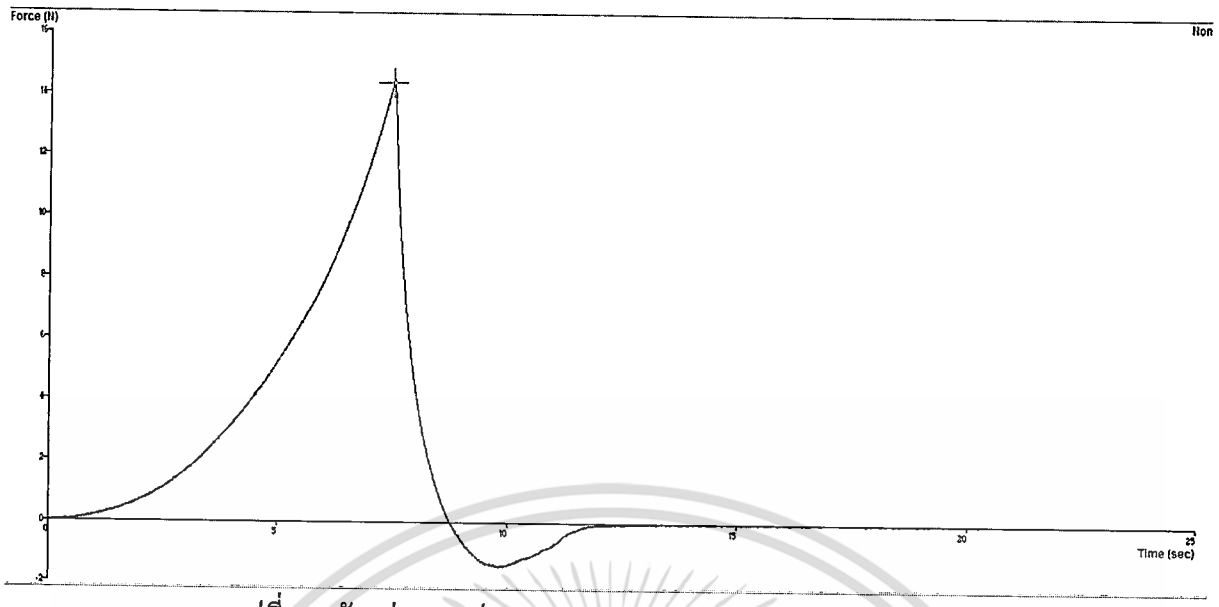


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ Back extrusion

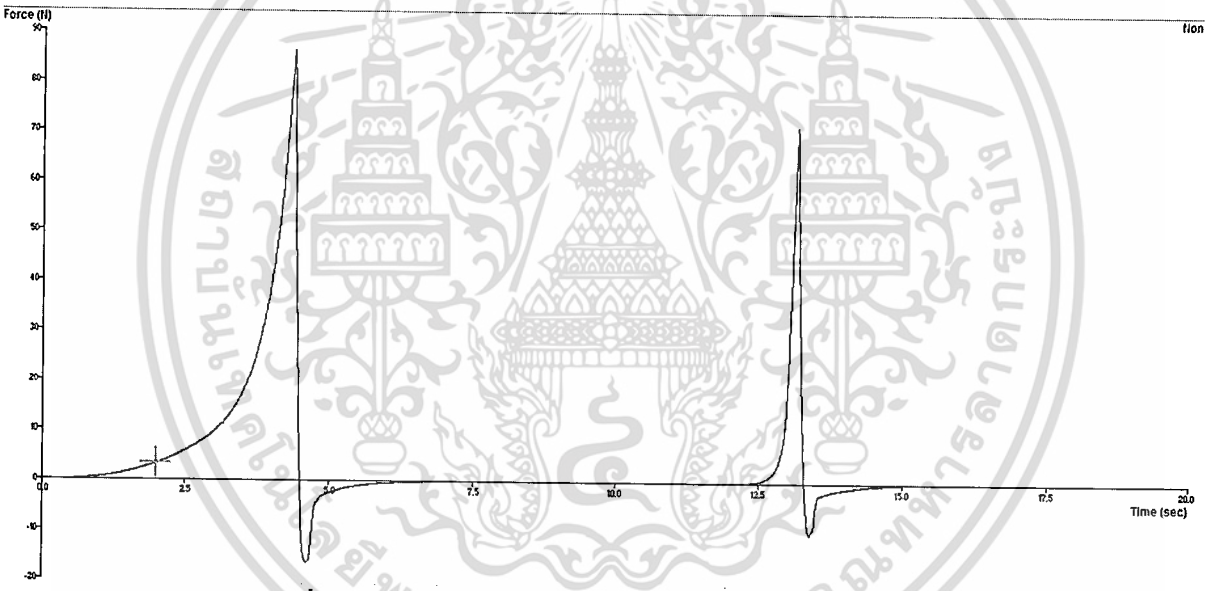


รูปที่ 3.4 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ KMITL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ Ottawa cell



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกราฟแรง - เวลาของการทดสอบแบบ TPA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ผลการทดลองเพื่อคัดเลือกวิธีการทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัย

ผลการทดลอง

จากตารางที่ 3.12 และ3.13 แสดงให้เห็นว่าวิธีการวัดเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยแบบ Back extrusion เป็นวิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากมีจำนวนตัวอย่างข้าวสารที่ให้ค่าความแข็ง (Hardness), ความเหนียว (Stickiness), ความเกาะติด (Adhesiveness) ของเนื้อสัมผัสข้าวสวย ที่ให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด มีจำนวนมากกว่าวิธีการทดสอบเนื้อสัมผัสแบบอื่นๆ การทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยแบบ Back extrusion จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดเหมาะแก่การวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยที่จะใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 3.12 สรุปการทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยทั้ง 4 วิธี ของข้าวสารทั้ง 15 ตัวอย่าง

ข้าวตัวอย่างที่ 1												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	23.45	7.21	30.748	50.854	19.32	37.992	44.428	3.961	8.916	103.502	15.494	**14.969**
Stickiness (N)	-0.976	0.186	**-19.04**	-0.995	0.339	-34.033	-4.025	1.136	-28.235			
Adhesiveness (Ns)	-1.555	0.368	-23.643	-0.051	0.029	-56.539	-10.796	1.224	**-11.341**	-2.081	0.801	-38.514
ข้าวตัวอย่างที่ 2												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	23.924	7.709	32.223	47.28	22.089	46.72	43.527	5.026	11.546	122.185	12.898	**10.556**
Stickiness (N)	-0.934	0.173	**-18.56**	-0.777	0.302	-38.841	-3.551	0.889	-25.022			
Adhesiveness (Ns)	-1.417	0.325	-22.968	-0.05	0.021	-42.067	-10.636	1.484	**-13.95**	-1.817	0.89	-49.018

ข้าวตัวอย่างที่ 3												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	24.118	5.331	22.102	57.272	17.022	29.721	45.068	4.358	**9.67**	127.974	14.168	11.071
Stickiness (N)	-0.906	0.204	-22.56	-0.85	0.244	-28.654	-3.175	0.458	**-14.419**			
Adhesiveness (Ns)	-1.283	0.372	-29.001	-0.069	0.039	-56.8	-10.252	1.207	**-11.775**	-1.603	1.074	-67.019
ข้าวตัวอย่างที่ 4												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	36.147	11.573	32.016	78.106	39.03	49.97	54.841	5.113	**9.323**	149.744	41.681	27.835
Stickiness (N)	-0.886	0.201	-22.72	-0.551	0.225	-40.899	-2.897	0.341	**-11.785**			
Adhesiveness (Ns)	-1.181	0.312	-26.464	-0.029	0.016	-55.031	-10.224	1.51	**-14.769**	-0.466	0.417	-89.46
ข้าวตัวอย่างที่ 5												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	25.332	10.076	39.776	63.058	22.838	36.217	68.563	10.174	14.839	135.185	15.607	**11.545**
Stickiness (N)	-0.226	0.091	-40.355	-0.201	0.104	-51.753	-3.467	0.417	**-12.014**			
Adhesiveness (Ns)	-0.214	0.118	-54.85	0.283	0.793	279.8	-11.935	2.333	**-19.544**	-0.569	0.388	-68.248

ข้าวตัวอย่างที่ 6												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	27.192	9.47	34.828	37.085	11.339	30.576	34.106	1.502	**4.403**	79.734	10.526	13.201
Stickiness (N)	-1.916	0.462	**-24.134**	-0.961	0.275	-28.566	-4.893	1.465	-29.949			
Adhesiveness (Ns)	-3.701	1.069	-28.868	-0.039	0.035	-89.02	-9.977	0.979	**-9.812**	-3.386	0.639	-18.86
ข้าวตัวอย่างที่ 7												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	28.735	6.393	22.247	39.456	11.405	28.905	35.414	4.528	**12.786**	98.314	21.056	21.417
Stickiness (N)	-1.578	0.211	**-13.347**	-1.174	0.287	-24.481	-4.611	2.154	-46.724			
Adhesiveness (Ns)	-2.496	0.719	-28.82	-0.066	0.03	-44.877	-9.93	1.491	**-15.012**	-2.521	1.509	-59.865
ข้าวตัวอย่างที่ 8												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	29.785	11.588	38.907	51.032	15.783	30.928	33.884	3.131	**9.242**	90.857	15.99	17.599
Stickiness (N)	-1.532	0.462	-30.156	-1.398	0.466	-33.345	-4.698	0.975	**-20.743**			
Adhesiveness (Ns)	-2.6	0.951	-36.592	-0.056	0.038	-67.06	-10.357	1.595	**-15.401**	-2.604	0.655	-25.174

ข้าวตัวอย่างที่ 9

ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	34.437	11.079	32.172	51.566	19.406	37.633	41.279	5.394	**13.068**	109.381	21.232	19.411
Stickiness (N)	-1.424	0.348	-24.429	-0.714	0.208	-29.173	-3.711	0.876	**-23.62**			
Adhesiveness (Ns)	-2.139	0.637	-29.797	-0.039	0.023	-60.017	-9.798	1.702	**-17.366**	-1.619	1.096	-67.698

ข้าวตัวอย่างที่ 10

ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	15.231	5.469	35.908	27.586	11.359	41.177	25.019	2.035	**8.133**	80.648	9.335	11.575
Stickiness (N)	-1.331	0.325	-24.449	-1.426	0.434	-30.477	-5.928	1.212	**-20.445**			
Adhesiveness (Ns)	-2.486	0.617	-24.827	-0.084	0.036	-43.245	-10.872	1.068	**-9.82**	-3.92	0.702	-17.919

ข้าวตัวอย่างที่ 11

ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	33.356	13.566	40.671	71.393	23.043	32.276	75.906	6.802	**8.96**	156.384	26.112	16.697
Stickiness (N)	-0.155	0.052	-33.28	-0.16	0.057	-35.616	-3.9	0.463	**-11.88**			
Adhesiveness (Ns)	-0.107	0.065	-60.516	1.076	1.312	121.95	-13.289	1.419	**-10.681**	-0.249	0.248	-99.535

ข้าวตัวอย่างที่ 12

ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	22.332	9.755	43.68	38.255	11.827	30.918	35.011	3.387	**9.674**	96.688	15.045	15.561
Stickiness (N)	-1.549	0.553	-35.705	-1.078	0.324	-30.053	-5.88	1.586	**-26.967**			
Adhesiveness (Ns)	-2.517	1.04	-41.311	-0.045	0.043	-95.527	-12.472	1.824	**-14.622**	-2.878	0.664	-23.075

ข้าวตัวอย่างที่ 13

ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	20.526	8.998	43.835	41.881	10.754	25.678	30.8	3.392	**11.013**	122.057	19.736	16.169
Stickiness (N)	-1.25	0.405	-32.432	-1.133	0.272	**-23.975**	-4.55	1.345	-29.554			
Adhesiveness (Ns)	-1.846	0.684	-37.023	-0.054	0.021	-38.905	-10.189	-29.554	**-13.937**	-2.205	0.755	-34.26

ข้าวตัวอย่างที่ 14

ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	19.138	6.256	32.689	44.607	10.562	23.679	35.466	4.598	**12.964**	158.843	28.913	18.202
Stickiness (N)	-0.909	0.273	-30.026	-0.759	0.169	**-22.323**	-4.357	1.509	-34.619			
Adhesiveness (Ns)	-1.235	0.439	-35.555	-0.027	0.009	-32.296	-10.864	1.545	**-14.22**	-1.058	0.475	-44.919

ข้าวตัวอย่างที่ 15												
ลักษณะเนื้อสัมผัส	วิธี Ottawa cell			วิธี KMITL			วิธี BE			วิธี TPA		
	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.	Average	S.D.	C.V.
Hardness (N)	14.709	8.194	55.707	28.368	11.222	39.56	24.045	5.505	22.893	86.95	15.841	**18.218**
Stickiness (N)	-1.283	0.591	-46.109	-1.19	0.406	-34.152	-6.126	1.67	**-27.264**			
Adhesiveness (Ns)	-2.393	1.363	-56.95	-0.05	0.023	-47.139	-10.212	1.179	**-11.542**	-3.943	1.4	-35.507

หมายเหตุ : KMITL คือ King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang method BE คือ Back extrusion TPA คือ Texture Profile Analysis S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) C.V. คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ตัวอักษรหนา คือ ค่าที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด

ตารางที่ 3.13 จำนวนตัวอย่างข้าวที่ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธีต่างๆแล้วมี C.V. ต่ำสุด

	Ottawa cell	KMITL	BE	TPA
Hardness (N)	0	0	11	4
Stickiness (N)	4	2	9	0
Adhesiveness (Ns)	0	0	15	0

หมายเหตุ : KMITL คือ King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang method BE คือ Back extrusion TPA คือ Texture Profile Analysis

3.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัย

3.3.1 ตัวอย่างข้าว

ข้าว 15 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมมะลิสุรินทร์ ตราไก่แจ้เขียว, ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 70,ข้าวขาว 30%) ตราฉัตร (ถุงส้ม), ข้าวหอมยโสธร (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 30%) ตราข้าวแสนดี, ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 30% ข้าวขาว 70%) ตราฉัตรอรุณ (ถุงเขียวเข้ม), ข้าวขาวเสาไห้ ตรา Home Fresh mart (ถุงน้ำเงิน)ข้าวหอมปทุมใหม่ 100% ตราหงษ์ทอง (ถุงส้ม), ข้าวหอมทุ่งกุลา 100% ตราข้าวแสนดี (ถุงชมพู), ข้าวขาวหอมมะลิ 5% ตราหงษ์ทอง (ถุงเขียว), ข้าวหอมผสม (ข้าวหอม 70% ข้าวขาว 5%) ตรา Home Fresh mart (ถุงเขียว), ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ข้าวใหม่ต้นฤดูคัดพิเศษ ตราข้าวมาบุญครอง (ถุงแดง), ข้าวขาวทิพย์ (เสาไห้) ตราปิ่นเงิน (ถุงชมพู), ข้าวหอมชลสิทธิ์ ตราอ่อนหวาน, ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ตราฉัตรทอง (ถุงแดง), ข้าวขาวหอมมะลิ 100% ข้าวกลางปี ตราฉัตรอุบล (ถุงเหลืองเข้ม), ข้าวขาวหอมมะลิใหม่ 100% ข้าวใหม่ต้นฤดู ตราฉัตรเพชร (ถุงเหลืองเขียว) ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดนี้ได้ซื้อมาจากห้างสรรพสินค้าทั่วไปในกรุงเทพมหานคร

3.3.2 การหุงข้าว

ขั้นตอนการหุงข้าวด้วยหม้อหุงข้าวเพื่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวิธีประสาทสัมผัส

ตวงข้าวสารปริมาณ 200 กรัมและตวงน้ำปริมาณ 300 กรัม (โดยใช้อัตราส่วน 1 : 1.5) นำข้าวสารและน้ำที่ตวงไว้ นำลงมาใสในหม้อหุงข้าวโดยทันที (เกลี่ยให้เสมอกัน) และทำการหุงด้วยหม้อหุงข้าว (Panasonic rice cooker steamer) ขนาด 1 ลิตร เมื่อข้าวหุงเสร็จแล้วกด Cook รอจนหุงข้าวเสร็จแล้วกด Cancel แล้วปล่อยทิ้งไว้ในหม้อหุงข้าวต่ออีก 10 นาที เมื่อทิ้งไว้จนครบเวลานำข้าวที่หุงเสร็จแล้วมาคว่ำลงบนตะแกรงแล้วปิดฝาครอบข้าวสวยไว้ ทิ้งไว้อีก 1 ชั่วโมง แล้วนำไปคลุกให้เข้ากันอย่างเบาๆเพื่อลดการเสียหายของข้าวแต่ละเม็ด และเพื่อรักษาอุณหภูมิของข้าวสวยจึงเก็บไว้ในหม้อหุงข้าวรอทำการทดสอบขั้นต่อไป

ขั้นตอนการหุงข้าวในบีกเกอร์เพื่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือวัด

ชั่งข้าวสารปริมาณ 25 กรัมและน้ำปริมาณ 37.5 กรัม (โดยใช้อัตราส่วน 1 : 1.5) ในบีกเกอร์ขนาด 100 ml จำนวน 5 อัน วางลงในหม้อหุงข้าว (Panasonic rice cooker steamer) ขนาด 1 ลิตร ที่มีน้ำปริมาณ 400 ml พร้อมกับเสียบ Thermocouple เพื่อวัดอุณหภูมิน้ำที่อยู่รอบๆบีกเกอร์ขณะหุงข้าวด้วย แล้วกด Cook เมื่อวัดอุณหภูมิได้ถึงประมาณ 100 องศาเซลเซียสหรือสังเกตจากไอน้ำ แล้วจับเวลาต่ออีก 20 นาที แล้วกด Cancel แล้วปล่อยทิ้งไว้ในหม้อหุงข้าวต่ออีก 10 นาที เมื่อทิ้งไว้จนครบเวลานำข้าวที่หุงเสร็จแล้วมาคว่ำลงบนตะแกรงแล้วปิดฝาครอบข้าวสวยไว้ ทิ้งไว้อีก 1 ชั่วโมง ตัวอย่างในการวิเคราะห์จะใช้ส่วนกลางของบีกเกอร์โดยไม่เอาทางด้านขอบรอบๆหนาประมาณ 1 เซนติเมตร และทางด้านขอบล่างด้วย แล้วนำไปคลุกให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเบาๆเพื่อลดการเสียหายของข้าวแต่ละเม็ด และเพื่อรักษาอุณหภูมิของข้าวสวยจึงเก็บไว้ในหม้อหุงข้าว รอทำการทดสอบขั้นต่อไป

3.3.3 การวิเคราะห์เชิงประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ชิมที่ฝึกมาแล้วจำนวน 10 คน มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าว ได้แก่ ค่าความเกาะติด-ความร่วน, ค่าความแข็ง-ความนุ่ม, ค่าความแฉะ-แห้งและค่าความเหนียว ตัวอย่างข้าว 15 ตัวอย่างจะถูกแบ่งเป็น 3 ชุด ชุดละ 5 ตัวอย่าง ทดสอบในรอบเดียวกัน ทั้งนี้จะเสริฟทีละ 1 ตัวอย่าง โดยระหว่างตัวอย่างนั้นให้ทางผู้ชิมดื่มน้ำทำความสะอาดปาก คณะผู้ชิมจะวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละคุณสมบัติและบันทึกผลเป็นระดับคะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังตัวอย่างในตารางที่ 3.9
แล้วนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสของข้าวสวยโดยใช้เครื่องมือวัด

3.3.4 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องมือวัด

หลังจากที่ทางคณะผู้ชิมทำการวิเคราะห์ข้าวสวยครบทั้ง 15 ตัวอย่างแล้วหลังจากนั้นจะวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyser (Stable Micro Systems, TA.HD. Plus, UK) โดยวิธี Back Extrusion (BE), KMITL, Ottawa และ Texture Profile Analysis (TPA) โดยทำตัวอย่างละ 15 ซ้ำ

3.3.4.1. วิธี Back Extrusion (BE) ใช้ตัวอย่างข้าวสวย 3 กรัม นำข้าวที่ชั่งไว้มาใส่ลงในกระบอกวัด โดยใส่จากทางด้านล่างโดยขณะที่ใส่ข้าวลงไปนั้นห้ามกดเมล็ด ใส่จนหมดกล่องที่ชั่งมา หัวกดจะถูกติดตั้งให้สูงกว่ากระบอกวัด 100 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ ความเร็วในการกดเท่ากับ 1 mm/s พารามิเตอร์ที่ได้คือ Hardness, Adhesiveness และ Stickiness รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะของกราฟแรงและเวลาของวิธี Back Extrusion

3.3.4.2. วิธี KMITL นำข้าวสวย 5 กรัม มาใส่แท่นวัด หัวกดจะถูกเลื่อนลงมาใกล้กับแท่นวัด ความเร็วในการกดเท่ากับ 5 mm/s 70%ความเครียด พารามิเตอร์ที่ได้คือ Hardness, Springiness และ Adhesiveness รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของกราฟแรงและเวลาของวิธี KMITL

3.3.4.3. วิธี Ottawa ใช้ตัวอย่างข้าว 100 กรัม ใส่ลงในแท่นวัด ความเร็วในการกดเท่ากับ 2 mm/s ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ พารามิเตอร์ที่ได้คือ Hardness, Adhesiveness และ Stickiness รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของกราฟแรงและเวลาของวิธี Ottawa

3.3.4.4. วิธี Texture Profile Analysis (TPA) คัดเลือกเมล็ดข้าวออกมาจำนวน 3 เมล็ดจากตัวอย่างข้าวสวยที่ชั่งไว้ 3 กรัม นำมาเรียงที่แท่นวัดในลักษณะ ||| ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ จะกดโดยใช้ 2 วัฏจักร ความเร็วในการกดเท่ากับ 0.5 mm/s 90%ความเครียด พารามิเตอร์ที่ได้คือ Hardness, Springiness, Cohesiveness, Chewiness,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

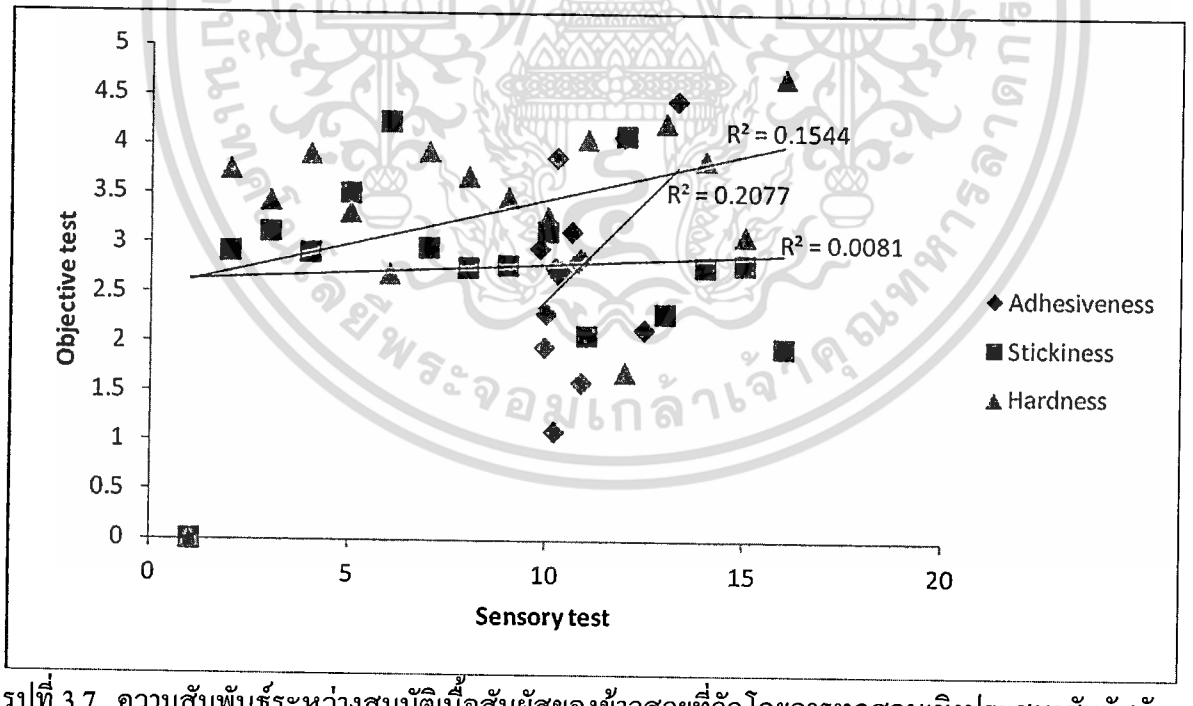
Adhesiveness , Gumminess และ Resilience รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของกราฟแรงและเวลาของวิธี Texture Profile Analysis (TPA)

3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัย โดยให้ Hardness จะสัมพันธ์กับ ค่าความนุ่ม–แข็ง, Springiness จะสัมพันธ์กับ ค่าความแฉะ–แห้ง, Adhesiveness จะสัมพันธ์กับค่าความเกาะติด, Stickiness จะสัมพันธ์กับค่าความเหนียว ยกเว้นกรณีของ TPA โดยให้ Hardness, Chewiness จะสัมพันธ์กับค่าความนุ่ม–แข็ง, Springiness, Resilience จะสัมพันธ์กับ ค่าความแฉะ–แห้ง, Cohesiveness, Adhesiveness จะสัมพันธ์กับค่าความเกาะติด, Gumminess จะสัมพันธ์กับค่าความเหนียว

3.3.6 ผลการทดลอง

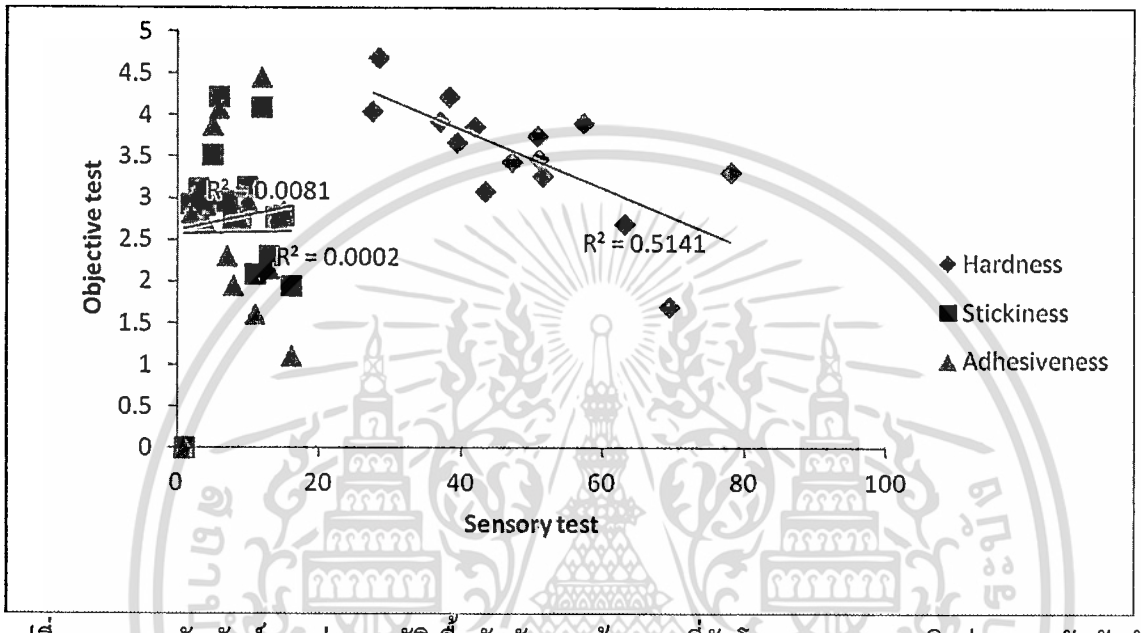
จากรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าจากความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี Back Extrusionในแต่ละพารามิเตอร์จะได้ค่าดังนี้ Hardness ได้ค่า $R^2 = 0.154$ Adhesiveness ได้ค่า $R^2 = 0.207$ Stickiness ได้ค่า $R^2 = 0.008$ แสดงได้ว่าวิธีนี้มีความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยน้อยมาก ไม่สามารถใช้แทนกันได้



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี Back Extrusion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าจากความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี KMITL มีค่าดังนี้_Hardness ได้ค่า $R^2 = 0.514$ Stickiness ได้ค่า $R^2 = 0.008$ Adhesiveness ได้ค่า $R^2 = 0.000$ จากการทดลองด้วยวิธี KMITL นั้นจะเห็นได้ว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Hardness ที่ได้จากการวัดเชิงวัตถุวิสัยกับค่าความนุ่ม-แข็งจากการวัดโดยวิธีประสาทสัมผัสมีค่า $R^2 = 0.514$ ซึ่งมีค่าสูงสุด แสดงว่าวิธีนี้สามารถใช้แทนการทดสอบโดยวิธีทางประสาทสัมผัสระดับหนึ่ง



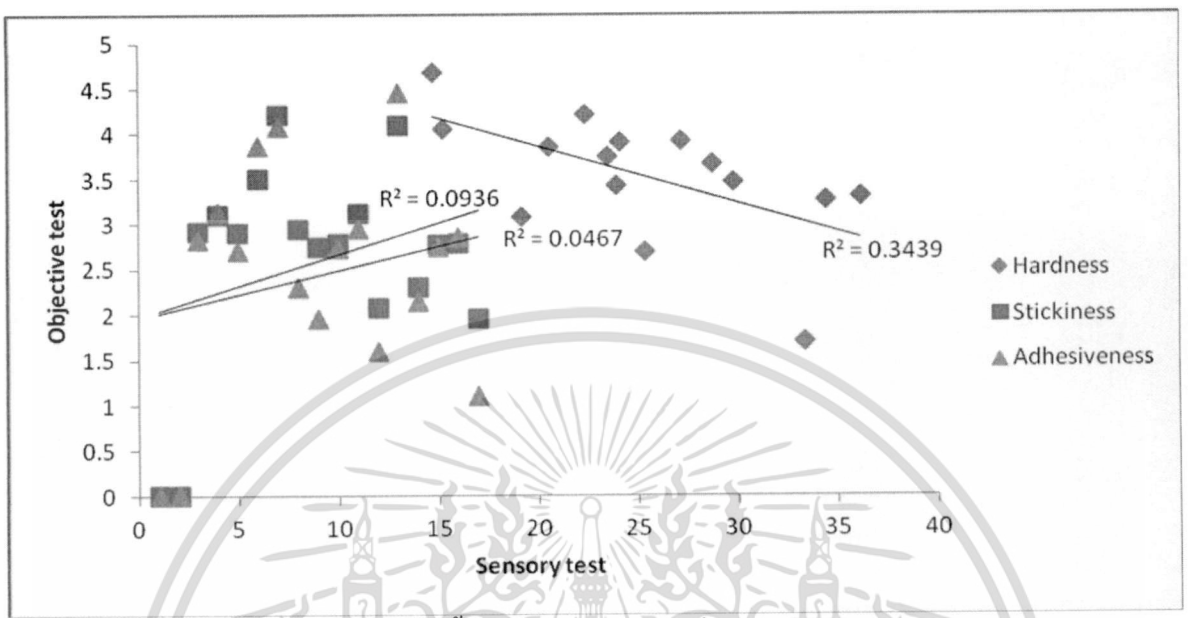
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี KMITL

จากรูปที่ 3.9 จะเห็นได้ว่าจากความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี Ottawa มีค่าดังนี้ Hardness ได้ค่า $R^2 = 0.343$ Adhesiveness ได้ค่า $R^2 = 0.046$ Stickiness ได้ค่า $R^2 = 0.093$ จากการทดลองด้วยวิธี Ottawa แสดงได้ว่าวิธีนี้มีความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยน้อยมาก ไม่สามารถใช้แทนกันได้

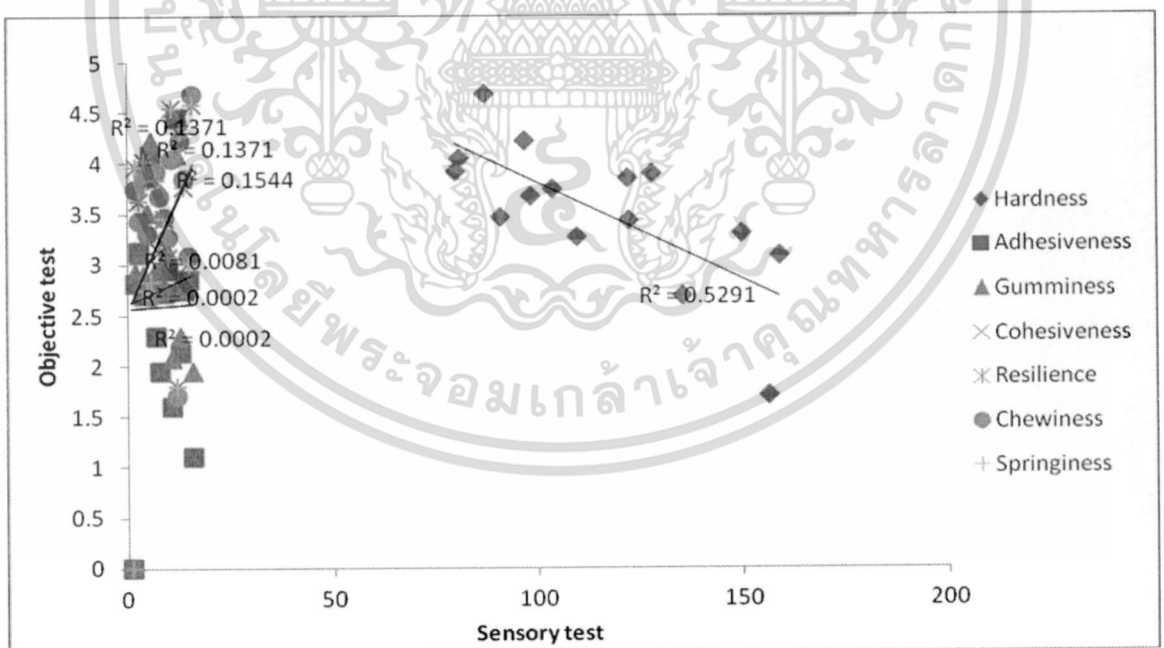
จากรูปที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าจากความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี TPA มีค่าดังนี้
Hardness ได้ค่า $R^2 = 0.529$ Adhesiveness ได้ค่า $R^2 = 0.000$ Gumminess ได้ค่า $R^2 = 0.008$ Cohesiveness ได้ค่า $R^2 = 0.000$ Resilience ได้ค่า $R^2 = 0.137$ Spriginess ได้ค่า $R^2 = 0.137$ Chewiness ได้ค่า $R^2 = 0.154$ Gumminess จะได้ค่า $R^2 = 0.008$ จากการทดลองด้วยวิธี TPA นั้นจะเห็นได้ว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hardness ที่ได้จากการวัดเชิงวัตถุวิสัยกับค่าความนุ่ม-แข็งจากการวัดโดยวิธีประสาทสัมผัสมีค่า R2 = 0.529 ซึ่งมีค่าสูงสุด แสดงว่าวิธีนี้สามารถใช้แทนการทดสอบโดยวิธีทางประสาทสัมผัสระดับหนึ่ง



รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี Ottawa



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติเนื้อสัมผัสของข้าวสวยที่วัดโดยการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสกับการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยโดยวิธี TPA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผล

การเตรียมตัวอย่างโดยวิธีหุงในบีกเกอร์ในหม้อหุงข้าวให้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (%) (CV) ของทุกสมบัติเนื้อสัมผัส ต่ำกว่าวิธีหุงแบบปกติด้วยหม้อหุงข้าว จึงเป็นวิธีที่แนะนำให้ใช้ในการเตรียมตัวอย่างข้าวสวย

ในการฝึกผู้ชิม คณะผู้ชิมได้กำหนดสมบัติทางเนื้อสัมผัสของข้าวสวย ได้แก่ ความร่วน – การเกาะติด ความแข็ง – ความนุ่ม, ความแห้ง – ความแฉะ และความเหนียว คณะผู้ชิมถูกฝึกจนมีความชำนาญที่จะประเมินคุณสมบัติเนื้อสัมผัสดังกล่าว มีจำนวนครั้งเฉลี่ยในการฝึกชิมเพียง 9 ครั้ง ทางผู้วิจัยจึงเห็นว่าผู้ชิมมีความชำนาญในการชิมข้าวและสามารถนำผู้ชิมทั้งหมดนี้ไปทดสอบสมบัติต่างที่จะวิเคราะห์ในงานวิจัยต่อไปได้

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยแบบ Back extrusion เป็นวิธีที่ดีที่สุดเหมาะแก่การวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยที่จะใช้ในงานวิจัย เนื่องจากวิธี Back extrusion เป็นวิธีการจำลองลักษณะของการเคี้ยวข้าวได้เป็นอย่างดี มีการใส่ตัวอย่างข้าวในการทดสอบในปริมาณที่คล้ายกับการที่เราตักข้าวเข้าปาก ใช้หัววัดแบบกลมมีขนาดใกล้เคียงกับฟันกราม ทั้งนี้การใส่ตัวอย่างข้าวลงในกระบอก ควรใส่เพียงคนเดียวตลอดการทดลอง เพื่อจะได้ไม่มีความแตกต่างกันเรื่องของการอัดตัวของข้าวสวย

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) และวิธี KMITL สามารถนำมาใช้แทนวิธีการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสได้เนื่องจากมีค่าความสัมพันธ์ (R^2) สูง อย่างไรก็ดีวิธี KMITL สามารถใช้งานได้ง่ายกว่าและเสมือนคนเคี้ยวได้มากกว่าเนื่องจากวิธี TPA ใช้ข้าวเพียง 3 เมล็ด ส่วนวิธี Back Extrusion และ Ottawa ไม่สามารถนำมาแทนวิธีทางประสาทสัมผัสได้เนื่องจากมีความสัมพันธ์ต่ำมาก ค่า Hardnessและความนุ่มแข็งของข้าวสวย เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเชิงประสาทสัมผัสและการทดสอบเชิงวัตถุวิสัยสูงที่สุด

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเผยแพร่วิธีการเตรียมตัวอย่าง (วิธีหุงในบีกเกอร์ในหม้อหุงข้าว) และการทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยที่ได้ (แบบ Back extrusion) แต่หากต้องการใช้วิธีการเชิงวัตถุวิสัยที่แทนวิธีการทดสอบเชิงประสาทสัมผัส ควรใช้วิธี Texture Profile Analysis (TPA) และวิธี KMITL ไปยังโรงงานผลิตข้าวสารหรือข้าวแปรรูปและผลักดันให้ใช้เป็นมาตรฐานในโรงงานอุตสาหกรรมข้าว เช่นมาตรฐาน มอก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ควรหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดสอบเนื้อสัมผัสเชิงวัตถุวิสัยที่ได้ (แบบ Back extrusion) กับวิธีการตรวจสอบเนื้อสัมผัสโดยวิธีไม่ทำลาย เช่นเทคนิคเนียรอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นลินรัตน์ ศุภวันต์และ ภูดินันท์ สง่าพงษ์ , 2554. ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร พืชอาหาร ข้าว ประจำเดือนกุมภาพันธ์ 2554. วารสารเศรษฐกิจการเกษตร 57 (652) 10-21.

Banjong K., 1986, A back extrusion test for evaluating cooked rice texture, Thesis, Asian institute of technology.

Gujral H. S., Kumar, V., 2003, Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice Journal of Food Engineering 59,117–121.

Manful J. T., Abbey L. D. and Coker R. D., 2009, Effect of artisanal parboiling methods on milling yield and cooked rice textural characteristics, Journal of Food Quality 32, 725–734.

Mohapatra D., Bal S., 2006, Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions Journal of Food Engineering 73, 253–259.

Ong M. H. and Blanshard J. M. V., 1995. Texture determinants in cooked, parboiled rice. I: Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin, Journal of Cereal Science 21, 251–260.

Parnsakhorn and Noomhorm, 2008, Changes in physicochemical properties of parboiled brown rice during heat treatment, The CIGR, Manuscript FP 08 009. Vol. X. August, pp. 1-20.

Reyes and Jindal, 1990, A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked-rice, Journal of food quality, 13, pp. 109-118.

Sirisoontaralak and Noomhorm, 2006, Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice, Journal of stored products research, 42, pp. 264-276.

Srisawas and Jindal, 2007, Sensory evaluation of cooked rice in relation to water-to-rice ratio and physicochemical properties, Journal of texture studies, 38, pp. 21-41.

Yu S., Maa Y., Sun D-W, 2009, Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. Journal of Cereal Science 50, 139–144

Zhu B., Li B., Zheng X. D., Xu B. L., Liang S., Kuang X. and Ma M. H., 2010, Study on predictive models relating physicochemical properties to texture of cooked rice and the application in rice blends, Journal of Texture Studies 41, 101–124.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัวรองศาสตราจารย์ ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

ชื่อ-สกุล น.ส. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

เพศ ☐ ชาย ☑ หญิง วันเดือนปีเกิด 3 กันยายน 2501 อายุ 54ปี

สถานภาพ ☑ โสด ☐ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พ.ศ.2523
M.Eng.	Farm machinery and management	Asian Institute of Technology (Thailand)	พ.ศ. 2527
Ph.D.	Agric. Science	United Graduate School of Kagoshima University (Saga University), Japan.	พ.ศ.2544

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของวัสดุเกษตรและอาหาร

สมบัติทางเนื้อสัมผัสของวัสดุเกษตรและอาหาร

การตรวจสอบคุณภาพของวัสดุเกษตรและอาหารโดยใช้ Near Infrared Spectroscopy

เทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2552	รางวัลงานวิจัยคุณภาพในการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 ประจำปี 2552 สาขาวิศวกรรมศาสตร์ ระดับดีเด่น	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษา	สถาบันที่ให้
1982-1984	USAID scholarship to do M.Eng. in Asian Institute of Technology, Thailand.	USAID, USA
1997-2001	Royal Thai Government scholarship to pursue Ph.D. degree in Japan.	Royal Thai Government

ทุนวิจัยที่เคยได้รับ

1. **โครงการ เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง** (ทุนวิจัยกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม)
2. **โครงการ เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด** (ทุนวิจัยเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.)
3. **โครงการ การศึกษาสมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการส่งออก** (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินโดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 496,280 บาท)
4. **โครงการเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบที่ระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 147,000 บาท ปี 2549)
5. **โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 152,500 บาท ปี 2550)
6. **โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องทำไอศกรีมโดยใช้ระบบการทำความเย็นเบื้องต้นที่ความดันสุญญากาศ** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 67,060 บาท ปี 2551)
7. **การประเมินดัชนีคุณภาพภายในและภายนอกของส้มโอเพื่อการส่งออกที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่าง ๆ กันด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตสโคปี** (ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 200,000 บาท ปี2551)
8. **โครงการเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดด้วยความดันสูญญากาศเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 100,000 บาท ปี 2552)
9. **โครงการการวิเคราะห์ค่าปริมาณเนื้อยางแห้งและความหนืดของน้ำยางข้น สำหรับห้องปฏิบัติการในโรงงานด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี** (สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ในโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา ปี 2552 **132,000** บาท)
10. **โครงการเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดด้วยความดันสูญญากาศร่วมกับคลื่นอินฟราเรดเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 59,000 บาท ปี 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. **โครงการการวิเคราะห์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางสดและน้ำยางข้นโดยการวัดที่ต้นยางพาราโดยตรงด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี** (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2553-2554 โดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 551,200 บาทและ สกอ. 192,800บาท)
12. **โครงการการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในเนื้อแตงโมด้วยเทคนิคที่ไม่ทำลายด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี** (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 โดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 242,500บาท)
13. **โครงการการพัฒนาเทคนิคมาตรฐานการวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตข้าวสารและข้าวแปรรูป** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 72,000 บาท ปี 2554)
14. **โครงการการตรวจสอบคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยวิธีแบบไม่ทำลาย ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 72,000 บาท ปี 2554)
15. **โครงการเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ** (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 72,000 บาท ปี 2554)
16. **โครงการการวิเคราะห์สารแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิดหรือสารกาบาในข้าวกล้องงอกด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี** (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2555 โดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 1,207,000บาท)

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

1. **Panmanas Sirisomboon**: Estimation of higher heating value of biomass in tropical regions, J. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 22 (2): 81-84 (1991)
2. Pisanu Sirivanichwong, Rachan Pullkit, **Panmanas Sirisomboon** and Pichit Kittinont: A design of orange juice extractor, Ladkrabang Engineering J. 13 (1):143-147 (1996) (in Thai)
3. **Panmanas Sirisomboon**, Munehiro Tanaka, Takayoshi Akinaga and Takayuki Kojima: Evaluation of the texture properties of Japanese pear, J. Texture Studies 31: 665-677 (2000) (be cited by Thompson A.K.: Fruit ripening conditions. In Fruit and vegetables-harvesting, handling and storage. 2nd editions. Blackwell Publishing. UK p. 88 (2003))
4. **Panmanas Sirisomboon**, Munehiro Tanaka, Shuji Fujita and Takayuki Kojima: Relationship between the texture and pectin constituents of Japanese pear, J. Texture Studies 31: 679-690. (2000)
5. **Panmanas Sirisomboon**, Munehiro Tanaka, Shuji Fujita, Takayoshi Akinaga and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Takayuki Kojima: A simplified method for the determination of total oxalate soluble pectin content in Japanese pear, J. Food Composition and Analysis 14: 83-91 (2001)

6. **Panmanas Sirisomboon,** Supasomboon Ungratanakorn, Danai Panchapitayakul: Agricultural Mechanization in Mango Orchard, King Mongkut's Agricultural Journal 23(3): 28-40 (2005) (in Thai)
7. **Panmanas Sirisomboon,** Munehiro Tanaka, Shuji Fujita, Takayuki Kojima: Evaluation of pectin constituents of Japanese pear by near infrared spectroscopy, J. Food Engineering 78(2): 701-707 (2007)
8. **Panmanas Sirisomboon,** Pimpen Pornchaloeampong and Teeranud Romphophak: Physical properties of green soybean: Criteria for sorting, J. Food Engineering 79: 18-22 (2007)
9. **P. Sirisomboon,** P. Kitchaiya, T. Pholpho and W. Mahuttanyavanitch: Physical and mechanical properties of Jatropha curcas L. fruits, nuts and kernels, Biosystems Engineering, 97: 201-207 (2007).
10. **Sirisomboon, P.,** Boonmung, S., Pornchaloempong P., and Pithuncharurnlap, M. A Preliminary Study on Classification of Mango Maturity by Compression Test. International Journal of Food Properties, 11: 206-212 (2008)
11. P. **Sirisomboon,** P. Kitchaiya, Physical properties of *Jatropha curcas* L. kernels after heat treatments. Biosystems Engineering, 102 (2), 244-250 (2009)
12. **Panmanas Sirisomboon,** Yuki Hashimoto, Munehiro Tanaka. Study on non-destructive evaluation methods for defect pods for green soybean processing by near-infrared spectroscopy. Journal of Food Engineering, 93 (4), 502-512 (2009)
13. **P. Sirisomboon,** P. Pornchaloempong. Instrumental textural properties of mango (cv Nam Doc mai) at commercial harvesting time. International Journal of Food Properties, 14, 441-449 (2011).
14. T. Pholpho, S. Pathaveerat, **P. Sirisomboon,** Classification of longan fruit bruising using visible spectroscopy. Journal of Food Engineering, 104 (1), 169-172 (2011).
15. Areerat Imsil, Ronnarit Rittiron, Panmanas Sirisomboon and Varipat Areekul, Classification of Hom Mali rice with different degrees of milling based on physicochemical measurements by principal component analysis. Kasetsart Journal: Natural Science, 45(5), 863-873 (2011).
16. Panmanas Sirisomboon, Rawiphan Chawbankrang and Apidul Keawkuptong, Evaluation of viscosity and dry rubber content of field and concentrated latex for factory laboratory by near infrared spectroscopy. Research on NR, 6, 297-308 (2011).
17. P. Sirisomboon and C. Theamprateep, Physicochemical and Textural Properties of Pomelo (Citrus maxima Merr. cv. Kao Num Peung) at Preharvest, Postharvest and During the Commercial Harvest Period. The Philippine Agricultural Scientist, 95 (1), 43-52 (2012).
18. P. Sirisomboon, R. Lapchareonsuk, Evaluation of the physicochemical and texture properties of pomelo fruit following storage. Fruits, 67 (6) inpress.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. Panmanas Sirisomboon, Rawiphan Chowbankrang, Phil Williams, Evaluation of apparent viscosity of Para rubber latex by diffuse reflection near infrared spectroscopy. Applied Spectroscopy, 66(5), 595-599 (2012).
20. Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Takayuki Kojima, Evaluation of tomato textural mechanical properties. Journal of Food Engineering, 111(4), 618-624, 2012.
21. Pornchaloempong, P., Sirisomboon, P., Nunak, N. Mass-volume-area properties of frozen Skipjack tuna. International Journal of Food Properties, 15(3), 605-612, 2012.
22. Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Takayuki Kojima, Phil Williams, Nondestructive Estimation of Maturity and Textural Properties on Tomato 'Momotaro' by Near Infrared Spectroscopy. Journal of Food Engineering, 112(3), 218-226, 2012.

การเสนอผลงานวิชาการ

1. **Panmanas Sirisomboon**: Status of Agricultural Machinery Factories in Thailand. Proceedings of the Third International Seminar on Evaluation of Farm Tools and Appropriate Technology in Southeast Asia, 1-2 August 1989. Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
2. **Panmanas Sirisomboon** and Toshio Iijima: Gaseous Fuel from Biomass Pyrolysis: Corn Cob and Water Hyacinth. Proceedings of the Forth Mechanical Engineering and New Industrial Countries, 17-18 May 1990. King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand. (in Thai).
3. Taksila Usuwan, Virat Lagdang, Saksit Prasartkaew and **Panmanas Sirisomboon**: Biomass Furnace with Heat Exchanger Chamber. Proceedings of the Fifth Royal Thai Engineering Society (Northeastern Branch) Seminar on Technology of Rural Development, 16-17 August 1990. Faculty of Engineering, Koen Kaen University, Koen Kaen, Thailand. (in Thai).
4. **Panmanas Sirisomboon**, Wanna Tungcharoenchai and Rungsan Nochai: Design of Soybean Harvester Header using Two Wheel Tractor as a Prime Mover. Proceedings of meeting on Agricultural Engineering Research, May 18-20, 1994. National Agricultural Machinery Center, Kasetsart University, Kampangsan Campus, Nakornpathom, Thailand (in Thai).
5. **Panmanas Sirisomboon**, Munehiro Tanaka, Shuji Fujita, Takayoshi Akinaga and Takayuki Kojima: The relationship between the texture and pectin constituents of Japanese pear, 54th Kyushu Branch of Japanese Society of Agricultural Machinery, September 17-18, 1998, Yoshizuka Goudo Chousha, Fukuoka, Japan.
6. **Panmanas Sirisomboon**, Teeranud Romphophaj and Pimpen Pornchaloempong: Green soybean grader, Proceedings of the 3rd Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting -Agricultural Engineering and Local Intellectual Development- May 23-24 2002, Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand. (in Thai).
7. Chanchai Rojanasaroj, **Panmanas Sirisomboon**, Rangsan Nochai, Wanna Tangjaroenchai: Small Soybean Harvester Implementing a Two-wheel Tractor, Electronic-only Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting and Processing, 9-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11 February 2003, Louisville, Kentucky, USA.

8. **Panmanas Sirisomboon**, Teeranud Romphophaj and Pimpen Pornchaloempong: Physical Properties of Green soybean, Proceedings of the 5th Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting –Innovation in Agricultural Engineering for Increasing Productivity- April 26-27, 2004, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand. p. 360-367. (in Thai).
9. **Panmanas Sirisomboon**, Pimpen Pornchaloeampong and Teeranud Romphophak, 2005. Physical properties of green soybean: Criteria for sorting, Proceedings of the 2nd International Conference on Innovations in food processing technology and engineering. 11-13 January 2005. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
10. **Panmanas Sirisomboon** and Supasomboon Unratanakorn, 2005. Agricultural Mechanization in Mango Orchard, Proceedings of the 6th Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting -Toward Kitchen of the World by Agricultural Engineering- March 30-31, 2005, Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand. (in Thai).
11. Panitnat Yimyam, Thanarat Chalidabhongse, **Panmanas Sirisomboon** and Suwanee Boonmung, 2005. Physical Properties Analysis of Mango using Computer Vision, Proceedings of the International Conference on Control, Automation, and Systems (ICCAS 2005) June 2-5, 2005, KINTEX (Korea International Exhibition Center) The Province of Gyeonggi, Korea. (Best Presentation Award)
12. **Panmanas Sirisomboon**, Supasomboon Ungratanakorn, Danai Panchapitayakul, 2006. Tiredness in Using of Agricultural Machinery and Equipment in Mango Orchard, Proceedings of the 7th Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting – Researches for increasing the potential of Thai agricultural goods in world market- January 23-24, 2006, Faculty of Engineering, Mahasarakam University, Mahasarakam, Thailand. P. 32-38 (in Thai).
13. Thanarat H Chalidabhongse, Pannitnat Yimyam, **Panmanas Sirisomboon**, 2006. 2D/3D Vision-Based Mango's Feature Extraction and Sorting, Proceedings of the 9th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV 2006), December 5-8, 2006, Grand Hyatt, Singapore.
14. **Panmanas Sirisomboon**, Vasu Udompetaikul and Yaowaluk Suraphantapisit, 2007. Design and Development of A Simple Meat Quality-Improving Machine. Proceedings of International Conference on Agricultural, Food, and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology, January 21-24, 2007. Sofitel Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand.
15. Vipa Jayranaiwachira and **Panmanas Sirisomboon**, 2007. Effect of Agitation Parameters on Viscosity Properties of Concentrated Coconut Milk. Proceedings of International Conference on Agricultural, Food, and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology, January 21-24, 2007. Sofitel Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand.
16. **Panmanas Sirisomboon**, Yothin Prempraneerach, Phornsuk Ratiroch-anant, and Yaowaluk Suraphantapisit 2008. Automatic Table Top Stuffer for Sausage. CR1-15, Proceedings of the 9th Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting – Technology for Sustainable Agriculture and Agro-Industry- January 31- February 1, 2008, Faculty of Engineering and Agricultural Industry, Maejo University, Thailand. (in Thai).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Nuthvipa Jayranaiwachira and **Panmanas Sirisomboon** 2008. Physical Properties of Concentrated Coconut Milk by Evaporating at Vacuum Pressure. CR1-21, Proceedings of the 9th Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting –Technology for Sustainable Agriculture and Agro-Industry- January 31- February 1, 2008, Faculty of Engineering and Agricultural Industry, Maejo University, Thailand. (in Thai).

18. Teerapong Pholpho, Bundit Jarimopas and **Panmanas Sirisomboon** 2008. Postharvest Damage and Some Physical Properties of Fresh Longan. CR 3-12, Proceedings of the 9th Thai Society of Agricultural Engineering annual meeting –Technology for Sustainable Agriculture and Agro-Industry- January 31- February 1, 2008, Faculty of Engineering and Agricultural Industry, Maejo University, Thailand. (in Thai).

19. Yuki Hashimoto, Nobuyuki Hayashi, Munehiro Tanaka, Keiji Hoaki, and **Panmanas Sirisomboon**, 2008. Case Study on Rice Husk Power Generation in Thailand. Annual Meeting on the Japanese Society of Agricultural Machinery, 27 - 30 March 2008. Miyazaki Kanko Hotel 1-1-1 Matsuyama, Miyazaki-city, Miyazaki-prefecture, Japan.

20. **Panmanas Sirisomboon**, Munehiro Tanaka and Takayuki Kojima, 2008. Intensive Evaluation of Tomato 'Momotaro' Textural Properties. Annual Meeting on the Japanese Society of Agricultural Machinery, 27 - 30 March 2008. Miyazaki Kanko Hotel 1-1-1 Matsuyama, Miyazaki-city, Miyazaki-prefecture, Japan.

21. **Panmanas Sirisomboon**, Yuki Hashimoto and Munehiro Tanaka 2008. Study on Non-destructive Evaluation Methods for Defect Pods for Green Soybean Processing by Near-Infrared Spectroscopy. Annual Meeting on the Japanese Society of Agricultural Machinery, 27 - 30 March 2008. Miyazaki Kanko Hotel 1-1-1 Matsuyama, Miyazaki-city, Miyazaki-prefecture, Japan.

22. **Panmanas Sirisomboon,** Charoonpong Theamprateep, Rawipat Lapcharensuk, Jittra Duangchang 2008. Quality of Kao Nampueng Pomelo Pulp at Different Maturity Stages. The 18th Thaksin University Annual Conference : The Research and National Crisis Solutions, 25-26 September 2008. Green World Hotel, Songkla, Thailand. (in Thai)

23. **Panmanas Sirisomboon** 2009. Physical properties of some oil seeds for biodiesel. The 1st AUN/SEED-Net Regional Conference on Materials 2009. RCM 2009. 16-17 February, 2009. Equatorial Hotel, Penang, Malaysia.

24. **Panmanas Sirisomboon** and Ravipat Lapcharoensuk. 2009. Study of physical and mechanical properties of intact pomelo (Kao Num Peung Variety) during storage. The proceeding of 47th Kasetsart University Annual Conference "Agricultural science leading Thailand : Food and alternative energy for sustainable balance" 17-20 march 2009, Kasetsart University, Bangkhen campus, Bangkok, Thailand (in Thai).

25. **Panmanas Sirisomboon**, Jittra Duangchang. 2009. Prediction and analysis of peel essential oil of pomelo by NIR spectroscopy. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on "Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind" 1-3 April 2009, Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

26. **Panmanas Sirisomboon**, Warunee Thanapase, Ravipat Lapcharoensuk 2009. Identification of Different Storage Duration of Pomelo (Kao Num Peung Variety) by Near Infrared Spectroscopy using SIMCA. 10th International Conference of Thailand Society of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Agricultural Engineering on "Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind" 1-3 April 2009, Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

27. **Panmanas Sirisomboon**, Charoonpong Theamprateep 2009. Maturity Classification of Kao Nampueng Pomelo Fruit using Visible Range Spectrum. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on "Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind" 1-3 April 2009 , Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

28. **Panmanas Sirisomboon**, Suppakit Howvimanporn 2009. Determination of soluble solids of honey by near infrared spectroscopy. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on "Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind" 1-3 April 2009, Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

29. Teerapong Pholpho, Bandit Jarimopas, **Panmanas Sirisomboon**, Siwalak Pathaveerat 2009. Mechanical bruising of fresh longan fruit. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on "Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind" 1-3 April 2009, Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

30. **P. Sirisomboon**, W. Thanapase, S. Kasemsumran and S. Howvimanporn 2009. Identification of honey authenticity by NIRS. The 14th International Conference on Near Infrared Spectroscopy. NIR 2009 Breaking the Dawn. 7-16 Novemebr 2009, Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand.

31. **Panmanas Sirisomboon** and Rawiphan Chowbankrang 2009. Viscosity properties of concentrated rubber latex at various storage duration. The 6th KU-KPS conference. 8-9 December 2009. Kasetsart University, Kampangsan campus, Nakorn Pathom, Thailand (in Thai).

32. **Panmanas Sirisomboon** and Phatcharee Klaimanee 2009. Physical properties of sweet corn. The 6th KU-KPS conference. 8-9 December 2009. Kasetsart University, Kampangsan campus, Nakorn Pathom, Thailand (in Thai) **The best qualified research award in engineering**.

33. Teerapong Pholpho, Siwalak Pathaveerat, **Panmanas Sirisomboon** 2010. Development and vibration machine for fruit and vegetable package testing. The 11th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference on Innovations in Agricultural Engineering for Sufficiency Economiy and Empowered Communities. 6-7 May 2010, Kasetsart University, Kampangsan campus, Nakorn Pathom, Thailand (in Thai), p 116-119.

34. **Panmanas Sirisomboon** and Mongkol Skunthongarlam 2010. Performance of machine for drying coconut flakes with vacuum and hot water. The 11th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference on Innovations in Agricultural Engineering for Sufficiency Economiy and Empowered Communities. 6-7 May 2010, Kasetsart University, Kampangsan campus, Nakorn Pathom, Thailand (in Thai), p 242-246.

35. **Panmanas Sirisomboon** and Sarid Churchart 2010. Change of soluble solids content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(sweetness) of watermelon (Kinnaree Variety) at different harvesting dates. The 11th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference on Innovations in Agricultural Engineering for Sufficiency Economiy and Empowered Communities. 6-7 May 2010, Kasetsart University, Kampangsan campus, Nakorn Pathom, Thailand (in Thai), p 247-250.

36. **Panmanas Sirisomboon** and Apidul Keawkuptong 2010. Effect of storage duration on dry rubber contents of concentrated rubber latex. The 11th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference on Innovations in Agricultural Engineering for Sufficiency Economiy and Empowered Communities. 6-7 May 2010, Kasetsart University, Kampangsan campus, Nakorn Pathom, Thailand (in Thai), p 382-385.
37. **Panmanas SIRISOMBOON**, Sarid CHURCHART. Prediction of soluble solids content in cut watermelons using near infrared Spectroscopy, The 12th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering "International Conference on Agricultural Engineering" (Novelty, Clean and Sustainable) Chon-Chan Pattaya Resort, Chonburi, Thailand; 31 March-1 April 2011, p 48-1 -48-5.
38. **Panmanas SIRISOMBOON** and Apidul KEAWKUPTONG. Evaluation of dry rubber content of concentrated latex by Near-infrared Spectroscopy, The 12th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering "International Conference on Agricultural Engineering" (Novelty, Clean and Sustainable) Chon-Chan Pattaya Resort, Chonburi, Thailand; 31 March-1 April 2011, p 49-1 -49-5.
39. Panitnat YIMYAM, Somkit JAITRONG, **Panmanas SIRISOMBOON**. Mango Maturity Classification by using Physical Properties, The 12th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering "International Conference on Agricultural Engineering" (Novelty, Clean and Sustainable) Chon-Chan Pattaya Resort, Chonburi, Thailand; 31 March-1 April 2011, p 50-1 -50-4.
40. **Panmanas SIRISOMBOON**, Mongkol SKUNTHONGARLAM. The optimal condition for coconut flakes dryer with vacuum and infrared heater, The 12th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering "International Conference on Agricultural Engineering" (Novelty, Clean and Sustainable) Chon-Chan Pattaya Resort, Chonburi, Thailand; 31 March-1 April 2011, p 55-1 -50-5.
41. Sirisomboon, P. and Jayranaiwachira, N. Characteristics of ice-cream under vacuum pressure pre-cooling condition, The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering "The International conference of the Thai Society of Agricultural Engineering 2012" (Agro-Techno Fusion for Global Sustainability) Imperial Mae Ping Hotel, Chiang Mai, Thailand; 4-5 April 2012. FOE 08, 161.
42. **Panmanas Sirisomboon**, Warunee Thanapase, Ravipat Lapcharoensuk. Identification of Different Storage Duration of Pomelo (Kao Num Peung Variety) by Near Infrared Spectroscopy using PLS-DA. The 3rd Asian Near Infrared Symposium (ANS2012) Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand; 14-18 May 2012.

ผลงานสิ่งประดิษฐ์/

1. เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบที่ระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก
3. เครื่องทำไอศกรีมโดยใช้ระบบการทำความเย็นเบื้องต้นที่ความดันสุญญากาศ
4. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดด้วยความดันสูญญากาศเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
5. เครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวขูดด้วยความดันสูญญากาศร่วมกับคลื่นอินฟราเรดเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์
6. เครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสบู่ดำ

ประวัติส่วนตัวผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

ชื่อ-สกุล นางพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

เพศ ☐ ชาย ☑ หญิง วันเดือนปีเกิด 19 ตุลาคม 2508 อายุ 47 ปี

สถานภาพ ☐ โสด ☑ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2533
วท.ม.	พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2539
Doctor of Philosophy	Food Science	University Florida, USA	2542

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

Thermal processing of Food

Design, implementation and testing of computer program in the area of Food Engineering

---

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2540	การประกวดสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาขาเครื่องจักรกลเกษตรและสิ่งแวดล้อม	กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมร่วมกับมูลนิธิธนาคารกรุงเทพ

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2550	การพัฒนากระบวนการผลิตน้ำพริกแกงแดงบรรจุกระป๋องและเพาช์คุณภาพสูง	ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
2551	การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมระบบการนึ่งปลาทูน่า เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปลาทูน่ากระป๋อง	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับ บ.ฟู้ด แมชชีนเนอรี่ จำกัด
2552-2554	การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการละลายและการนึ่งปลาทูน่าเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปลาทูน่ากระป๋อง	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ร่วมกับ บ.ฟู้ด แมชชีนเนอรี่ จำกัด

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

- **Ponchaloeampong, P.**, Narkrugsa, W., O.BalAban M., Prinyawiwatkul, W. 2005. Effect of Processing Conditions on Yield and Color of Albacore Tuna. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.
- **Ponchaloeampong, P.**, Narkrugsa, W., O.BalAban M., Prinyawiwatkul, W. 2005. Effect of Processing Conditions on Yield and Color of Albacore Tuna. Journal Food and Beverage Asia
- Pornchaloempong, P., Balaban, M. O., Chau, K.V. 2001. Thermal Processing Optimization of Quality Retention in a Conical Shape. In: "Proceedings of the 8th International Congress on Engineering and Food". J. Welti-Chanes, G.V. Barbosa-Canovas and J.M. Aguilera, Eds. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA. p: 676-681.
- Pornchaloempong, P., Balaban, M. O., Chau, K.V. 2001. Simulation of Conduction Heating in Conical Shapes. In : "Proceedings of the 8th International Congress on Engineering and Food". J. Welti-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chanes, G.V. Barbosa-Canovas and J.M. Aguilera, Eds. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA. p: 671-675.

- Pornchaloempong, P., Narkrugsa, W., Chrdareekit K., Piyaaphantawong K., and Peerajit S. 2002. Proceeding of the International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.
- Porchaloempong, P., Balaban, M.O., Chau, K.V., and Teixeira, A.A. 2003. Optimization of quality retention in conduction-heating foods of conical shape. Journal of food process engineering. Vol25 (6) 557-570,.
- **Porchaloempong, P.**, Balaban, M.O., Chau, K.V., and Teixeira, A.A. 2003. Numerical simulation of conduction heaing in conically shaped bodies. Journal of food process engineering. Vol25 (6),539-555.
- ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** และ สาทิป รัตนภาสกร 2537 , สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ สำนักพิมพ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 121 หน้า
- **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** นาขวัญ สายเสน บงกชธรรม พบหิรัญโสภณ และ วารีรัตน์ ทรงคำ 2544 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นในอุตสาหกรรมอาหาร วารสารอาหาร ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 หน้า 85 – 93.
- สาทิป รัตนภาสกร และ **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** 2545. การออกแบบและพัฒนาเครื่องนวดพริกไทย วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 หน้า 9-13
- **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** ดำเกิง โตประเสริฐพงศ์ วนินทร วิโรจน์วรานุรักษ์ อรนุช พันธ์ไม้สี และ วันชัย สุทธินุ่น 2545 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาเวลาในการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง วิศวกรรมสารลาดกระบัง ปีที่ 19 ฉบับที่ 2
- มธุรดา จิโนรส **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** และ นวภัทรา พิธิยากูล 2545 โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณภาระห้องเย็นสำหรับเก็บผักผลไม้ในประเทศไทย วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 33, หน้า 149 - 147 ฉบับที่ 4 – 5 กรกฎาคม – ตุลาคม 2545
- Sirisomboon, P., Boonmung, S., **Pornchaloempong P.**, and Pithuncharurnlap, M. A Preliminary Study on Classification of Mango Maturity by Compression Test. International Journal of Food Properties, 11: 206-212 (2008)
- P. Sirisomboon, **P. Pornchaloempong**. Instrumental textural properties of mango (cv Nam Doc mai) at commercial harvesting time. International Journal of Food Properties, 14, 441-449 (2011).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเสนอผลงานวิชาการ

- ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดี และ**พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** 2545 เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ประจำปี 2545 วันที่ 23-24 พฤษภาคม 2545 จังหวัดเชียงใหม่
- ณิชา ฉัตรชมชื่น ธนา ศิริรัตนสุวรรณ **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** เอกสิทธิ์ ศรีธรรม โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความแตกต่าง การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิต สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 ประจำปี 2547 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, หน้า 397-403, 26-27 เมษายน 2547.
- ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์ สมบัติทางกายภาพของถั่วเหลืองฝักสด การประชุมวิชาการนวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิต สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 ประจำปี 2547 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, หน้า 360-367, 26-27 เมษายน 2547.
- Sirisomboonl, P., **Ponchaloeampong, P.**, Romphophak, T., 2005. Physical properties Of Green Soybean : Criteria For Sorting. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.
- Chomchai, K., **Ponchaloeampong, P.**, Chalidabhongse, T. 2005. Computer-Assited Sensory Evaluation for Food Industry. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering.
- กาญจนา เหล่าศรีวิจิตร จิรภา สีมะเสถียรโสภณ วรางคณา ณ พัทลุง **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม. 2548. จลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการลวกของแครอท 2 สายพันธุ์. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 26-27 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา ชลบุรี.
- จิราภา วิทยาภิรักษ์ และ **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** 2548. พจนานุกรมวิศวกรรมอาหาร (อังกฤษ-ไทย). การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7 วันที่ 22-24 มิถุนายน 2548 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.
- นวรัตน์ วงษ์สมัย นันทนีย์ ถนอมเลิศชัย สุริยะ เปียอยู่ **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม. 2548. ผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณสมบัติทางรีโอโลยีและคุณภาพของไอศกรีมกะทิ. การประชุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7 วันที่ 22-24 มิถุนายน 2548 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.

- กนกวรรณ บัวจันทร์ กฤษชัย ถนอมสุข ณัฏฐาพร จิระกิจกุล **พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์** และ เอกสิทธิ์ ศรีธรรม. 2548. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 7 วันที่ 22-24 มิถุนายน 2548 ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กรุงเทพฯ.

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

แบบจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมการละลายและการนึ่งปลาทูน่า สิทธิบัตรเลขที่.....

ประวัติส่วนตัวอาจารย์เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

ชื่อ-สกุล นาย เอกพงษ์ ชีวิตโสภณ

เพศ ☒ ชาย ☐ หญิง วันเดือนปีเกิด 14ธันวาคม2523 อายุ 32 ปี

สถานภาพ ☒ โสด ☐ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมอาหาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2545
วศ.ม.	วิศวกรรมการอาหาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2548
D.Eng.	Food Engineering and Bioprocess Technology	Asian Institute of Technology	กำลังศึกษา

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) **การออกแบบเครื่องจักรกลแปรรูปอาหารและเทคโนโลยีการอบแห้งอาหาร**

.....

.....

.....

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Cheevitsopon, E. and Noomhorm, A. 2010. Changes in physicochemical property of germinated brown rice and parboiled germinated brown rice dried in a fluidized bed dryer, pp. 24-25. In 5th International Conference on Innovations in Food and Bioprocess Technology, Asian Institute of Technology, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้