ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การพัฒนาหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋อง

(The development of probe for texture measurement of cooked rice can)

โดย

นางสาวณัฐกานต์ ภาษยะวรรณ

นางสาวสุวรรณา คุณาศิริรัตน์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 22/3/47 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

( )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19 ท31

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋อง

(The development of probe for texture measurement of cooked rice can)

นางสาวณัฐกานต์ ภายยะวรรณ

นางสาวสุวรรณา คุณาศิริรัตน์

ปพ.
ณ322ก
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96674
วัน.เดือน.ปี.....- 4 JUN 2003

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ.2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวณัฐกานต์ ภาษยะวรรณ และ นางสาวสุวรรณา คุณาศิริรัตน์. 2546 : การพัฒนาหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋อง(The development of probe for texture measurement of cooked rice can) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : ดร. กิตติชัย บรรจง

การพัฒนาหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋อง โดยออกแบบหัววัดแบบคอมเพลสชันเพลเทน (Compression Platen) หนา 0.8 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทำให้ค่าแรงกดสูงสุดไม่เกิน 25 กก. 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 ซม. 2.0 ซม. และ 3.0 ซม. นำมาเปรียบเทียบกับวิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างดัชนีความแข็ง กับ แรงกด (กก.) พื้นที่ (กก.xซม.) และความชัน (กก./ซม.) ที่ระยะทางเคลื่อนที่ของหัววัด 2.0 ซม. 2.5 ซม. และ 3.0 ซม. พบว่าหัววัดขนาด 3.0 ซม. เคลื่อนที่เป็นระยะทาง 2.0 ซม. ให้ค่าแรงกด พื้นที่ใต้กราฟ และความชันที่สามารถบอกความแตกต่างของความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องแต่ละพันธุ์ได้ใกล้เคียงกันโดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7167 0.7197 และ 0.7167 ตามลำดับ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (COV) กับวิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล พบว่าการวัดด้วยวิธีคอมเพลสชันด้วยหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ซม. ให้ค่าแรงกดมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 14.30 ส่วนวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนลได้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 40.86

ณัฐกานต์ ภาษยะวรรณ
สุวรรณา คุณาศิริรัตน์

.....

22/3/42

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้จัดทำต้องกราบของพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง ซึ่งกรุณามาเป็นที่ปรึกษาให้ข้าพเจ้า พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาปัญหาต่างๆ ดูแลเอาใจใส่ ตรวจและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ห่วงใย และให้กำลังใจรวมถึงกำลังทรัพย์มาตลอด และขอบคุณพี่เมยวดี แซ่เลี้ยว รวมถึงเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในระหว่างการทำปัญหาพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสาวณัฐกานต์ ภายยะวรรณ
นางสาวสุวรรณา คุณาศิริรัตน์
22 มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 ข้าว	2
2.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	9
3.1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส รุ่น TA.XT2 (Texture analyzer)	9
3.2 หัววัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Porbe)	10
3.3 ข้าวบรรจุกระป๋อง	11
3.4 วิธีการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋อง	13
3.5 การอ่านค่าความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋อง	15
3.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอมเพลสชันและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล	15
3.7 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (COV) ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอม เพลสชันโดยใช้ขนาดหัววัดที่เหมาะสมและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล	15
บทที่ 4 ผลการทดลอง	17
4.1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอมเพลสชันและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล	17
4.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (COV) ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอมเพลสชันโดยใช้ขนาดหัววัดที่เหมาะสมและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	28
5.1 ข้อสรุป	28
5.2 ข้อเสนอแนะ	28
เอกสารอ้างอิง	29
ประวัติผู้จัดทำ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวขาว	3
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเนื้อสัมผัสกับวิธีการวัดโดยใช้แรง	6
3.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารที่ใช้ทำข้าวบรรจุกระป๋อง	11
3.2 ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ	11
3.3 แสดงการดูดซึมน้ำ ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และปริมาตรของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ	12
4.1 แสดงผลเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	17
4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 แสดงเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสรุ่น TA.XT2 พร้อมจอแสดงผล	9
3.2 แสดงหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสแบบคอมเพลสชันเพลเทน 3 ขนาด คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ซม. 2.0 ซม. และ 1.0 ซม.	10
3.3 แสดงตัวอย่างข้าวบรรจุกระป๋อง ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ใช้ในการทดลอง โดยบรรจุในกระป๋อง เบอร์ 307×113	12
3.4 แสดงผลการอ่าค่าความแข็งของข้าวด้วยวิธีวัดแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล	16
3.5 แสดงตัวอย่างการอ่านค่าความแข็งของข้าวด้วยวิธีวัดแบบคอมเพลสชัน โดยอ่านจากค่าแรงกด ที่ระยะทาง 3 ซม	16
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่างๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าแรงกด ที่ระยะทาง 3.0 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด	19
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าแรงกด ที่ระยะทาง 2.5 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด	20
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าแรงกด ที่ระยะทาง 2.0 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด	21
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าความชัน ที่ระยะทาง 3.0 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด	22
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าความชัน ที่ระยะทาง 2.5 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด	23
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าความชัน ที่ระยะทาง 2.0 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่างๆวัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าพื้นที่ ที่ระยะทาง 3.0 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง3 ขนาด	25
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่างๆวัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าพื้นที่ ที่ระยะทาง 2.5 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง3 ขนาด	26
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่างๆวัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพลสชัน โดยอ่านค่าพื้นที่ ที่ระยะทาง 2.0 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง3 ขนาด	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

หน้า

ภาคผนวก ก รายละเอียดการตั้งค่าควบคุมการทำงานของ Texture Expert 30

ภาคผนวก ข สรุปผลดัชนีความแข็งของข้าวที่วัดด้วยวิธีคอมเพลสชันด้วยหัววัด 3 ขนาด 33

ภาคผนวก ค สรุปผลค่าความแข็งของข้าวหอมมะลิรุ่นเดียวกัน ที่วัดด้วยวิธีคอมเพลสชัน 37
โดยหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ซม. ทำการวัดที่ระยะการกด 2.0 ซม.
และผลค่าความแข็งของข้าวที่วัดด้วยวิธี โมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

พันธุ์ข้าวแต่ละชนิดมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของข้าวชนิดนั้น ๆ เช่น ปริมาณอะไมโลส ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และการเกิดเจล เป็นต้น การทดสอบเนื้อสัมผัสของอาหารทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ ใช้ประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบโดยการชิมและการใช้เครื่องมือวัด ซึ่งการทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดจะมีความถูกต้องแม่นยำกว่า

ในปัจจุบันการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋อง ของทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส(Texture Analyser) แต่เครื่องมีข้อจำกัดในการรับแรงกดซึ่งจะสามารถรับแรงกดได้เพียง 25 กิโลกรัม และหัววัดที่มีอยู่ก็มีขนาดพื้นที่ที่ใหญ่เกินไปสำหรับวัดข้าวบรรจุกระป๋อง ดังนั้นข้าวที่จะทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสจะต้องนำข้าวออกจากกระป๋องก่อนโดยที่จะต้องมีปริมาณน้อยถึงจะสามารถวัดลักษณะเนื้อสัมผัสได้

จากเหตุผลดังกล่าวผู้ทดลองจึงคิดค้นและออกแบบหัววัดเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องให้เหมาะสมกับเครื่องเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยที่สามารถวัดข้าวขณะที่อยู่ในกระป๋องได้เลย ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ทำการทดลองสามารถทราบถึงความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวได้ถูกต้อง เป็นการประหยัดเวลาและลดขั้นตอนที่ยุ่งยาก ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องสำหรับใช้กับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าว

การที่ข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณภาพของข้าวสวยแตกต่างกัน เนื่องจากในส่วนของ เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) ที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ประมาณ 84-93% โดยน้ำหนักแห้ง และมีโปรตีนประมาณ 5-14% ในส่วนของแป้งข้าวยังสามารถแยกออกเป็นแป้ง 2 ชนิด คือ

1) อะไมโลเปคติน (Amylopectin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลของกลูโคส(Glucose) จำนวนมาก และมีโครงสร้างเชื่อมต่อกันแบบแยกเป็นกิ่งก้านสาขา (Branched chain) อะไมโลเปคตินเมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะเป็นสีน้ำตาลแดง เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดจะค่อนข้างคงสภาพเดิมได้นาน และเป็นส่วนที่ทำให้ข้าวสุกเหนียวติดกัน

2) อะไมโลส (Amylose) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวของกลูโคสจำนวนมากเช่นกัน แต่มีโครงสร้างต่อกันเป็นแนวยาว (Linear chain) เมื่อย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีนจะมีสีน้ำเงิน เมื่อทำให้สุกในน้ำเดือดและทำให้เย็นจะเกิดการคืนตัวเป็นของแข็ง (Retrogradation) ขึ้น ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลง และมีผลให้ข้าวสุกร่วนและแข็งกระด้างมากขึ้น ในแป้งข้าวจะมีอะไมโลสเป็นส่วนรอง โดยอยู่ปะปนกับอะไมโลเปคติน

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวเป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ คุณภาพการหุงต้มและรับประทานนี้สามารถคาดคะเนโดยคุณสมบัติเมล็ดทางเคมีปัจจัยที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่าง ๆ มีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบดังนี้ (งามชื่น, 2545)

ก. ปริมาณอะไมโลส อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเปคติน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน แม้ว่าแป้งข้าวจะมีอะไมโลเปคติน ปริมาณมากกว่าอะไมโลส แต่โดยทั่วไปนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยถืออะไมโลสเป็นหลัก ปริมาณอะไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการคืนตัวของอะไมโลสที่สุกแล้ว ได้มีการจัดแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสดังแสดงตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลสในข้าวขาว

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
- ข้าวอะไมโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
- ข้าวอะไมโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
- ข้าวอะไมโลสสูง	26-34	ร่วน แข็ง

ที่มา : งามชื่น, 2545

ข. ความคงตัวของแป้งสุก ในข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสเท่ากันอาจมีความแข็งของข้าวสุกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน สามารถทดสอบได้จากการอ่านระยะทางแป้งไหลไป ข้าวที่มีค่าความคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหุงเป็นข้าวสวยจะได้ข้าวที่แข็งกระด้างน้อยกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแป้งสุกแข็ง

ค. ระยะเวลาในการหุงต้ม

ง. วิธีการหุงต้ม

จ. การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก

ฉ. กลิ่นหอม

ช. ปริมาณโปรตีน

2.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส

2.2.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร

เนื้อสัมผัสคือคุณสมบัติที่รับรู้ได้จากประสาทสัมผัส ทำให้สามารถบอกถึงโครงสร้างทั้งภายนอกและภายในของผลิตภัณฑ์ เป็นข้อมูลในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเนื้อสัมผัสจึงเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่ใช้ควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (กิตติชัย, 2535)

ก. ลักษณะปรากฏ (Appearance) เป็นคุณภาพที่อาศัยการสัมผัสทางสายตา ได้แก่ สี รูปร่าง ขนาด เป็นต้น

ข. กลิ่นรส (Flavor) เป็นคุณภาพที่สัมผัสด้วย ปาก ลิ้น จมูก ได้แก่ รส และ กลิ่น เป็นการตอบสนองของประสาทสัมผัสทางเคมี

ค. ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) เป็นคุณสมบัติที่สัมผัสด้วยบางส่วนของร่างกาย เช่น ปาก ลิ้น ฟัน หรือสัมผัสด้วยมือ โดยเนื้อสัมผัสมีผลต่อการกระตุ้นทางร่างกาย

ง. คุณค่าทางอาหาร (Nutrition) เป็นสารอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพ 3 ประการแรกเป็นปัจจัยรับรู้ทางประสาทสัมผัสโดยตรง ส่วนคุณภาพทางอาหารไม่จัดอยู่ในกลุ่มดังกล่าว

2.2.2 คำนิยามของลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร (กมล, 2538)

Szczesniak (1963) ได้แบ่งประเภทของกลุ่มคำทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสไว้ 3 ประเภท ด้วยกันดังนี้

2.2.2.1 ลักษณะเชิงกล จะสัมพันธ์กับปฏิกิริยาของอาหารต่อความเค้นและสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีกเป็น ลักษณะหลักได้แก่

ก. ความแข็ง (Hardness) : แรงที่ใช้จนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางขนาด และรูปร่าง

ข. ความเกาะตัวกัน (Cohesiveness) : ความแข็งแรงของพันธะภายใน ที่ก่อให้เกิดรูปร่างของผลิตภัณฑ์

ค. ความหนืด (Viscosity) : อัตราของการไหลต่อแรงที่กระทำ 1 หน่วย

ง. ความยืดหยุ่น (Elasticity) : อัตราที่วัตถุที่ถูกทำให้เปลี่ยนแปลง กลับคืนสู่สภาพเดิม หลังจากงดใช้แรงกระทำ

จ. ความยึดกัน (Adhesiveness) : งานที่ใช้ในการลดแรงดึงดูดระหว่าง ผิวของอาหารและผิวของวัตถุอื่นที่อาหารไปสัมผัสด้วย เช่น ลิ้น ฟัน เพดานปาก

ฉ. ความเปราะ (Brittleness) : แรงที่เกี่ยวข้องกับการแตกหรือหักของวัตถุซึ่งสัมพันธ์กับค่าของ ความแข็ง และ ค่าความเกาะตัวกัน ในวัตถุที่เปราะแตกง่าย ค่าความเกาะตัวกันจะต่ำและค่าความแข็งจะเพิ่มจากต่ำไปสูง

ช. ความบดเคี้ยว (Chewiness) : พลังงานที่ต้องการ ในการบดเคี้ยวผลิตภัณฑ์อาหารแข็งจนสามรถกลืนได้ โดยสัมพันธ์กับค่าของ ความแข็ง ความเกาะตัวกัน และ ความยืดหยุ่น

ซ. ความหนืบ (Gumminess) : พลังงานที่ต้องการ ในการบดเคี้ยวผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว จนสามารถกลืนได้ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าของ ความแข็งและความเกาะตัวกัน

2.2.2.2 ลักษณะทางรูปร่าง สัมพันธ์กับขนาด รูปร่าง และการจัดเรียงตัวของอนุภาคภายในอาหาร

2.2.2.3 ลักษณะอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับการรับรู้ถึงความชื้นและไขมันที่มีอยู่ในอาหาร

2.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคต้องการ

ลักษณะเนื้อสัมผัสมีทั้งแง่บวกและแง่ลบต่อผู้บริโภค ผู้บริโภคโดยทั่วไปจะชื่นชอบลักษณะที่ กรอบ กรุบกรอบ นุ่ม ชุ่มน้ำ เนียนเรียบ และ แน่นเนื้อ ส่วนลักษณะที่ไม่ชื่นชอบก็มี เหนียว เปียกชื้น ร่วนซุย จับเป็นก้อน แฉะ และ เป็นเมือก

2.2.4 วิธีวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (กมล, 2538)

เป็นการควบคุมหรือตรวจสอบผลิตภัณฑ์อาหารให้ได้ลักษณะตรงตามที่ต้องการหรือบางครั้งทำเพื่อเป็นการวิจัยค้นคว้า หรือพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารให้เป็นที่ยอมรับของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้บริโภค วิธีการวัดมี 2 แบบด้วยกัน ได้แก่ การวัดโดยตรง (Objective Measurement) และการวัดโดยอ้อม (Subjective Measurement)

2.2.4.1 การวัดโดยตรง (Objective Measurement) เป็นการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆในการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร ผลที่ออกมาจะมีความถูกต้องตามลักษณะที่เป็นจริง การวัดลักษณะเนื้อแบบนี้อาจเรียกว่า วิธีการใช้เครื่องมือ การศึกษาถึงโครงสร้างของอาหาร (Structural Studies) ก็เป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะเข้าใจได้ถึงคุณสมบัติเชิงกายภาพ หรือลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Sherman, 1979 ; Szczesniak, 1973 ; Stanley and Tung , 1976) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่อธิบายลักษณะเนื้อได้เช่นกัน (Szczesniak, 1973; Jowitt, 1977) การวัดโดยใช้แรงกระทำต่อตัวอย่างอาหาร แรงที่ใช้มีอยู่หลายแบบด้วยกัน คือ

ก. เครื่องมือวัดเนื้อสัมผัสแบบเจาะด้วยมือ(Puncture / Penetration Test) เป็นการใช้แรงกดเจาะลงไปยังตัวอย่างอาหารจนทะลุ ค่าที่ได้จะบ่งบอกถึง ความแข็ง ความแน่นเนื้อ และความเหนียว ของอาหาร ตัวอย่างของเครื่องมือที่ใช้ Fruit Pressure Testers , Bloom Gelometer , Boucher Jelly Tester , Cone Punctrometers และเครื่องมือที่มี หัววัดได้หลายอย่าง เช่น Lynch – Mitchell Maturometer และ Armour Tenderometer

ข. การวัดด้วยแรงเฉือน (Shear Test) เป็นการวัดแรงเฉือนของใบมีดลงบนตัวอย่างอาหาร แรงสูงสุดที่ใช้จะบอกถึงความเหนียว ลักษณะเป็นเส้นใย หรือความแน่นเนื้อของวัสดุ เครื่องมือที่ใช้วิธีนี้ เช่น Warner – Bratzler Shear , Kramer Shear Cell และ FMC Pea Tenderometer

ค. การวัดด้วยแรงกด(Compression test)เป็นการใช้แรงกดลงไปบนวัตถุจนวัตถุมีการเปลี่ยนรูปร่างไป ค่าที่ได้จะบอกถึงความเหนียว ความแน่นเนื้อ ของอาหาร Baker Compressimeter, Ball Compressor และ Firmness Meter เป็นเครื่องมือที่ใช้วิธีนี้

ง. การวัดด้วยแรงกดทะลัก (Extrusion Test) เป็นการใช้แรงดันตัวอย่างอาหารจนอาหารทะลักผ่านรูตะแกรงไปได้ ปริมาณตัวอย่างอาหารที่ทะลักผ่านไปได้ หรือแรงสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบจะบอกถึง ความแน่นเนื้อ (Firmness) ความเหนียว (Toughness) ความคงรูป (Consistency) ความแผ่กระจายของอาหาร (Spreadability) ของอาหาร

จ. การวัดด้วยแรงตัด (Cutting) คือการใช้ใบมีดตัดอาหารและหาค่าแรงสูงสุดที่ใช้หรือเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่างอาหาร บอกถึงความแน่นเนื้อ ลักษณะเส้นใย ความคงรูปของผลิตภัณฑ์อาหาร ตัวอย่างเครื่องมือ ได้แก่ Rotating-Knife Tenderometer และ FMBRA Biscuit Texture Meter

ฉ. การวัดFlow และ Mixing ใช้ในการหาค่าความหนืด หรือความคงรูปของอาหารเหลวหรืออาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลว Farinograph และ Amylpgraph เป็นเครื่องมือที่ใช้วิธีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช. การวัดด้วยแรงกด-แยก (Shear – Pressure) เป็นการจำลองแรงที่เกิดจากฟันในปาก ซึ่งจะกดลงบนชิ้นอาหารก่อนแล้วจึงเกิดการเฉือนชิ้นอาหารตามมา ใช้หาค่าความแน่นเนื้อ ความนุ่ม เครื่องมือที่ใช้วิธีนี้จะมีลักษณะคล้ายกับเครื่อง Tenderometer

ซ. การวัดด้วยแรงดึง (Tensile Strength) เป็นการใช้แรงดึงต่อวัตถุจนยืดหรือฉีกออกจากกัน เพื่อหาความเหนียวของตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นเส้น

การทดสอบเหล่านี้ มีความสัมพันธ์กับความรู้สึกรับรู้ของผู้บริโภคและอาจสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเนื้อสัมผัสกับวิธีการวัดโดยใช้แรง

Sensory Reaction	Physical Test	Instrument of Procedures for Measurement
Fiemness	Compression	Pressure tester : Shear - press
Yielding quality	Compression	Pressure tester : Shear – press ball compressor
Juiciness	Compression (juice extraction)	Puncture tester : succulometer : Shear – press moisture test
Chewiness	Shear - pressure	Tenderometer : texturemeter : Shear – press specific gravity : solids
Fibrousness	Cutting : comminuting	Fibrometer : Shear – press : fiber analysis
Grittiness	----------	Comminution : elution : sedimentation
Mealiness	----------	Starch , gum analysis
Stickiness	Tensile strength	Jelly strength , pectin , gum analysis

ที่มา : กมล, 2538

2.2.4.2 การวัดค่าโดยอ้อม (Subjective Measurement) เป็นการทดสอบคุณภาพโดยใช้ประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) เนื่องจากลักษณะเนื้อของอาหารเป็นคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส การวัดจึงสามารถทำได้โดยใช้ประสาทสัมผัส แผนกทดสอบคุณภาพด้วยประสาทสัมผัสแห่งสถาบันเทคโนโลยีการอาหาร (Sensory Evaluation Division of the Institute of Food Technologists) ได้นิยามการทดสอบทางประสาทสัมผัสไว้ว่า "การฝึกฝนตามหลักวิทยาศาสตร์เพื่อการวัด วิเคราะห์ และแปรความหมายของปฏิกิริยาตอบรับต่อลักษณะของอาหาร และวัตถุต่างๆ โดยตรวจสอบด้วยวิธีการมองดู การดมกลิ่น การชิม การสัมผัส และการได้ยิน"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 วิธีการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

การหาค่าลักษณะเนื้อสัมผัสสามารถใช้เครื่องมือในการทดสอบได้หลากหลาย เครื่องมือบางชนิดต้องใช้ตัวอย่างมาก บางชนิดมีวิธีการและการใช้ที่ยุ่งยาก ในเมล็ดข้าวสุกจะมีความแตกต่างของเนื้อสัมผัสเพียงเล็กน้อยซึ่งเป็นการยากที่จะค้นพบได้ อย่างไรก็ตามการทดสอบโดยใช้เครื่องอินสตรอน(Instron testing) ก็ยังมีการใช้เพิ่มมากขึ้นสำหรับการทำงานที่ต้องหาลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวอยู่เป็นประจำ (Okabe, 1979)

Cagampang et al. (1984) ได้ทำการทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่มีขนาดเล็กโดยใช้วิธีแบบกดทะลักย้อน(Back extrusion test) ตัวอย่างที่ใช้ทำการทดลองคือเมล็ดข้าวฟ่างสุก จากการศึกษานี้นำไปสู่การหาค่าของลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกด้วยวิธีแบบกดทะลักย้อน Reyes et al. (1990) ได้ทำการทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่ใช้ระยะเวลาในการหุงต่างกันในช่วง 12-20 นาที โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิล เคอแนล กับ วิธีแบบกดทะลักย้อน โดยอุปกรณ์ของวิธีแบบกดทะลักย้อนจะประกอบด้วยทรงกระบอกกลวงและหัวกดทรงกลม ทำการทดลองโดยใส่ตัวอย่างในกระบอกกลวงจากนั้นใช้หัวกดกดตัวอย่างลงไป โดยกำหนดค่าแรงสูงสุดที่รับได้เท่ากับ 50 กิโลกรัม ความเร็วที่ใช้ 10 เซนติเมตร/นาที ค่าที่ได้จะแปรผลออกมาเป็นกราฟระหว่างค่าแรงกับระยะทาง ซึ่งกราฟที่ได้จากการทดลองจะแสดงค่าความชัน แรงกดทะลักย้อนสูงสุด และพื้นที่ใต้กราฟซึ่งจะแสดงถึงค่าพลังงาน

วิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิล เคอแนล (Okabe, 1979) เป็นวิธีใช้หาค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวสุก ทำการทดลองโดยวางเมล็ดข้าว 3 เมล็ดเรียงในแนวนอนบนฐานของเครื่องอินสตรอน เมล็ดจะถูกกดด้วยหัวกดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 เซนติเมตร มีความเร็ว 0.5 เซนติเมตร/นาที กดลงบนตัวอย่างเป็นระยะทาง 0.2 มิลลิเมตร จากการทดลองวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสหลาย ๆ ครั้งด้วยวิธีกดทะลักย้อนเปรียบเทียบกับวิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิล เคอแนล จะเห็นว่าวิธีกดทะลักย้อนมีค่าความแปรปรวนต่ำ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีกดทะลักย้อนเป็นวิธีที่ง่ายและจำแนกความแตกต่างได้ดีกว่าวิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิล เคอแนล สำหรับการวัดลักษณะ เนื้อสัมผัสของข้าวสุกที่ใช้ระยะเวลาในการหุงที่แตกต่างกัน

Lima and Singh ,(1993) ทดลองวัดความแข็งของข้าวสุกด้วยวิธี Modified OTMS โดยใช้ตัวอย่าง 17 กรัม ประกอบด้วยเซลล์ทรงสี่เหลี่ยม ที่ก้นเซลล์มีลักษณะเป็นตะแกรงแต่ละช่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สำหรับให้ข้าวผ่านรอดตะแกรงออกมา และมีหัวกดทรงสี่เหลี่ยมสำหรับกดข้าวสุกภายในเซลล์ กำหนดความเร็ว 100 มิลลิเมตร/นาที จนกระทั่งหัวกดมีระยะห่างจากก้นเซลล์ 0.4 มิลลิเมตร ค่าความแข็งของข้าวสามารถอ่านค่าได้จากค่าแรงกดสูงสุด ที่ทำให้ข้าวสุกไหลทะลักผ่านลงมา

กิตติชัย (2534) ได้ทำการทดลองปรับปรุงการวัดความแข็งของข้าวสุกโดยวิธีกดทะลักย้อนให้เป็นวิธีที่ง่าย สะดวกในการทำงานได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ โดยทดลองวัดความแข็งของข้าวสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 สาย พันธุ์มีความชื้น 68 % (น.น.เปียก) และปริมาณอะไมโลสต่างกัน เปรียบเทียบกับการใช้วิธี Modified OTMS ซึ่งถือเป็นวิธีการมาตราฐาน การวัดด้วยวิธีกดทะลักย้อน ประกอบด้วยชุดเครื่องมือทดลองเป็นทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30.9 มิลลิเมตร และหัวกดรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 28.9 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้มีช่องว่างโดยรอบระหว่างกระบอกกับลูกสูบเท่ากับ 1 มิลลิเมตร พบความแข็งของข้าวที่ได้จากวิธีกดทะลักย้อนสามารถใช้เป็นดัชนีความแข็งของข้าวสุกได้เช่นเดียวกับค่าที่ได้จากวิธี Modified OTMS พิจารณาในแง่ของความสามารถในการจำแนกความแตกต่างของความแข็งของข้าวสุก จะเห็นว่าวิธีกดทะลักย้อนที่ใช้นี้มีความสามารถในการจำแนกความแตกต่างได้มากกว่าวิธี Modified OTMS ซึ่งข้อสังเกตนี้ได้รับการยืนยันจากผลการทดสอบทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส รุ่น TA.XT2 (Texture analyer)

เครื่องมือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นเครื่องรุ่น TA.XT2 ดังแสดงในภาพที่ 1 มีคุณสมบัติสามารถรับแรงกดสูงสุดได้ไม่เกิน 25 กก. สามารถกำหนดค่าความเร็วในการกดได้ตั้งแต่ 0.01 มม.ต่อวินาที ถึง 10 มม.ต่อวินาที และสามารถตั้งช่วงความสูงให้ขยายขึ้นได้สูงสุดไม่เกิน 545 มม. ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล แรงที่กระทำต่ออาหาร จะถูกแปลงค่าแล้วแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแกนตั้ง กับเวลาในแกนนอนทางจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ปรับเทียบค่า แสดงผลการวัด และบันทึกข้อมูลในการทดลองนี้ คือ Texture Expert โดยค่าที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง ได้แสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก.

ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสรุ่น TA.XT2 พร้อมจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หัววัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Porbe)

หัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวบรรจุกระป๋องที่ใช้ในการทดลองวัดด้วยวิธีคอมเพรสชัน เป็นแบบคอมเพรสชันเพลเทน (Compression Platens) ทำด้วยวัสดุอะลูมิเนียม มี 3 ขนาด ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ซม. 2.0 ซม. และ 1.0 ซม. ซึ่งมีความหนา 0.8 ซม. ดังภาพที่ 3.2 ส่วนในการทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องด้วยวิธีวัดแบบโมดิฟายด์ชิงเกิลเคอแนล ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน จะทดลองโดยใช้หัววัดแบบคอมเพรสชันเพลเทน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 ซม.

ภาพที่ 3.2 แสดงหัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสแบบคอมเพรสชันเพลเทน 3 ขนาด คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ซม. 2.0 ซม. และ 1.0 ซม. ตามลำดับจากซ้ายไปขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ข้าวบรรจุกระป๋อง

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ ข้าวบรรจุกระป๋องเบอร์ 307×113 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกันจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์จาปอนิก้า พันธุ์หอมมะลิ พันธุ์รวงแก้ว และพันธุ์ขาวตาแห้ง โดยมีองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวแต่ละพันธุ์ ดังตารางที่ 3.1 - 3.3

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวสารที่ใช้ทำข้าวบรรจุกระป๋อง

พันธุ์ข้าว	หอมมะลิ	รวงแก้ว	ขาวตาแห้ง	จาปอนิกา
ความชื้น	11.92	12.65	12.82	12.68
ไขมัน	0.27	0.25	0.38	0.21
โปรตีน	6.63	6.40	5.75	6.36
เถ้า	0.24	0.29	0.31	0.22
เยื่อใย	0.28	0.21	0.32	0.19
คาร์โบไฮเดรต	80.66	80.20	80.42	80.34
อะไมโลส	16.25	24.44	33.52	15.55

ที่มา : เมยวดี, 2547

ตารางที่ 3.2 ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ

พันธุ์ข้าว	ขนาดเมล็ด		อัตราส่วนระหว่าง	น้ำหนัก ต่อ
	ความยาว (มม.)	ความกว้าง (มม.)	ความยาวต่อความกว้าง	1000 เมล็ด (มม.)
หอมมะลิ	7.42	2.32	3.19	17.98
รวงแก้ว	7.10	2.13	3.33	19.17
ขาวตาแห้ง	6.95	2.10	3.30	19.52
จาปอนิก้า	4.60	2.76	1.67	20.30

ที่มา : เมยวดี, 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตางรางที่ 3.3 ตารางแสดงการดูดซึมน้ำ ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น และ ปริมาตรของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ

พันธุ์ข้าว	การดูดน้ำ (เท่า)	ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น(เท่า)	ปริมาตรของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำ (ร้อยละ)
หอมมะลิ	2.80	2.67	5.18
รวงแก้ว	3.26	2.71	5.79
ขาวตาแห้ง	3.30	2.92	6.49
จาปอนิก้า	2.64	2.50	6.20

ที่มา : เมยวดี, 2547

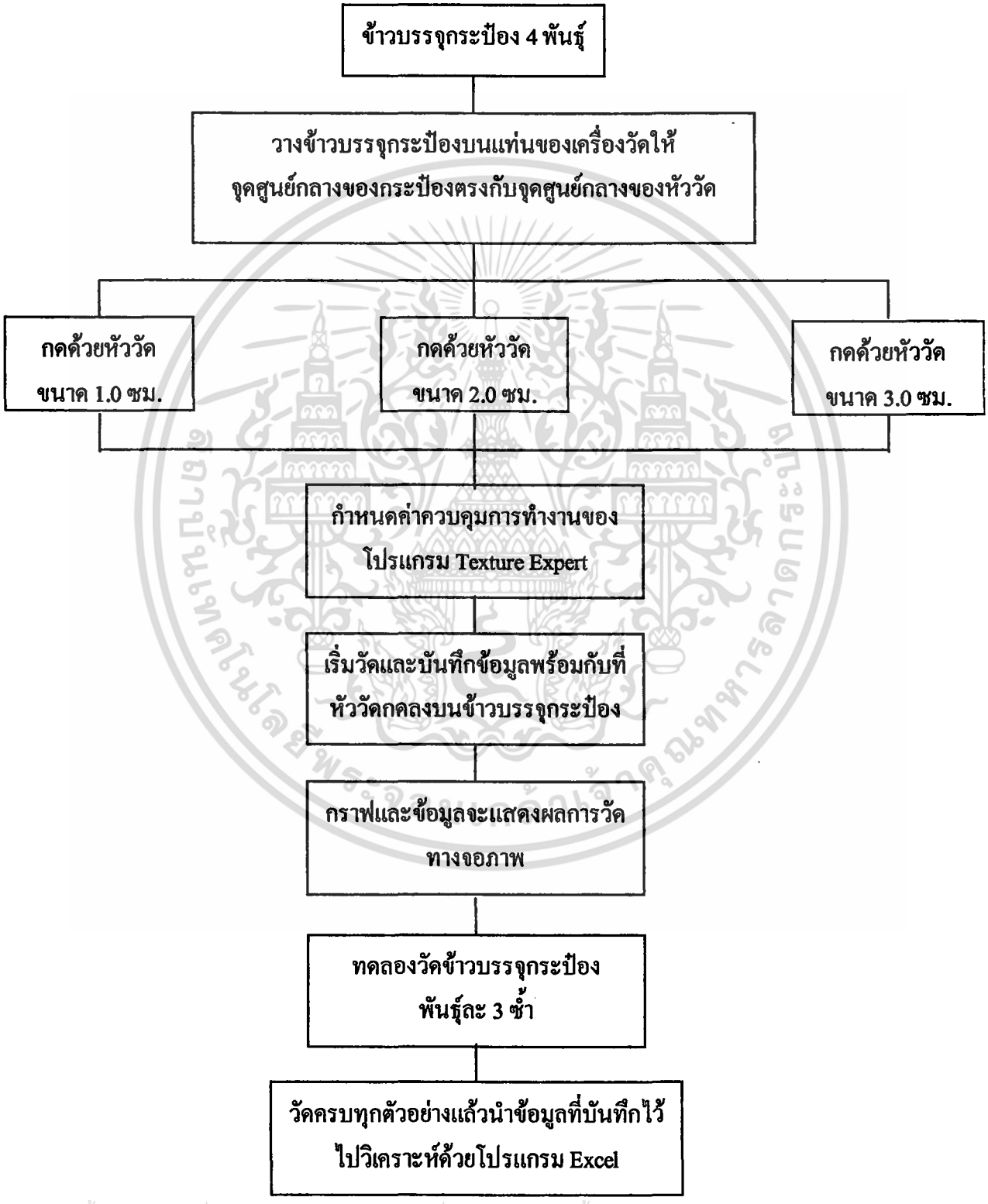
ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างข้าวบรรจุกระป๋อง ทั้ง 4 พันธุ์ ที่ใช้ในการทดลอง โดยบรรจุในกระป๋องเบอร์ 307×113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋อง

การวัดลักษณะของข้าวบรรจุกระป๋องด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.4.1 วิธีวัดแบบคอมเพรสชัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วิธีวัดแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การอ่านค่าความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋อง

3.5.1 วิธีการวัดแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล มาแปลผลเป็นความแข็งของข้าวโดยทำการเลือกอ่านค่าแรงกด (กก.) ที่ระยะการกด 0.2 ซม. ดังภาพที่ 3.4

3.5.2 วิธีวัดแบบคอมเพรสชัน

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอมเพรสชัน มาแปลผลเป็นดัชนีความแข็งของข้าวซึ่งได้แก่ แรงกด (กก.) ความชันของเส้นตรง (กก./ซม.) และพื้นที่ใต้กราฟ (กก.xซม.) โดยกำหนดระยะทางในการอ่านค่าที่ระยะการกด 2.0 ซม. 2.5 ซม. และ 3.0 ซม. ดังภาพที่ 3.5

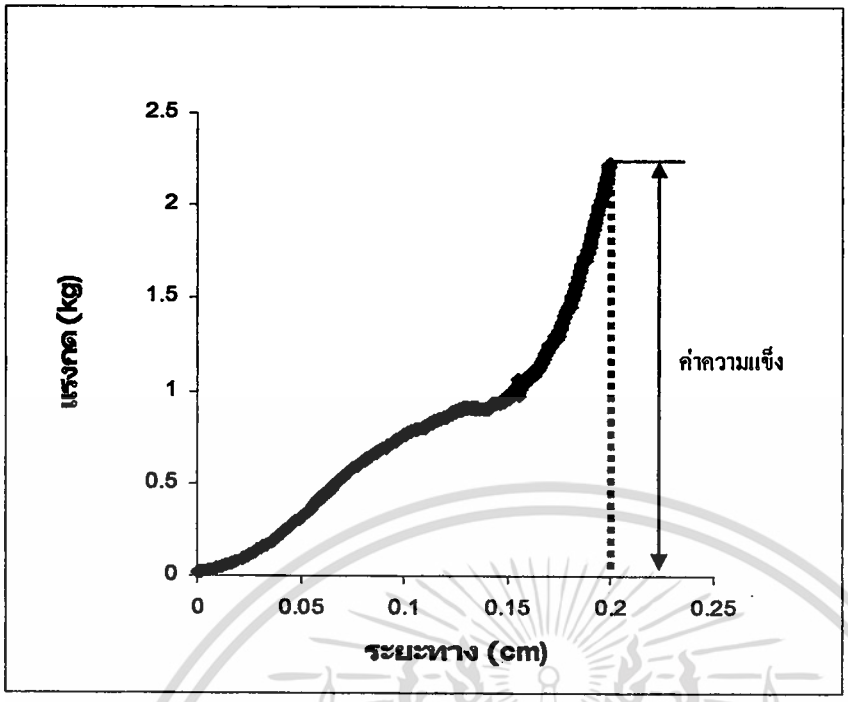
3.6 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอมเพรสชันและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

ทำการทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องทั้ง 4 พันธุ์ ทดลองวัดพันธุ์ละ 3 ซ้ำ ด้วยวิธีคอมเพรสชันโดยใช้หัววัดที่ออกแบบทั้ง 3 ขนาด คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 ซม. 2.0 ซม. และ 3.0 ซม. จากนั้นนำตัวอย่างข้าวทั้งหมดที่ทำการวัดด้วยวิธีคอมเพรสชันแล้วมาทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล นำข้อมูลที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธีมาแปลงผลเป็นค่าความแข็งของข้าวจากนั้นนำ มาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อหาขนาดหัววัด ระยะทางที่อ่านค่า และดัชนีความแข็งของข้าว ที่สามารถบอกความแตกต่างของข้าวแต่ละพันธุ์ได้ดีที่สุด

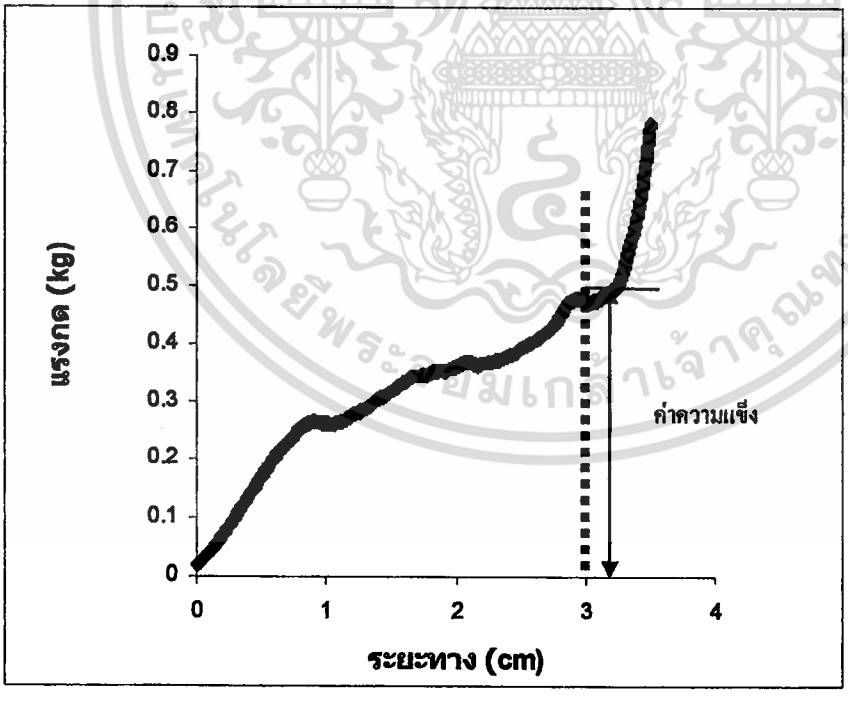
3.7 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (COV) ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอมเพรสชันโดยใช้ขนาดหัววัดที่เหมาะสมและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

นำหัววัดแบบกดที่ถูกเลือกในข้อ 3.6 มาทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์หอมมะลิที่ผลิตขึ้นในรุ่นเดียวกันจำนวน 20 กระป๋องด้วยวิธีการวัดแบบคอมเพรสชันโดยอ่านค่าดัชนีความแข็งทั้ง 3 ซึ่งได้แก่ แรงกด (กก.) ความชันของเส้นตรง (กก./ซม.) และพื้นที่ใต้กราฟ (กก.xซม.) จากนั้นนำตัวอย่างเดิมมาทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีวัดแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล แล้วนำค่าความแข็งของข้าวจากการวัดทั้ง 2 วิธี มาหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน เพื่อเปรียบเทียบวิธีการวัดและค่าดัชนีความแข็งที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดงผลการอ่าค่าความแข็งของข้าวด้วยวิธีวัดแบบ โมดิฟายด์ซิงเกิลเดอแนล



ภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการอ่านค่าความแข็งของข้าวด้วยวิธีวัดแบบคอมเพรสชัน โดยอ่านจาก ค่าแรงกด ที่ระยะทาง 3 ซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธีคอมเพรสชันและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

เมื่อนำหัววัดแบบกดที่ทำการออกแบบทั้ง 3 ขนาดมาทำการทดลองวัดลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวบรรจุกระป๋องทั้ง 4 พันธุ์ โดยวัดที่ระยะการกด 2.0 ซม. 2.5 ซม. และ 3.0 ซม. จากนั้นนำค่าดัชนีความแข็งของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ มาหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดด้วยวิธีคอมเพรสชันในแกน X และวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล ในแกน Y ดังแสดงภาพที่ 4.1-4.9 แล้วคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของหัววัดทั้ง 3 ขนาด ที่ระยะการกด 2.0 ซม. 2.5 ซม. และ3.0 ซม. จากการทดลองพบว่าค่าดัชนีความแข็งของข้าว ซึ่งวัดด้วยหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ซม. ที่ระยะทาง 2.0 ซม. ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดเมื่อเทียบกับหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 ซม. และ 2.0 ซม. ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหัววัดขนาด 3 ซม. สามารถบอกความแตกต่างของลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องได้ดีที่สุด

ตารางที่ 4.1 แสดงผลเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ดัชนีความแข็ง	ระยะทางที่วัด (ซม.)	ขนาดหัววัด		
		1 ซม.	2 ซม.	3 ซม.
แรงกด (กก.)	3.0	0.2771	0.2195	0.6247*
	2.5	0.2252	0.2094	0.5935*
	2.0	0.2688	0.2706	0.7167*
ความชัน (กก./ซม.)	3.0	0.2771	0.2195	0.6247*
	2.5	0.2252	0.2094	0.5935*
	2.0	0.2688	0.2706	0.7167*
พื้นที่ (กก.×ซม.)	3.0	0.3089	0.2642	0.6739*
	2.5	0.3342	0.2855	0.6993*
	2.0	0.3639	0.3121	0.7197*

หมายเหตุ : * มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96674

4.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (COV) ระหว่างการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี คอมเพรสชันโดยใช้ขนาดหัววัดที่เหมาะสมและวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

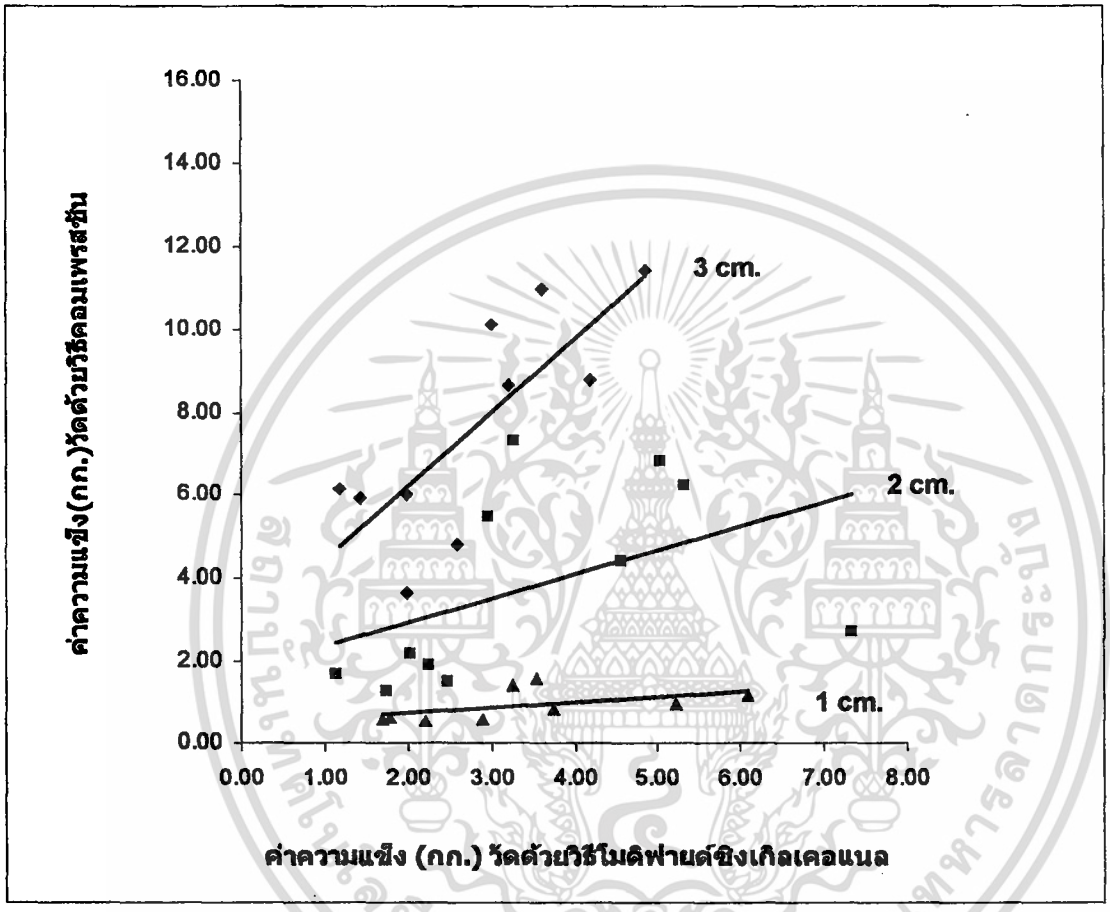
เมื่อนำหัววัดที่คัดเลือกได้ในข้อ 4.1 มาทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์หอมมะลิจำนวน 20 กระป๋อง ทำการวัดแบบคอมเพรสชัน โดยกำหนดระยะการกดมีค่าเท่ากับระยะการกดที่ถูกคัดเลือกในข้อ 4.1 แล้วทำการวัดแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล ผลที่ได้ดังแสดงในภาคผนวก ค จากนั้นนำผลที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าการวัดด้วยวิธีคอมเพรสชัน ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำกว่าการวัดด้วยวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวัดด้วยวิธีคอมเพรสชันจะให้ผลที่แม่นยำกว่าวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

	วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล	วิธีคอมเพรสชัน		
		แรงกด (กก.)	ความชัน (กก./ซม.)	พื้นที่ (กก.×ซม.)
ค่าเฉลี่ย	2.928	3.053	1.526	29.440
SD.	1.196	0.437	0.218	6.488
COV (%)	40.859	14.302	14.302	22.039

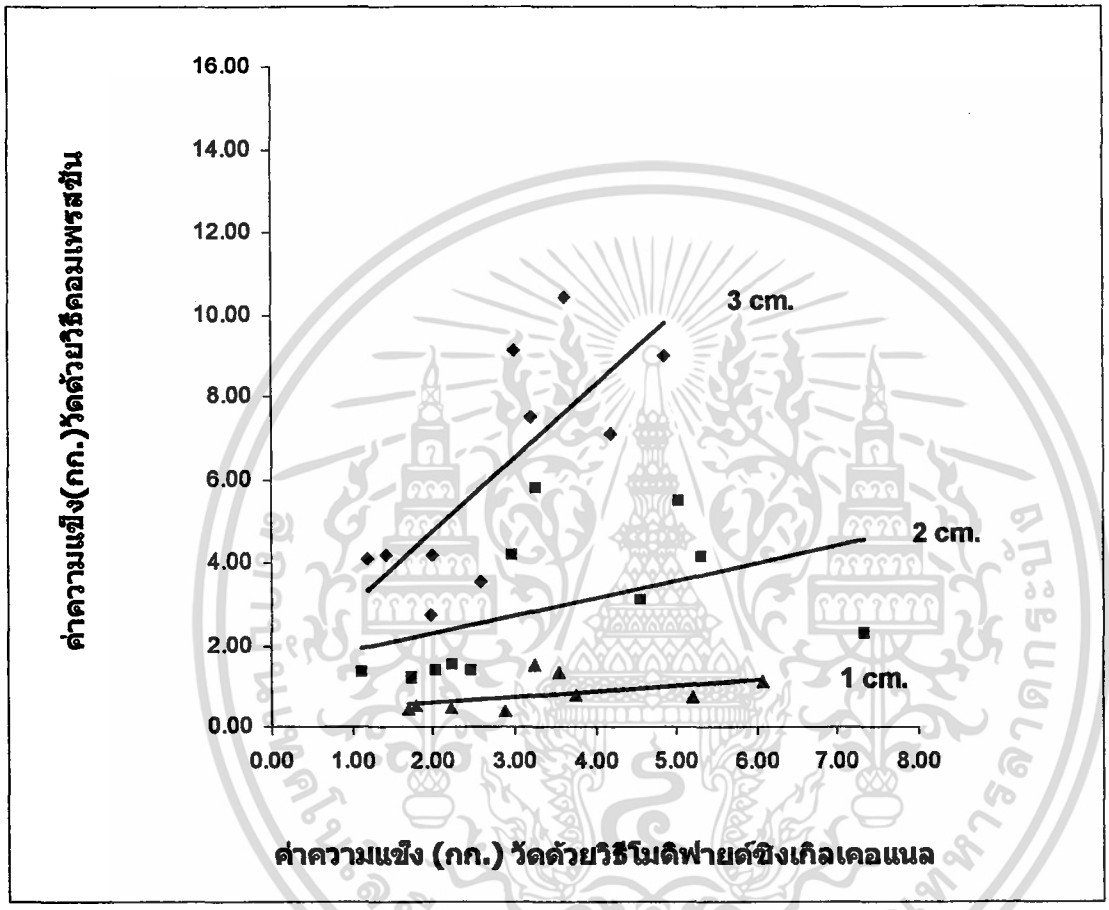
SD. : ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviations)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ชิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าแรงกด ที่ระยะทาง 3.0 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด

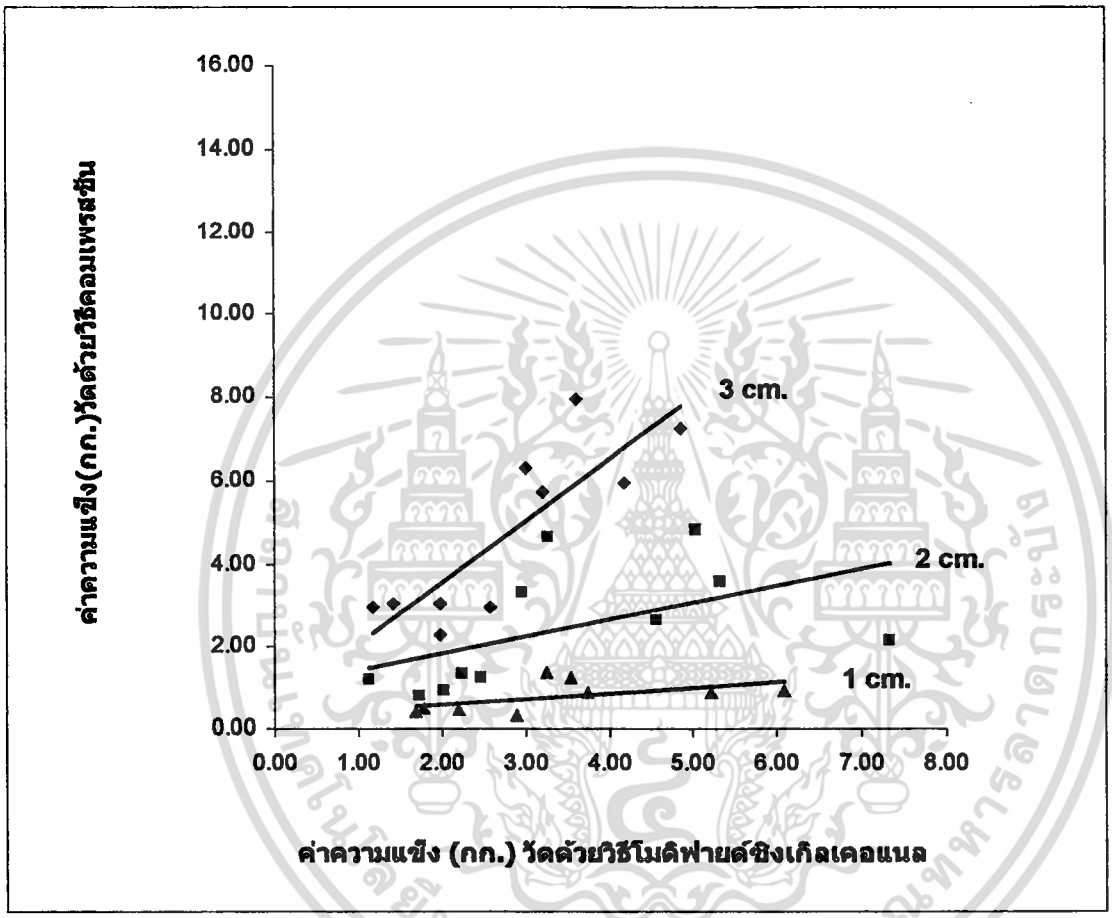
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าแรงกดที่ ระยะทาง 2.5 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19731

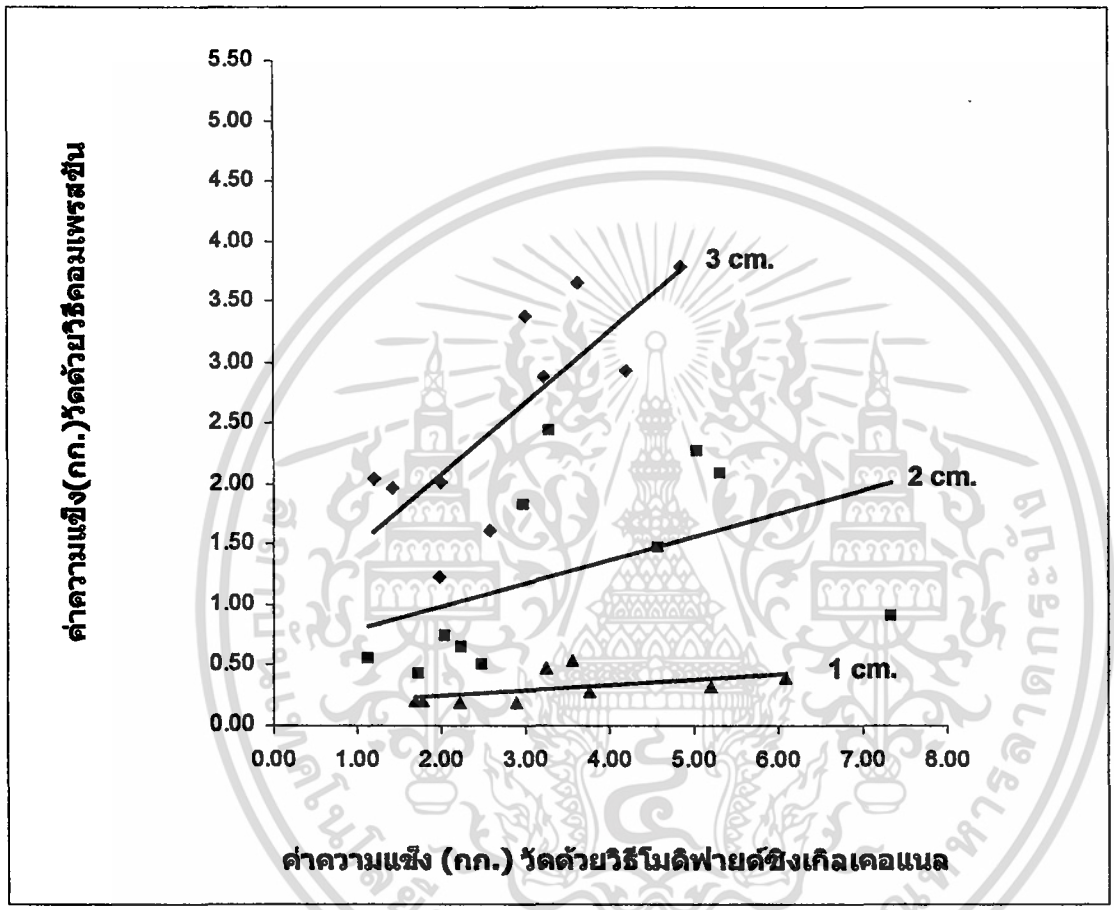


ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ชิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าแรงกดที่ระยะทาง 2.0 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

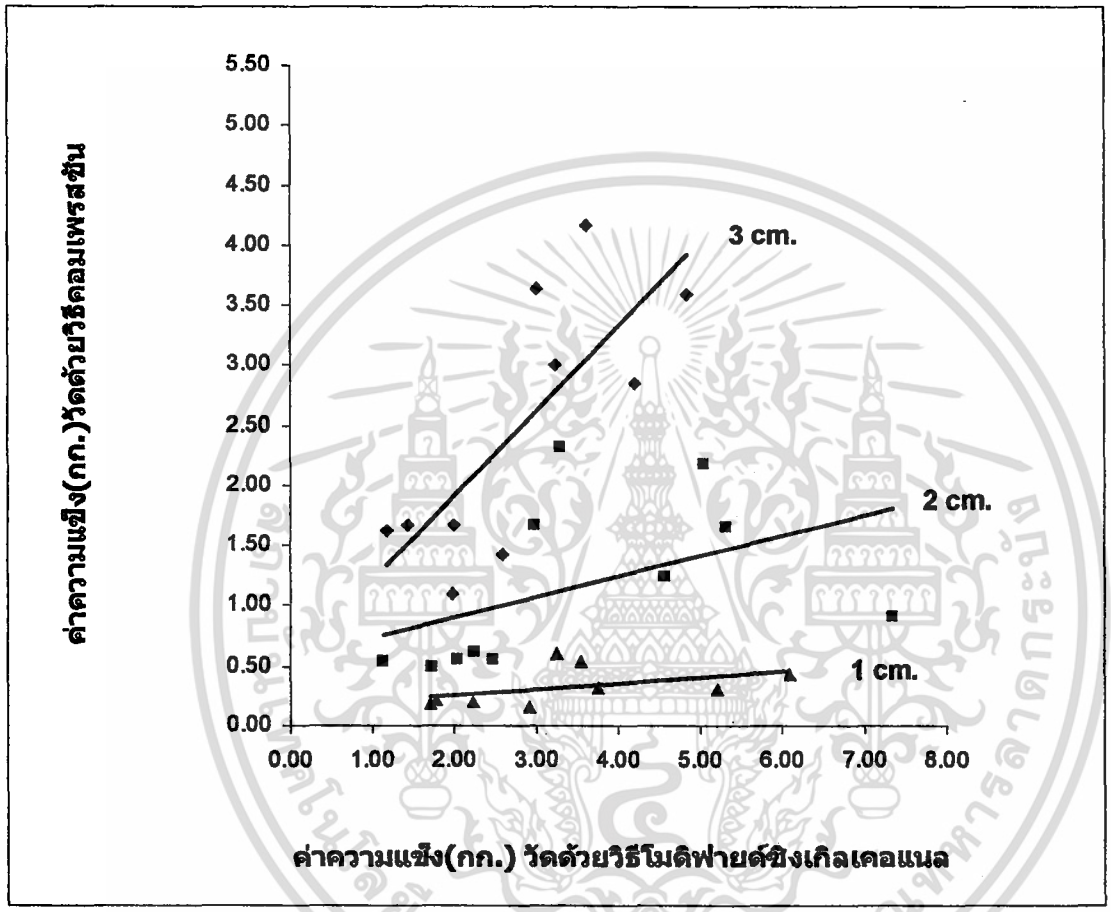
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ภาคตะวันตก



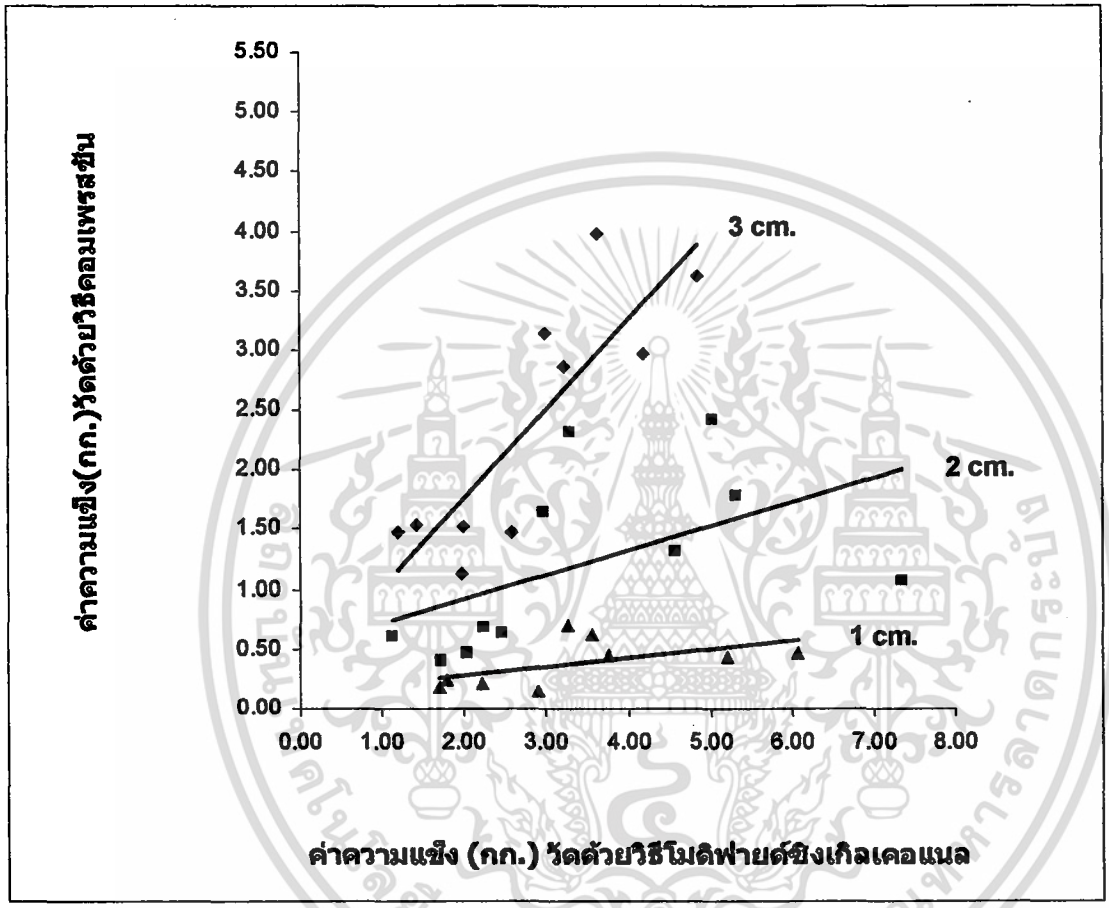
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าความชันที่ระยะทาง 3.0 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



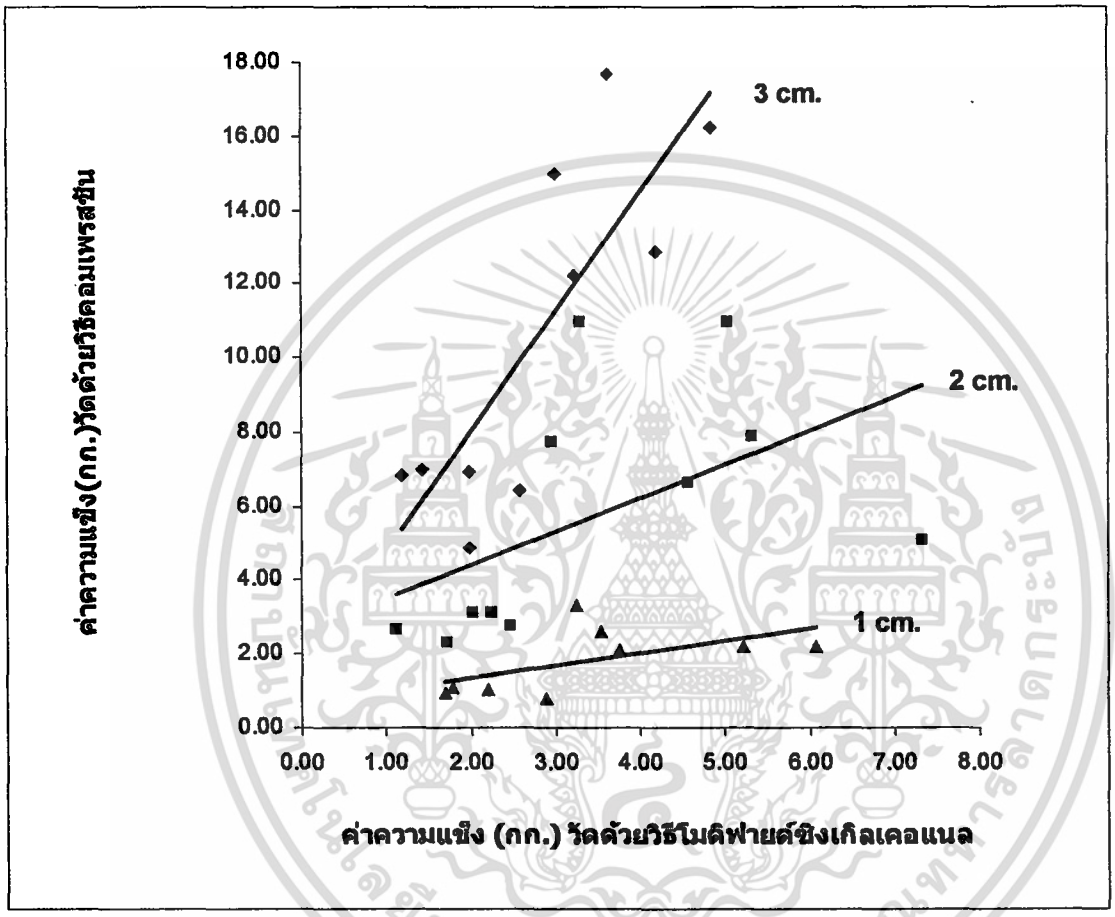
ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ ชิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าความชัน ที่ระยะทาง 2.5 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



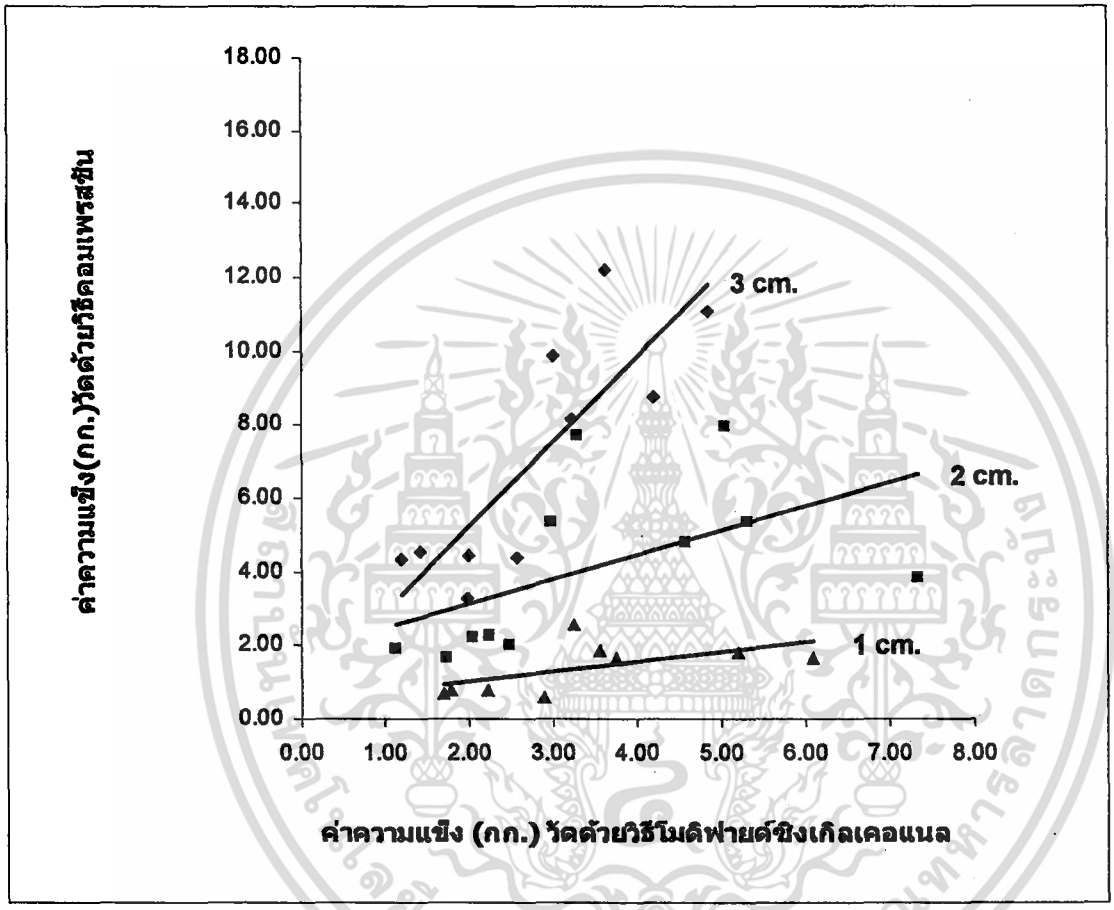
ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าความชัน ที่ระยะทาง 2.0 ซม. ด้วยหัววัด ทั้ง 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



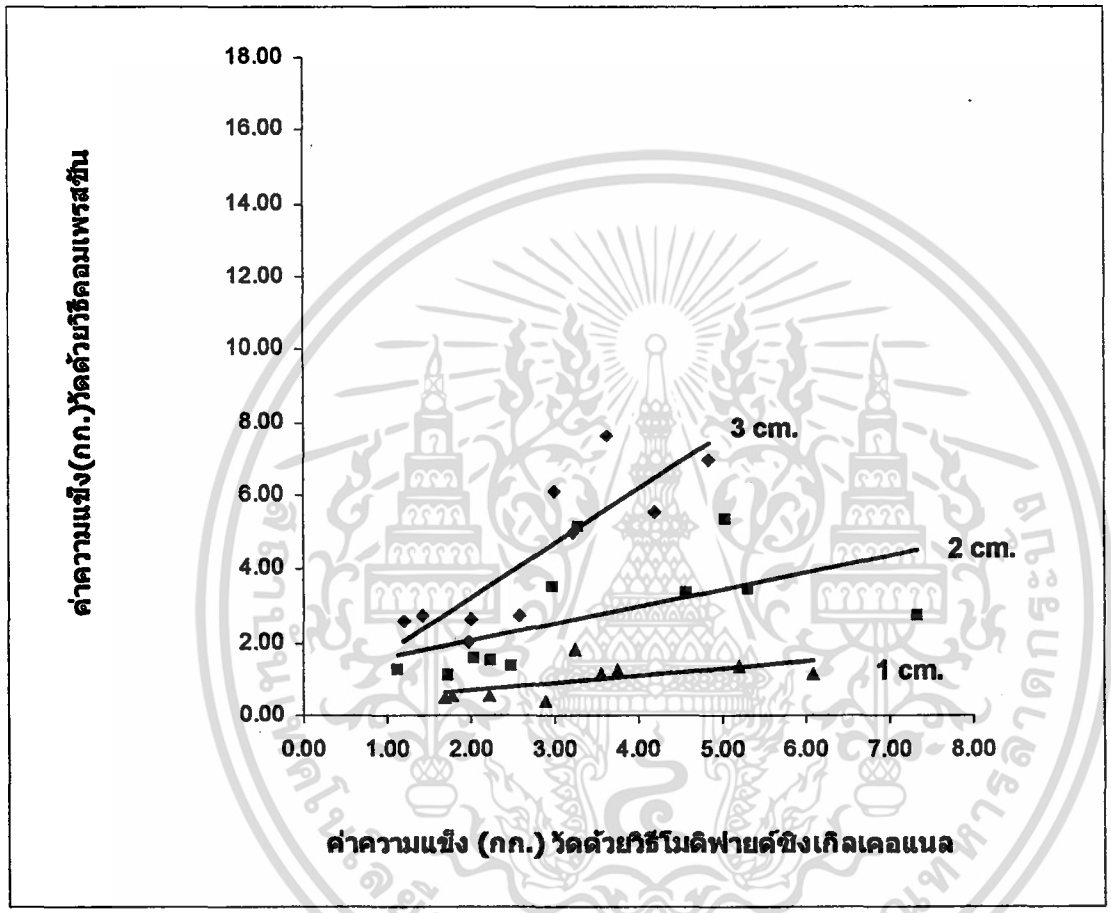
ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ชิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าพื้นที่ ที่ระยะทาง 3.0 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ชิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าพื้นที่ ที่ระยะทาง 2.5 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของข้าวบรรจุกระป๋องพันธุ์ต่าง ๆ วัดด้วย วิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล และ วิธีคอมเพรสชัน โดยอ่านค่าพื้นที่ ที่ระยะทาง 2.0 ซม. ด้วยหัววัดทั้ง 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อสรุป

จากการศึกษาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องได้ข้อสรุปจากการทดลอง ดังนี้

5.1.1 หัววัดลักษณะเนื้อสัมผัสที่ทำการออกแบบแบบคอมเพรสชันเพลเทนทำด้วยอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.0 ซม. หนา 0.8 ซม. โดยวัดค่าความแข็งของข้าวที่ระยะการกด 2.0 ซม. ด้วยความเร็วการเคลื่อนที่ของหัววัด 1.0 มม./วินาที วัดด้วยวิธีคอมเพรสชันสามารถใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวบรรจุกระป๋องได้ดีกว่าวิธีโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

5.1.2 เมื่อใช้หัววัดในข้อ 5.1.1 ทำการทดลองวัดข้าวทั้ง 4 พันธุ์ ผลที่ได้จะสามารถบอกความแตกต่างของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ได้ และมีความสอดคล้องกับปริมาณอะไมโลสของข้าวพันธุ์นั้นๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- หากนำหลักการที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ไปประกอบการออกแบบหัววัดในลักษณะต่างๆ อาจจะทำให้ได้ผลการวัดมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กมล โสวรัตนพงศ์. 2538. ความสำคัญของเนื้อสัมผัสอาหารต่อการยอมรับของผู้บริโภค. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 25 หน้า.

กิตติชัย บรรจง. 2534. "การวัดความแข็งของข้าวสุกด้วยวิธี Back Extrusion." วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 9, 3: 21-33.

กิตติชัย บรรจง. 2535. "เครื่องมือวัดสมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร." รายงานการวิจัยปีงบประมาณ 2535 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

งามชื่น คงเสรี. 2545. "คุณภาพข้าวสวย." ใน กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย, 11-21. กรุงเทพมหานคร: จิราวัฒน์เอ็กเพรส จำกัด.

เมยวดี แซ่เลี้ยว. 2547. "การเกิดรีโทรการ์เดชันของข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา." วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎีบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สกาวรัตน์และฉัตรชัย. 2541. "การสร้างเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอัตโนมัติ." ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Cagampang, G. B., Kirleis, A.W. and Marks, J.S. 1984. Application of small sample back extrusion test for measuring texture of cooked sorghum grain. J. Food Sci. 49, 278-280.

Lima, I and Singh, R.P. 1993. Objective measurement of retrogradation in cooked rice during storage.Journal of Food quality. 16,321-337.

Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. Text. Stud. 10, 131-152.

Reyes JR, V.G. and Jindal, V.K. 1990. "A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked-rice." Journal of Food Quality 13, 109-118.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
รายละเอียดการตั้งค่าควบคุมการทำงานของ Texture Expert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.1

รายละเอียดการตั้งค่าควบคุมการทำงานของ Texture Expert ใช้กับการวัดแบบคอมเพรสชัน

Texture Expert	
Parameters	
Pre Test Speed	1.0 mm/s
Test Speed	1.0 mm/s
Post Test Speed	10.0 mm/s
Rupture Test Dist	0 mm/s
Distance	35 mm/s
Force	0 mm/s
Time	0 mm/s
Count	0 mm/s
Trigger	
Type	Auto
Force	20 g
Stop Plot at	Final
Auto tare	
Break	
Detect off	
Level	
Units	
Force	Grams
Distance	Millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.2

รายละเอียดการตั้งค่าควบคุมการทำงานของ Texture Expert ใช้กับการวัดแบบโมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

Texture Expert

Parameters		
	Pre Test Speed	1.0 mm/s
	Test Speed	0.1 mm/s
	Post Test Speed	1.0 mm/s
	Rupture Test Dist	0 mm/s
	Distance	98 %
	Force	0 mm/s
	Time	0 mm/s
	Count	0 mm/s
Trigger		
	Type	Auto
	Force	20 g
	Stop Plot at	Final
	Auto tare	
Break		
	Detect off	
	Level	
Units		
	Force	Grams
	Distance	% Strain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

สรุปผลดัชนีความแข็งของข้าวที่วัดด้วยวิธีคอมเพรสชันด้วยหัววัด 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. 1

ผลดัชนีความแข็งของข้าวที่วัดด้วยวิธีคอมเพรสชันด้วยหัววัด 3 ขนาด โดยวัดที่ระยะทาง 3.0 ซม.

วัดที่ระยะทาง 3.0 ซม.

หัววัด (ซม.)	แรงกด (กก.)				ความชัน(กก./ซม.)				พื้นที่(กก.xซม)			
พันธุ์ข้าว	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1H	0.58	0.47	0.59	0.55	0.19	0.16	0.20	0.18	0.82	0.88	0.96	0.89
1J	0.56	0.59	0.60	0.58	0.19	0.20	0.20	0.19	1.05	1.04	1.11	1.07
1K	1.60	1.26	1.44	1.43	0.53	0.42	0.48	0.48	2.64	2.57	3.33	2.85
1R	1.19	0.85	0.97	1.00	0.40	0.28	0.32	0.33	2.22	2.09	2.23	2.18
2H	1.31	1.50	1.92	1.58	0.44	0.50	0.64	0.53	2.31	2.76	3.10	2.72
2J	2.20	2.50	1.68	2.13	0.73	0.83	0.56	0.71	3.10	3.03	2.66	2.93
2K	7.31	6.82	5.48	6.54	2.44	2.27	1.83	2.18	10.96	10.97	7.75	9.89
2R	6.25	4.43	2.72	4.46	2.08	1.48	0.91	1.49	7.90	6.64	5.08	6.54
3H	4.82	5.78	3.67	4.76	1.61	1.93	1.22	1.59	6.43	6.39	4.87	5.90
3J	5.91	6.13	6.03	6.03	1.97	2.04	2.01	2.01	6.98	6.84	6.96	6.92
3K	10.12	14.56	10.97	11.89	3.37	4.85	3.66	3.96	14.97	16.93	17.71	16.54
3R	8.66	11.40	8.79	9.62	2.89	3.80	2.93	3.21	12.23	16.24	12.85	13.77

หมายเหตุ : H : ข้าวพันธุ์หอมมะลิ J : ข้าวพันธุ์จาปอนิก้า K : ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง R : ข้าวพันธุ์รวงแก้ว

ภาคผนวก ข. 3

ผลดัชนีความแข็งของข้าวที่วัดด้วยวิธีคอมเพรสชันด้วยหัววัด 3 ขนาด โดยวัดที่ระยะทาง 2.0 ซม.

วัดที่ระยะทาง 2.0 ซม.

หัววัด (ซม.)	แรงกด (กก.)				ความชัน(กก./ซม.)				พื้นที่(กก.xซม)			
พันธุ์ข้าว	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1H	0.30	0.36	0.38	0.35	0.15	0.18	0.19	0.17	0.41	0.47	0.50	0.46
1J	0.44	0.43	0.48	0.45	0.22	0.22	0.24	0.23	0.55	0.57	0.56	0.56
1K	1.26	1.27	1.39	1.31	0.63	0.64	0.70	0.65	1.18	1.29	1.83	1.43
1R	0.95	0.90	0.88	0.91	0.47	0.45	0.44	0.45	1.18	1.26	1.38	1.27
2H	0.82	1.27	1.35	1.15	0.41	0.63	0.68	0.57	1.10	1.37	1.52	1.33
2J	0.93	1.18	1.23	1.11	0.46	0.59	0.61	0.56	1.59	1.44	1.26	1.43
2K	4.63	4.84	3.30	4.26	2.31	2.42	1.65	2.13	5.15	5.32	3.49	4.65
2R	3.57	2.63	2.14	2.78	1.79	1.31	1.07	1.39	3.48	3.37	2.74	3.20
3H	2.94	2.89	2.26	2.70	1.47	1.45	1.13	1.35	2.73	2.61	2.05	2.47
3J	3.06	2.94	3.04	3.01	1.53	1.47	1.52	1.51	2.73	2.59	2.65	2.66
3K	6.28	7.76	7.96	7.34	3.14	3.88	3.98	3.67	6.08	6.13	7.63	6.61
3R	5.73	7.23	5.95	6.30	2.86	3.62	2.97	3.15	4.96	6.98	5.54	5.83

หมายเหตุ : H : ข้าวพันธุ์หอมมะลิ J : ข้าวพันธุ์จาปอนิก้า K : ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง R : ข้าวพันธุ์รวงแก้ว

ภาคผนวก ค

สรุปผลค่าความแข็งของข้าวหอมมะลิรุ่นเดียวกัน ที่วัดด้วยวิธีคอมเพรสชันโดยหัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ซม. ทำการวัดที่ระยะการกด 2.0 ซม. และ ผลค่าความแข็งของข้าวที่วัดด้วยวิธี โมดิฟายด์ซิงเกิลเคอแนล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดิฟลายซิงเกิลเคอเนล	คอมเพรสชัน		
(กก.)	แรงกด (กก.)	ความชัน(กก./ซม.)	พื้นที่(กก.×ซม.)
3.696	2.630	1.315	24.16
3.483	3.684	1.842	35.21
4.698	3.165	1.5825	35.36
2.438	2.674	1.337	20.89
1.557	2.779	1.3895	25.05
2.445	2.606	1.303	20.65
1.457	2.956	1.478	28.67
4.634	3.280	1.64	31.35
1.27	3.860	1.93	36.01
1.798	3.498	1.749	36.48
2.333	3.316	1.658	34.72
3.004	3.050	1.525	26.75
3.714	2.733	1.3665	31.27
3.223	2.580	1.29	23.86
3.244	2.351	1.1755	21.84
2.983	2.519	1.2595	24.87
4.47	3.353	1.6765	37.45
1.589	2.994	1.497	22.44
2.246	3.076	1.538	26.21
1.811	3.171	1.5855	31.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

นางสาวณัฐกานต์ ภาษยะวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม 2525 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมปลาย จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และจบการศึกษาจากภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

นางสาวสุวรรณา คุณาศิริรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2525 จังหวัดเพชรบูรณ์ สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมปลาย จากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพมหานคร และจบการศึกษาจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้